



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



LUÍS DE SOUZA FREITAS

VARIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE DOIS LATOSSOLOS AMARELOS
SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E
PARAGOMINAS-PA.

BELÉM
2011



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



LUÍS DE SOUZA FREITAS

VARIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE DOIS LATOSSOLOS AMARELOS
SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E
PARAGOMINAS-PA.

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, como parte das exigências do curso de Pós-graduação em Ciências Agrárias: área de concentração em agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Dr. Osvaldo Ryohei Kato
Co-orientador: Dr. Eduardo Jorge Maklouf Carvalho

BELÉM
2011

Freitas, Luis de Souza

Variação de atributos químicos de dois Latossolos Amarelos sob diferentes sistemas de manejo nos municípios de Redenção e Paragominas-PA. / Luis de Souza Freitas. - Belém, 2011.

174 f.:il.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias/Agroecossistemas da Amazônia) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, 2011.

1. Conservação do Solo 2. Plantio direto 3. Fertilidade química 4. Plantio convencional 5. Cerrado 6. Latossolo I. Título

CDD – 631.45



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



LUÍS DE SOUZA FREITAS

VARIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE DOIS LATOSSOLOS AMARELOS
SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E
PARAGOMINAS-PA.

Tese apresentada a Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Área de Concentração em Agroecossistemas Amazônicos, para obtenção do título de Doutor.

Aprovado em 22 de agosto de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Osvaldo Ryohei Kato- Orientador
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA -PA.

Prof. Dr. Paulo Celso Santiago Bittencourt- UFPA - 1º Examinador
Universidade Federal do Pará-UFPA.

Prof. Dr. Ismael de Jesus Matos Viégas-UFRA - 2º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia- UFRA

Prof. Dr^a. Antonia Benedita da Silva -3º Examinadora
Universidade Federal Rural da Amazônia- UFRA

Dr. Luis Wagner Rodrigues Alves- EMBRAPA- 4º Examinador
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA -PA.

AGRADEÇO E OFEREÇO

A Deus, meu senhor e criador
pela existência da humanidade.

A toda a minha família, aos meus pais Sebastião de S. Freitas in memoriam, em especial a meu cunhado, Jorge L. Rodrigues. À minha querida mãe Maria de S. Freitas, pelo carinho e amor materno. A minha esposa Alcione e ao meu filho Tiago, pela minha maior dedicação e incentivo ao longo destes quatro anos de curso.

A todos os meus irmãos, irmãs, sobrinhos e amigos que sempre torceram por mim.

A todos dedico este trabalho em reconhecimento a tudo que representam para mim.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O autor expressa a todos que contribuíram, direta e indiretamente na realização deste trabalho, seus sinceros agradecimentos, em especial.

A Deus pelo dom da vida, pela saúde, da sabedoria, e a oportunidade de poder chegar onde estamos.

A minha família, pelas inúmeras oportunidades concedidas — entre elas a de estudar, pela proteção, por renovar minhas esperanças, por me dar força para superar as dificuldades, pelas pessoas maravilhosas que pôs no meu caminho e por transformar meus sonhos em realidade.

À Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela oportunidade de realizar este curso.

A Coordenação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão de bolsa de estudo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), pela oportunidade e pelo suporte para o meu aperfeiçoamento.

A pró-reitoria de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), pelo apoio.

Ao Prof. Dr. Roberto Cezar Lobo da Costa, Coordenador do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia.

Ao Prof. e pesquisador Dr. Osvaldo Ryohei Kato, pela orientação, amizade, compreensão, incentivo, apoio e sugestões durante o curso.

Ao Prof. Dr. Eduardo Jorge Maklouf Carvalho, pela co-orientação, paciência e dedicação nos conhecimentos transmitidos, amizade, motivação e ajuda durante o curso.

Ao Prof. Dr. Benedito Gomes dos Santos Filho, ex-coordenador do curso pela ajuda e incentivo para realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Fernando da Silva Martins, coordenador do NEAF/UFPA pela colaboração em pré-orientação concedida durante o curso.

Ao Prof. Dr. Carlos Augusto Cordeiro Costa, pela ajuda transmitida ao longo deste trabalho.

A professora MSc. Tâmara Lima, UFRA- Campus Paragominas pela ajuda nas análises estatísticas nas horas mais difíceis do trabalho.

Ao engenheiro agrônomo, MSc. Augusto José Silva Pedroso, pela amizade e ajuda neste trabalho.

A todos os professores da UFRA- Campus Paragominas pela constante motivação e ajuda nas horas mais difíceis.

Ao Prof. Dr. George F. Rodrigues, pela ajuda e amizade durante este curso.

A todos os meus professores: Antonio Rodrigues Fernandes – UFRA; Ismael de Jesus Matos Viégas - EMBRAPA; Osvaldo Ryohei Kato – EMBRAPA; Jorge Alberto Gazel Yared – EMBRAPA; Antônio Cordeiro de Santana – UFRA; Jonas Bastos da Veiga – EMBRAPA; José de Brito Lourenço Júnior - EMBRAPA, Milton Guilherme da Costa Mota – UFRA; Maria Marly de L. Silva Santos – UFRA. Pela constante transmissão de conhecimentos adquiridos durante este curso.

À Comissão examinadora, pela aceitação em participar do julgamento do trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em especial a Raimundo Cláudio Mendes de Souza, pela amizade e importante ajuda nas análises de solo.

Aos bibliotecários da UFRA e EMBRAPA (CPATU), em especial a Waldomiro Pereira e Maria Rodrigues, pela amizade e ajuda nas bibliografias.

Ao pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Moises Mourão.

À minha Mãe, Maria de Souza Freitas e meu pai Sebastião de S. Freitas, pelo amável incentivo e apreço que levou-me a ter sempre forças na execução e persistência para lutar pelos meus estudos na Amazônia e razão da minha existência.

Em especial a brilhante Maria dos Santos, à minha “madrinha”, pelos cuidados intermináveis e ajuda harmoniosa a mim, meu filho e esposa.

À minha irmã Francisca Marques Rodrigues, pela incansável forma de ajuda.

Aos meus amigos de curso, Jessivaldo Galvão, Ricardo Cordeiro, Tatiana Gazel, Dionilson, Sandra e Yvens Cordeiro, entre outros, pela importante colaboração e amizade acadêmica.

Aos meus irmãos e irmãs Sebastião S. Freitas, Adalberto Freitas, Aldenir Freitas e Tereza Freitas, Deusarina Freitas, Cinete Freitas, Natália e Luziane, pela compreensão, incentivo, amizade e ajuda nas horas que mais precisei.

A todos que mesmo à distância não deixaram de faltar com uma palavra de incentivo.

Muito obrigado!

EPÍGRAFE

“Sabemos mais sobre o movimento dos corpos celestes do que o
solo sob os nossos pés.”

Leonardo da Vinci

SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	p.
1. INTRODUÇÃO	20
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	20
1.2 OBJETIVOS.....	23
1.2.1 Geral	23
1.2.2 Específicos	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 A PRODUÇÃO DE GRÃOS NO ESTADO DO PARÁ.....	24
2.2 IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E ECOLÓGICOS NA PRODUÇÃO DE GRÃOS NA AMAZÔNIA.....	24
2.3 A DEGRADAÇÃO DOS SOLOS.....	25
2.4 AGRICULTURA SUSTENTÁVEL E SISTEMAS DE MANEJO	27
2.5 SISTEMA DE MANEJO PLANTIO DIRETO SPD.....	28
2.5.1 Plantas de cobertura em sistema de plantio direto	33
2.5.2 Rotação de culturas no sistema plantio direto	33
2.6 FERTILIDADE DO SOLO SOB SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO.....	34
2.7 VARIAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA SOB SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO.....	36
2.8 VARIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO.....	40
2.8.1 Variabilidade horizontal	44
2.8.2 Variabilidade vertical	46
2.9 ANÁLISE MULTIVARIADA NA INTERPRETAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	47
3 MATERIAL E MÉTODOS	50
3.1 O MUNICÍPIO DE REDENÇÃO.....	50
3.1.1 Dados Geográficos	50
3.1.2 Limites	50
3.1.3 Hidrografia	50
3.1.4 Topografia	50
3.1.5 Geologia e Relevo	51
3.1.6 Descrição e Caracterização da área de estudo	51

3.1.6.1	Localização.....	51
3.1.6.2	Histórico da área.....	51
3.1.6.3	Clima.....	52
3.1.6.4	Vegetação.....	52
3.1.6.5	Solo.....	53
3.2	O MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS.....	53
3.2.1	Dados Geográficos	54
3.2.2	Limites	54
3.2.3	Hidrografia	54
3.2.4	Topografia	55
3.2.5	Geologia e Relevô	55
3.2.6	Descrição e Caracterização da Área de Estudo	55
3.2.6.1	Localização.....	55
3.2.6.2	Histórico da área.....	55
3.2.6.3	Clima.....	55
3.2.6.4	Vegetação.....	56
3.2.6.5	Solo.....	57
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL NOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E PARAGOMINAS.....	57
3.4	AMOSTRAGENS NOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E PARAGOMINAS.....	60
3.5	MÉTODOS DE ANÁLISES LABORATORIAIS NOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E PARAGOMINAS.....	60
3.5.1	Análises Químicas	60
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA NOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E PARAGOMINAS.....	62
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1	ANÁLISES DO SOLO ANTES DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO NO MUNICÍPIO DE REDENÇÃO.....	63
4.2	VARIAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA (MO) E ATRIBUTOS QUÍMICOS SOB SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE REDENÇÃO.....	63
4.2.1	Variação da matéria orgânica (MO) sob sistemas de manejo do solo no município de Redenção	63
4.2.2	Variação de atributos químicos sob sistemas de manejo do solo no município de Redenção	67
4.2.2.1	Nitrogênio (N)	67
4.2.2.2	Fósforo disponível (P ₂ O ₅).	69

4.2.2.3 Potássio disponível (K^+).....	72
4.2.2.4 Cálcio trocável (Ca^{+2}).....	75
4.2.2.5 Magnésio trocável (Mg^{+2}).....	78
4.2.2.6 Alumínio trocável (Al^{+3}).....	80
4.2.2.7 pH do solo (em H_2O).....	83
4.2.2.8 Soma de bases (Sb).....	86
4.2.2.9 Capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T).....	88
4.2.2.10 Saturação por bases (V %)......	91
4.2.2.11 Saturação por alumínio (m%)......	93
4.2.2.12 Acidez potencial (H + Al).....	96
4.2.2.13 Capacidade de troca de cátions efetiva (t).....	98
4.3 ANÁLISES DE ATRIBUTOS DO SOLO ANTES DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS.....	101
4.4 VARIAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA (MO) E ATRIBUTOS QUÍMICOS SOB SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS	101
4.4.1 Variação da matéria orgânica (MO) sob sistemas de manejo do solo no município de Paragominas.....	101
4.4.2 Variação de atributos químicos sob sistemas de manejo do solo no município de Paragominas.	105
4.4.2.1 Nitrogênio (N)	105
4.4.2.2 Fósforo disponível (P_2O_5).	108
4.4.2.3 Potássio disponível (K^+).....	111
4.4.2.4 Cálcio trocável (Ca^{+2}).....	114
4.4.2.5 Magnésio trocável (Mg^{+2}).....	116
4.4.2.6 Alumínio trocável (Al^{+3}).....	118
4.4.2.7 pH do solo (em H_2O).....	121
4.4.2.8 Soma de bases (Sb).....	125
4.4.2.9 Capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T).....	126
4.4.2.10 Saturação por bases (V %)......	128
4.4.2.11 Saturação por alumínio (m %)......	130
4.4.2.12 Acidez potencial (H + Al).....	133
4.4.2.13 Capacidade de troca de cátions efetiva (t).....	135
4.5 ANÁLISE MULTIVARIADA NA INTERPRETAÇÃO DA VARIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, EM REDENÇÃO E PARAGOMINAS.....	137

4.5.1 Ordenação e análise de atributos químicos do solo do componente principal I (Redenção).	137
4.5.2 Ordenação e análise de atributos químicos do solo do componente principal I (Paragominas).	141
4.5.3 Ordenação e análise de atributos químicos do solo do componente principal III, (Comparação de Redenção e Paragominas).	146
5 CONCLUSÕES	150
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	151
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153
8 ANEXOS	174

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Médias mensais das normais climatológicas de Redenção-PA (período de 1990-2004).....	53
Tabela 2	Medias mensais climatológicas de Paragominas no período de 1980-2004.....	57
Tabela 3	Tratamentos, anos agrícolas e condução do experimento nos municípios de Redenção e Paragominas-PA.....	58
Tabela 4	Resultados analíticos de atributos químicos do solo antes da instalação do experimento, em Redenção.....	63
Tabela 5	Análise de atributos do solo antes da instalação do experimento no município de Paragominas.....	101
Tabela 6	Auto-valores e auto-vetores obtidos na análise fatorial do componente principal I (Redenção).....	138
Tabela 7	Auto-valores e auto-vetores obtidos na análise fatorial do componente principal II (Paragominas).....	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de localização do município de Redenção – PA.....	52
Figura 2	Mapa de localização geográfica do Município de Paragominas no Estado do Pará.....	57
Figura 3	Visão geral do experimento, em destaque as parcelas experimentais nos municípios de Redenção.....	58
Figura 4	Sistema de preparo convencional conduzido sob monocultivo de milho em Redenção.....	59
Figura 5	Sistema de preparo convencional conduzido sob monocultivo de soja em Paragominas-PA.....	59
Figura 6	Sistema de plantio direto, agrotecnologia da dessecação do milho para produção de palhada (a), plantio direto de soja em Redenção (b) e de milho em Paragominas-PA (c).....	61
Figura 7	Matéria Orgânica nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.....	65
Figura 8	Nitrogênio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.....	68
Figura 9	Fósforo nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.....	70
Figura 10	Potássio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.....	73
Figura 11	Cálcio trocável nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em	

monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 77

Figura 12 Magnésio trocável nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 79

Figura 13 Alumínio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 81

Figura 14 pH profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 84

Figura 15 Soma de bases nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 87

Figura 16 Capacidade de cátions de troca a pH 7,0 nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 89

Figura 17 Saturação por bases nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 92

- Figura 18 Saturação por alumínio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 94
- Figura 19 Acidez potencial nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 97
- Figura 20 Capacidade e troca de cátions efetiva nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 100
- Figura 21 Matéria orgânica nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 102
- Figura 22 Nitrogênio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 106
- Figura 23 Fósforo nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 109
- Figura 24 Potássio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em

monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 112

Figura 25 Cálcio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 115

Figura 26 Magnésio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 117

Figura 27 Alumínio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 119

Figura 28 pH nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 123

Figura 29 Soma de bases nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 125

Figura 30 Capacidade de troca a pH 7,0 nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 127

- Figura 31 Saturação por bases nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 129
- Figura 32 Saturação por alumínio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 131
- Figura 33 Acidez potencial nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 134
- Figura 34 Capacidade de troca efetiva nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... 136
- Figura 35 Disposição de planos fatoriais de uma análise multivariada em componente principal I, os escores médios em função dos atributos químicos, dos sistemas e manejo, tratamentos (T1, T2, T3 e T4), período de coleta (anos agrícolas: ano (1, 2, 3 e 4) e profundidades P1, P2, P3, P4 e P5, respectivamente, 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm, orientação dos autovetores obtidos na análise fatorial..... 139
- Figura 36 Disposição de planos fatoriais de uma análise multivariada em componente principal II, dos escores médios em função dos atributos químicos, dos sistemas e manejo tratamentos (T1, T2, T3 e T4), período de coleta (anos agrícolas: ano (1, 2, 3 e 4) e profundidades P1, P2, P3, P4 e P5, respectivamente, 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm, orientação dos autovetores obtidos na análise fatorial..... 143
- Figura 37 Disposição de planos fatoriais de uma análise multivariada em componente principal III (●= Redenção e ■= Paragominas), os escores médios em função da comparação dos atributos químicos, dos sistemas e manejo tratamentos (T1, T2, T3 e T4), período de coleta (anos agrícolas: ano (1, 2, 3 e 4) e profundidades P1, P2, P3, P4 e P5, respectivamente, 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm, orientação dos autovetores obtidos na análise fatorial. (p= 0,001)..... 147

LISTA DE SIGLAS

Al⁺³ → Alumínio

C → Carbono

Ca⁺² → Cálcio

Ds → Densidade do Solo

H + Al → Acidez potencial

K⁺ → Potássio

KCl → Cloreto de Potássio

LRd → Latossolo Roxo distrófico

LVd → Latossolo Vermelho-distrófico

m% → Saturação por Alumínio

Mg⁺² → Magnésio

MO → Matéria Orgânica

P₂O₅ → Fósforo

PCA I → Análise da componente principal I

PCA II → Análise da componente principal II

PCI → Componente principal I

PCII → Componente principal II

Eixo I → Eixo referente ao plano fatorial I (positivo ou negativo)

Eixo II → Eixo referente ao plano fatorial II (positivo ou negativo)

PD → Plantio direto

pH em H₂O → Potencial Hidrogeniônico medido em Água

RT → Rotação de culturas

Sb → Soma de Bases

SPC → Sistema de Plantio Convencional

SPD → Sistema de Plantio Direto

t → Capacidade de troca de cátions efetiva

T → Capacidade de Troca de Cátions a pH 7,0

V% → Saturação por Bases

λ → Escores dos auto-valores e auto-vetores

RESUMO

Freitas, Luis de Souza. **Variação de atributos químicos de dois Latossolos Amarelos sob diferentes sistemas de manejo nos municípios de Redenção e Paragominas-PA.** Belém-PA, 2011. 216 p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia oriental, 2011.

A mudança do uso da terra modifica ao longo do tempo de cultivo a matéria orgânica, bem como dos principais elementos químicos no solo, alterando sua fertilidade química, o tempo de implantação do sistema de plantio direto pode recuperar estas áreas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variação de atributos químicos de dois Latossolos Amarelos sob diferentes sistemas de manejo nos municípios de Redenção e Paragominas-PA. O trabalho foi desenvolvido em duas regiões e áreas experimentais, uma na Fazenda Modelo, pertencente ao produtor Leonir Rozeto, localizada no município de Redenção-PA, e outra na Fazenda Juparanã, em Paragominas, do produtor José Carminati. O delineamento experimental foi instalado em área de cerrado natural e mata em transição ao uso da terra para pastagens e grãos, utilizou-se blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro tratamentos T1 (Preparo convencional sob monocultivo de milho), T2 (Preparo convencional sob monocultivo de soja), T3 (Preparo convencional sob rotação de milho e soja) e T4 (Plantio direto: milheto/milho/soja), com três repetições, em esquema de parcela subdividida (Split plot), onde as parcelas compreenderam os tratamentos, e as subparcelas as profundidades de coleta de amostragem, cada parcela teve dimensões de 100 x 36,50 m, e ruas de 5 m entre parcelas e 10 m entre blocos, durante 4 anos (2000/2001; 2001/2002; 2002/2003 e 2003/2004). Foram coletadas amostras de solo deformadas, em cinco profundidades de coleta: 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm. Estas amostras foram analisadas no laboratório de solos da Embrapa Amazônia Oriental, segundo metodologia utilizada pela Embrapa, (2007). De acordo com os resultados obtidos, o plantio direto proporcionou em Redenção e Paragominas, durante quatro anos de cultivo agrícola melhorias na fertilidade química do solo evidenciado pelo aumento nos teores de matéria orgânica, bem como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, soma de bases e capacidade de troca de cátions a pH 7,0 e capacidade de troca de cátions efetiva. Também nos município de Redenção e Paragominas o plantio direto durante quatro anos proporcionou a redução da acidez, evidenciado pelos menores valores de Al, saturação por Al, acidez potencial, e aumento de pH no solo.

Termos de indexação: Conservação do solo, Plantio direto, Fertilidade química, Plantio convencional, Cerrado. Latossolo.

ABSTRACT

Freitas, Luís de Souza. **Variation of chemical attributes of two Latossolos Amarelos under different handling systems in the municipal districts of Redenção and Paragominas-PA.** 2011. 216 p. Thesis (Doctor. in agricultural Sciences) - Federal Rural University of Amazonia: UFRA, Belém, 2011.

The change of the use of the earth modifies along the time of cultivation the organic matter, as well as of the principal chemical elements in the soil, altering your chemical fertility, the time of implantation of the system of direct planting can recover these areas. Like this, the objective of this work was to evaluate the variation of chemical attributes of two Latossolos Amarelos under different handling systems in the municipal districts of Redemption and Paragominas-shovel. The work was developed in two areas and experimental areas, one in Fazenda Modelo, belonging to the producer Leonir Rozeto, located in the municipal district of Redenção and other in Fazenda Juparanã, in Paragominas, of the producer José Carminati. The experimental delineamento was installed in area of natural savannah and it kills in transition to the use of the earth for pastures and grains, it was maybe used blocks to the with subdivided portions, with four treatments T1 (I Prepare conventional under corn monocultivo), T2 (I Prepare conventional under soy monocultivo), T3 (I Prepare conventional under corn rotation and soy) and T4 (direct Planting: milheto/milho/soja), with three repetitions, in outline of subdivided portion (Split plot), where the portions understood the treatments, and the subparcelas the depths of sampling collection, each portion had dimensions of 100 x 36,50 m, and streets of 5 m between portions and 10 m among blocks, for 4 years (2000/2001; 2001/2002; 2002/2003 and 2003/2004). deformed soil samples were collected, in five collection depths: 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 and 30-50 cm. These samples were analyzed at the laboratory of soils of Oriental Amazonian Embrapa, second methodology used by Embrapa, (2007). in agreement with the obtained results, the direct planting provided in Redemption and Paragominas, for four years of cultivation agricultural improvements in the chemical fertility of the soil evidenced by the increase in the tenors of organic matter, as well as the nitrogen, match, potassium, calcium, magnesium, sum of bases and capacity of cátions change the pH 7,0 and capacity of change of effective cátions. Also in the municipal district of Redemption and Paragominas the direct planting for four years provided the reduction of the acidity, evidenced by Al's smallest values, saturation for Al, potential acidity, and pH increase in the soil.

Indexation terms: Conservation of the Soil, direct Planting, chemical fertility, conventional planting, Savannah. Latossolo.

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

No Brasil, de maneira geral, a vegetação natural, vem sendo substituída por culturas agrícolas, pastagens e espécies florestais de rápido crescimento, notadamente nas áreas sob diferentes tipos de vegetações, podendo ocorrer mudanças na utilização do solo e desequilíbrio nos agroecossistemas e nas propriedades intrínseca ao uso do solo, uma vez que o manejo adotado influenciará os processos químicos, físicos e biológicos do solo, modificando suas características e, muitas vezes, propiciando a sua desagregação (DERPSCH, 2007).

Um dos maiores avanços no processo produtivo da agricultura brasileira foi à adoção do sistema plantio direto (SPD) no sul do Brasil, a partir do início da década de 1970. Seu objetivo inicial foi controlar a erosão hídrica. O desenvolvimento desse sistema só se tornou possível graças ao trabalho conjugado de agricultores, pesquisadores, fabricantes de sementes, e técnicos interessados em reverter o processo acelerado de degradação do solo e da água verificado em nosso país (MARQUES et al.; 2010).

Segundo Altieri e Toledo (2011), a produção agrícola sob o ponto de vista de uma agricultura sustentável deve buscar práticas de manejo que reduzam interações negativas no solo e clima e assegure produções crescentes e adequadas, conserve os recursos naturais, o meio ambiente e principalmente o social. O desenvolvimento e a execução de práticas destes conceitos envolvem decisões que levem a substituição de práticas convencionais por práticas conservacionistas de cultivo e manejo do solo (VELASQUEZ et al.; 2007).

Segundo Bilibio, et al. (2010), os sistemas conservacionistas são vistos pelos seus atributos de sustentabilidade ambiental proporcionado pelas práticas de manejo relacionadas. Em condições específicas é importante conhecer o efeito dos sistemas, envolvendo o preparo de solo e a sucessão de culturas sobre a matéria orgânica e atributos químicas e físicas dos solos, as quais implicam em tomadas de decisões adequadas relacionadas ao manejo do solo e de sua fertilidade que em outra análise definem a quantidade e critérios para fornecimento de fertilizantes (BERNARDI, et al., 2003).

No Sistema de Plantio Direto (SPD), os benefícios baseiam-se na ausência de preparo, na cobertura permanente do solo e rotação de culturas, visando à elevação da produtividade com sustentabilidade ambiental e sócio-econômica (CARVALHO et al., 2006).

Para Derspich, (2004), o SPD quase sempre apresenta resultados satisfatórios a partir do quarto ano, mas que se apresenta superior ao sistema de preparo convencional (SPC), sobretudo nas monoculturas, na melhoria de atributos químicos do solo. A literatura têm mostrado que, de modo geral, a adoção do SPD não altera significativamente as produtividades das culturas, quando comparado ao plantio convencional. No entanto, em campo, as perdas de solo e nutrientes por erosão no plantio convencional podem ser elevadas, tornando as produtividades das culturas neste sistema inferior àquelas observadas no plantio direto (BAYER & FONTOURA, 2007).

Nas diferentes regiões brasileiras tradicionais em produção de grãos, o SPD tem suas vantagens contabilizadas em uma área estimada de 26 milhões de hectares (Bernardi et al., 2003). Nas condições do cerrado úmido do Mato Grosso, onde sistemas em plantio direto sobre cobertura vegetal permanente do solo (scv), permitiram produtividades superiores a 4.500 kg/há, 8.000 kg/ha e 10.000 kg/ha para as culturas de soja, arroz e milho, respectivamente, (SÉGUY e BOUZINAC, 2003).

Entre os potenciais pólos de produção de grãos do Estado do Pará, as microrregiões de Redenção e Paragominas vêm se destacando na produção de arroz, milho e soja. Por tratar-se de uma área desflorestada, que apresenta, portanto clima quente-úmido, característico do ambiente amazônico, com condições de elevadas precipitações pluviométricas, temperatura e umidade relativa do ar, e considerando ainda, a forma de agricultura que vem sendo praticada, ou seja, com cunho empresarial, em escala, e em sistema convencional de preparo de área, o SPD pode ser alternativo no sentido da sustentabilidade destas atividades agrícolas (FRIEDRICH et al., 2006).

As pesquisas de campo no mundo mostram que no plantio direto em comparação ao sistema de preparo convencional conduzido sobre os monocultivos, bem como a rotação de culturas, ao longo de cinco anos de cultivo medem-se teores de umidade do solo mais elevados e temperaturas mais baixas, assim como maior estabilidade de agregados, menor densidade do solo, bem como maior porosidade e ao mesmo tempo menor compactação e melhoria de atributos químicos do solo (SIDIRAS e PAVAN, 1986).

Todavia, no Brasil, a variação com o tempo de cultivo de atributos químicos no solo sobre sistema de plantio direto são melhoradas com um período de até dez anos de cultivo,

porém pode ser muito bem modificadas em decorrências do tipo de solo, o clima reinante e a microbiota estabelecida (DERPSCH et al., 2007). Por outro lado em algumas regiões brasileiras foram encontrados maiores teores de P, Ca, Mg, K sob plantio direto em relação ao plantio convencional quando manejado sobre rotação de culturas, o que muitos cientistas consideram positivo (DERPSCH et al., 2007).

Por outro lado, os resultados de estudos no Brasil, sobre atributos químicas são incipientes. Em lavouras consolidadas (com mais de cinco anos) no sistema plantio direto no Sul do Brasil, confirmam a maior variabilidade dos índices de fertilidade do solo nesse sistema em relação ao preparo convencional, especialmente para o fósforo disponível (MARIA, 2003).

Na Amazônia, os resultados de pesquisa sobre o plantio direto, no que tange a variação temporal da matéria orgânica e atributos químicas e físicas no solo com o tempo de cultivo são preliminares. Alguns produtores tentam adotar a tecnologia, porém não a utilizam na sua essência, abdicando de um ou mais fundamentos do sistema, ou seja, não realizam as correções de fertilidade do solo necessárias no momento antecedente à implantação do sistema, não trabalham na implantação de culturas formadoras de palhadas, dessecando as invasoras de ocorrência natural, não atentam para rotação de culturas, ou ainda não fazem uso de adubações equilibradas, considerando a capacidade de economia deste insumo que o sistema pode admitir. A desobediência aos fundamentos do SPD pode trazer efeitos negativos ao desenvolvimento vegetal e, sobretudo ao solo relacionado à sua degradação, onde se inserem danos à matéria orgânica e atributos químicos do solo (BILIBIO, et al.; 2010).

Desta forma, no Estado do Pará, sobre a ótica do sistema plantio direto que tem na literatura informações incipientes, necessitando de investigação e avaliação quanto a melhor palhada, a correção do solo, adubação, dentre várias outras, constitui-se em um grande desafio para a pesquisa a adoção em substituição à prática de preparo convencional, portanto, o sistema de plantio direto deve ser considerada como um investimento na gestão dos recursos naturais e sócio-econômicos, cujos principais impactos são assegurados pela conservação do solo e economia no uso de máquinas e produtos agroquímicos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. Geral

O presente estudo tem como objetivo, avaliar a variação de atributos químicos de dois Latossolos Amarelos sob diferentes sistemas de manejo nos municípios de Redenção e Paragominas-PA.

1.2.2. Específicos

- ◆ Avaliar a variação da matéria orgânica no solo durante quatro anos agrícolas sob sistemas de manejo conduzidos em plantio direto e preparo convencional do solo cultivado com milho e soja nos municípios de Redenção e Paragominas;
- ◆ Avaliar a variação de atributos químicos no solo, com a implantação de sistemas de manejo conduzidos em plantio direto e preparo convencional do solo cultivado com milho e soja no município de Paragominas e Redenção-PA;
- ◆ Estudar a variação da matéria orgânica e atributos químicos sob sistemas de manejo do solo conduzidos sob plantio direto e preparo convencional nos municípios de Redenção e Paragominas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A PRODUÇÃO DE GRÃOS NO ESTADO DO PARÁ

O Governo do Estado do Pará, a partir de 1994 (SAGRI, 1994), lançou e vem incentivando programas que visam a produção de grãos, inicialmente nas áreas de cerrado localizado no sul do Estado Redenção e, posteriormente, em áreas alteradas de florestas, nas regiões do Médio Amazonas, Santarém, e Belém-Brasília, Paragominas, localizada a 170 Km da ferrovia de Carajás em Açailândia-MA.

Os resultados animadores das pesquisas indicam a possibilidade de se dispor de materiais capazes de produzir, utilizadas as inovações tecnológicas disponíveis, até 70 sacos de soja, 135 sacos de milho e 63 sacos de arroz, por hectare (EL-HUSNY et al., 2003; SOUZA et al., 2002; LOPES e SILVEIRA FILHO, 2002).

A região nordeste do Estado do Pará, embora a produção de grãos cresce cotidianamente, em algumas propriedade rurais com mais de 30 mil hectares sob plantio direto, porém muitas ainda não aglutinam em suas lavouras tecnologias que causem baixo impacto ambiental, principalmente nas condições agroclimáticas pertinente a região (SEMAIC, 2010).

Portanto, ao passo que o uso da terra para plantio, intensiva passagem de tratores para o preparo de área e massiva utilização de sistemas de produção com ausência de cobertura, sem manejo do solo, permitem alavancar diversos fatores de desgaste ao agroecossistema formado causando no solo a erosão, lixiviação, baixa fertilidade química, diminuição dos teores de matéria orgânica, bem como baixas produtividades de arroz, milho e soja (RODRIGUES et al., 2002).

2.2. IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E ECOLÓGICOS NA PRODUÇÃO DE GRÃOS NA AMAZÔNIA.

A produção de grãos na Amazônia tem suscitado posicionamentos contrários nos diferentes segmentos da sociedade, tendo ocorrido muitos debates entre a comunidade técnico-científica, envolvendo a sociedade em geral, tendo como preocupação os impactos sócio-ambientais pertinentes ao cultivo da soja na Região Amazônica.

Neste contexto, em relação à cultura da soja sua expressão econômica associada ao tipo de visão dos produtores, admitindo a possibilidade de uma situação de monocultura,

dentro de um processo de agricultura intensiva e produtivista; e desigualdade social, por apresentar rentabilidade condicionada à grandes áreas com concentração de terras, principalmente em áreas de fronteira agrícola, além de, considerando exclusivamente as atividades na condução da lavoura, admiti pouca mão-de-obra e, conseqüentemente, geração de emprego.

Por outro lado, com o manejo cultural e práticas tecnicamente e ambientalmente adequadas, contextualizadas em um zoneamento econômico e ecológico, e considerando sua cadeia produtiva, a cultura da soja, arroz e milho também podem permitir substancial desenvolvimento econômico e social para a região sul e nordeste paraenses, tendo como exemplo regiões onde o cultivo bem sucedido de milho e soja, contribuiu decisivamente para o desenvolvimento do cenário agrícola regional.

Segundo Homma (1999), o cultivo de grãos, em especial da soja na Amazônia, precisam ser avaliadas com profundidade pelas instituições envolvidas nas ações de políticas públicas na Amazônia. Entre as vantagens econômicas cita: injeção econômica na região; geração de emprego e renda; aumento da oferta de grãos para o país na ordem de cinco milhões de toneladas; criação de novos mercados para Amazônia; criação de infra-estrutura social (estradas, hidrovias, ferrovias, etc...); indução à produção de arroz e milho; abertura de caminhos para exportação; expansão da suinocultura e avicultura; indução à intensificação da agricultura (mecanização e fertilizantes).

Quanto às desvantagens, o mesmo autor ressalta riscos ecológicos, econômicos e sociais, e estratégicos. Entre os ecológicos: a incorporação das atuais áreas de cerrados e campos naturais que estavam intactas; erosão e baixa capacidade de recuperação das áreas; aplicação de herbicidas e inseticidas com auxílio de tratores e aviões; aparecimento de pragas e moléstias; não resolução dos problemas de desmatamentos.

2.3. A DEGRADAÇÃO DOS SOLOS.

Segundo Derpsch (1997), muito comum na agricultura convencional praticada nas regiões tropicais e subtropicais é a perda da fertilidade dos solos, com conseqüente queda das produções agrícolas. O mesmo autor, esclarece que este fato resulta da degradação dos solos, à medida que o tempo de manejo é praticado, e pode ser explicado por vários fatores intrínsecos a perdas de MO, bem como atributos químicos e biológicas do solo.

Em regiões tropicais, onde a fertilidade natural do solo é limitada, devido ao intenso processo pedogenético, a elevada acidez, associada à pobreza de bases trocáveis, com teores de alumínio expressivos e a carência em fósforo, tem sido a principal causa da limitação da produção de alimentos destes solos.

Para Sá (1995), a adoção de métodos de preparo, cultivo e manejo do solo, tem por objetivo principal a melhoria das propriedades químicas, visando aumentar o seu potencial produtivo. O intenso revolvimento do solo para implantação das culturas, coincidindo em geral, com a ocorrência de elevadas precipitações durante os estádios de desenvolvimento, tem provocado ao longo dos anos, expressivas perdas de solo que segundo estimativas, estão na ordem de $30 \text{ t. ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (COGO, 1991).

Em condições tropicais e subtropicais, o preparo do solo tem como consequência, a mineralização da matéria orgânica em quantidades maiores do que as possibilidades de reposição. Desta situação resulta o decréscimo da matéria orgânica no solo e a diminuição dos rendimentos das culturas com o tempo de cultivo (MUZILLI, 2005).

A alta intensidade de chuvas que prevalece nos trópicos e subtropicais está geralmente associada a perdas de solo maiores do que a regeneração natural, resultando em degradação química, física e biológica do solo e na diminuição dos rendimentos das culturas (OLIVEIRA, 1983).

Segundo Espindola (2008), a degradação da matéria orgânica e a erosão não podem ser evitadas quando o solo tropical é revolvido em arações e outros preparos. Como consequência, a sustentabilidade da produção agrícola, sob efeitos dos métodos convencionais, fica comprometida (RAMOS, 1981).

O arado e outros implementos de preparo mecânico de solo são antagônicos ao uso sustentável da terra nas condições tropicais e subtropicais. Estas operações agrícolas que envolvem mobilização de tráfego de máquinas alteram a estrutura do solo e modificam as condições para o desenvolvimento de culturas agrícolas (REICHERT, et al., 2009).

A erosão do solo se processa em três fases distintas: desagregação, transporte e deposição. O processo de erosão é descrito como sendo um distúrbio causado pela compactação ou desagregação das partículas das camadas superficiais do solo (MUZILLI, 2005). Sob esse aspecto, esse processo está ligado à estrutura das partículas do solo, pois aquele que se apresenta com estrutura adequada está protegido da compactação ou da desagregação (CASTRO, 1987).

A desagregação das partículas de solo, pelo efeito integrado da energia do impacto das gotas de chuvas e da turbulência do escoamento superficial, constitui o estágio inicial e mais importante do processo de erosão pela água. Na fase seguinte tem-se o transporte dos sedimentos pelo deflúvio superficial, córregos e rios que, além dos prejuízos causados as terras agrícolas, promovem a poluição química ou a sedimentação das águas dos rios e reservatórios (CASTRO, 1987).

2.4 AGRICULTURA SUSTENTÁVEL E SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO.

Segundo Altieri e Toledo, (2011), a agricultura tropical necessita de agroecossistemas mais dinâmicos e que por definição de sustentabilidade aqueles sistemas que consideram enfoques com apenas uma dimensão são insuficientes, devendo sempre estar implícitas as dimensões ambientais, sociais, econômicas, cultural e ecológica.

A agricultura sustentável é aquela que procura estabelecer, permanentemente, uma produtividade alta do solo, de tal forma a conservar e restabelecer um meio ambiente ecológico equilibrado (KOTSCHI e ADELHELM, 1997). Inserem-se neste contexto a viabilidade econômica e qualidade de vida (IGNACY SACHS, 1993).

Os sistemas conservacionistas de manejo de solos são conjuntos de técnicas embasadas em manejo de práticas culturais (cobertura verde, cobertura morta, adubação verde, rotação de culturas, faixas de retenção, entre outras) e em práticas mecânicas tais como revolvimento mínimo ou ausência de revolvimento de solo e terraceamento (ANGHINONI, 2007).

O solo é à base da produção de alimentos e um fator de capital importância para o meio ambiente, portanto para proteção dos recursos naturais e segurança alimentar é imprescindível a manutenção de sua qualidade para efeito de sustentabilidade da produção agrícola. Em adição ao exposto, a erosão dos solos prejudica a qualidade da água, cujo resgate desta qualidade determinará altíssimo custo para a sociedade (DANARDIN & KOCHANN, 2007).

Segundo Altieri (2002), a agricultura moderna tornou-se altamente complexa, com uma produção de grãos dependente do manejo intensivo e da disponibilidade ininterrupta do suprimento de energia e de insumos. A compreensão dos sistemas tradicionais de produção pode revelar indícios ecológicos importantes para o desenvolvimento de sistemas alternativos de manejo da produção, tanto para os países industrializados, quanto para aqueles em

desenvolvimento. O autor acrescenta que a busca por modelos de agricultura sustentável terá que combinar elementos da agricultura tradicional com o conhecimento científico moderno. A complementação de variedades e insumos convencionais com as tecnologias tradicionais irá garantir uma produção agrícola mais acessível e sustentável.

É patente, portanto, a necessidade de substituir os sistemas de produção, caracterizados pelo preparo intenso/convencional do solo, por sistemas alternativos que promovam sustentabilidade, fundamentada em contextos que englobem condições ambientais, sociais e econômicas convenientes. Dessa maneira o SPD, cujos fundamentos estão em consonância com esta percepção de agricultura é alternativo na implementação de uma agricultura mais sustentável do ponto de vista ecológico.

2.5 SISTEMA DE MANEJO PLANTIO DIRETO - SPD.

Historicamente, o homem vem modificando o ambiente com objetivo de produzir alimentos. Uma das principais alterações introduzidas nos ecossistemas é o cultivo do solo, o qual tem por finalidade preparar o leito da sementeira, incorporar fertilizantes, matéria orgânica e controlar plantas, insetos e doenças (FERNANDES, 1997).

Para Pereira (1997), o sistema plantio direto (SPD) é uma das situações em que as mudanças são muito significativas, diferenciando-se dos demais métodos culturais, isto por ser uma técnica de cultivo na qual os restos culturais são mantidos na superfície do solo e as sementes são introduzidas na terra através de equipamentos especiais com a mínima modificação do solo. Sendo hoje adotado em várias partes do mundo (SPEHAR, & SOUZA, 1996).

O plantio direto é, na opinião de Vieira (1991), um sistema conservacionista de manejo do solo que tem por suas características contribuir significativamente para a diminuição da erosão do solo, por ser um processo de sementeira que não envolve tanta mobilização, sendo esta efetuada apenas na linha de sementeira, protegendo o solo contra a chuva e permitindo maior infiltração de água do perfil. Isto por que, o solo permanece coberto com resíduos culturais melhorando sua estrutura na camada superficial, devido ao aumento de umidade e de matéria orgânica (CONSTANTINO, 2006).

Segundo Derpesch (2004), o desenvolvimento da agricultura tem motivado o homem a modificar em maior ou menor grau, alguns aspectos do ecossistema em seu próprio benefício.

Em algumas situações, a modificação tem alcançado tamanha magnitude que chega a caracterizar um subsistema diferenciado dos naturais e também, dos culturais a partir do tempo de sua implementação.

O Sistema de Plantio Direto (SPD) trata-se de uma prática que se enquadra entre os sistemas conservacionistas, uma vez que está fundamentado em três requisitos mínimos: revolvimento do solo restrito à cova ou sulco de plantio, a biodiversidade pela rotação de culturas, e a cobertura permanente do solo com culturas específicas para formação de palhada. Estes requisitos são associados ainda ao manejo integrado de pragas, doenças e invasoras (SALTON et al., 1998; PLATAFORMA PLANTIO DIRETO, 2004; FREITAS, 2002).

Nas diferentes regiões brasileiras tradicionais em produção de grãos, o SPD tem suas vantagens contabilizadas em uma área estimada de 26 milhões de hectares, inclusive nas condições do cerrado úmido do Estado do Mato Grosso, permitindo produtividades superiores a 4.500 kg/ha, para a soja (BERNARDI et al., 2003).

O plantio direto, quando implantado com critérios e conduzidos com persistência ao longo dos anos, diminui os riscos ambientais, tal qual da erosão e perda da MO e fertilidade química no solo e melhora a sustentabilidade da agricultura, mesmo perante a descapitalização do produtor e demais dificuldades e riscos. Observa-se a adoção desse sistema pela ampliação das áreas cultivadas após anos de cultivo, com maior aprendizado e interesse dos produtores pela proteção do solo, pelo manejo de culturas, pelo aumento da matéria orgânica e pela vida do solo (SATURNINO e LANDERS, 1997).

Os estoques de alimentos nos últimos 50 anos são considerados baixos. Nos próximos 25 anos, a população do planeta necessitará de um considerável incremento na produção de alimentos que seja proporcional ao crescimento demográfico. Assim, é insana qualquer atitude de manejo inadequado do solo, pois a limitação de sua capacidade produtiva promoverá a desestabilização econômica do produtor e colocará em risco a segurança alimentar. Pereira (1997), em seus trabalhos teve preocupação em incentivar o produtor a utilizar sistemas de manejo conservacionistas, como o plantio direto.

Segundo Pires (2003), com a difusão de sistemas conservacionistas de manejo do solo, como o plantio direto, as práticas agronômicas devem ser adaptadas, visando à manutenção da capacidade produtiva dos sistemas agrícolas. O efeito do plantio direto sobre a estruturação do solo é a formação de agregados estáveis, a quantidade e qualidade em matéria orgânica do

solo que condiciona uma melhoria nas condições físicas, químicas e biológicas do mesmo, tornando-o mais resistente à erosão (DIRCEU, 2007).

Venturim e Bahia (1998), mostram que pesquisas científicas no mundo com o plantio direto quando comparadas com o sistema de preparo convencional, mesmo com o emprego de arado ou grade, tem efeitos positivos sobre a fertilidade do solo. Isto ocorre devido ao sistema plantio direto que reduz consideravelmente a erosão do solo e bem como, eleva os teores de matéria orgânica no solo (DERPSCH, 1997).

Segundo Derpsch (1997), os primeiros trabalhos sobre plantio direto foram decorrentes de estudos de americanos e ingleses com o surgimento do primeiro herbicida de contato, o Paraquat, que entrou no mercado no início dos anos 60. Assim, quando se iniciava a experiência de plantio direto no Brasil, os Estados Unidos da América já plantavam mais de dois milhões de hectares empregando aquela técnica, e já projetavam sua rápida expansão, adaptando-se às condições daquele país (DIJKSTRA, 2007).

O sistema ganhou impulso com a descoberta dos herbicidas sistêmicos (não – seletivos e seletivos), garantindo mais eficiência no controle de plantas invasoras, com as melhores alternativas de uso de plantadeira / semeadeiras e com a formação da palhada, para aumentar a proteção dos solos (VIEIRA, 1981).

O plantio direto vem crescendo num ritmo acelerado em todo mundo. Com 19,75 milhões de ha, os Estados Unidos é o país onde o plantio direto alcançou a maior difusão em termos de área cultivada, seguindo do Brasil com 13,47 milhões de ha, Argentina com 9,25 milhões de ha, Austrália com 8,64 milhões de ha, Canadá com 4,08 milhões de ha, e Paraguai com 0,8 milhões de ha (DERPSCH, et al., 2000).

Estima-se que o plantio direto é utilizado em aproximadamente 58 milhões de ha em todo o mundo. Aproximadamente 83% da tecnologia está sendo praticada no Continente Americano, cerca de 15% na Austrália e apenas 2% na Europa, Ásia e África. Apesar da expansão em termos de área nos Estados Unidos, o plantio direto representa apenas 16% da área agrícola total do país (CASSOL, et al., 2007).

No início da década de 70 iniciaram-se as experiências de produtores com o plantio direto no Brasil, mais precisamente nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul. As primeiras experiências de SPD nos cerrados ocorreram na década de 70, estendendo-se pela década de 80. Os fatores que colaboraram para a consolidação do plantio direto nos cerrados na década de 90 foram: mudança de atitude dos agricultores; fundação em 1992 da Associação do

Plantio Direto do Cerrado; migração de agricultores do sul do Brasil com experiência em plantio direto; e a plena adaptação da cultura da soja aos cerrados (PLATAFORMA PLANTIO DIRETO, 2004).

Com crescimento inicial pouco expressivo, em termos de área, foi a partir da década de 90 que ocorreu grande expansão da área sob SPD, tanto na região sul como na região de cerrados naturais, onde o SPD começou apenas a ser utilizado nos anos 1980. Atualmente são cultivados no Brasil mais de 26 milhões de hectares sob plantio direto (CERVI, 2003), estando 25 % dessa área localizada na região do cerrado.

Para Sá (1995), a adoção de métodos de manejo do solo, tem por objetivo principal a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo, visando aumentar o potencial produtivo. Por outro lado, o intenso revolvimento do solo para o preparo e conseqüentemente a implantação das culturas agrícolas, coincidindo em geral, com a ocorrência de elevadas precipitações durante os estádios de desenvolvimento, tem provocado ao longo dos anos, expressivas perdas de solo por erosão de $30 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (COGO, 1991)

Em solos de declividade, o sistema plantio direto reduz em cerca de 75 % as perdas de solo e em 20 % as perdas de água, em relação às áreas onde há condução de preparo do solo e revolvimento (OLIVEIRA et al., 2002).

A preocupação em desenvolver estudos sobre sistemas conservacionistas de manejo do solo gerou o entrosamento entre diversos segmentos da indústria de máquinas agrícolas, de produtos agroquímicos e de pesquisadores de diversas áreas de atuação (PHILLIPS, 1984). O conceito inicialmente adotado foi derivado da expressão “no-tillage”, que significa, sem preparo do solo, definido como sendo um procedimento de plantio de uma cultura diretamente sobre uma cobertura morta quimicamente, ou sobre resíduos da cultura anterior, sem o preparo mecânico do leito de semeadura (JONES et al. 1968).

A sociedade está preocupada com a questão da aplicação de herbicidas no sistema de Plantio Direto. Um levantamento detalhado realizado mostra que produtores de grãos usam aproximadamente a mesma quantidade de herbicida no plantio convencional quando comparado com o plantio direto (LANDES, 2005).

Entretanto, é consenso entre muitos agricultores que praticam o Plantio Direto durante muitos anos nos Estados Unidos da América, exige menos herbicidas que o Convencional. A expectativa geral dos americanos é de que a quantidade de herbicida utilizada no Plantio Direto continuará descendente à medida que se ganha experiência no sistema (PAPENDICK,

1996). Essa também é a expectativa dos agricultores experientes do Brasil, da Argentina e do Paraguai, que, pelo uso sistemático de adubação verde e da rotação de culturas, assim como do uso correto de produtos químicos, estão conseguindo reduzir a quantidade de herbicidas em Plantio Direto a aproximadamente 80% da quantidade utilizada no Sistema de Preparo Convencional (VIEIRA, 1981).

O plantio direto é uma realidade no país, sendo um tipo de tecnologia que alia a sustentabilidade econômica ao respeito ao meio ambiente, tendo surgido da demanda explícita e clara dos produtores e do esforço conjunto de cientistas e da indústria de insumos e equipamentos, com vistas a oferecer respostas rápidas e precisas ao desafio que lhes foi apresentado (SIDIRAS e PAVAN, 1986).

A área estimada do SPD, a qual no Brasil alcança cerca de 26 milhões de hectares, apresenta cerca de 25% no cerrado. Entretanto, existe ainda, um alto potencial de expansão na região sem a necessidade de abrir novas áreas, pois entre a Amazônia e o cerrado existem aproximadamente 80 milhões de hectares de pastagens quase todas degradadas, ou em fase de degradação, podendo ser aproveitadas com o SPD na integração lavoura-pecuária (SANO et al. 1999; LANDERS, 2002; FREITAS, 2002).

Nas condições do Estado Pará, experiências com plantio direto, são, relativamente recentes, no município de Igarapé-Açu (EMBRAPA, 2003; KATO et al. 2002), em caráter de agricultura familiar (pequena agricultura), e no município de Altamira com o plantio direto de feijão do gênero *Phaseolus*, sobre a palhada de guandu (LOPES e CELESTINO FILHO, 2003). Quanto a agricultura em grande escala, as pesquisas conduzidas apresentam resultados parciais referentes a produtividade, sendo realizadas nos municípios de Paragominas e Redenção (FREITAS, 2005; GUEDES, 2009).

A integração lavoura-pecuária, com vistas à redução nos custos para recuperação das pastagens, que requer utilização de insumos, como fertilizantes, apresenta-se efetivamente como alternativa nas condições do Estado do Pará. A experiência com a utilização de plantio direto com grãos sob gramíneas forrageiras, e também grãos para recuperação de pastagens, não são novidades, já vem sendo utilizada por produtores em outras regiões brasileiras e, especificamente, nas regiões de Paragominas e Redenção, em resultados de pesquisa, no segundo caso, datam de 1986 (VEIGA, 1986).

Difundido em nosso meio mais como medida de controle à erosão do que como um sistema de manejo do solo propriamente dito, o plantio direto foi implantado sem que

houvesse informações básicas capazes de orientar os componentes envolvidos no sistema. Informações sobre o manejo das culturas, controle fitossanitário, manejo de fertilidade do solo, são ainda muito escassas para o Estado do Pará, onde necessitam de subsídios para avaliação das modificações que ocorrem nos agroecossistemas, no que se refere a relação solo-planta, os quais poderão ser obtidos somente através de observações a longo prazo (COLLOZI, 2007).

Nessa situação, é necessário que se conheça os efeitos desse sistema de manejo sobre a matéria orgânica e dinâmica de propriedades químicas e físicas na disponibilidade de nutrientes na camada arável do solo, para uma adequada orientação sobre o manejo de sistemas de uso da terra que se pratica em diferentes agroecossistemas (MUZILLI, 1983).

2.5.1 Plantas de cobertura em sistema de plantio direto.

Imaginava-se que o SPD teria sua adaptação dificultada nas regiões tropicais, pois pela situação climática dessas áreas, a decomposição do material de cobertura seria acelerada impossibilitando a formação de palha. A situação começou a ser solucionada com o surgimento de cultivares de verão mais precoces possibilitando a exploração de duas safras no verão (safrinha). Desse modo, atualmente, várias espécies e estratégias de cultivo são adaptadas às condições de diferentes regiões brasileiras, como a consorciação e a sobresemeadura (BERNARDI et al., 2003).

A introdução do milheto (*Penisetum glaucum* L. R. Br. e *P. americanum* L.), sorgo, crotalária (*Crotalaria juncea*), gramíneas forrageiras como *Brachiaria* spp., capim pé-de-galinha (*Eleusine coracama*), e espécies alternativas como, quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), amaranto (*Amaranthus* spp.), feijão guandu (*Cajanus cajan* L.) possibilitaram a adequada formação de palhada (mulch), para a cobertura do solo e sustentabilidade do SPD nos trópicos (SPEHAR e SOUZA, 1996).

2.5.2 Rotação de culturas no sistema plantio direto.

A rotação de culturas consiste em alternar espécies vegetais, no correr do tempo, numa mesma área agrícola. As espécies escolhidas devem ter propósito comercial e de recuperação do meio-ambiente (GAUDÊNCIO et al., 1995).

Na rotação de culturas nas condições do SPD, são utilizados critérios relativos às características das plantas como exigências nutricionais, sistema radicular, ser ou não

hospedeiro ou fonte de inóculo de doenças ou pragas, proporcionar melhor cobertura do solo (CALEGARI & RALICH, 2007).

Na rotação, tudo deve ser programado para que as culturas sucessoras sejam beneficiadas pelas antecessoras e, inclusive, para que todo ambiente seja melhorado. Além desse critério, é fundamental que o sistema de rotação seja monitorado, para que em determinadas situações possa ser alterado a fim de manter o equilíbrio do sistema (CALEGARI et al., 1998).

2.6 FERTILIDADE DO SOLO SOB SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO.

A permanente cobertura do solo aliado à aplicação de fertilizantes e corretivos na superfície do solo ocasiona mudanças nos regimes de umidade e na distribuição de nutrientes no perfil do solo. Souza (2003), relatou que inúmeros trabalhos têm mostrado que o sistema de plantio direto cria no solo, um ambiente diferente daquele encontrado no sistema convencional, resultante do efeito dos resíduos superficiais e da reduzida movimentação do solo. Como consequência, tem-se constatado acúmulo de nutrientes na superfície do solo neste sistema conservacionista.

Pesquisas científicas mostram que o SPD comparado ao sistema convencional de preparo do solo tem efeito positivo sobre a fertilidade do solo, devido à redução da erosão, melhoria nas propriedades físicas e elevação dos teores de matéria orgânica (DERPSCH, 1997).

Segundo Bernardi et al., (2003), o SPD promove, alterações no comportamento do solo, pela eliminação das ações mecânicas que promovem a homogeneização do solo. Com a distribuição de nutrientes, predominantemente na superfície, e a ação das plantas acumulando nutrientes na biomassa aérea, ocorre um acúmulo de nutrientes, especialmente fósforo e potássio, na camada de 0 a 10 cm (FONTOURA, 2007).

Os efeitos na neutralização da acidez (redução de toxidez de Al) e no deslocamento de cátions de caráter básico, no perfil do solo, decorrentes da aplicação de calcário na superfície, são detectados na subsuperfície após períodos relativamente curtos no sistema plantio direto. Esses efeitos ocorrem predominantemente até à profundidade de 10 cm, mas também ocorrem na camada de 10-20 cm e na camada de 20-40 cm (ANGHINONI, et al. 2007).

No Paraná, em trabalhos conduzidos em sistema de rotação e manejo dos resíduos de culturas agrícolas foi observado efeito até a profundidade de 10 cm, após doze meses, e até 20 cm, após 28 meses, em solos de textura média (CAIRES et al., 2002).

Segundo Amaral et al., (2004), os mecanismos responsáveis por esse rápido deslocamento dos efeitos da calagem superficial são fatores como:

1. Formação e migração de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, sendo importante a presença de ácidos orgânicos;
2. Deslocamento de partículas finas de calcário nos canais formados por raízes mortas e insetos, mantidos intactos (KOCHHANN, 1999) ou porosidade continua no perfil (AMARAL et al., 2004);
3. Adição de fertilizantes nitrogenados, com redução da acidez na rizosfera pela absorção de nitrato e exsudação de OH^- e HCO_3^- pelas raízes;
4. Produção continua de ácidos orgânicos hidrossolúveis (de baixo peso molecular), ou que complexam os cátions divalentes (Ca^{+2} e Mg^{+2}) na forma neutra (CaL^0 e MgL^0) ou negativa (CaL^- e MgL^-). A alteração da carga, mediante a formação de pares iônicos, facilita a mobilidade do complexo de troca até à camada subsuperficial, onde os cátions divalentes são deslocados pelo Al trocável, uma vez que formam complexos mais estáveis com o Al, diminuindo sua toxidez às raízes.

Com o tempo de permanência do sistema de plantio direto, há uma tendência de aumento da eficiência dos adubos aplicados, e da disponibilidade de nutrientes, pela ação de microorganismos, diminuição da adsorção de nutrientes pelos minerais de argila, e movimentação de cátions pelo perfil do solo.

A fertilidade do solo deve considerar além dos atributos químicos no solo, deve também levar em considerações os aspectos físicos e biológicos, tais como: a porosidade, susceptibilidade à compactação, friabilidade em diferentes umidades, teor e qualidade de matéria orgânica, e atividade biológica (FREITAS, 2002).

Pesquisas científicas demonstram que o Plantio Direto, em comparação com o preparo convencional de solos, com emprego de arado ou grade, tem efeito positivo sobre a fertilidade do solo. Isso ocorre porque o plantio direto reduz drasticamente a erosão a valores similares à regeneração natural do solo e, também, porque aumenta os teores de matéria orgânica no solo.

Ao estudar o efeito de sistemas de preparo de solo na cultura da soja, em sucessão com trigo e sorgo, Freitas (2002), verificou uma maior concentração de nutrientes na camada superficial do solo (0-10 cm), e diferença na distribuição de nutrientes entre a camada superficial e as mais profundas foi mais acentuada em plantio direto.

Ao comparar os sistemas de manejo plantio direto, preparo em anos alternados e plantio convencional, em um solo do tipo Podzólico argiloso, na cultura do milho, com

aplicações anuais de fósforo, Ghini et al. (2003), constataram acumulação de fósforo disponível nos primeiros 0-5 cm para o sistema plantio direto.

Muzilli (1983), trabalhando com rotações de culturas em sistemas de plantio direto e convencional, em LRd e LVd argilosos, após cinco e quatro anos de cultivo, respectivamente, também constatou maior acúmulo de fósforo nas camadas superficiais. Efeitos similares foram proporcionados pelos sistemas, no que tange a K, Ca e Mg trocáveis, sendo observada uma tendência de redução nos teores destes elementos com o aumento da profundidade na camada arável.

Oliveira et al. (1999), também constataram que as parcelas sem preparo do solo tinham um nível de fósforo muito maior na camada superficial, até 5cm, de profundidade que no plantio convencional. Caíres et al. (2002), encontraram maiores concentrações de fósforo e potássio nas camadas superficiais em plantio direto, atribuindo este fato ao menor revolvimento do solo neste sistema de manejo.

Maria (2003), afirma que no plantio direto houve concentração de fósforo na camada superficial do solo (0-7 cm), sendo que o arado de disco foi o implemento que distribuiu melhor o fósforo no solo. Os teores de potássio, na profundidade de 0 a 7 cm, foram maiores no sistema plantio direto, convencional com grade pesada e escarificador. A distribuição do cálcio foi uniforme nos sistemas de manejo convencional e plantio direto, até os 21 cm, sendo observada a mesma tendência para o magnésio.

Trabalhando por dois anos em cultivos de trigo e soja em Latossolo roxo, Maria (2003), verificou uma maior concentração de fósforo disponível na camada superficial em plantio direto, quando comparado ao plantio convencional e preparo mínimo. Constatou maiores valores de pH para plantio direto, maiores teores de Ca nos primeiros 10 cm em plantio direto e preparo mínimo, em relação ao plantio convencional, e maiores teores de Mg trocável nos primeiros 5 cm em plantio convencional. Por outro lado, não houve diferenças entre os teores de K e Al trocáveis e Ca, nos três sistemas empregados.

A partir da consolidação do SPD, as prescrições relacionadas à adubação, passam a considerar o sistema completo, ou seja, para o manejo da fertilidade é preciso conjugar o uso de adubos químicos com o poder de reciclagem biológica das culturas de cobertura e da rotação (SOUZA e LOBATO, 2002).

2.7 VARIAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA SOB SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO.

Segundo Leite & Mendonça, (2007), o grande interesse em manter ou aumentar os estoques de matéria orgânica do solo e sequestrar carbono requer avaliar mudanças no teor de carbono total, essas mudanças devem ser avaliadas em períodos relativamente curtos, que podem variar de alguns anos, até no máximo, algumas décadas. No entanto a predição baseada em experimentos de longa duração torna-se importante.

Os estudos da dinâmica da matéria orgânica em solos tropicais ainda são escassos, e nos poucos trabalhos desenvolvidos estão relacionados com os sistemas de manejo avaliados. No Rio Grande do Sul, em Latossolo Vermelho, sob sistemas de manejo e de culturas, os estoques de carbono foram super e subestimados em relação ao sistema convencional (aração e gradagem (LEITE & MENDONÇA, 2007). Na região de Balsas, no Maranhão, em Argissolo Vermelho Amarelo, houve aumento nos estoques de carbono para o plantio direto e convencional após quatro anos de cultivo agrícola, ao passo que durante nove anos de uso agrícola diminuíram os estoques de carbono em 13 e 25%, nos sistemas de manejo e cultivo do solo. Essa maior sensibilidade às mudanças nos sistemas de manejo e, concomitante, a maior estabilidade do compartimento passivo é atribuída à rápida ciclagem (CERRI, et al., 2007).

Uma das características marcantes do SPD é o aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial do solo com o decorrer do tempo de implantação desse sistema. A ausência de preparo do solo (práticas conservacionistas de aração e de gradagem) e a quantidade e qualidade, tanto dos resíduos das culturas de interesse econômico em rotação ou sucessão como das plantas de coberturas ao longo dos anos, acarretam um aumento gradual no teor de matéria orgânica, notadamente na camada superficial (0-10 cm) (ANGHINONI, 2007).

A razão do acréscimo de matéria orgânica decorre do fato de a taxa de decomposição de palha mantida na superfície do solo ser menor do que se fosse incorporado ao solo. O aumento nos estoques de matéria orgânica é dependente de vários fatores, tais como: quantidade de palha, tipo de rotação de culturas aplicadas na lavoura (SILVA, 2001).

Segundo (Sidiras e Pavan, 1986), a alteração no teor de matéria orgânica, tanto em quantidade como em qualidade, tem implicações graduais nas alterações do pH, na toxidez de alumínio, na dinâmica de nitrogênio, do fósforo e de outros nutrientes.

Freitas et al., (2000), comentam o importante papel desempenhado pela matéria orgânica das camadas superficiais, principalmente sobre as principais propriedades edáficas

do solo no sistema plantio direto. O mesmo autor afirma que o carbono utilizado para calcular os teores de matéria orgânica no solo, foi mais elevado na profundidade 0 a 7 cm no sistema direto, sem diferir estatisticamente do escarificador. Situação que evidencia principalmente o plantio direto e depois o escarificador, como sistemas de manejo do solo que apresentam melhores condições de preservar a matéria orgânica, e conseqüentemente, as condições químicas e físicas do solo, especialmente na camada superficial.

Portanto, enquanto o SPD promove a elevação no teor de matéria orgânica, o sistema convencional de preparo do solo com sua intensificação realiza o contrário, conforme trabalho realizado por Silva et al.(1994), que avaliando a matéria orgânica submetida ao preparo convencional em três tipos de solos, durante seis anos, no noroeste do Estado da Bahia, observou o rápido decréscimo nos solos estudados.

Helyar (2003), observaram que o plantio direto proporcionou maior acúmulo de matéria orgânica do que o preparo convencional conduzido sobre a monocultura de arroz, principalmente na camada mais superficial do solo (0 a 2,5 cm). Concluíram que, com o passar dos anos, estas diferenças aumentaram também em profundidade.

Os teores de matéria orgânica, encontrados no solo, foram mais elevado na profundidade 0 a 7 cm no sistema de plantio direto, sem diferir estatisticamente do escarificador. Situação que evidencia, principalmente o plantio direto e depois o escarificador, como sistemas de manejo do solo que apresentam melhores condições de preservar a matéria orgânica, e conseqüentemente, as condições físicas do solo, especialmente na camada superficial durante cinco anos de cultivo .

No Estado do Paraná, foram observados aumentos significativos no teor de matéria orgânica na camada de 0-5 cm em um Latossolo Roxo após 5 anos sob SPD, em comparação ao sistema de plantio convencional (SPC). Para outro Latossolo Roxo e para Terra Roxa Estruturada, após 4 anos sob SPD, o aumento significativo da matéria orgânica atingiu a camada de 0-20 cm. Ainda no norte do Paraná, foi observado que após 15 anos do SPD ocorreu um aumento de 27% no teor de matéria orgânica na camada de 0-10 cm (SÁ, 1995).

A construção da matéria orgânica no plantio direto é regulada, principalmente, pelas quantidades de carbono e nitrogênio existentes nos resíduos orgânicos mantidos na superfície do solo. Quando a cobertura é realizada com resíduos vegetais que possuam alta relação C/N, observa-se decréscimos na mineralização da matéria orgânica e aumento na imobilização dos nutrientes nela contidos (N, P, S), sobretudo na camada superficial do solo, devido à maior

oferta de carbono orgânico que estimula a atividade microbiana responsável pela imobilização do nitrogênio no sistema solo-planta (BAENA e FALESI, 2001).

O sistema de plantio direto produz mudanças nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, exigindo a utilização de novos procedimentos e técnicas de manejo em relação ao sistema convencional, seja rotacional ou mais ainda quando em monocultivo. Devido a grande deposição de resíduos vegetais (palhada) na superfície do solo com o tempo de quatro anos de cultivo, os ácidos orgânicos são produzidos continuamente, participando na ciclagem dos elementos químicos inorgânicos do solo. Há perenização dos ácidos orgânicos derivados dos resíduos depositados na superfície com participação ativa na química dos íons no solo (PAVAN, 1997).

Segundo Goedert, et al., (2007), no sistema de preparo convencional promove uma maior aeração e quebra dos agregados do solo, e a incorporação dos resíduos vegetais provoca rápida decomposição e perda do carbono orgânico nativo, assim como uma mineralização do nitrogênio e do fósforo orgânico do solo. Isto faz com que grande proporção dos compostos carbonados atinja rapidamente a fase final do processo de mineralização, havendo assim um impedimento na formação de substâncias mais estáveis no solo, como o húmus.

Segundo D`Andréa et al. (2004), constataram que a elevação no teor de matéria orgânica nas camadas mais superficiais do solo é uma consequência não somente de sua mineralização mais lenta no SPD em relação a monocultura, devido ao menor contato com o solo, o que retarda a ação dos microorganismos responsáveis por este processo, mas também, pela maior adição de fitomassa das culturas em rotação e /ou, sucessão e pela maior preservação da estrutura do solo, que confere à matéria orgânica maior proteção ao ataque de microorganismos e de seus complexos enzimáticos.

Na Inglaterra e nos Estados Unidos da América, vários trabalhos constataram que o plantio direto, quando praticado por vários anos, resulta em maiores incrementos no teor de matéria orgânica na camada arável dos solos, se comparado ao preparo convencional. Amado et al., (2001), por exemplo, comentam que o teor de matéria orgânica manteve-se 5% maior na camada superficial em plantio direto.

Entretanto, Muzilli (1983), para as condições tropicais, trabalhando com rotação de culturas, relata que esse fato não foi plenamente confirmado em estudos conduzidos em um Latossolo Roxo Distrófico (após cinco anos de cultivo) e em um Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico argiloso (após quatro anos de cultivo), onde se verificou um aumento no teor de

matéria orgânica com o decorrer do tempo. Os efeitos, porém, foram similares para os dois sistemas, ressaltando o autor que no preparo convencional os restos culturais de verão e de inverno foram incorporados à camada arável.

Comparando sistemas de preparo de solo, Bezerra et al. (2003) estudou a distribuição dos teores de matéria orgânica nas profundidades de 0-10cm e 0-15cm, constatando que o arado de aiveca provocava uma distribuição mais uniforme nessas profundidades que o arado de discos, a grade pesada e o plantio direto. O autor justifica que essa menor variação no teor de matéria orgânica com a profundidade pode ter como causa mais provável a maior profundidade de incorporação realizada pelo aiveca.

Moura (1981), em trabalho semelhante ao de Bezerra et al. (2003), observou que para os teores de matéria orgânica, em todos os tratamentos em que o solo foi revolvido, há um segundo pico nas profundidades de 10-15 cm para o sistema de manejo usando arado de aiveca e 5-10 cm para o sistema usando arado de discos e grade pesada. Conclui que este segundo pico representa faixas de maior incorporação de resíduos orgânicos pelo preparo, devendo dar idéia sobre a posição média de viragem da leiva.

Furlani (1995), estudando sistemas de aradura e de manejo da palha de arroz e milho, deduziu que com o emprego de arado de aiveca, em relação ao arado de discos ocorreu significativa elevação nos teores totais de matéria orgânica nas profundidades superiores aos 10 cm iniciais.

No sul do Pará, Freitas (2005), estudando sistemas de manejo, de preparo e cultivo do solo em monocultivo e rotação de culturas sobre plantio direto com palhada de milho, deduziu que com o emprego do plantio direto durante dois anos, em relação ao convencional ocorreu significativa elevação nos teores totais de matéria orgânica nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Também foram constatados melhorias nas propriedades físicas e aumento da matéria orgânica no município de Igarapé-Açu-PA, por (TRINDADE, 2007).

2.8 VARIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO.

No Brasil, os trabalhos desenvolvidos sobre modificações induzidas pelo efeito de diferentes sistemas de uso e manejo sobre as propriedades químicas, têm sido conduzido na região centro-sul. Contudo, esses tipos de trabalhos são quase que inexistente na região Amazônica.

Maria (2003), aponta para uma maior variabilidade no solo, principalmente, nas suas propriedades químicas, no sistema de plantio direto ser maior do que no sistema de preparo convencional, tanto no sentido horizontal, como em profundidade no perfil do solo.

Segundo Maria (2003), o conhecimento das características químicas dos solos e as suas implicações em seu manejo são de grande importância para a prática de agricultura tecnificada, pois, solos com diferentes propriedades químicas irão se comportar de modo diferente sob o mesmo sistema de manejo, o que pode interferir na produção das culturas.

Karlen, et al., (2004), ao estudar os resultados relacionados com os sistemas de preparo e manejo do solo no mundo e a influência destes sobre as propriedades químicas, verifica-se uma diversidade de respostas a sistemas tecnificados, em função de características do solo, da planta, do clima, bem como do manejo que objetiva a melhoria da qualidade da fertilidade química do solo.

Os níveis e a distribuição dos nutrientes no solo são influenciados pelo seu manejo, seja pela mudança das suas características físicas, que afetam o movimento dos íons no solo, ou pela erosão que provoca a perda dos nutrientes junto com o solo, ou ainda pelas características diferenciadas de cada implemento ao distribuir os nutrientes de diferentes modos e profundidades (KOCHHANN et al. 1999).

O Plantio Direto, em comparação com o Preparo Convencional, tem efeitos positivos sobre as propriedades químicas mais importantes do solo. Sob o sistema de Plantio Direto, registram-se maiores valores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e também maiores valores de pH, ao passo que a saturação do alumínio se torna mais baixa (SIDIRAS e PAVAN, 1986).

Trabalho de pesquisa realizado por Torres et al.(1988) e Altmann (2001), em que foram avaliadas as características químicas do solo, após seis anos de cultivo em quatro sistemas de preparo: plantio direto; convencional com arado de disco, grade pesada e escarificador, seguido de duas gradagens niveladoras, em quatro profundidades. Mostrou que o pH não sofreu variação em função do sistema de preparo.

Maria (2003), estudando o sistema de manejo durante dois anos avaliou que no plantio direto houve concentração de fósforo na camada superficial do solo (0-7 cm), sendo que o arado de disco foi o implemento que distribuiu melhor o fósforo no solo. Os teores de potássio, na profundidade de 0 a 7 cm, foram maiores no sistema plantio direto, convencional

com grade pesada e escarificador. A distribuição do cálcio foi uniforme nos quatro sistemas até os 21 cm, sendo observada a mesma tendência para o magnésio.

Segundo Kurihara et al. (1998), o manejo da fertilidade do solo, nos três primeiros anos, no sistema de plantio direto e no sistema convencional é igual, haja vista que, as correções do solo e adubações das culturas atenderão as necessidades de acordo com a análise do solo a ser estudado.

Segundo Kotschi e Adelhelm, (1997), existe uma relação estreita entre o teor de matéria orgânica, a produtividade agrícola e a eficiência dos fertilizantes. Como resultado dos baixos valores de CTC na maioria dos solos tropicais e subtropicais (SANCHEZ,1986), a contribuição da matéria orgânica nessas regiões é proporcionalmente mais importante. Essa matéria orgânica é mineralizada nos trópicos, cerca de cinco vezes mais rapidamente que nas regiões temperadas (SANCHEZ e LOGAN, 1992).

Gomes (1987), estudando o efeito de sistemas de aradura e manejo da palhada do arroz e milho nas propriedades químicas de um Latossolo Roxo Eutrófico, concluiu que com o emprego do arado de aiveca, em relação ao arado de discos, ocorreu significativa elevação nos teores de potássio e magnésio no solo. Os teores de P “disponível”, K e Mg “trocáveis” tenderam para uma concentração maior com o uso de arado de aiveca. Entretanto, para o cálcio, os teores mais elevados nas camadas subsuperficiais foram encontrados com o arado de discos.

Nas condições das regiões sul, sudeste e de cerrados do Brasil, a adoção do SPD admite correções do solo e adubações diferenciadas comparadas aos sistemas convencionais, com redução na aplicação desses insumos, situação esta decorrente de abundantes estudos com esta forma de manejo.

No sistema plantio direto, a aplicação de corretivos e fertilizantes, é realizada na linha, na subsuperfície do solo ou a lanço, na superfície, e a deposição superficial dos resíduos das culturas altera a taxa de decomposição da matéria orgânica e a liberação dos nutrientes na superfície do solo, resultando na formação de gradientes em propriedades químicas em profundidade, o qual se intensifica com o tempo de cultivo (ANGHINONI, e al., 2000).

Albuquerque & Morais (2006), estudando os efeitos do plantio direto e convencional nas propriedades químicas do solo sob cultivo há 2, 4, 12 e 16 anos, observaram que, exceto na área sob 2 anos conduzido sobre plantio direto, o carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana e o potencial de mineralização do nitrogênio e do carbono foram

significativamente maiores na superfície do solo. A maiores profundidades, no entanto, ocorreu uma reversão da situação, quando no preparo convencional o carbono e o nitrogênio da biomassa se distribuíram igualmente em profundidade, e no plantio direto se concentraram na superfície, devido à presença da palhada.

Bayer e Mielniczuk (2008), verificaram que os teores de carbono total e a capacidade de troca de cátions (CTC) aumentaram na camada superficial do solo após cinco anos de plantio direto. Sidiras & Pavan (1986), observaram que no plantio direto, a partir de três a quatro anos, os valores de pH, de Ca +Mg trocáveis, K trocável e P extraível do solo aumentaram na camada superficial (0–10 cm) do solo.

No sistema de plantio direto, a distribuição e acumulação de potássio, cálcio e magnésio trocáveis mostram-se de ocorrência superficial, com redução gradativa da sua disponibilidade nas camadas mais profundas. Assim, nas pesquisas realizadas sobre o comportamento destes elementos, em sistema de semeadura direta, os resultados encontrados são semelhantes quanto à sua distribuição no perfil solo (MUZILLI, 2006).

O potássio, diferente do fósforo, dilui-se parcialmente na água e é transportado para camadas mais profundas. A maior quantidade encontra-se na camada superficial, até 5 cm de profundidade, e as variações maiores ocorrem na camada de 5 a 15 cm. É importante salientar que a variação nos teores de fósforo e potássio no solo, no sentido perpendicular à linha de semeadura, cujos teores variaram cerca de 15 a 32 mg.dm⁻³ para fósforo, e 3 a 7 mmolc. dm⁻³ para potássio (SIDIRAS & PAVAN, 1986).

Dias, et al., (2007), verificou decréscimo nos teores de potássio, cálcio e magnésio com a profundidade da camada arável. Similarmente, Crusciol et al., (2010), trabalhando em um Latossolo Bruno álico, em plantio direto, verificaram uma maior concentração de potássio trocável, cálcio e magnésio na superfície, ou seja, até 8 cm de profundidade no período de cinco anos. Isto pode significar maior disponibilidade para as culturas, desde que exista água para o fluxo do elemento.

Baseado em dados sobre absorção de potássio pelas plantas e considerando a mobilidade e a solubilidade no solo, alguns especialistas sugerem a possibilidade de aplicar o potássio em cobertura à semelhança do nitrogênio. Os resultados de experimentos evidenciam que o potássio no sulco de semeadura resulta em colheitas equivalentes às obtidas com aplicações parceladas no plantio e em cobertura. Havendo dificuldade na obtenção de fórmulas que atendam a necessidade de fertilização, pode-se buscar a melhor alternativa

possível na semeadura, complementando a quantidade necessária misturando com fontes de N na adubação de cobertura, na superfície do solo (CRUSCIOL et al., (2010).

O desequilíbrio nutricional provocado pela aplicação de grandes quantidades de fertilizantes na linha de semeadura sob plantio direto pode provocar sintomas de deficiência de alguns elementos no início do desenvolvimento das plantas. O molibdênio pode ser liberado com a aplicação de calcário. O excesso de fósforo e calcário mal distribuído podem induzir a deficiência de zinco. Com o crescimento das raízes, o desequilíbrio torna-se menos evidente e os sintomas tornam-se caracterizados como deficiência de micronutrientes desaparecem (FREIXO, et al.2002).

Sabe-se que a ação antrópica na prática da agricultura, no sistema de preparo convencional, altera as características químicas do solo, pela utilização de corretivos, fertilizantes, causando maior variabilidade do solo (Costa, et al., 2006), que é aumentada no sistema plantio direto pela ação residual dos fertilizantes nas adubações em linha e em superfície juntamente com os resíduos culturais reciclados (ANGHINONI 2007).

A heterogeneidade é uma condição intrínseca do solo. Ela ocorre naturalmente, tanto no sentido horizontal como vertical, resultando do efeito conjugado dos fatores de exploração do solo. No caso de uma paisagem cultivada, fontes adicionais como o manejo exercido pelo homem contribuem para o aumento da heterogeneidade natural do solo (ANGHINONI, 2006).

2.8.1 Variabilidade horizontal

A rotação de culturas é uma condição básica para o sucesso e continuidade do sistema plantio direto. Entretanto, numa mesma área, culturas com diferentes espaçamentos são cultivadas, e as linhas de adubação, geralmente, não coincidem. Assim a variabilidade horizontal de diferentes nutrientes, bem como o pH, pode sofrer dependência conforme atributo químico avaliado e a profundidade em estudo (ZANÃO JÚNIOR, et al., 2010)

Quando as colheitadeiras fazem uma perfeita distribuição da palhada na superfície do solo e as adubações no sistema plantio direto são à lanço, espera-se uma variabilidade horizontal semelhante à do sistema convencional. Porém, quando as adubações são feitas na linha de semeadura ocorre uma maior concentração de alguns nutrientes na linha, principalmente os menos móveis, causando maior variabilidade (LITTELL,et al. 2006).

Os resultados de estudos (Souza e Alves, 2003) em lavouras consolidadas (mais de cinco anos) no sistema plantio direto no Sul do Brasil, confirmam a maior variabilidade dos

índices de fertilidade do solo nesse sistema em relação ao preparo convencional, especialmente para o fósforo disponível com adubação em sulcos, que inclusive apresentou correlação ou dependência espacial.

Souza et al. (2003), verificaram que no sistema plantio direto, ocorreram os maiores coeficientes de variação e os menores alcances de dependência espacial, comparado aos demais sistemas (preparo convencional, escarificação e pastagem), para a maioria das propriedades químicas do solo. Desse modo, assume-se que o solo sob sistema plantio direto é mais variável que o solo sob os demais sistemas estudados pelos autores.

Anghinoni (2007), verificou uma maior variabilidade nas lavouras no sistema plantio direto em relação ao convencional. Segundo estes autores, os coeficientes de variação foram baixos (<10%) para pH e para necessidade de calagem, em ambos sistemas de cultivos. Entretanto, os coeficientes de variação foram altos para fósforo e potássio.

A distribuição de adubos a lanço, através de semeadoras-adubadoras de levante hidráulico, não efetua uma distribuição uniforme na superfície do solo. Essas situações, além de aumentarem a variabilidade horizontal, criam dificuldades para definir a forma e o tamanho (volume) de subamostras para bem representar o sítio de coleta da lavoura (ANGHINONI, 2000).

Abuquerque e Morais (2006), caracterizaram a variação horizontal em três tipos: as microvariações que referem-se as variações entre dois pontos separados por distâncias de até 0,50 m e são resultantes exclusivamente das adubações em linhas; as mesovariações que referem-se aos pontos entre 0,50 e 2,0 m; as macrovariações que referem-se a pontos com distâncias maiores que 2,0 m nas amostragens de solo, as macrovariações devem ser contempladas pelo número de subamostras, enquanto que as micro e mesovariações devem ser contempladas com o tamanho e local de amostragem.

A colocação do fosfato solúvel, na forma granulada, próximo as linhas de plantio, objetiva aumentar o seu aproveitamento pelas plantas, diminuindo sua adsorção aos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio presentes nos solos altamente intemperizados e com baixo pH. As adubações desuniformes ou feitas em linha favorecem a variabilidade horizontal, pelo fósforo residual, que se mantém disponível por mais de uma cultura (MIELNICZUK, 2008).

A variabilidade do potássio não deve estar relacionada somente às linhas de adubação, mas também à localização das plantas, sendo levado da parte aérea para o solo através da chuva, especialmente no final do ciclo (MALAVOLTA, 2006).

Dessa forma, o potássio tende a concentrar-se na linha de semeadura, próximo ao colo da planta e diminuir com o afastamento do mesmo (ANGHINONI, 2007).

A baixa variabilidade dos índices de matéria orgânica, pH em água decorre da distribuição uniforme da palhada e do calcário na superfície do solo. Isso, entretanto, não ocorre na aplicação dos adubos, predominantemente em sulcos, que se mantém pouco alterado no tempo (CARETTA et al., 2010).

O trabalho de Anghinoni (2000), realizado em oito lavouras sob sistema plantio direto consolidado, no Rio Grande do Sul, cujos solos originaram-se de derramamentos basálticos (Latosolo Vermelho distrófico, Latossolo Vermelho distroférico e Chernossolo Argilúvico férrico), mostrou que é baixa a variabilidade horizontal dos índices de matéria orgânica, pH em água (solução de sais neutros com vários tampões) (coeficiente de variação menor que 10%). No entanto, essa variabilidade é elevada para fósforo e potássio disponíveis (Mehlich 1) (coeficiente de variação maior que 30%), independentemente do modo de adubação.

Estudos preliminares demonstram que, em lavouras com adubação a lanço, a variabilidade dos resultados de fósforo e potássio disponíveis decresceu rapidamente com o aumento do tamanho da amostra até 5 x 10 cm (espessura x largura) com pá de corte (ANGHINONI, 2000).

2.8.2 Variabilidade vertical

No sistema convencional de preparo do solo, o manejo da fertilidade, envolvendo a aplicação de fertilizantes e corretivos é facilitado, uma vez que as operações de aração e gradagem promovem a mistura desses insumos na camada superficial do solo (normalmente, 0-20 cm).Entretanto, no sistema plantio direto, uma vez que as operações de revolvimento do solo deixaram de ocorrer, há acúmulo dos resíduos das culturas na superfície, formando um “mulch”. Este “mulch” tem contribuído, nessas condições, para melhorar a conservação do solo e a estabilidade dos agregados, menor temperatura (SIDIRAS & PAVAN, 1986). Os efeitos do “mulch” nos principais parâmetros da fertilidade resumem-se em acúmulo superficial de carbono orgânico total, aumentos da capacidade de troca catiônica, da soma de bases e dos teores de fósforo na camada superficial do solo, devido à ciclagem de nutrientes.

A formação de uma serrapilheira natural na superfície do solo pode proporcionar melhoria nos níveis de fertilidade do solo, destacando aí a importância da matéria orgânica nas reações físico-químicas dos solos (SIDIRAS & PAVAN, 1986). Assim, é evidente que a

deposição de resíduos de culturas em superfície, sem o revolvimento do solo, aumenta consideravelmente os teores de carbono e nitrogênio orgânico total, (Sá, 1993).

A decomposição de resíduos e a reação dos adubos nitrogenados na superfície do solo formam uma “frente de acidificação”, que aumenta em profundidade, e paralelamente, ocorre aumento do teor de alumínio trocável (ANGHINONI, 2006).

Paralelamente à essa diminuição do pH, ocorre um acúmulo do teor de alumínio trocável e aumento da necessidade de calcário. Por outro lado, também ocorre aumento do alumínio complexado por ácidos orgânicos derivados da decomposição de resíduos culturais. A formação de complexos de Al com ácidos orgânicos pode constituir-se numa maneira estratégica de proteção dos sítios extracelulares das raízes sensíveis à toxicidade de Al (MIYAZAWA et al., 1992).

No caso da aplicação de calcário na superfície, sem incorporação, ocorre concentração de cálcio e magnésio trocáveis e elevação do pH, principalmente na camada superficial, e gradativamente, com o passar do tempo, em maiores profundidades. Isso é tão evidente que alguns pesquisadores (Caires et al., 2002) consideram a camada superficial (0-5 cm) de fundamental importância na recomendação de calagem e na produtividade de culturas no sistema plantio direto já estabelecido.

Nas condições internas do Estado do Pará, provenientes nos municípios de microrregião de Redenção e Paragominas, os efeitos de sistemas cultivo e manejo sobre a dinâmica de propriedades químicas no solo ao longo do tempo são insipientes, bem como seus possíveis benefícios, existindo, portanto a necessidade da realização de pesquisas nessa área.

2.9 ANÁLISE MULTIVARIADA NA INTERPRETAÇÃO DE VARIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.

Os estudos no mundo e no Brasil, sobre a variação temporal de atributos químicos do solo em sistemas de preparo do solo, mais precisamente o de plantio direto, elucidam a inter-relação entre características reconhecidamente importante à produção vegetal sustentada na qualidade do solo com o tempo de cultivo agrícola, baseados ou não em modelos matemáticos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Na avaliação de atributos químicos e sua efetiva identificação são encontradas dificuldades pelas características ambientais que envolvem diferentes tipos de variações físico-químicas no espaço e tempo (DORAN, 1994). Portanto, técnicas estatísticas têm sido

estudadas e aplicadas no sentido de quantificar, qualificar e identificar variações significativas sobre resultados de experimentos (VALENTIN, 2000).

Cadavid et al. (1998), em pesquisa conduzida no norte da Colômbia, quando avaliou diferentes tipos de sistemas de manejo e preparo do solo em agroecossistemas de comunidades rurais, em análise temporal dos resultados químicos, averiguou relação de distintas variáveis quando comparadas as localidades sendo analisada pela estatística multivariada, definido para ordem de cronossequência para melhoria da fertilidade química em sistema de plantio direto.

Friedrich, et al. (2006), na Inglaterra, encontrou distinções entre atributos químicos do solo em trabalhos conduzidos em solos argilosos, a melhoria da fertilidade química foi detectada pelos maiores teores de matéria orgânica como elemento principal e utilizando análises estatísticas modelos múltiplos em componentes principais.

Em outro trabalho, conduzido por Littell et al. (2006), avaliando possíveis modificações na qualidade de atributos químicos do solo ao longo de dez anos na África, aplicou um modelo chamado SAS (System for Mixed Models), onde chegou a conclusão de que os auto-vetores responsáveis pela maior representação do atributo fósforo no solo foi designado pelo tipo de manejo praticado.

Na América, Sanchez, et al. (1992), aplicou modelo estatístico de múltiplos valores e auto-vetores, em Latossolo textura média observou que o principal atributo foi para a saturação por alumínio no solo ao longo dos três anos de cultivo de culturas alimentares, conduzidas sob sistemas de preparo convencional e plantio direto.

Bayer e Mielniczuk (2008), avaliando os efeitos de sistemas de manejo e uso do solo nos atributos químicos de um Latossolo Amarelo distrófico, no Paraná, concluíram que os atributos do solo isoladamente, pouco contribuíram para a avaliação temporal da qualidade do solo, mas com o uso integrado dos atributos utilizando a análise estatística multivariada, permitiu em abordagem mais clara da relação da matéria orgânica como melhor representante e influenciador no tempo de cultivo do solo.

Trabalhando com atributos químicos do solo, no Paraná e Minas Gerais, como aglutinadores de melhorias de qualidade de Latossolos distróficos, Dersch, R (2007), MUZILLI (2006), empregaram a análise dos componentes principais. Com a utilização desta ferramenta permitiu avaliar que alguns atributos estudados (fósforo, matéria orgânica, carbono orgânico) foram considerados como os mais importantes e relacionados ao próprio ambiente de estudo, como o tipo de solo.

Cerri, et al. (2007), em trabalho conduzido na Amazônia, em onze tipos de solos em cronossequência temporal, e sistemas de manejo do solo, a análise de componentes principais (CPA), foi utilizada para avaliar os melhores atributos do solo em diferentes regiões com características ambientais diferentes. Ocorrendo a necessidade do uso de métodos multivariados na área de solo, os quais, comparados com métodos univariados, ampliam a capacidade de extração e interpretação de dados (SENA, et al., 2002).

No estado do Pará, El-husny (2010), avaliou indicadores químicos, físicos e biológicos em sistema de integração lavoura pecuária, utilizando análise de componentes principais, em Latossolo Amarelo textura muito argilosa e concluiu que a matéria orgânica como importante indicador de qualidade do solo, poucas diferenças foram detectadas entre os sistemas estudados.

Outro trabalho realizado no Pará, no município de Redenção, Freitas (2005) e Carvalho (1994), estudaram por dois anos algumas propriedades químicas em sistemas de manejo do solo, e analisaram por análise de variância diferença significativa entre plantio direto e convencional, mas ainda os maiores teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, saturação por bases, bem como menor acidez foi encontrado no sistema de plantio direto.

Por fim, no Pará, ainda são poucos os trabalhos conduzido e analisados com auxílio da análise multivariada que comparam variações múltiplas, bem como os dados por componentes principais, em planos fatoriais de autovalores e autovetores, uma vez que esta ferramenta torna-se de grande valor na determinação de atributos sensíveis ao longo do período de cultivo de culturas agrícolas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nos municípios de Redenção e Paragominas, respectivamente, nas mesorregiões sul e nordeste do Estado do Pará, no período de setembro de 1999 a julho de 2004, visando ações de Manejo e Conservação de Solos para alavancar melhoria na qualidade e sustentabilidade destes, amenizando impactos perante as práticas de produção de grãos nestes municípios.

3.1 O MUNICÍPIO DE REDENÇÃO

O estudo foi desenvolvido no município de Redenção, na mesorregião sul do Estado do Pará. A área municipal esta dividida em áreas de pastagens, natural (área de cerrado) ou cultivada (áreas desmatadas), que representam 65 % da área do Município. As áreas destinadas à agricultura somam 25 %, inclusive os cerrados e áreas desmatadas retomadas das pastagens. A área coberta por cerrados ocupa 881,25 km², equivalendo a 23 % da área total (IBGE, 2010).

3.1.1 Dados Geográficos

Região: Norte

Altitude: 227 m

Densidade Demográfica: 18,9 hab/km²

População: 67.064 hab

Área da unidade territorial (Km²): 3.823,787 km²

3.1.3 Hidrografia

Existem vários rios importantes no município de Redenção. A hidrografia do município de Redenção é representada por três rios principais, os quais nascem na Serra dos Gradaús. São eles: Salobro, ao norte do Município e limite natural com o município de Rio Maria; o rio Pau d'Arco, que constitui o rio mais importante do Município, e que também recebe o Ribeirão Pau d'Arquinho, bastante utilizado pela população para lazer; ao sul do Município, está o rio Arraias, que faz limite natural entre os municípios de Redenção e Santa Maria das Barreiras

3.1.4 Topografia

O Município possui uma topografia onde os níveis altimétricos apresentam pouca variação, contudo, tais níveis se encontram em cotas que apresenta atitudes medias variando entre 160 m e 730 m.

3.1.5 Geologia e Relevo

A geologia do município de Redenção é representada pela formação geologia e relevo por rochas cristalinas do Pré-Cambriano, referidas ao Complexo Xingu (granitos, granodioritos, migmatito, diorito); Grupo Tocantins (filitos, xisto, grauvacas, etc.); e Grupo Estrono (ou Araxá), que aflora na Serra da Pedra. O relevo da área é representado por superfícies pediplantadas em rochas cristalinas, áreas dissecadas em ravinas, contrafortes (da Serra dos Gradaús) e eventuais "inselbergs" que, morfoestruturalmente, se inserem nos limites da Depressão Periférica do Sul do Pará com o Planalto Dissecado do Sul do Pará.

3.1.6 Descrição e Caracterização da Área de Estudo

3.1.6.1 Localização

O Município de Redenção (Figura 1), criado pela lei nº 5.058 de 13.05.82, pertencente a mesorregião Sul Paraense - 06 e Microrregião Homogênea de Redenção - 021, faz limite ao norte com o Município de Pau D'Arco, ao sul com o Município de Santa áriadas Barreiras, a leste com o Município de Conceição do Araguaia e a oeste com Município de Cumaru do Norte.

3.1.6.2 Histórico da área

A área escolhida para implantação do experimento teve aproximadamente 15 hectares, sendo caracterizada como área de "cerrado" (IBGE, 2010), representativo da região, localizada na Fazenda Modelo, com 500 ha, esta localizada na estrada vicinal, distante aproximadamente 18km da cidade de Redenção-PA, lado direito no sentido Redenção/Conceição do Araguaia, a 9km da rodovia que liga os dois municípios.

O histórico da área compreende o plantio de arroz e soja nos anos anteriores, em sistema de cultivo convencional, na qual foi realizada uma calagem na base de 2,5 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico em 1997 e, uma segunda calagem em 1998, na base de 1,5 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico.

Foi feita também uma fosfatagem, na base de 250 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples, condição básicas para implantação dos sistemas de cultivo, as adubações posteriores seguiram de acordo com análise do solo.

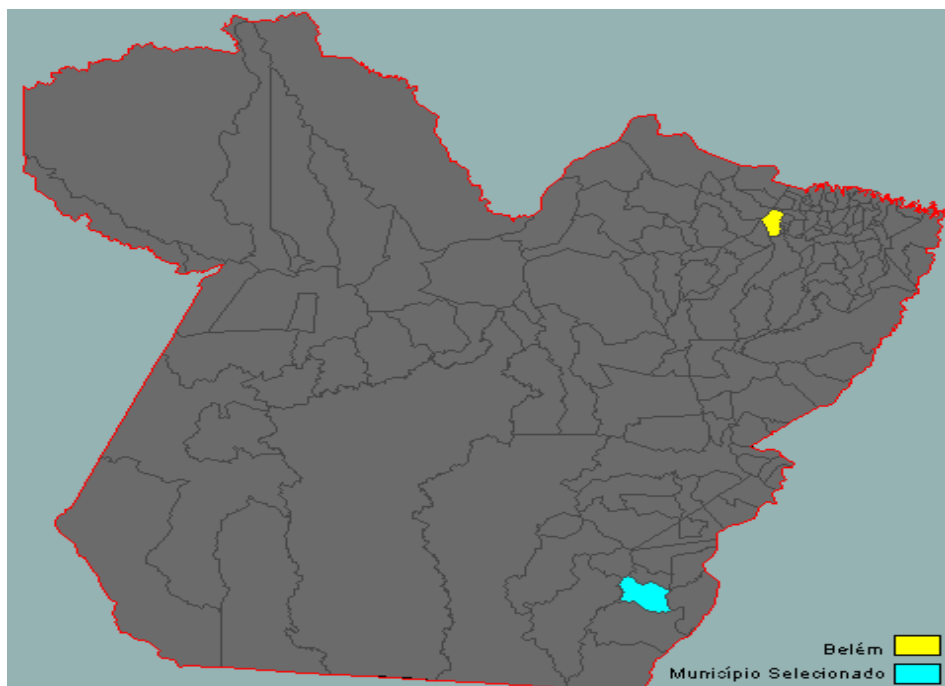


Figura 1: Mapa de localização do município de Redenção - PA.
Fonte: (IBGE, 2004)

Na área, ainda permaneciam os restos da cultura anteriormente plantada (soja), arbustos diversos e plantas invasoras, como gramíneas nativas e outras conhecidas como “capim-colchão” (*Digitaria horizontalis*) em reboleiras localizadas, “capim-marmelada” (*Brachiaria plantaginea*), “capim-carrapicho” (*Cenchrus echinatus*), “voadeira” (*Erigeron bonariensis*).

3.1.6.3 Clima

O Município de Redenção, segundo a classificação de Köppen, apresenta clima do tipo Awi. As temperaturas médias das máximas e mínimas variam de 31,1 °C a 35,2 °C e 17,7 °C a 20,8 °C, respectivamente. As temperaturas médias mensais variam de 25,1 °C a 26,4 °C, com média anual de 25,7 °C (BASTOS et al, 2005).

A precipitação pluviométrica total anual é de 1.754,9 mm, correspondendo a dois períodos, um chuvoso que compreende os meses de outubro a abril, com total anual de 1.553,2 mm e outro menos chuvoso que abrange os meses de maio a setembro com total anual de 201,7 mm de chuva (Tabela 1).

3.1.6.4 Vegetação

A vegetação original da área é classificada como cerrado equatorial, que inclui várias formações vegetais, com total cobertura arbórea menor que 30 a 40%, caracterizado por formas arbóreas baixas, geralmente inferiores a 5 m de altura e arbustivas inferiores a 3m de

altura, fechada ou semi-aberta, distribuídas sobre um substrato graminóide contínuo ou ligeiramente aberto.

Tabela 1: Médias mensais climatológicas de Redenção-PA (período de 1990-2004).

Meses	Temperatura do ar (°C)			Umidade Relativa (%)	Precipitação Pluviométrica (mm)
	Máxima	Mínima	Média		
Janeiro	31.2	20.2	25.1	90	222,8
Fevereiro	31.1	20.3	25.2	91	235,6
Março	31.3	20.5	25.4	87	268,6
Abril	31.9	20.8	25.8	90	193,4
Maio	33.0	20.3	26.1	83	66,7
Junho	33.6	18.3	25.5	83	18,6
Julho	34.3	17.7	25.4	77	18,0
Agosto	35.2	17.9	26.1	78	19,3
Setembro	34.2	19.7	26.4	83	79,1
Outubro	32.7	20.8	26.0	83	169,0
Novembro	32.1	20.5	25.8	88	193,2
Dezembro	31.5	20.3	25.3	90	250,6
Ano	32.7	19.8	25.7	85,25	1.754,9

(°C)= Temperatura em graus centígrados; (%)= porcentagem de umidade relativa e (mm)= milímetro de chuva.
Fonte: (BASTOS et al, 2005).

3.1.6.5 Solo

Os solos dominantes na área de cerrado em Redenção são representados por Latossolos Vermelho Amarelo, Latossolos Vermelhos, Plintossolos e Cambissolos, todos distróficos, encontrados em relevo plano e suave a ondulado (RODRIGUES et al., 2002).

Esta classe compreende solos minerais, mediamente profundos, bem drenados, de textura argilosa, com teores de argila variando de 380 g.kg⁻¹ de solo no horizonte A a 580 g.kg⁻¹ de solo no horizonte B, havendo incremento gradativo dos teores de argila do A para o B, com baixo gradiente textural, caracterizando o horizonte diagnóstico subsuperficial B-latossólico (Embrapa, 1999).

Possui cores avermelhadas no horizonte B enquadradas nos matizes 7,5YR, 5YR e 2,5YR. Apresenta perfil do tipo A, Bw e C, com pequeno escurecimento da camada superficial do solo até 20 cm de profundidade decorrente do acúmulo de matéria orgânica que é de 24,30 e 20,30 g.kg⁻¹ de solo, para os horizontes A₁ e A₂, respectivamente.

3.2 O MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS

O estudo foi desenvolvido também no município de Paragominas, na mesorregião nordeste do Estado do Pará, possuindo aproximadamente 20.000 km² de área territorial.

Foi criado a partir da abertura da Rodovia Belém - Brasília, incentivada pelo Programa de Redistribuição de Terras e Estimulo a Agroindústria do Norte e Nordeste (PROTERM), instituído pelo Governo Federal em 1971, o responsável pela inserção do Município no cenário da pecuária nacional.

Paragominas ocupa posição geográfica estratégica que confere vantagens inquestionáveis aos investidores devido à facilidade de escoamento da produção através da rodovia Belém-Brasília podendo alcançar o posto de Itaqui no Maranhão, pela ferrovia de Carajás ou através da Hidrovia do Capim, o porto de Vila do Conde no Pará, porto brasileiro mais próximo em milhas náuticas dos mercados consumidores da Europa, Estados Unidos e Caribe.

3.2.1 Dados geográficos:

Região: Norte

Altitude: 90 m

Densidade Demográfica: 3,53 km² hab

População: 86.984

Área da unidade territorial (km²): 19.331

3.2.2 Limites

Ao Norte - Municípios de Ipixuna do Pará e Nova Esperança do Piriá a Leste – Estado do Maranhão ao Sul - Municípios de Dom Eliseu, Ulianópolis e Goianésia do Pará, a Oeste - Município de Ipixuna do Pará.

3.2.3 Hidrografia

Existem vários rios importantes no Município. Na porção Sudeste-Nordeste está o rio Gurupi, que separa o Pará do Maranhão. Na sua margem esquerda, aparecem vários afluentes, que se localizam no Município, tais como o Gurupizinho, o Uraim, o Coaraci-Paraná, o Croantá e o Piriá. Em direção oposta, no sentido Oeste, está o rio Surubiju, que limita o município com Rondon do Pará e recebe uma série de igarapés na sua margem direita, que pertencem a Paragominas. O rio Surubiju é, no Município, o afluente mais importante do rio Capim.

O rio Capim é outro curso d'água de maior importância do Município e serve de limite entre Paragominas e São Domingos do Capim. Primeiro possui a direção Oeste-Leste, depois, a direção Norte, até chegar ao paralelo de 3°, onde recebe o rio Candiru-Açu, seu último afluente da margem direita dentro do Município, serra do Tambaú de limite natural com São Domingos do Capim. O rio Uraim banha a sede do Município a Noroeste.

3.2.4 Topografia

O Município de Paragominas possui uma topografia onde os níveis altimétricos apresentam pouca variação. Contudo, tais níveis se encontram em cotas mais elevadas que a média dos municípios da Microrregião de Paragominas. A referência que se tem é da sede municipal, onde a altitude alcança cotas aproximadas de 40 m. Entretanto, mais ao Sul do Município, essas cotas crescem um pouco mais.

3.2.5 Geologia e relevo

A geologia do município de Paragominas é representada pela formação de Itapicuru, do Cretáceo, que apresenta arenitos, predominantemente vermelhos, finos, caulínicos, argilitos vermelhos laminados e calcário margoso fossilífero.

Existe, ainda, a presença de sedimentos do Terciário, Barreiras e Quaternários subatual e recente. O relevo apresenta tabuleiros relativamente elevados e aplainados, formas colinosas dissecadas, baixos tabuleiros, terraços e várzea. Morfoestruturalmente faz parte da unidade que se convencionou chamar de Planalto Sul do Pará/Maranhão.

3.2.6 Descrição e caracterização da área de estudo

3.2.6.1 Localização:

O experimento foi conduzido em área do produtor José Carminati, proprietário do Sítio Juparanã, pioneiro no plantio de soja na região. O sítio Juparanã, com 459,80 ha, está localizado ao lado da estrada que dá acesso a cidade de Paragominas-PA (Figura 2).

3.2.6.2 Histórico da área

A área destinada à implantação do experimento de aproximadamente 15 hectares, caracteriza-se como área de “floresta equatorial” representativa da região, a qual era pastagem degradada, sendo utilizada para produção de grãos (arroz, milho e soja), com preparo do solo convencional, isto é, utilizando-se arações e gradagens pesadas. Nos anos anteriores, foi realizada uma calagem na base de 2,5 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico em 1997 e, uma segunda calagem em 1998, na base de 1,5 t.ha⁻¹ e fosfatagem, na base de 250 kg/ha de superfosfato simples, princípio básico do sistema de plantio direto, as adubações posteriores seguiram de acordo com análise do solo.

3.2.6.3 Clima

O Município de Paragominas apresenta clima do tipo Awi, e médias mensais das normais climatológicas é do tipo mesotérmico e úmido. A temperatura média anual é elevada, em torno de 26,5⁰C, com temperaturas elevadas todo ano.

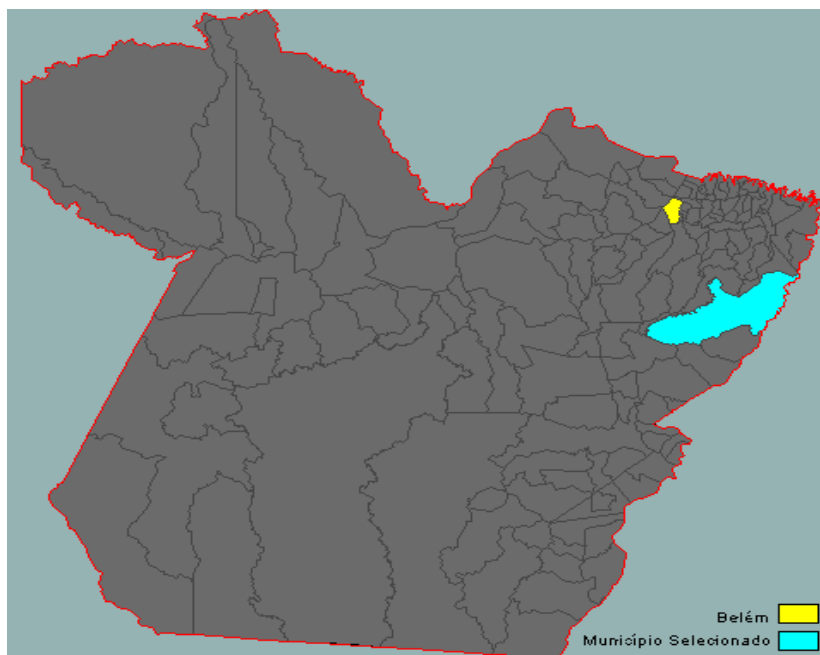


Figura 2: Mapa de localização geográfica do Município de Paragominas no Estado do Pará.
Fonte: (IBGE, 2010).

A região apresenta médias de temperaturas anuais máxima, mínima e média de 32,7, 21,9 e 26,3 °C, respectivamente, com médias anuais de umidade relativa do ar de 81% e precipitação pluviométrica de 1742,9 mm, sendo os meses de maior concentração de chuvas, os de dezembro a maio, cuja precipitação corresponde a cerca de 85% do total anual, (Embrapa, 1990).

O período mais quente, com médias mensais em torno de 25,5⁰ C, coincide com os meses de primavera no hemisfério Sul, e as temperaturas mínimas diárias de 20⁰ C, ocorrem nos meses de inverno no referido hemisfério (junho a agosto). Seu regime pluviométrico fica compreendido entre duas estações, uma chuvosa e outra seca com total anual em torno de 1.800 mm, geralmente, entre 2.250 mm e 2.500 mm anuais.

As chuvas, apesar de regulares, não se distribuem, igualmente, durante o ano, sendo de janeiro a junho sua maior concentração (cerca de 80%), implicando grandes excedentes hídricos e, conseqüentemente, grandes escoamentos superficiais e cheias dos rios. Nos meses mais secos de julho a novembro, a quantidade de chuva varia entre 22 a 67 mm. A umidade relativa do ar gira em torno de 85% (Tabela 2).

3.2.6.4 Vegetação

A Vegetação original da área é classificada como Floresta Equatorial Subperenifolia Densa das Terras Baixas, que recobre de modo geral as planícies que se estendem da costa até

Tabela 2. Médias mensais climatológicas de Paragominas no período de 1980-2004.

Meses	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Média (°C)	Umidade Relativa (%)	Precipitação Pluviométrica (mm)
Janeiro	32.7	22.3	25.9	84	228,5
Fevereiro	30.6	22.6	25.6	85	283,6
Março	32.3	22.2	26.0	84	356,8
Abril	31.0	23.0	26.4	84	322,7
Mai	32.4	22.0	26.4	83	188,9
Junho	32.3	21.4	25.8	82	68,7
Julho	32.8	20.8	25.6	81	32,9
Agosto	34.0	21.0	26.2	78	27,9
Setembro	33.0	21.2	26.6	77	28,3
Outubro	34.2	22.2	27.0	76	33,8
Novembro	34.2	22.4	27.0	78	46,5
Dezembro	33.3	22.2	26.6	78	124,1
Média Anual	32.7	21.9	26.3	81	1742,9

Fonte: (BASTOS et al., 2005).

a cota altimétrica de 100 m no interior do continente. Geralmente ocupam nesta faixa, os terrenos ou tabuleiros do Pliopleistocênico do grupo Barreiras e pós-Barreiras.

As espécies mais comuns da área são: Angelim - pedra da folha miúda ou angelim-da-mata (*Dinizia excelsa*), morototó (*Dydimopanax morototoni*), faveira (*Vatairea paraensis*), palmeira inaja (*Maximiliana regia*), açáí (*euterpe oleracea*) e babaçu (*Orbignya martiana*).

3.2.6.5 Solo

O solo da área em estudo apresenta a seguinte classificação taxonômica (5^a aproximação EMBRAPA. CPNS. 1999), LATOSSOLO AMARELO, textura muito argilosa fase vegetação de mata, relevo plano.

Esta classe de solo apresenta solos minerais, mediamente profundos, bem drenados, de textura muito argilosa, com teores de argila variando acima de 380 g/kg de solo no horizonte A a 680 g/kg de solo no horizonte B, havendo incremento gradativo dos teores de argila do A para o B, com baixo gradiente textural, caracterizando o horizonte diagnóstico subsuperficial B-latossólico (EMBRAPA. CNPS. 1999). Possui cores amarelas no horizonte B enquadradas nos matizes 7,5YR, 5YR e 10,5YR.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL NOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E PARAGOMINAS.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro tratamentos e três repetições, em esquema de parcela subdividida (“Split plot”). As parcelas compreendem os tratamentos (Tabela 3), estes por sua vez, formaram os sistemas de manejo

do solo e as subparcelas as profundidades de coleta de amostras de solo. A área de cada parcela foi de 100m x 36,50m, totalizando (3.650m²), e ruas de 5 m entre parcelas e 10 m entre blocos, (Figura 3).



Figura 3: Visão geral do experimento, em destaque as parcelas experimentais nos municípios de Redenção.
Foto: (CARVALHO, 2009).

O tratamento T1 (Figura 4), foi conduzido durante os anos agrícolas, 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003 e 2003/2004, sob sistema de preparo convencional conduzido sob o monocultivo de milho (híbrido BR 201).

No primeiro ano agrícola foi semeado em 20/1/2001, na base de 10 a 11 sementes de milho por metro linear, no espaçamento de 0,90 m entre linhas, foi executado adubação de 500 kg/ha da mistura 5-25-15 + superfosfato simples, tendo a colheita sido realizada em junho do mesmo ano. A semelhança destas práticas agrônômicas deu-se nos anos posteriores, vale salientar que após a colheita do experimento, a área experimental permanece em pousio até o início da instalação do próximo ano agrícola.

Tabela 3: Tratamentos, anos agrícolas e condução do experimento nos municípios de Redenção e Paragominas-PA.

Tratamentos	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano
	Ano agrícola 00/01	Ano agrícola 01/02	Ano agrícola 02/03	Ano agrícola 03/04
T1= PC/mon/ mil	Milho	Milho	Milho	Milho
T2= PC/mon/soj.	soja	soja	soja	soja
T3= PC/rot. mil/soj.	milho	soja	milho	soja
T4= PD/rot. mil/soj.	Milheto+milho	Milheto+soja	Milheto+milho	Milheto+soja

Tratamentos: T1= (PC/mon. mil.)= preparo convencional sob monocultura de milho, T2= (PC/mon. soja.)= preparo convencional sob monocultura de soja, T3= (PC/rot. mil/soj.) = preparo convencional sob rotação de milho e soja e T4= (PD/rot. mil/soj.)= plantio direto sob rotação de milho e soja.

O tratamento T2 (Figura 5) foi conduzido durante os anos agrícolas, 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003 e 2003/2004, sob sistema de preparo convencional sob o monocultivo

de soja (Variedade Sambaíba). Para o primeiro ano agrícola foi semeado em 22/1/2001, na base de 22 sementes por metro linear, no espaçamento de 0,45 m entre linhas, com adubação de 500 kg/ha da mistura 5-25-15 + superfosfato simples, tendo a colheita sido realizada em 31 de maio de 2001. A semelhança destas práticas agronômicas deu-se nos anos posteriores.



Figura 4: Sistema de preparo convencional conduzido sob monocultivo de milho em Redenção. Foto: (CARVALHO, 2003).

O tratamento T3, foi conduzido sob sistema de preparo convencional conduzido em rotação de milho (híbrido BR 201) e soja (Variedade Sambaíba), conduzidos nos anos agrícolas, 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003 e 2003/2004. Para o primeiro ano agrícola 2000/2001, plantou-se o milho e a rotação foi semeada imediatamente no ano posterior, com as variedades já supracitadas nos tratamentos. A semelhança destas práticas agronômicas deu-se nos anos posteriores.



Figura 5: Sistema de preparo convencional conduzido sob monocultivo de soja em Paragominas-PA. Foto: (CARVALHO, 2003).

No tratamento T4, representa o sistema de manejo conduzido em plantio direto, optando-se pelo milheto (variedade BN2), para formação de palhada e a rotação de cultura

conduzida com as seguintes culturas agrícolas milho e soja, durante período de quatro anos agrícolas (Figura 6c).

A dessecação do milheto (Figura 6a) para a formação da palhada no tratamento com SPD (Figura 6b), foi utilizado glyphosate na dosagem de 3 L/ha. Com relação aos anos posteriores, os procedimentos foram os mesmos.

Os tratamentos conduzidos com plantio convencional, o preparo do solo correspondeu ao praticado pela maioria dos produtores da região, ou seja, com o uso de uma gradagem pesada, seguida por duas gradagens leves (niveladoras). É importante, comentar que o tratamento conduzido sob plantio direto, não foram mais utilizadas práticas de revolvimento do solo, sendo os plantios realizados em cima da palhada.

3.4 AMOSTRAGENS NOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E PARAGOMINAS.

Para o local de estudo, foram realizadas amostragens de solo para determinações químicas, antes da instalação do experimento, e anualmente, após a colheita do experimento, para as avaliações de atributos químicos do solo.

As amostragens foram efetuadas em cinco etapas: sendo a primeira antes da instalação do experimento no ano de 2000. As coletas posteriores foram destinadas ao desenvolvimento do trabalho, onde a segunda após a colheita do primeiro ano agrícola em 2001, a terceira após a colheita do segundo ano agrícola em 2002 a quarta após a colheita do terceiro ano agrícola em 2003 e a quinta após a colheita do quarto ano agrícola em 2004. As amostragens foram coletadas em três locais da área útil de cada parcela, em pequenas trincheiras, nas profundidade de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm.

3.5 MÉTODOS DE ANÁLISES LABORATORIAIS

3.5.1. Análises Químicas

As análises foram executadas no Laboratório de solos da Embrapa Amazônia Oriental de acordo com o Manual de Métodos de Análises de Solos (Embrapa, 2007).

O carbono orgânico foi determinado pelo método que utiliza o dicromato de potássio, utilizando ácido sulfúrico concentrado e solução fosfórica a 5 %, sendo a titulação feita com sulfato ferroso amoniacal.

Dessa forma, tendo-se os teores de carbono orgânico, calculou-se a matéria orgânica pela fórmula:

$$M.O = \% \text{ de } C_{org} \cdot 1,724 \text{ (g.kg}^{-1}\text{)}$$

Em que: M.O= Matéria Orgânica; % de C_{org}= porcentagem de Carbono.

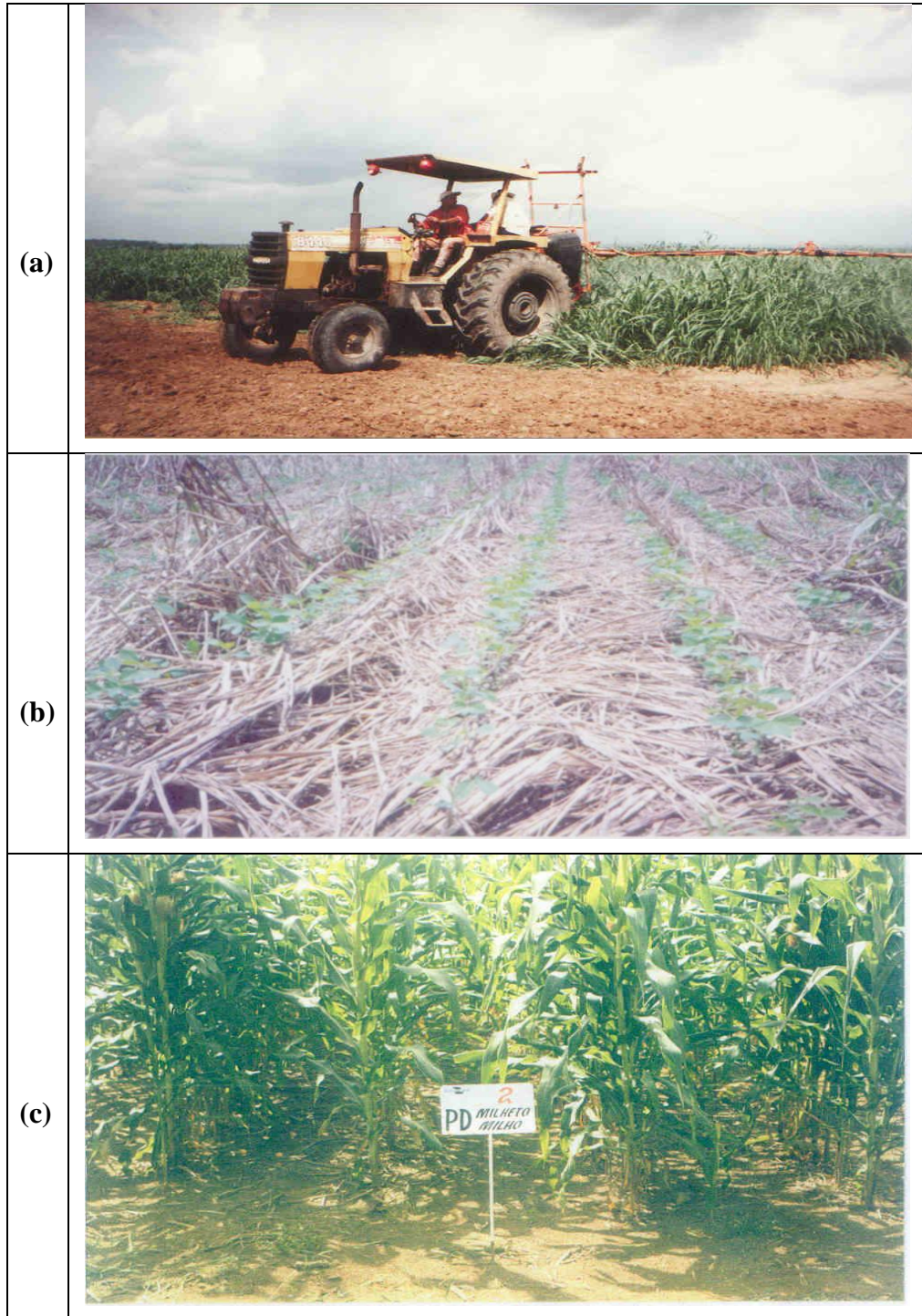


Figura 6: Sistema de plantio direto, agrotecnologia da dessecação do milheto para produção de palhada (a), plantio direto de soja em Redenção (b) e de milho em Paragominas-PA (c).
Foto: (CARVALHO, 2003).

O fósforo foi medido no espectrofotômetro de chama e o K^+ , utilizando Mehlich I como extrator.

A leitura do pH, foi realizada mergulhando-se os eletrodos do potenciômetro em uma solução composta por 25 mL de água destilada e 10 mL de terra seca ao ar (TFSA) de cada amostra.

Os teores de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$, Al^{+3} assim como o Ca^{+2} foram obtidos por volumetria de complexação, com solução extratora de KCl a 1N.

Com os valores obtidos nas análises foram feitas operações matemáticas para obter o Mg^{+2} , saturação por alumínio (m %), a soma de bases (Sb), capacidade de troca de cátions a pH 7,00 (CTC a pH 7,0), saturação por bases (V %), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC efetiva (t) e Acidez Potencial (H + Al).

3.6 ANALISE ESTATÍSTICA NOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E PARAGOMINAS

Na análise estatística, os sistemas de cultivo foram considerados as parcelas, e as profundidades as subparcelas, constituindo um delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas.

A dependência entre as profundidades do solo, adotando-se o modelo de análise de variância com medidas repetidas (ANOVA) (LITTELL, et al., 2006), de acordo com a fórmula abaixo:

$$y = \mu + C_i + A_j + \varphi_k + C * A_{ij} + \varphi C_{ik} + \varphi A_{jk} + \varphi C * A_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Em que: μ – constante associada a todas as observações, tomada como média global; C_i – efeito do sistema de cultivo; A_j – efeito dos anos de cultivo; φ_k – efeito da profundidade; as respectivas interações; ε_{ijkl} – erro.

Dada a significância dos efeitos a ordenação univariada dos valores médios, com representação do respectivo desvio padrão, foi obtida, por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Tanto para o modelo de análise de variância, quanto o teste de comparação múltipla foi adotado o nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$).

Com o objetivo de ordenar os sistemas de manejo e os anos de cultivo, foi empregada uma análise fatorial (*Factor Analysis*), com extração de auto-valores e auto-vetores via componentes principais (MANLY, 2008 e JOHNSON & WICHERN, 2001).

Foi adotada a justaposição das variáveis e as respectivas profundidades. Para obtenção dos auto-valores, foi adotada a regra de Kaiser e para definição da significância dos auto-vetores adotou-se $|\lambda| \geq 0,20$.

Os escores de cada componente principal obtidos foram testados por meio de ANOVA *two way*, considerando os efeitos de sistemas de cultivo e anos de cultivo, o nível de significância adotado foi o de 5% ($\alpha=0,05$).

As análises foram conduzidas com auxílio da planilha Excel, do SAS System e do pacote STATISTICA 5.5.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES DO SOLO ANTES DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO NO MUNICÍPIO DE REDENÇÃO.

A Tabela 4, ilustra os resultados granulométricos e analíticos de atributos químicos do solo antes da instalação do experimento. Nota-se o conteúdo de argila variando de (400 a 500 g/kg de solo), o que classifica o solo como de textura argilosa. O pH situa-se na faixa de acidez moderada (pH 5,5) e o P disponível (7 a 1,0 mg.dm⁻³) com exceção da camada 0-10 cm é baixo para a maioria das culturas agrícolas (CRAVO, et al. 2007). O K= 68 mg.dm⁻³, apresenta-se alto, o Ca+Mg= 3,3 e Ca= 2,1 cmol.c.dm⁻³ com teores médios, o Al= 0,2 cmol.c.dm⁻³, com exceção da camada 0-10 cm, tem teores alto. Para as camadas subsequentes os valores apresentam-se baixos à médios de fertilidade química pelos critérios estabelecidos pela pesquisa na região (CRAVO et al. 2007).

A Tabela 4: Resultados analíticos de atributos químicos do solo antes da instalação do experimento, em Redenção.

Prof. (cm)	Granulometria (g/kg de solo)			pH	MO g/kg	P ... mg.dm ⁻³	K	Ca	Ca+Mg cmol.c.dm ⁻³	Al
	Areia	Silte	Argila							
0-10	330	270	400	5,5	27,00	7	68	2,1	3,3	0,2
10-20	360	240	400	4,8	18,40	1	41	0,6	0,7	1,5
20-30	290	270	440	4,5	16,70	1	37	0,4	0,5	1,3
30-50	240	260	500	4,3	15,20	1	33	0,3	0,5	1,5

pH= Potencial de hidrogeniônico; MO= matéria orgânica no solo; P= fósforo; K= potássio; Ca= Cálcio e Al= Alumínio.

4.2. VARIAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA (MO) E ATRIBUTOS QUÍMICOS SOB SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE REDENÇÃO.

4.2.1. Variação da matéria orgânica (MO) sob sistemas de manejo do solo no município de Redenção.

De acordo com os resultados, o sistema de preparo convencional conduzido em monocultivo de soja (21,95 g.kg⁻¹) no ano agrícola 2004 e camada de 0-5 cm, apresentou menores valores de matéria orgânica, maiores valores médios de matéria orgânica foram encontrados no sistema de manejo do solo conduzido sob plantio direto (39,90 g.kg⁻¹), ilustra-se na Figura 7. Justifica-se os efeitos pormenorizados da diminuição da matéria orgânica, em sistemas com intensa mobilização do solo, pelo menor acúmulo de matéria orgânica e menor produção de húmus (FILHO, 2010). Resultados de maiores teores de matéria orgânica no

plantio direto ($40,02 \text{ g.kg}^{-1}$), durante cinco anos ocorreu pela cobertura do solo, não revolvimento e taxa de decomposição (OLIVEIRA et al., 2002). Neste particular, o milho e soja na região de Redenção assumem papel fundamental ao programa de rotação de culturas em sistema de plantio direto.

Ao analisar as interações de sistemas de manejo dentro de cada ano, Figura 7, a variação da matéria orgânica no solo, não ocorreu diferença estatística no sistema de manejo sob plantio direto do ano 2001 ao ano 2004, nas camadas de 5-10, 10-20 e 30-50 cm do solo, porém, foi observado aumento nas camadas 0-5 e 20-30 cm, principalmente, nos anos 2003 e 2004. Justifica-se pela própria modelagem que o plantio direto representa no mundo, quanto seus princípios de implantação e condução, com ausência de revolvimento, a rotação de culturas e principalmente a formação da cobertura do solo pela formação de palhada com a utilização do milheto (MUZILLI, 2006).

O preparo convencional sob rotação milho e soja, apresentou maiores teores de matéria orgânica no ano 2001 ($29,44 \text{ g.kg}^{-1}$), e diminuição no ano 2004 ($26,50 \text{ g.kg}^{-1}$), na camada 0-5 cm, resultados semelhantes foram averiguados nas camadas 5-10 e 20-30 cm. Redução nos teores de matéria orgânica ao longo do tempo de cultivo em preparo convencional de milho e soja foram encontrados por (PEREIRA et al., 2010).

Ao analisar o monocultivo de milho pode-se inferir que a variação de menores teores de matéria orgânica deu-se apenas na camada 5-10 cm nos anos 2003 e 2004. Por outro lado o monocultivo de soja, apresentou redução nos teores de matéria orgânica nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, nos anos 2003 e 2004. Menores teores de MO, ao longo de quatro anos agrícolas em monocultivo de soja ($15,80 \text{ g.kg}^{-1}$), foi encontrado por (BAYER et al., 2006)

De acordo com análise estatística, as distinções de ano dentro de cada sistema de manejo, no ano de 2001, com exceção da camada 30-50 cm, foram assinaladas diferença estatística. Nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm do solo, o plantio direto ($34,80 \text{ g.kg}^{-1}$) apresentou valores superiores ao preparo convencional de rotação de culturas ($29,44 \text{ g.kg}^{-1}$) e ao monocultivo de milho ($26,61 \text{ g.kg}^{-1}$) e soja ($25,84 \text{ g.kg}^{-1}$), Figura 7. Teores inferiores de MO, em sistema de preparo convencional quando comparado ao plantio direto, foram encontrados por (CASSOL et al., 2007). Em consonância com os teores de MO, as maiores produtividades de milho foram obtidos no plantio direto (4.811 kg.ha^{-1}), quando comparado ao monocultivo (2.980 kg.ha^{-1}) e rotação (2.868 kg.ha^{-1}) Anexo 1.

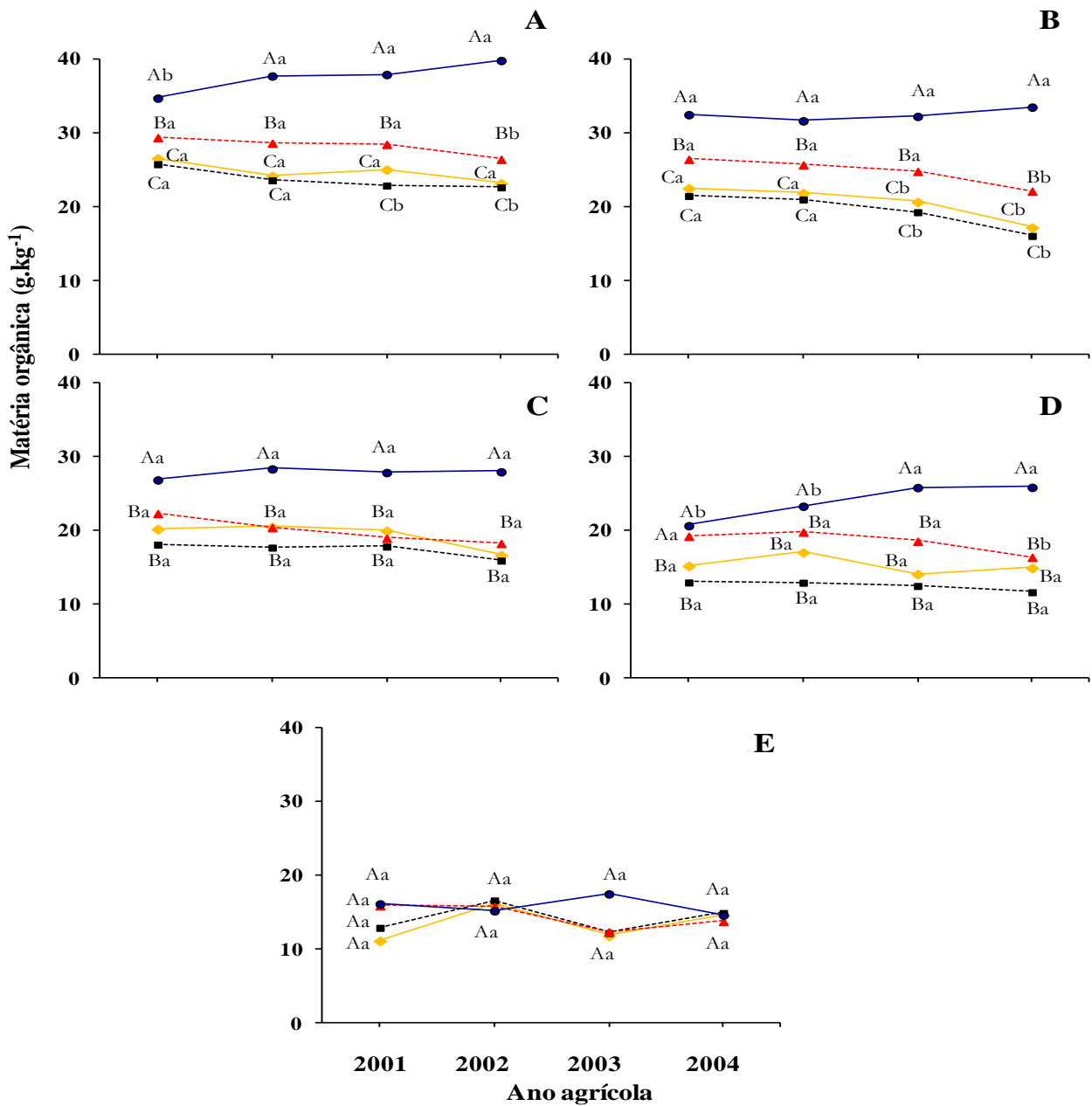


Figura 7: Matéria Orgânica nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Nas camadas 20-30 cm, os teores de MO no plantio direto, igualam-se a rotação milho/soja, por outro lado, na camada 30-50 cm, todos os tratamentos são semelhantes. Valores semelhantes foram encontrados na Nicarágua e Colômbia por (VELASQUEZ et al., 2007). No Brasil, em trabalhos desenvolvidos em Latossolo Amarelo, revelaram redução dos teores de matéria orgânica em profundidade, reportados por (D' ANDRÉA et al., 2004; FREITAS et al., 2000 e FREIXO et al. 2002).

No ano de 2002, com exceção da profundidade de 30-50 cm, ocorreu distinção entre os sistemas de manejo, exclusivamente nas demais camadas intermediárias. Na camada 0-5 cm do solo, o plantio direto ($37,80 \text{ g.kg}^{-1}$) teve diferença significativa ao preparo convencional em rotação de culturas ($28,69 \text{ g.kg}^{-1}$) e ao monocultivo de milho ($24,23 \text{ g.kg}^{-1}$) e soja ($23,66 \text{ g.kg}^{-1}$) Figura 7. Nas camadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm, o plantio direto foi superior aos demais tratamentos. Os monocultivos de milho e soja não diferiram estatisticamente pelo teste tukey a 5% de probabilidade, em todas as camadas. Resultados de MO em plantio direto ($36,50 \text{ g.kg}^{-1}$) e rotação de culturas ($28,06 \text{ g.kg}^{-1}$) foram encontrados por (MUZILLI, 2006). Os maiores teores de MO, revelam a maior produtividade de soja, no plantio direto (3.283 g.kg^{-1}) que a rotação de culturas (3.196 g.kg^{-1}) e monocultivo de soja (3.208 g.kg^{-1}), Anexo 1.

Ao estudar o ano de 2003, com exceção da camada 30-50 cm, foram observadas distinções entre os tratamentos. Na camada de 0-5 cm do solo, o plantio direto ($39,00 \text{ g.kg}^{-1}$) manteve diferença significativa ao preparo convencional sob rotação ($28,53 \text{ g.kg}^{-1}$) e monocultivos de milho e soja ($25,10$ e $22,95 \text{ g.kg}^{-1}$), respectivamente, Figura 7. Nas camadas de 5-10, 10-20 e 20-30 cm do solo, observa-se diferença estatística significativa entre o plantio direto dos outros tratamentos, por outro lado nas camadas 10-20, 20-30 e 30-50 cm, o sistema de preparo sob rotação de culturas e monocultivos foram iguais. Resultados com teores de ($38,50 \text{ g.kg}^{-1}$) de MO no plantio direto e de ($25,0 \text{ g.kg}^{-1}$) no monocultivo foram obtidos durante cinco anos por (SILVA & MENDONÇA, 2007).

No último ano (2004), com exceção da camada de 30-50 cm, foram observadas distinções entre os sistemas de manejo. Na camada de 0-5 cm do solo, o plantio direto ($39,90 \text{ g.kg}^{-1}$) apresentou valores superiores a rotação, monocultivo de milho e soja ($26,50$; $23,23$ e $21,95 \text{ g.kg}^{-1}$), respectivamente. Nas camadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm, o plantio direto manteve diferença significativa aos monocultivos, bem como em relação ao sistema de preparo em rotação de culturas agrícolas. Em Latossolo Amarelo, quando avaliaram teores de matéria orgânica sob preparo convencional, durante seis anos, no noroeste do Estado da Bahia, observaram um rápido decréscimo de matéria orgânica, a partir do segundo ano (SILVEIRA e STONE, 2001; SILVA et al., 1994; KARLEN et al., 2004).

Estudos no mundo, afirmam que a sustentabilidade de um sistema agrícola dificilmente poderá ser acessada pelo acompanhamento, no tempo, de uma única propriedade. Portanto, o teor de matéria orgânica é provavelmente, o atributo que melhor representa a qualidade no solo, embora seja alterado pelas práticas de manejo do mesmo, o seu declínio ao

longo do tempo, estará indicando algum erro no sistema de manejo adotado (MILNICZUK, 2008; PRIMAVERSI, 2002).

4.2.2. Variação de atributos químicos sob sistemas de manejo do solo no município de Redenção.

4.2.2.1. Nitrogênio (N)

A variável nitrogênio na primeira camada, o sistema de manejo plantio direto ($0,20 \text{ g.kg}^{-1}$), apresentou maiores valores quando comparado aos sistemas de preparo convencional sob monocultivos de milho ($0,08 \text{ g.kg}^{-1}$) e soja ($0,09 \text{ g.kg}^{-1}$), respectivamente, Figura 8. Menores teores de nitrogênio no solo está associado à maior mobilização do solo, portanto maior lixiviação deste nutriente, à semelhança do observado por (HURTADO et al., 2009). Em solo de cerrado, maiores teores de nitrogênio foram encontrados no plantio direto ($0,14 \text{ g.kg}^{-1}$), melhorou as condições de qualidade do solo (LEITE et al., 2004; SOUZA & ALVES, 2003).

Ao analisar as interações de sistemas de manejo dentro de cada ano, com exceção das camadas de 5-10, 20-30 e 30-50 cm, foram observadas diferença significativa Figura 8. Na camada 0-5 cm, maiores teores de nitrogênio foram encontrados no plantio direto no ano 2001, e diferiu estatisticamente dos anos 2002 e do último ano agrícola 2004. Portanto, nos sistemas de preparo convencionais não ocorreram diferenças entre os anos agrícolas. Na camada 10-20 cm, o plantio direto ($0,15 \text{ g.kg}$) apresentou maiores valores no ano 2001, diferindo dos demais anos agrícolas. O preparo convencional sob rotação de culturas teve os menores teores obtidos no ano 2002 ($0,07 \text{ g.kg}$), onde diferiu dos demais anos. Para os tratamentos conduzidos sob monocultura de milho e soja não ocorreram diferenças entre os anos agrícolas.

Ao analisar as interações de ano dentro de cada sistema de manejo, com exceção das camadas de 20-30 e 30-50 cm, ocorreu distinção entre os tratamentos Figura 8. No ano 2001, na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($0,20 \text{ g.kg}^{-1}$) manteve diferença significativa e valores superiores ao sistema de preparo convencional sob rotação ($0,10 \text{ g.kg}^{-1}$) e monocultivos de milho ($0,10 \text{ g.kg}^{-1}$) e soja ($0,09 \text{ g.kg}^{-1}$), por outro lado todos os sistemas de preparo convencionais foram iguais. Resultados semelhantes de maiores teores de nitrogênio na camada superior em plantio direto, foram encontrados por (CRUSCIOL et al., 2010).

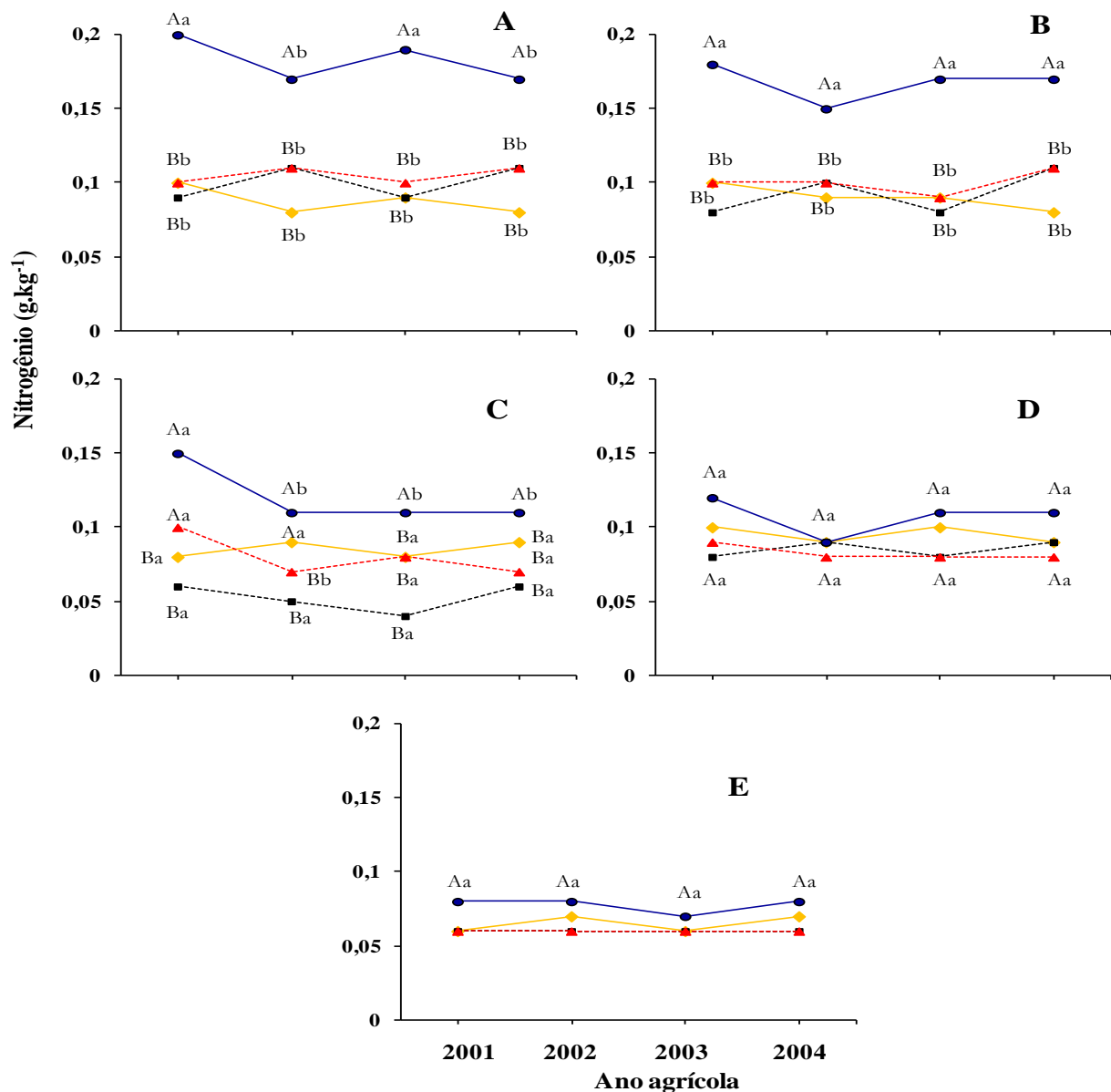


Figura 8: Nitrogênio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milheto/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No ano de 2002, com exceção das camadas de 20-30 e 30-50 cm, foram observadas distinções entre os sistemas de manejo do solo. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto (0,17 g.kg⁻¹) apresentou valores superiores aos tratamentos conduzidos sob preparo convencional, porém o monocultivo de soja (0,11 g.kg⁻¹) não diferiu do sistema de preparo sob rotação de culturas e monocultivo de milho (0,11 e 0,08 g.kg⁻¹), respectivamente, Figura 8. Menores perdas de nitrogênio no plantio direto é justificado pela maior umidade neste sistema que permite a difusão do íons NH⁴⁺ no solo, havendo tamponamento das variações de pH pelo

solo e adsorção desse íon às cargas negativas dos minerais e da matéria orgânica (BAYER & FONTOURA, 2006).

No ano agrícola 2003, as distinções entre os sistemas de manejo do solo, foram assinaladas significâncias apenas nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm do solo. Na primeira camada o plantio direto ($0,19 \text{ g.kg}^{-1}$) teve valores superiores aos tratamentos conduzidos sob monocultivo milho ($0,09 \text{ g.kg}^{-1}$), monocultivo soja ($0,09 \text{ g.kg}^{-1}$) e preparo sob rotação ($0,10 \text{ g.kg}^{-1}$), porém estes três últimos não diferiram entre si Figura 8.

Por fim, no ano de 2004, foram observadas distinções apenas nas três primeiras camadas do solo. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($0,17 \text{ g.kg}^{-1}$) manteve diferença significativa aos tratamentos conduzidos sob preparo convencional, porém o monocultivo de soja ($0,11 \text{ g.kg}^{-1}$) não diferiu do sistema de preparo sob rotação de culturas ($0,11 \text{ g.kg}^{-1}$), bem como o monocultivo de milho ($0,08 \text{ g.kg}^{-1}$) Figura 8.

Vale salientar em análise global que aos maiores valores médios de nitrogênio são expressos, principalmente nas primeiras camadas de solo, isto é justificado no sistema de plantio direto, pelos maiores teores de matéria orgânica que são adicionados neste sistema de manejo de maior sustentabilidade ao solo (MUZILLI, 2006). Paralelo a estes resultados somam-se as maiores produtividades de milho e soja no plantio direto (4.811 e 3.283 kg.ha^{-1}), respectivamente, comparado aos monocultivo de milho (2.980 kg.ha^{-1}) e soja (3.208 kg.ha^{-1}) Anexo 1.

4.2.2.2. Fósforo disponível (P_2O_5).

O tratamento conduzido sobre plantio direto ($12,00 \text{ mg.dm}^{-3}$) apresentou maiores valores de P, em relação aos monocultivos de milho ($4,0 \text{ mg.dm}^{-3}$) e soja ($2,33 \text{ mg.dm}^{-3}$) na camada 0-5 cm Figura 9. Valores ($1,7 \text{ mg.dm}^{-3}$) no preparo convencional sob rotação de culturas foram encontrados no sudeste do Pará por (ALBUQUERQUE & MORAIS, 2006). No plantio direto, maiores teores de fósforo superficiais podem ser explicados pelos maiores teores de matéria orgânica, mas também pela ausência de revolvimento quando do preparo de área para os cultivos agrícolas (CARRETTA, et al., 2010).

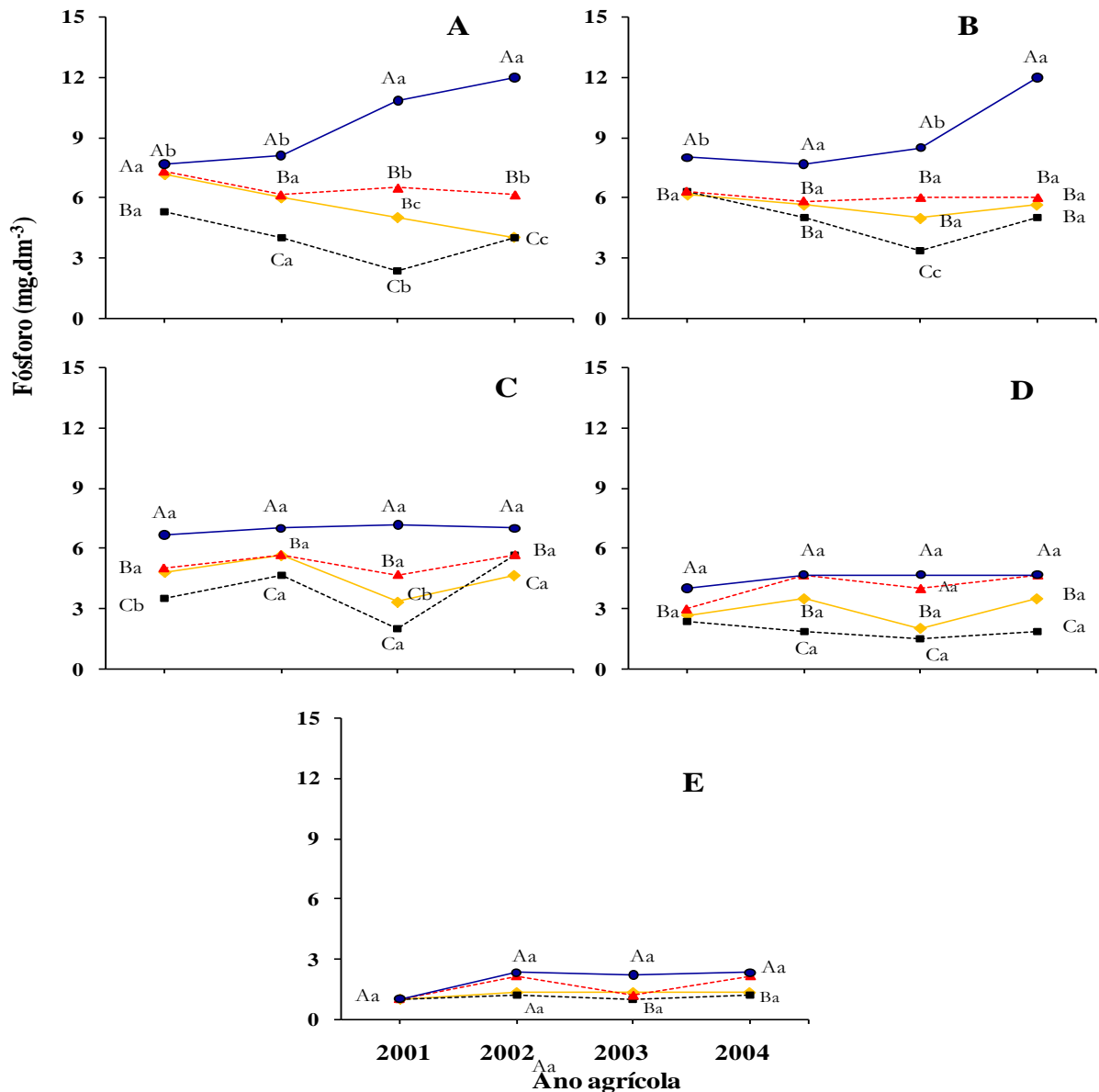


Figura 9: Fósforo nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Considerando a interação de sistemas de manejo do solo ao longo de cada ano, observa-se que durante os quatro anos de estudo a variação deste nutriente sofreu distinções em todas as camadas estudadas. O plantio direto apresentou maiores teores nas camadas 0-5 e 5-10 cm, no ano 2004 (12,00 mg.dm⁻³), nas camadas de 10-20, 20-30 e 30-50 cm, não houve diferença estatística. Estes valores são considerados de médios a alto quanto a disponibilidade de fósforo no solo e para produtividade de até 6,0 t.ha⁻¹ para as culturas de milho e soja (BRASIL e CRAVO, 2007). Durante 7 anos de cultivo no Paraná, valores de (7,08 e 5,50 mg.dm⁻³) foram encontrados no plantio direto e convencional, respectivamente

(ANGHINONI, 2006). Como o fósforo é praticamente imóvel no solo, e com o não revolvimento da camada superficial no SPD, leva ao acúmulo de P nas primeiras camadas do solo, próximo à superfície, e esta concentração é maior à medida que aumenta o tempo de utilização do SPD (OLIBONE & ROSOLEM, 2010).

O monocultivo de soja, apresentou menores valores no ano 2003 ($2,33 \text{ mg.dm}^{-3}$), diferiu dos demais anos agrícolas. Este valor é considerado baixo quanto a disponibilidade de fósforo no solo e para produtividade das culturas de milho e soja (BRASIL e CRAVO, 2007). No Estado de Minas Gerais, após três anos de estudo a variação do fósforo foi proporcional aos teores de matéria orgânica, ao passo que o preparo convencional proporcionou redução e com baixa qualidade do mesmo (LEITE et al., 2004; MARIA, 2003).

A análise das interações de ano dentro de cada sistema de manejo, inferi-se que houve diferença estatística em todas as camadas Figura 9. No ano de 2001, com exceção da camada de 30-50 cm, ocorreram distinções nas demais camadas estudadas. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($7,67 \text{ mg.dm}^{-3}$) manteve valores superiores ao monocultivo de soja ($5,33 \text{ mg.dm}^{-3}$), por outro lado não diferiu do sistema de preparo convencional sob rotação de culturas ($7,33 \text{ mg.dm}^{-3}$), bem como ao monocultivo de milho ($7,17 \text{ mg.dm}^{-3}$). Resultados de maiores teores de fósforo na camada superior em plantio direto foram encontrados por (CRUSCIOL, et al., 2010).

No segundo ano (2002), as distinções entre os sistemas de manejo não foi assinalada na camada 30-50 cm. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($8,10 \text{ mg.dm}^{-3}$) apresentou diferença significativa com valores superiores ao monocultivo de soja ($4,00 \text{ mg.dm}^{-3}$), sistema de preparo convencional sob rotação de culturas ($6,17 \text{ mg.dm}^{-3}$), bem como ao monocultivo de milho ($6,00 \text{ mg.dm}^{-3}$) Figura 9. Em Latossolo amarelo, os ácidos orgânicos provenientes da mineralização da matéria orgânica foram complexos e, ou quelatos com íons F^{+3} e Al^{+3} , impedindo-os de reagir com o H_2PO_4^- , aumentando, assim a concentração de P na solução do solo em sistema de plantio direto (GOEDERT & OLIVEIRA, 2007).

No sistema de manejo plantio direto, ocorreram maiores teores de fósforo, enquanto que, na monocultura tende a uma inversão de valores. Nos Estados Unidos da América, em trabalho semelhante os teores de fósforo no preparo convencional diminuíram e estes teores no SPD aumentaram (TROEH & THOMPSON, 2007).

No ano (2003), as distinções entre os tratamentos foram assinaladas em todas as camadas estudadas. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($10,83 \text{ mg.dm}^{-3}$) apresentou

valores superiores ao monocultivo de soja ($2,33 \text{ mg.dm}^{-3}$), bem como o sistema de preparo convencional sob rotação de culturas ($6,50 \text{ mg.dm}^{-3}$) e o monocultivo de milho ($5,00 \text{ mg.dm}^{-3}$). Nas camadas subsuperficiais estes resultados assemelham-se. Em experimento conduzido com milho em Latossolo nos cerrados com 450 g.kg^{-1} de argila os teores de P ($5,00 \text{ mg.dm}^{-3}$) decresceram durante o tempo de cultivo no preparo convencional (NOVAIS, et al. 2007).

Em (2004), as distinções entre os tratamentos foram assinaladas em todas as camadas estudadas. Em todas as camadas, o plantio direto ($12,00 \text{ mg.dm}^{-3}$) apresentou maiores valores médios e diferiu estatisticamente de todos os tratamentos, Figura 9. O acúmulo de fósforo na camada superficial do solo representa uma forma eficiente de armazenamento desse nutriente no plantio direto, pela ação de microorganismos importantes na biociclagem par o armazenamento de fósforo, protegendo da adsorção pelos colóides do solo e, conseqüentemente, mantendo o fósforo na forma disponível por mais tempo, isto pelo maior aporte de matéria orgânica que existe neste sistema de manejo do solo (PEREZ et al., (2004).

De modo geral, os resultados mostram maiores valores de fósforo no sistema de manejo do solo sob plantio direto, principalmente, nas primeiras profundidades do solo, o que pode está relacionado, com o uso do milheto como palhada de cobertura do solo e o não revolvimento, bem como as maiores produtividades de milho e soja (4.811 e 3.283 kg.ha^{-1}), respectivamente, comparado aos monocultivos de milho (2.980 kg.ha^{-1}) e soja (3.208 kg.ha^{-1}) Anexo 1.

4.2.2.3 Potássio disponível (K^+)

Com relação ao potássio disponível no solo, os resultados permitem confirmar que o plantio direto ($125,00 \text{ mg.dm}^{-3}$) apresentou maiores valores nas duas primeiras camadas do solo em relação ao preparo convencional sob monocultivo de soja ($30,00 \text{ mg.dm}^{-3}$) e monocultura de milho ($38,00 \text{ mg.dm}^{-3}$) Figura 10.

De acordo com os resultados deste trabalho, o acúmulo superficial de potássio no sistema plantio direto, principalmente, nas primeiras profundidades do solo corroboram com aqueles encontrados por (SILVEIRA e STONE, 2001; MARIA, 2003; GIACOMINI et al., 2004).

Segundo Ernani et. al., (2007), nos solos com predomínio de minerais de argila do tipo 1:1, pequena parte do K aplicado vai para a solução do solo e o restante migra para o complexo de troca sendo adsorvido às cargas elétricas negativas. Em alguns de nossos solos onde exista um teor considerável de minerais do tipo 2:1 e concomitantemente valores

elevados de pH, pode haver fixação de K nas entrecamadas desses minerais, porém este fenômeno é pouco expressivo nos solos brasileiros.

Os valores encontrados neste trabalho nos sistemas convencionais sob monocultivos de soja e milho, em todas as camadas e anos agrícolas, são considerados baixos quanto a disponibilidade de potássio no solo e para produtividade das culturas de milho e soja, indicando maior aplicação de adubos (BRASIL e CRAVO, 2007).

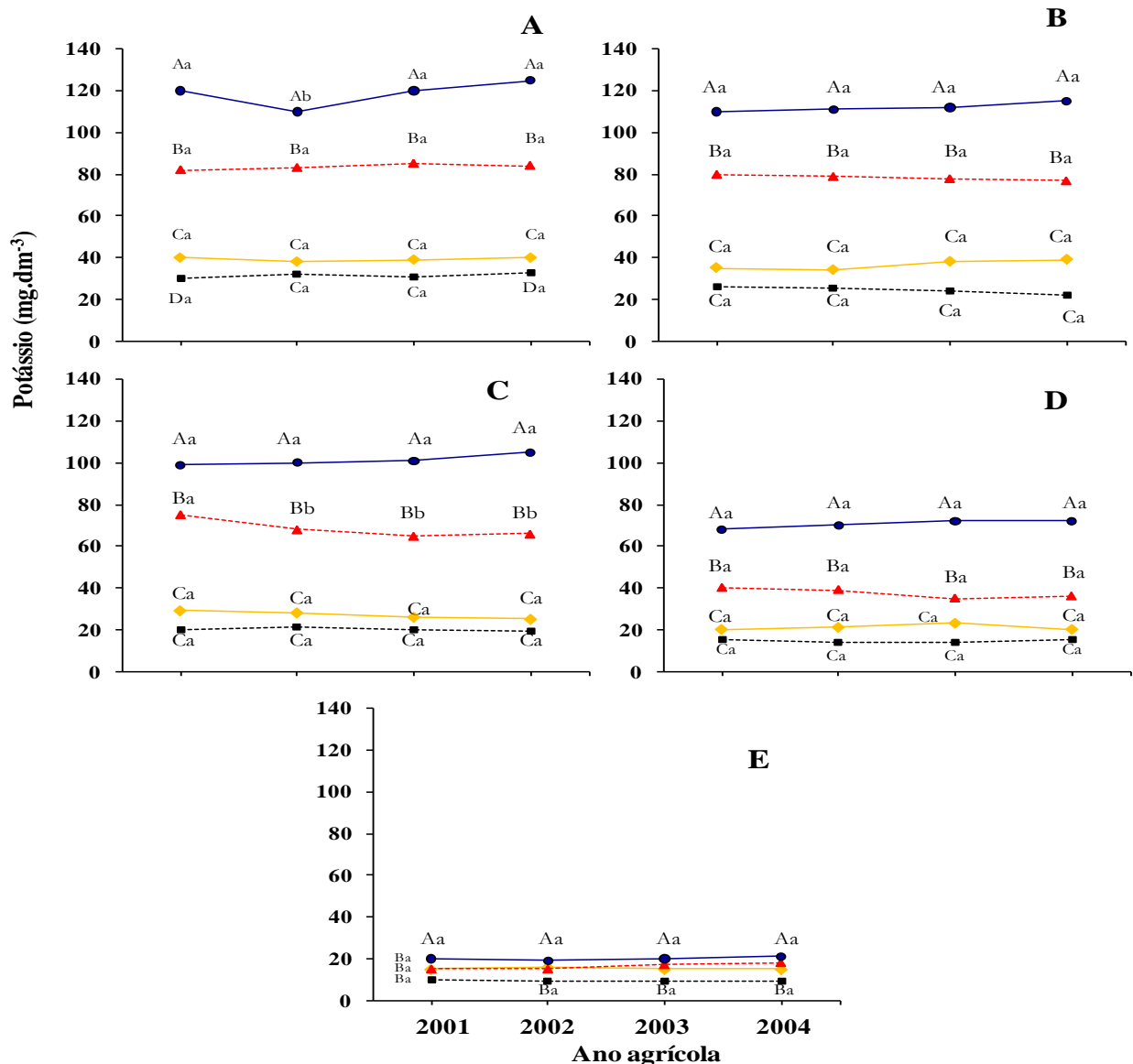


Figura 10: Potássio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os os sistemas de manejo sob plantio direto milheto/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A análise da interação sistemas de manejo do solo em cada ano foi observado diferença estatística entre os tratamentos em todas as camadas do solo. Na camada até 0-5 cm,

os monocultivo soja (30 mg.dm^{-3}) no ano 2001, teve menores teores de potássio, porém não diferiu dos demais anos agrícolas. Justifica-se a redução nos teores deste nutriente pela sua alta mobilização no solo. Resultados de menores teores de potássio no preparo convencional, também foram obtidos por (PEREZ et al., 2004 e MARIA, 2003), o que corroboram com os apresentados neste estudo.

No sistema de plantio direto na camada 0-5 cm, no ano 2004 ($125,00 \text{ mg.dm}^{-3}$) apresentou aumento nos teores de potássio, porém foi assemelham-se ao primeiro e terceiro ano agrícola. Durante 20 anos, foi avaliado aumento nos teores de potássio e melhoria na qualidade química no plantio direto pela maior ciclagem de nutrientes proporcionado pelo maior aporte de matéria orgânica, neste sistema de manejo (CARETTA, 2006).

Na camada 10-20 cm, ocorreu diferença estatística somente no sistemas sob rotação de milho e soja. No ano 2001 ($75,00 \text{ mg.dm}^{-3}$) apresentou os maiores teores de potássio, diferiu dos demais anos agrícolas, Figura 10. Maiores teores de K, na camada superficial ocorre pela permanência da palhada, visto que, o plantio direto, não há revolvimento do solo (FALLEIRO et al., 2003).

Para Wiethölter (2001), o sistema plantio direto, forma-se quando há cultivo contínuo de espécies vegetais sem o revolvimento do solo e que devido à permanência de resíduos culturais na superfície, uma nova camada de solo é elaborada naturalmente, em função do acúmulo de nutrientes contidos na palha. Com isso, o manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto depende do que ocorre nos primeiros 10 cm do mesmo, proporcionando assim um sistema de plantio sustentável, pois, melhora a fertilidade do solo, podendo ser entendido como agricultura restauradora de solos degradados.

A análise da interação de ano dentro de cada sistema de manejo do solo mostrou que no primeiro ano agrícola de 2001, ocorreu distinção entre os tratamentos em todas as camadas estudadas. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($120,00 \text{ mg.dm}^{-3}$) manteve diferença significativa sobre todos os tratamentos com valores superiores ao monocultivo de milho ($40,00 \text{ mg.dm}^{-3}$), soja ($30,00 \text{ mg.dm}^{-3}$), bem como do sistema de preparo convencional sob rotação de culturas ($82,00 \text{ mg.dm}^{-3}$), Figura 10. Maiores teores de potássio no plantio direto até a camada de 30 cm são considerados como altos a muito altos (CRAVO, et al., 2007). Resultados de maiores teores de potássio nas camadas superiores em plantio direto foram encontrados por (CRUSCIOL, et al., 2010).

No segundo ano (2002), em todas as camadas foram assinaladas distinções entre os sistemas de manejo. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto (110,00 mg.dm⁻³) apresentou diferença significativa ao monocultivo de milho (38,0 mg.dm⁻³), soja (32,00 mg.dm⁻³) e sistema de preparo convencional sob rotação de culturas (83,00 mg.dm⁻³). Em Latossolo amarelo distrófico, na região Amazônica, o sistema de plantio direto teve maior aporte da matéria orgânica assim aumentou a concentração de K na solução do solo (GOEDERT & OLIVEIRA, 2007).

Já no terceiro ano (2003), foram assinaladas distinções entre os sistemas de manejo em todas as camadas. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto (120,00 mg.dm⁻³) apresentou diferença estatística em relação ao monocultivo de milho (39,00 mg.dm⁻³), monocultivo de soja (31,00 mg.dm⁻³) e do sistema de preparo convencional sob rotação de culturas (85,00 mg.dm⁻³). Estes resultados assemelham-se até a última camada. Em experimento conduzido com milho em Latossolo nos cerrados com 450 g.kg⁻¹ de argila os teores de K (35,00 mg.dm⁻³) decresceram durante o tempo de cultivo e com maiores valores médios em plantio direto (NOVAIS, et al. 2007).

No ano (2004), as distinções entre os sistemas de manejo do solo, foram assinaladas em todas as camadas. Na camada de 0-5 m, o plantio direto (125,00 mg.dm⁻³) apresentou maiores teores sobre o monocultura de milho (40,00 mg.dm⁻³), soja (33,00 mg.dm⁻³) e rotação de soja milho (84,00 mg.dm⁻³). Nas camada subsuperficiais os resultados foram semelhantes. Valores na ordem de (32,00 mg.dm⁻³ e 58,00 mg.dm⁻³), respectivamente, para sistemas de preparo em monocultivo e plantio direto foram obtidos por (PEREZ et al., 2004, LOPES et al., 2003 e WIETHÖLTER, 2001).

Vale salientar que novos estudos podem dar continuidade em trabalhos com tempo maior que 4 anos de experimento para com o objetivo de avaliar a variação temporal deste importante nutriente no solo no município de Redenção, bem como de outros municípios paraenses.

4.2.2.4 Cálcio trocável (Ca⁺²)

O plantio direto (4,82 cmol_c.dm⁻³) apresentou maiores teores de cálcio trocável no solo na primeira camada em relação a monocultura de milho e soja (2,50 e 1,10 cmol_c.dm⁻³), respectivamente, Figura 11. No sistema de plantio direto, maiores teores de cálcio nas camadas superficiais são justificadas pelo não revolvimento do solo e menor lixiviação (DIAS, et al., 2007 e LOPES, et al., 2007).

Ao analisar a interação sistemas de manejo dentro de cada ano agrícola, observa-se que ao longo dos anos ocorreu diferença estatística, somente nas camadas 5-10 e 10-20 cm. Na camada 5-10 cm, no monocultivo de milho no ano 2001 ($2,20 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi semelhante aos teores de cálcio no segundo 2002 ($2,30 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e terceiro 2003 ($2,40 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) ao passo que diminuiu no último 2004 ($1,83 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) Figura 11. O mesmo fenômeno ocorreu para o monocultivo da soja. Justifica-se a redução nos teores deste nutriente pela sua mobilização no solo, principalmente em solos mal manejados indicando tendência para a lixiviação do mesmo. Resultados de menores teores de cálcio no solo em preparo convencional, também foram obtidos por (MARIA, 2003), o que corroboram com os apresentados neste estudo.

O plantio direto na camada 10-20 cm, no ano 2001 ($3,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi igual aos teores de cálcio do segundo 2002 ($3,10 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e terceiro ano 2003 ($3,12 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) ao passo que este aporte foi superior no último ano 2004 ($3,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), podemos observar aumento de teores de cálcio no solo, o que não ocorreu no sistema de preparo convencional ao longo dos anos.

A análise do desdobramento de ano dentro de cada sistema de manejo do solo mostra que ocorreu distinção entre sistemas de manejo. No ano de 2001, na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($4,70 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) manteve diferença significativa sobre todos os tratamentos, com valores superiores ao sistema de preparo convencional sob rotação de culturas ($3,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), bem como ao monocultivo de milho e soja ($2,60$ e $1,40 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Estes resultados comparam-se aos das camadas 5-10, 10-20. O plantio direto ($2,10 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), na camada 20-30 cm do solo manteve diferença significativa sobre todos os tratamentos. Na camada 30-50 cm não ocorreu diferença entre os tratamentos estudados, Figura 11.

No ano (2002), com exceção da camada 30-50 cm, foram assinaladas distinções entre os sistemas de manejo. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($4,80 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou diferença significativa em relação ao sistema de preparo convencional sob rotação de culturas ($3,43 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) ao monocultivo de milho ($2,63 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e soja ($1,10 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Estes resultados assemelham-se com os apresentados nas camadas subsuperficiais. Trabalho semelhante conduzido em Latossolo amarelo distrófico, na região Amazônica, o aumento da concentração de K na solução do solo foi justificado pelo aporte da matéria orgânica, proveniente da palhada no plantio direto (GOEDERT & OLIVEIRA, 2007).

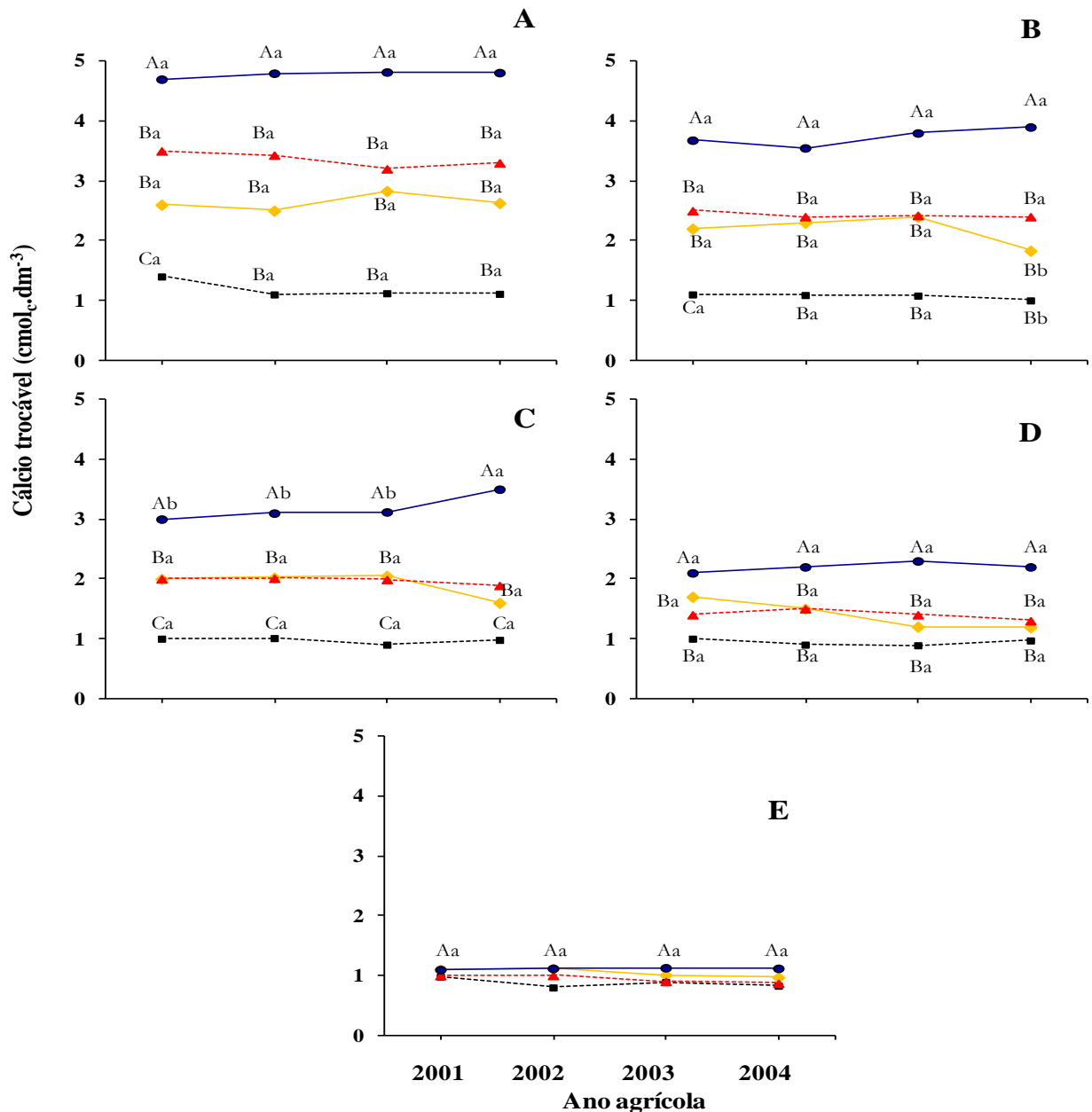


Figura 11: Cálcio trocável nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No terceiro ano (2003), com exceção da camada 30-50 cm, foram assinaladas distinções entre os sistemas de manejo. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($4,82 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou diferença significativa em relação ao sistema de preparo convencional sob rotação de culturas ($3,20 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) ao monocultivo de milho ($2,83 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e soja ($1,12 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Estes resultados assemelham-se com os apresentados nas camadas subsuperficiais. Em experimento conduzido com milho em Latossolo nos cerrados com 450

g.kg^{-1} de argila os teores de Ca ($2,20 \text{ mg.dm}^{-3}$) decresceram durante o tempo de cultivo e com maiores teore no plantio direto (NOVAIS, et al. 2007).

Por fim, no quarto ano (2004), as distinções entre os sistemas de manejo do solo, foram assinaladas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm do solo. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($4,81 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores teores que o sistema de preparo convencional sob rotação de culturas ($3,30 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e monocultivo de milho ($2,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e monocultura de soja ($1,11 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) Figura 11. Os teores de cálcio encontrados no monocultivo de soja tanto em relação ao período, bem como nas camadas são considerados baixos (CRAVO, et al., 2007). Na literatura mundial, a alteração de teores de cálcio nas primeiras camadas do solo, resultados de maiores teores deste nutriente em sistemas de manejo do solo que aportem pela permanente cobertura (GIACOMINI et al., 2004).

4.2.2.5. Magnésio trocável (Mg^{+2})

Com relação aos teores de magnésio trocável no solo, o plantio direto ($1,89 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores quando comparado ao sistema de preparo convencional sob monocultura de soja ($0,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Na literatura, inúmeros trabalhos preconizam pela significância do plantio direto em relação ao monocultivo, quanto aos teores de magnésio trocáveis no solo, é justificado pela maior cobertura, ausência de revolvimento e, principalmente, maior aporte de matéria orgânica (GOLDERT & OLIVEIRA, 2007).

A interação de sistemas de manejo dentro de cada ano agrícola, podemos observar que ocorreu diferença estatística até a camada 10 cm. Na camada até 0-5 cm, a variação do magnésio no monocultivo de soja ano 2001 ($0,60 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) diminuiu os teores no segundo 2002 ($0,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), terceiro 2003 ($0,52 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e no último 2004 ($0,56 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) Figura 12. Justifica-se a redução nos teores deste nutriente pela sua mobilização no solo, principalmente em solos mal manejados indicando tendência para a lixiviação do mesmo. Resultados de menores teores de magnésio no solo em preparo convencional, também foram obtidos na camada superior ao longo de 2 anos agrícolas por (MARIA, 2003), o que corroboram com os apresentados neste estudo. Os valores de magnésio no plantio convencional sob monocultivos de milho e soja nas camadas 5-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm são classificados baixos (BRASIL e CRAVO, 2007).

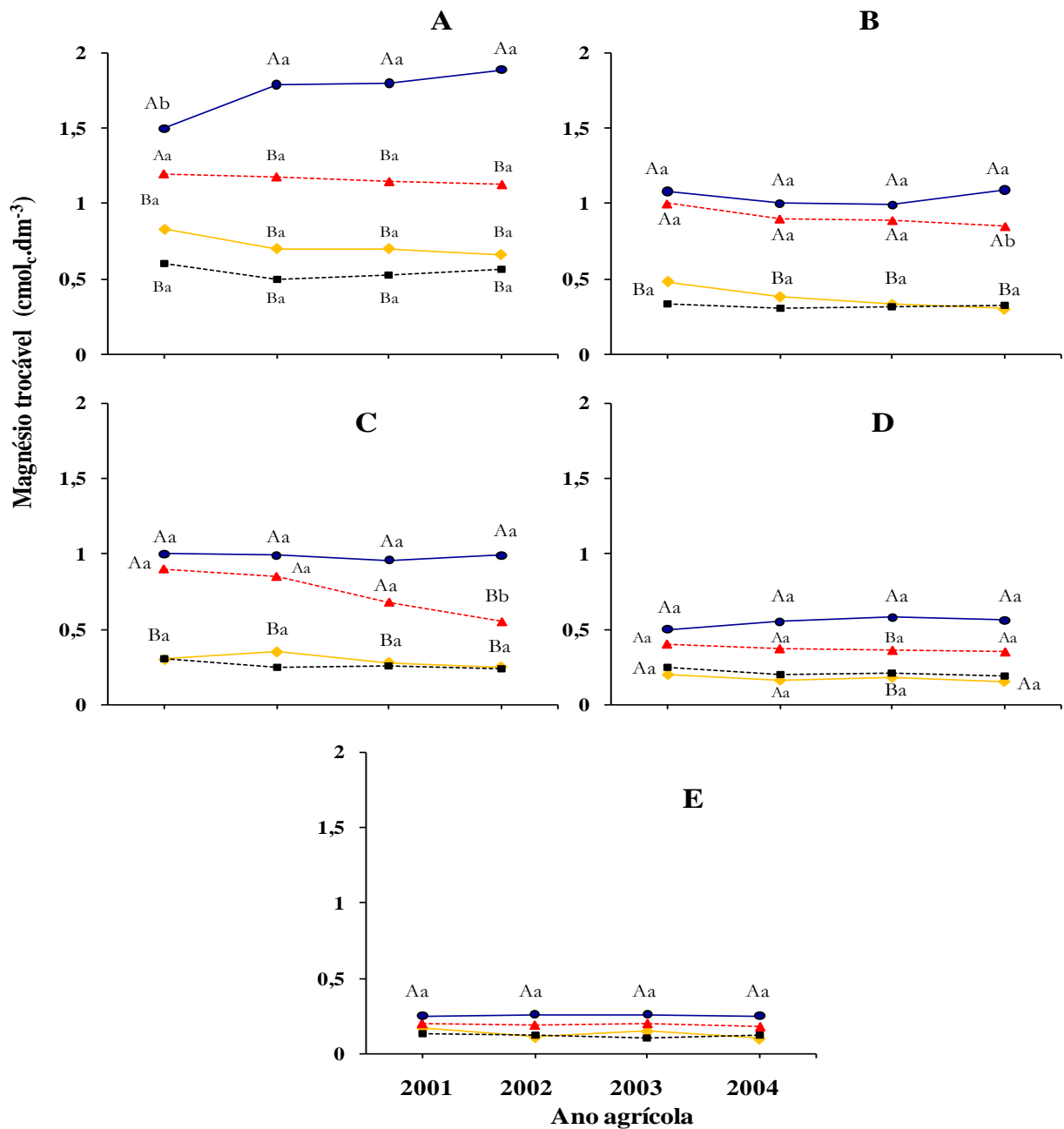


Figura 12: Magnésio trocável nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No sistema de plantio direto na camada 0-5 cm, menores valores foram encontrados no ano 2001 ($1,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e diferiu do segundo 2002 ($1,79 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), terceiro ano 2003 ($1,80 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e último ano 2004 ($1,89 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), podemos observar que os teores de magnésio no solo são maiores em relação ao sistema de preparo convencional ao longo dos anos.

A análise do desdobramento de ano dentro de cada sistema de manejo do solo, ano 2001, ocorreu distinção entre sistemas de manejo, somente nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, no. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($1,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi superior estatisticamente somente aos tratamentos conduzidos em preparo convencional sob a monocultura de milho e soja, respectivamente ($0,83$ e $0,60 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) Figura 12. Nas camadas, 5-10 e 10-20 cm, o plantio direto foi superior estatisticamente somente aos tratamentos, conduzidos em preparo convencional sob a monocultivo de milho e soja.

No ano 2002, não ocorreu distinção entre sistemas de manejo do solo somente nas camadas 20-30 e 30-50 cm. Na camada 0-5, o plantio direto ($1,79 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi superior estatisticamente a todos os tratamentos. Portanto, nas camadas 5-10 e 10-20 cm, o plantio direto foi igual a rotação de culturas, estes por sua vez diferiram dos monocultivos.

No ano de 2003, com exceção da camada 30-50 cm, ocorreu diferença estatística. Nas camadas, 0-5 e 20-30 cm, o plantio direto ($1,80 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi superior a todos os tratamentos, já nas camadas 5-10 e 10-20 cm foi igual a rotação de culturas.

Em 2004, ocorreu distinção entre sistemas de manejo do solo somente nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($1,89 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi superior ao tratamento, conduzido em preparo convencional sob a monocultivo de milho e soja ($0,66$ e $0,56 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente, Figura 16. Estudos de variação do magnésio nas primeiras camadas do solo enfatizam maiores valores deste nutriente no plantio direto em relação ao preparo convencional (GIACOMINI et al., 2004).

4.2.2.6. Alumínio trocável (Al^{3+})

A variável alumínio trocável no solo, o monocultivo de soja ($0,89 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores e menores foram observados no plantio direto ($0,08 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e preparo convencional sob rotação de culturas ($0,40 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) Figura 13. Os valores encontrados neste trabalho, são classificados para monocultivo de soja e plantio direto como médios e baixos, respectivamente, (BRASIL e CRAVO, 2007). Menores valores de Al no plantio direto também foram obtidos por (PEREIRA, et al., 2010). Ao longo de 8 anos sob Latossolo no Paraná, no plantio direto ($0,30 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou menores teores e maiores no preparo convencional ($0,92 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) (ANGHINONI, 2006).

Analisando a interação sistemas de manejo dentro de cada ano agrícola, ocorreu diferença estatística. Na camada até 0-5 cm, a variação do alumínio trocável no monocultivo

de milho diferiu estatisticamente em relação aos anos agrícolas 2003 e 2004 (0,66 e 0,60 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente, Figura 13. O monocultivo de soja apresentou maiores valores de alumínio no último ano, porém, não diferiu do primeiro ano. A rotação milho e soja diferiu ao longo dos anos. O plantio direto apresentou redução de teores de alumínio no ano 2004.

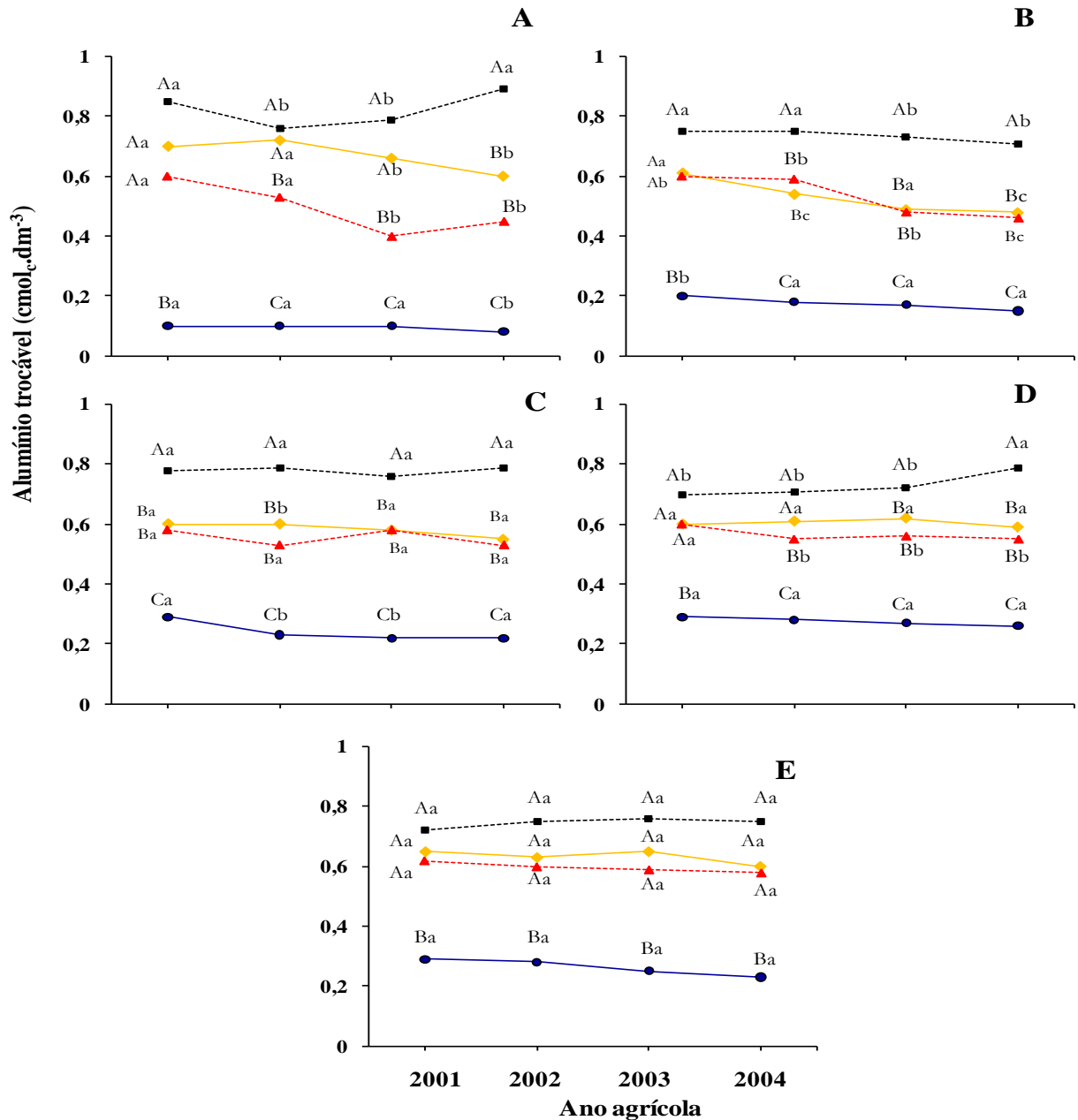


Figura 13: Alumínio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os os sistemas de manejo sob plantio direto milheto/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os maiores valores de alumínio trocável apresentam-se na camada 0-5 cm do solo, e comportamento inverso ocorre com os valores nas camadas mais profundas do solo, isto é,

têm-se aumentos nos teores de alumínio trocável da superfície para as camadas subsuperficiais, em todos os tratamentos, principalmente, no plantio convencional, Figura 13. No Estado de Minas Gerais, a partir do quarto ano o plantio direto apresentou menores valores de Al mesmo sob solos ácidos e compactados e baixa saturação por bases (OLIVEIRA et al. 2002). Resultados de menores teores de alumínio trocável no solo é explicado pela complexação de íons alumínio no solo por quelantes orgânicos presentes no solo oriundos do processo da dinâmica do fracionamento da matéria orgânica no solo ao longo do tempo de cultivo (FRANCHINI et al., 2007).

Analisando o desdobramento de ano agrícola dentro de cada sistema de manejo, aponta que no ano 2001, as distinções entre os tratamentos ocorreram em todas as camadas do solo. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($0,10 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou menores valores médios de alumínio trocável, distinguindo-se dos tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob rotação de culturas ($0,60 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e da monocultura de milho e soja, respectivamente ($0,70$ e $0,85 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) Figura 13. Nas camadas subsuperficiais o plantio direto apresentou menores valores médios de alumínio trocável obtendo diferença estatística significativa sobre todos os tratamentos. Por outro lado os monocultivos com maiores teores não diferiram entre si pelo teste de significância.

No ano 2002, as distinções entre os tratamentos ocorreram em todas as camadas do solo. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($0,10 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou menores valores médios de alumínio trocável, em relação aos tratamentos conduzidos sob monocultivo do milho ($0,72 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), rotação de culturas ($0,53 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e monocultivo de soja ($0,76 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Nas camadas subsuperficiais o plantio direto apresentou menores valores médios de alumínio trocável sobre os tratamentos conduzidos sob monocultivos de milho e soja. Este menor valor de alumínio trocável, encontrado no plantio direto é considerado não tóxico para as plantas de milho e soja (LOPES e GUIDOLIN, 1992).

No ano de 2003, ocorreram distinções entre os tratamentos em profundidades. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($0,10 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) diferiu estatisticamente do preparo convencional sob rotação de culturas ($0,40 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), monocultivo de milho ($0,66 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e monocultivo de soja ($0,79 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), porém estes dois últimos foram iguais. Na camada de 5-10 cm, a monocultura de soja ($0,73 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores teores de alumínio distinguindo-se de todos os tratamentos. Menores valores foram encontrados no plantio direto ($0,17 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Maior aporte de matéria orgânica pode complexar o alumínio, por outro lado, o acúmulo de resíduos vegetais pode diminuir a toxidez de Al a

partir da lixiviação de compostos orgânicos solúveis em água, os quais atuam na complexação do Al no solo, (CIOTTA et al. 2002; MUZZILLI 2002; CAIRES et al. 2002; OLIVEIRA et al. 2002).

Nas camadas subsuperficiais o plantio direto apresentou menores valores médios de alumínio trocável obtendo diferença estatística significativa, principalmente sobre o tratamentos conduzidos sob monocultivos de soja. Maiores teores de alumínio no sistema de preparo convencional sob monocultivo de milho em relação ao plantio direto foram obtidos por (CONTE et al., 2002).

Por fim, no ano 2004, foram sinalizadas diferença estatísticas em todas as camadas. Na camada 0-5 cm do solo, o plantio direto ($0,08 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou menores valores médios de alumínio trocável no solo, em relação aos monocultivos de milho e soja ($0,60$ e $0,89 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente, bem como da rotação milho e soja ($0,45 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). De acordo com Muzilli (2002), os ácidos orgânicos hidrossolúveis de baixo peso molecular oriundo da decomposição dos resíduos vegetais, em plantio direto, são capazes de promover a ciclagem de elementos químicos inorgânicos até as camadas mais profundas do perfil. A ciclagem de íons através do solo induz a formação de complexos organometálicos, sendo o alumínio substituído pelo cálcio no complexo catiônico. Portanto, a ciclagem de nutrientes tem sido preconizada como medida coadjuvante, bastante eficaz para melhorar as condições de fertilidade em solos ácidos como nos cerrados.

Os mesmos resultados são averiguados nas camadas subsuperficiais. Justifica-se os maiores valores de Al no preparo convencional por perdas de bases traçáveis pela lixiviação e redução nos teores de matéria orgânica no solo (FALLEIRO et al., 2003; GIACOMINI et al., 2004).

4.2.2.7. pH no solo (em H₂O)

Na camada superficial do solo menores valores foram encontrados no monocultivo soja (4,20) e maiores foram observados no plantio direto (5,99) ilustra-se na Figura 14. Justificam-se os efeitos da diminuição pH, na monocultura pelo menor acúmulo de matéria orgânica, maior lixiviação de bases trocáveis (FILHO, 2010). A redução da acidez no solo em plantio direto foi encontrado em solos de cerrados por (PEREIRA, et al., 2010).

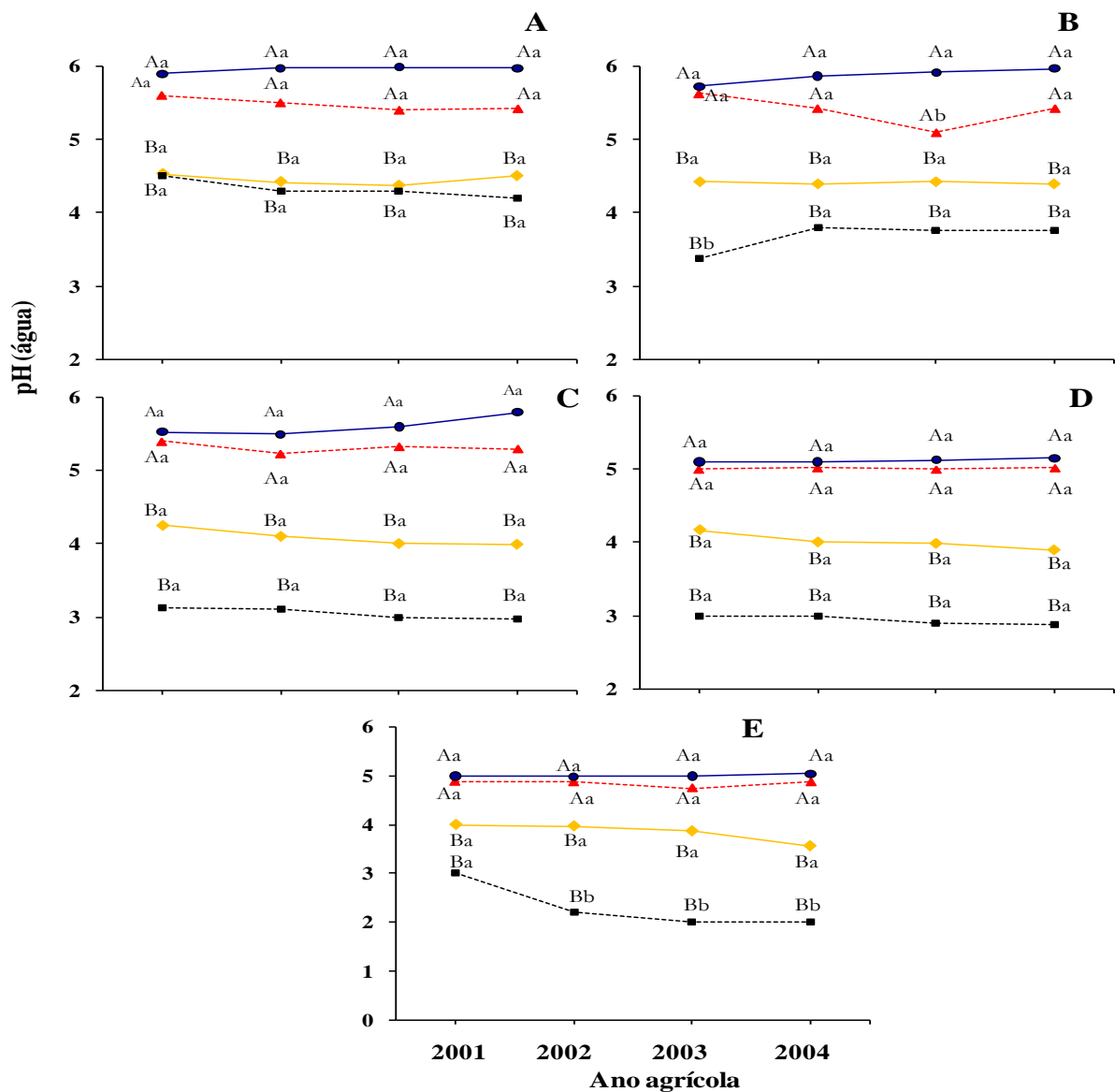


Figura 14: pH profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Analisando a interação de sistemas de manejo dentro de cada ano agrícola, observar-se que com exceção das camadas 0-5, 10-20 e 20-30 cm, ocorreu diferença estatística. Na camada 5-10 cm, menores valores foram detectados no terceiro ano no sistema de rotação milho e soja, diferindo dos demais anos. Na camada 30-50 cm, pH reduziu de valores ao longo dos três últimos anos agrícolas no sistemas de monocultivo de soja. Na mesma camada, os valores médios de pH, no plantio direto ao longo dos anos foram maiores porém não diferiram Figura 14.

A redução de valores de pH no terceiro ano pode ser justificada aos fatores ambientais reinantes na região de estudo, como a ocorrência de chuvas, proporcionando maior lixiviação e aumentando a acidez nestes Latossolos distróficos, por outro lado, percebe-se no plantio direto maiores valores médios de pH em relação aos outros tratamentos, isto é, justificado pela maior cobertura do solo, ausência de revolvimento e a utilização de rotação de culturas. Ao longo dos anos agrícolas nos monocultivos os valores diminuem ao passar do tempo de uso do solo, diferente do sistema de manejo sob plantio direto que tende a aumentar. Por outro lado há uma tendência de diminuição de pH ao longo dos quatro anos, principalmente no monocultivo, indicando futuras análises de solos e correção de acidez no município de Redenção. No plantio direto com a decomposição da palhada, ocorre a liberação de ânions orgânicos destes resíduos sobre o solo ocorrendo à mobilização de Ca^{+2} no perfil do solo, aumentando assim o pH (PAVAN, 1999; COSTA, 2000).

A análise de desdobramento ano sobre cada sistema de manejo do solo, no ano 2001, pode-se observar que ocorreu diferença em todas as camadas. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (5,90) distinguiu-se estatisticamente somente dos tratamentos sob monocultivo de milho e soja. O preparo convencional sob rotação (5,60), foi igual ao plantio direto, as monoculturas de milho e soja, respectivamente (4,53 e 4,50) foram semelhantes. Nas camadas subsequentes os resultados são semelhantes aos supracitados. A explicação para estes resultados no plantio direto está relacionada com as características tamponantes da matéria orgânica e, ou, com o aumento da força iônica da solução do solo, por causa do incremento dos teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} na camada superficial (CADAVID et al., 2000; DE MARIA, 1999; FRANCHINI et al., 1999).

No ano 2002, na camada 0-5 cm, o plantio direto (5,98) distinguiu-se estatisticamente apenas dos monocultivos de milho e soja (4,42 e 4,30), respectivamente. Estes resultados refletem aqueles das camadas subsuperficiais Figura 14. A diminuição nos valores de pH no preparo convencional sob monocultivo e aumento de valores de pH no plantio direto, foram obtidos por (CAIRES et al. 2002; MARIA, 2003; ALVES, 2003).

No ano de 2003, ocorreu diferença estatística entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (5,99) distinguiu-se estatisticamente apenas do tratamento sob monoculturas de milho e soja (4,37 e 4,29). Estes resultados refletem aqueles encontrados nas camadas subsuperficiais do solo. Estes resultados no sistema de preparo convencional possui

uma acidez elevada, necessitando fazer uma correção de solo (LOPES & GUIDOLIN, 1992; SILVA, 2003; PAVAN, 1999).

Portanto, no ano 2004, ocorreu diferença estatística entre os sistemas de manejo. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (5,98) distinguiu-se estatisticamente apenas dos tratamentos de preparo convencional sob monoculturas de milho e soja (4,50 e 4,20), respectivamente. Os resultados assemelham-se nas camadas posteriores. No Mato-Grosso maiores valores de pH, no plantio direto foram descritos por (FALLEIRO et al. 2003; HELYAR 2003; CONTE et al. 2002). Por outro lado, nesta pesquisa os maiores valores de pH encontrado nas camadas superficiais discordam daqueles encontrados por (CIOTTA et al., 2002).

4.2.2.8 Soma de Bases (Sb)

De acordo com os resultados à variável soma de bases no solo, o plantio direto (5,75 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores na primeira camada do solo em relação ao sistema de preparo conduzido sobre a monocultura do soja (3,14 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) Figura 15. Maiores teores de soma de bases nas camadas superficiais são justificadas pelo não revolvimento do solo e menor lixiviação de nutrientes (DIAS, et al., 2007).

Analisando a interação de sistemas de manejo dentro de cada ano, observa-se de acordo com a análise estatística que ocorreu diferença significativa entre sistemas de manejo do solo ao longo dos anos, apenas nas camadas 0-5 e 5-10 cm. Na camada até 0-5 cm, o monocultivo de milho apresentou maiores valores de soma de bases no 2001 (4,33 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) ao passo que diferiu nos demais anos, tendendo a diminuir ao longo dos anos, o mesmo pode ser observado no monocultivo de soja, justifica-se a redução de soma de bases pela maior lixiviação. A redução nos teores de soma de bases no preparo convencional, ao longo do tempo foi obtido por (MARIA, 2003).

No sistema de plantio direto na camada 0-5 cm, mesmo não tendo ocorrido diferença significativa, o ano 2001 (5,75 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou tendência de aumento nos teores de Sb nos anos 2002 (5,59 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), 2003 e 2004 (5,60 e 5,62 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente, Figura 15. Na camada de 5-10 cm, o monocultivo de soja teve os teores de soma de bases trocáveis menores nos dois últimos anos (2003 e 2004).

A análise da interação de ano dentro de cada sistemas de manejo, inferiu que no ano 2001 e na camada de 0-5 cm, o plantio direto (5,75 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) distinguiram-se estatisticamente dos tratamentos conduzidos sobre preparo convencional sob rotação (4,61 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), bem como a monocultura de milho e de soja (4,33 e 4,08 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$),

respectivamente. Na camada 10-20 cm estes resultados assemelham-se a camada supracitada. Na camada de 5-10 cm, o plantio direto ($5,66 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) distinguiram-se estatisticamente dos tratamentos conduzidos sobre preparo convencional sob rotação ($4,58 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), bem como a monocultura de milho e de soja ($3,8$ e $4,02 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente.

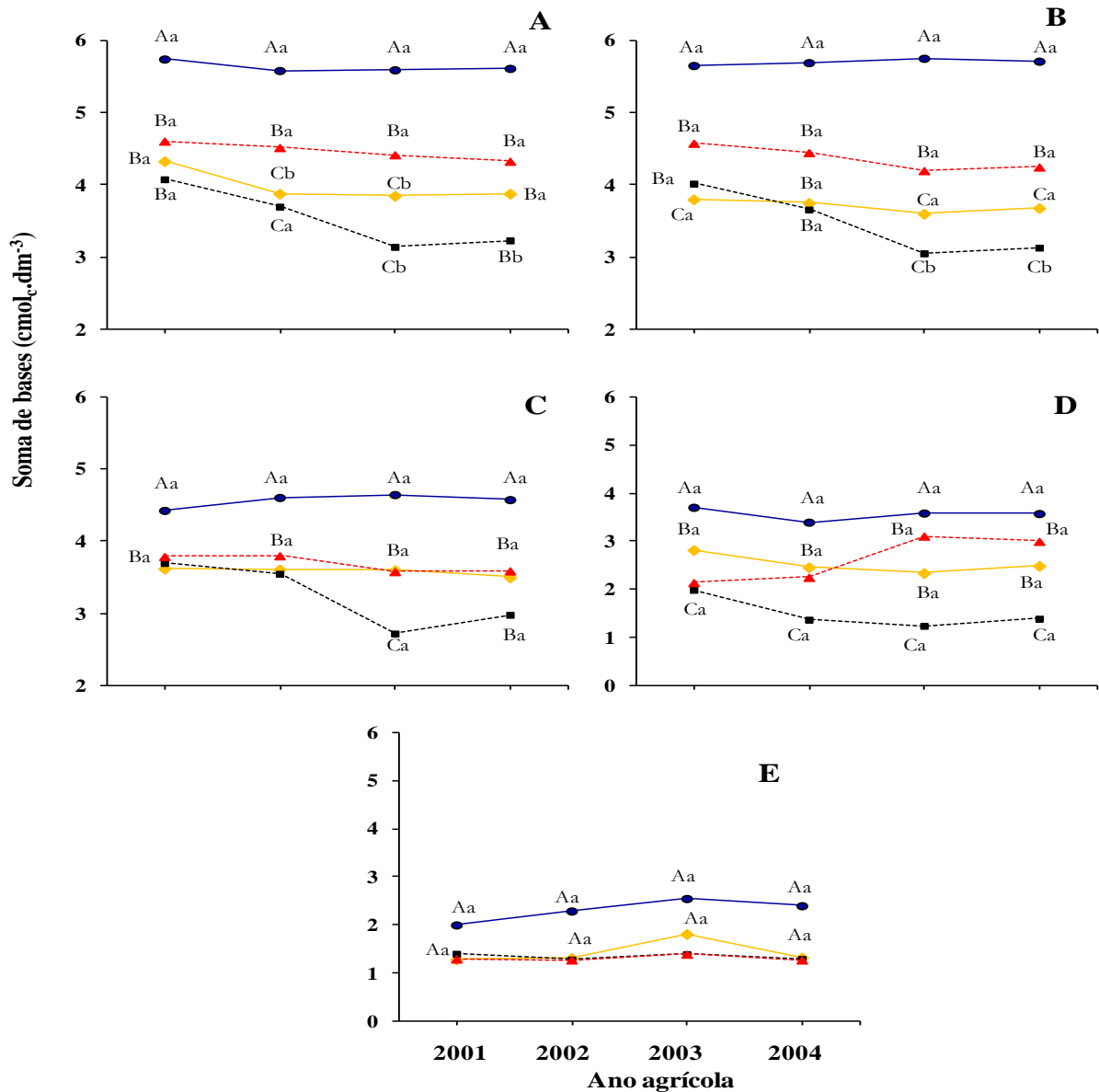


Figura 15: Soma de bases nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultura de soja (■) e plantio convencional em monocultura de milho (◆) no município de Redenção – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No ano 2002, com exceção da última camada, ocorreram distinções entre os tratamentos. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($5,59 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores

valores médios obtendo diferença estatística significativa, assim distinguindo-se de todos os tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob rotação ($4,52 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), bem como dos monocultivos de milho e soja, respectivamente ($3,88$ e $3,70 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), menores valores foram encontrados no monocultivo de soja, os tratamentos conduzidos sob plantio convencional não diferiram entre si, Figura 15.

No ano de 2003, com exceção da última camada, ocorreram distinções entre os tratamentos. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($5,60 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores médios obtendo diferença estatística significativa, assim distinguindo-se de todos os tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob rotação ($4,42 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), bem como dos monocultivos de milho e soja ($3,85$ e $3,14 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente, menores valores foram encontrados no monocultivo de soja. Resultados semelhantes ocorreu na camada subsequente. Já na camada 10-20 cm, maiores valores foram encontrados no plantio direto e menores no monocultivo de soja, que diferem de todos os tratamentos.

Por fim, no ano 2004, com exceção da última camada, ocorreram distinções entre os tratamentos. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($5,62 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores médios obtendo diferença estatística significativa, assim distinguindo-se de todos os tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob rotação ($4,33 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), bem como dos monocultivos de milho e soja, respectivamente ($3,88$ e $3,23 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), menores valores foram encontrados no monocultivo de soja. As distinções entre os sistemas nas camadas assemelham-se as já mencionadas acima.

4.2.2.9. Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 (T)

De acordo com os resultados da análise de variância, à variável de capacidade de troca catiônica a pH 7,0, (T), o plantio direto ($11,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores na primeira camada do solo em relação ao sistema de preparo conduzido sobre a monocultura da soja ($5,16 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) ilustra-se na Figura 16. Maiores valores médios de (T) no sistema do plantio direto, é justificado pelo aporte nos teores de matéria orgânica e incremento dos teores de cálcio, magnésio e potássio na camada superficial do solo realizado por (GIACOMINI et al., 2004; FALLEIRO et al., 2003).

Na análise da interação de sistemas de manejo dentro de cada ano, observa-se de acordo com a análise estatística, com exceção da última camada ocorreu diferença significativa nos sistemas de manejo ao longo dos anos Figura 16.

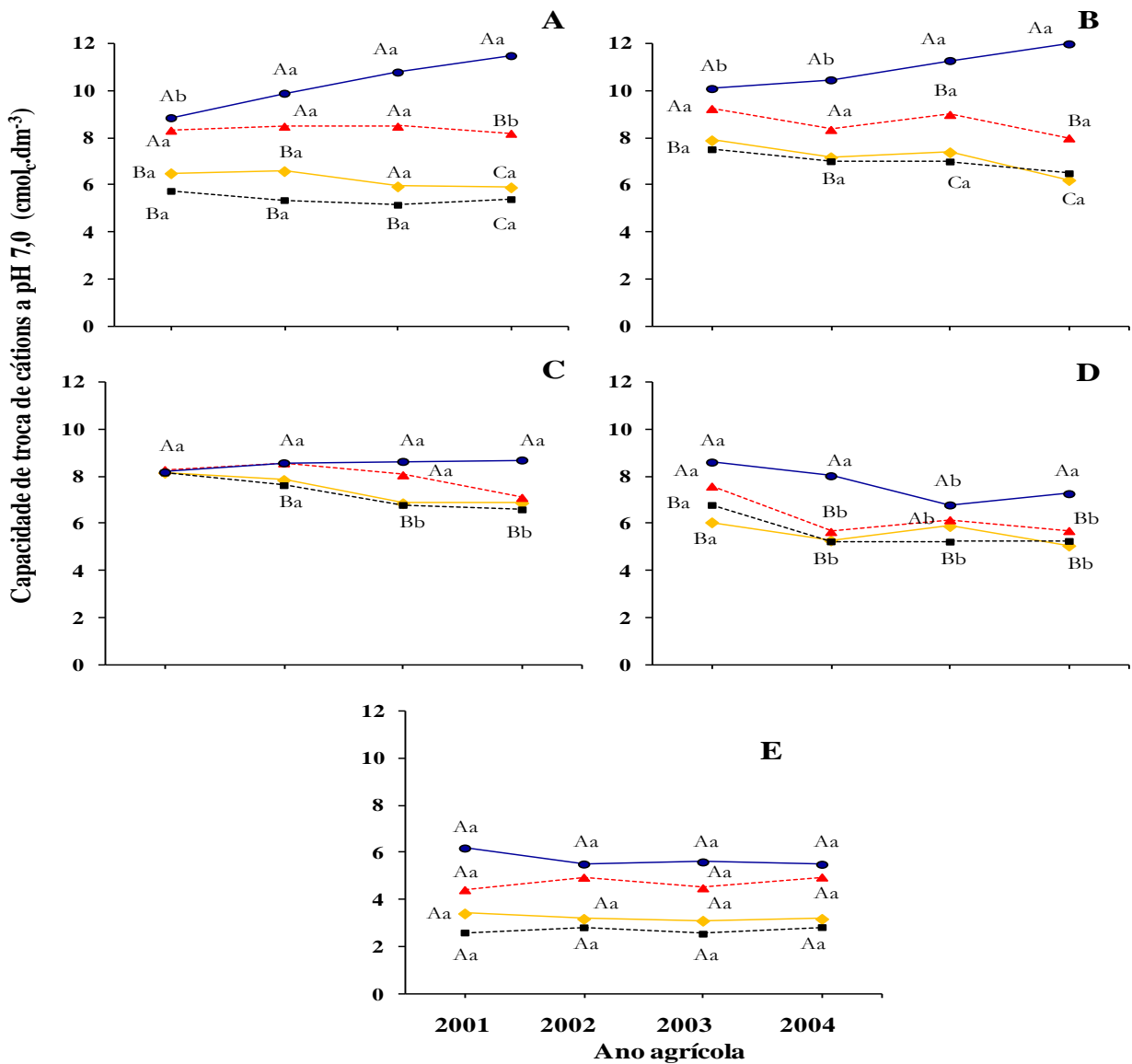


Figura 16: Capacidade de cátions de troca a pH 7,0 nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milheto/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na camada até 0-5 cm, no monocultivo de milho os teores de (T), ao longo do tempo de cultivo foram iguais. Resultados semelhantes foram obtidos também no monocultivo de soja e nas camadas de 5-10 e 10-20 cm. No plantio direto houve aumento no ano 2004 ($11,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores médios de (T), onde diferiu apenas do ano 2001 ($8,86 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) Figura 16.

. Este aumento de (T) no plantio direto pode ser atribuído ao aumento da matéria orgânica, principalmente, da fração ácidos húmicos, responsáveis pela formação de muitas cargas negativas no solo (RHEINHEIMER et al. 1999).

Observar-se que os valores de (T) no solo são maiores no plantio direto em relação ao sistema de preparo convencional ao longo dos anos agrícolas. A maior concentração da capacidade de troca de cátions (T) ocorre com o não revolvimento da camada superficial no SPD, leva a uma acumulação de vários nutrientes, próximo à superfície, e esta concentração é maior à medida que aumenta o tempo de utilização do plantio direto (HAAS 1999).

A análise estatística da interação de ano dentro de cada sistema de manejo, com exceção da camada 30-50 cm, aponta que ocorreram distinções entre os tratamentos. No ano 2001 e camada de 0-5 cm, o plantio direto ($8,86 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) não diferiu do tratamento conduzido sobre preparo convencional sob rotação ($8,33 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), por outro lado superou a monocultura de milho e de soja ($6,50$ e $5,75 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Os mesmos resultados foram também encontrados nas camadas 5-10 e 20-30 cm. Os tratamentos conduzidos sob monocultivos de milho e soja não diferiram entre si, nas camadas supracitadas.

No ano 2002, com exceção da camada 30-50 cm, ocorreram distinções entre os tratamentos. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($9,90 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores médios obtendo diferença estatística apenas aos tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob monocultivos de milho e soja ($6,59$ e $5,36 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente, Figura 16. Estes resultados são equivalentes aos encontrados nas camadas de 5-10 e 10-20 cm. Já na camada 20-30 cm, o plantio direto ($8,03 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores médios obtendo diferença estatística sobre todos os outros sistemas de manejo do solo.

No ano de 2003, ocorreram distinções entre os tratamentos, com exceção da última camada. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($10,08 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi igual aos tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob rotação de culturas ($8,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e monocultura de milho e superior ao de soja ($5,94$ e $5,16 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Estes resultados assemelham-se ao nas camadas 10-20 e 20-30 cm. Ao analisar a camada 5-10 cm, plantio direto ($11,29 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi superior a todos os tratamentos, o sistemas de preparo convencional sob rotação de culturas ($9,0 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi superior a monocultura de milho e soja ($7,39$ e $7,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente.

No ano 2004, foram assinalizadas diferença estatísticas com exceção da camada 30-50 cm. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($11,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi superior a todos os tratamentos, por outro lado os menores valores foram encontrados no monocultivo de milho e soja ($5,90$ e $5,40 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente, onde assemelha-se estatisticamente. Estes resultados são equivalentes aos encontrados nas camadas de 5-10, 10-20 e 20-30 cm. Estes valores apresentados no preparo convencional são considerados médios e os valores de (T) para o plantio direto são considerados altos (LOPES e GUIDOLIN 1992).

Convém salientar, que com o não revolvimento do solo no SPD a partir do primeiro ano, nas camadas até 20 cm do solo, ocorreram os maiores valores médios de (T). Estes resultados se assemelham aqueles obtidos por Lopes et al. (2003) e está relacionado com as características químicas e os maiores teores de matéria orgânica depositados pela palhada ao solo, proporcionando um maior incremento dos teores de nutrientes na camada superficial.

4.2.2.10. Saturação por Bases (V%)

Os valores de saturação por bases, na camada superficial do solo, o sistema de preparo sob monocultivo de milho, apresentou menores valores (41,00 %), maiores valores médios foram encontrados no sistema de manejo do solo conduzido sob plantio direto (70,00 %) Figura 17. Estes valores obtidos no plantio direto caracterizam sustentabilidade da fertilidade química no solo por serem considerados altos, por outro lado na monocultura são considerados baixos, a nível de fertilidade do solo (LANDERS, 2005). Tudo indica boas condições quanto a este tipo de solo, bem como sobre o procedimento adequado a ser tomado para sua utilização (NOVAIS, et al. 2007).

Analisando a interação de sistemas de manejo dentro de cada ano agrícola, observa-se com exceção das acamadas de 20-30 e 30-50 cm, ocorreu diferença estatística. Na camada 0-5 cm, o monocultivo de milho no ano 2003 (41,00 %) diminuiu os valores de saturação por bases, igualando-se ano 2004 (42,00 %). O plantio direto, apresentou maiores valores médios de saturação por bases no ano 2004 (70,00%), diferindo dos anos anteriores Figura 17. Maiores valores de (V) ocorre com o não revolvimento da camada superficial no SPD, leva a acumulação de vários nutrientes, próximo à superfície, e esta concentração é maior à medida que diminuem as perdas de nutrientes no solo, pelo tempo de utilização do uso da terra em sistemas conservacionistas como o plantio direto (MALAVOLTA, 2006).

A interação de ano dentro de cada sistema de manejo, no ano 2001, as distinções entre os tratamentos não ocorreu somente na camada 30-50 cm. Na camada 0-5 cm, o plantio direto

(61%) foi igual ao tratamento sob rotação de culturas (55%) e superior a monocultura de milho e soja (48 e 48%), respectivamente, estes últimos tratamentos foram iguais. Resultados semelhantes foram obtidos nas camadas 10-20 e 20-30 cm. Já na camada 5-10 cm, o plantio direto foi superior a todos os tratamentos.

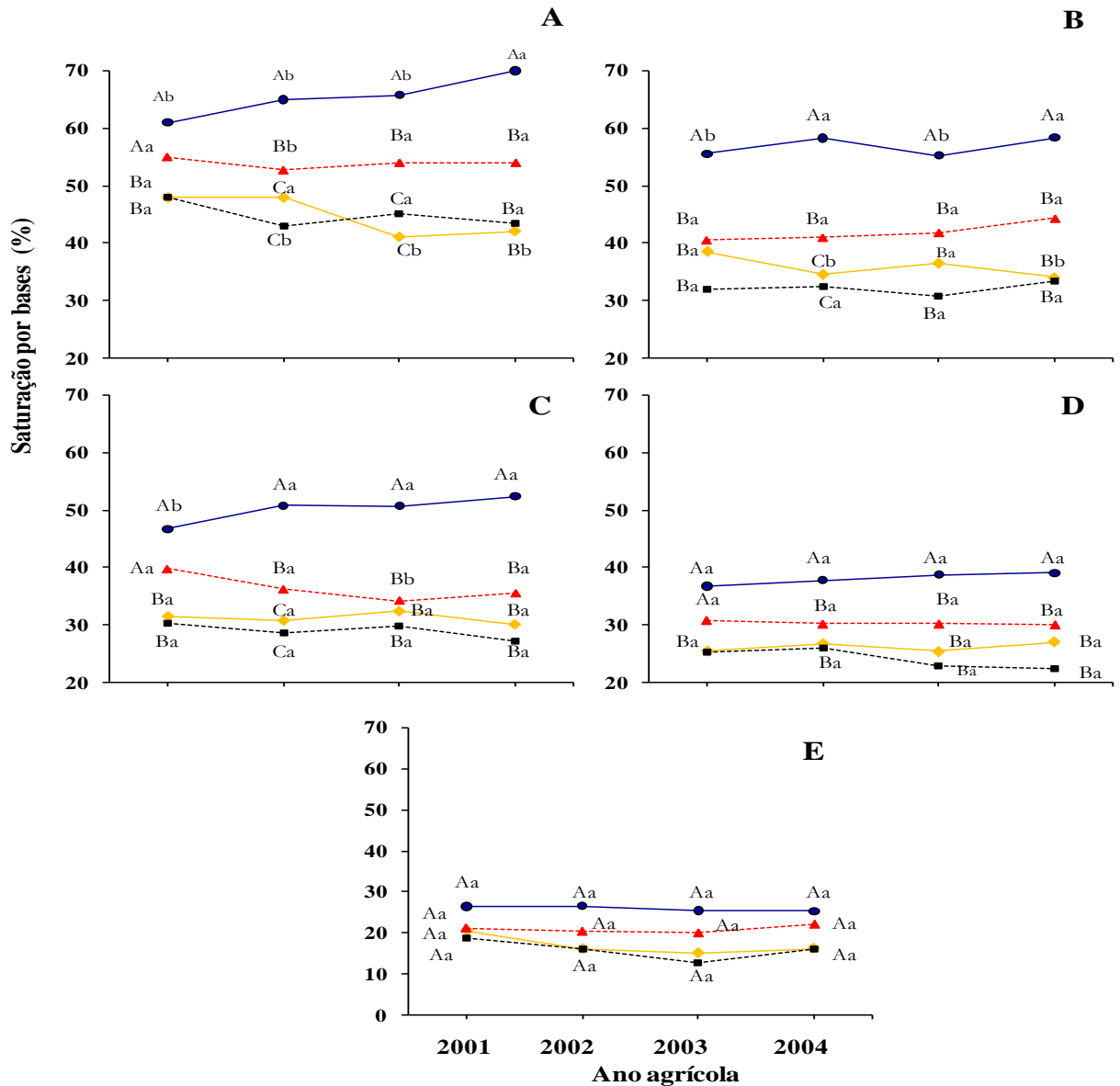


Figura 17: Saturação por bases nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No ano 2002, com exceção da camada 30-50 cm, ocorrem distinções entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (65%) apresentou valores superiores aos

demais tratamentos. Este fenômeno também foi observado nas camadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm, isto é, o plantio direto apresentou valores superiores aos demais tratamentos, Figura 17.

No ano de 2003, com exceção da camada 30-50 cm, ocorrem distinções entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (65,80 %) apresentou valores superiores, diferiu de todos os tratamentos, porém a rotação de culturas superou os monocultivos de milho e soja, estes últimos foram iguais. Na camada 5-10 cm, o plantio direto apresentou valores superiores a todos os tratamentos, por outro lado a rotação de milho e soja foi igual aos monocultivos. Resultados idênticos foram encontrados nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, Figura 17. Valores de saturação por bases maior que 50%, são considerados como nível de fertilidade do solo eutrófico, indicando melhorias na disponibilidade de nutrientes às plantas (LOPES & GUIDOLIN, 1992; SILVA, 2003; PAVAN 1997).

Em 2004, com exceção da camada 30-50 cm, ocorrem distinções entre os tratamentos Figura 17. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (70 %) apresentou valores superiores e diferiu estatisticamente do tratamento conduzido sobre a rotação de culturas (54 %), bem como da monocultura de milho e soja (42 e 43,49%), respectivamente. Para as camadas subsequentes de 5-10, 10-20 e 20-30 cm, estes resultados assemelham-se aos daqueles obtidos na discussão anterior. Redução de valores de potencial de saturação de bases no preparo convencional e aumento no plantio direto foram obtidos no Estado do Mato Grosso por (MARIA, 2003).

A análise global desses resultados, mostrou que ocorreu diminuição nos teores dessa variável em profundidade. Tendo ocorrido diferenças estatísticas ao longo dos anos agrícolas e sistemas de manejo do solo em profundidades, os quais apresentaram valores superiores de potencial de saturação por bases no plantio direto. Pode-se notar claramente, que este comportamento é bem mais evidente nas camadas superiores do solo onde ocorre maior aporte de matéria orgânica, bem como de bases trocáveis no solo e posterior justificativa ao aumento da capacidade de saturação de bases no solo. Este maior aumento de saturação indica que o solo foi restaurado com o tempo de uso (NOVAIS, et al. 2007).

4.2.2.11. Saturação por Alumínio (m%)

Com relação à variável saturação por alumínio no solo, na camada superficial o monocultivo de soja apresentou maiores valores (21,85%) e menores valores foram encontrados no plantio direto (0,84 %) Figura 18. No plantio direto esta redução é justificada pelo aumento da força iônica que diminui a atividade dos íons, o aumento do pH afeta a

especiação e solubilização do alumínio e o aumento da matéria orgânica proporciona maior efeito de complexação do Al (SOUZA & ALVES, 2003; SÁ, 1999).

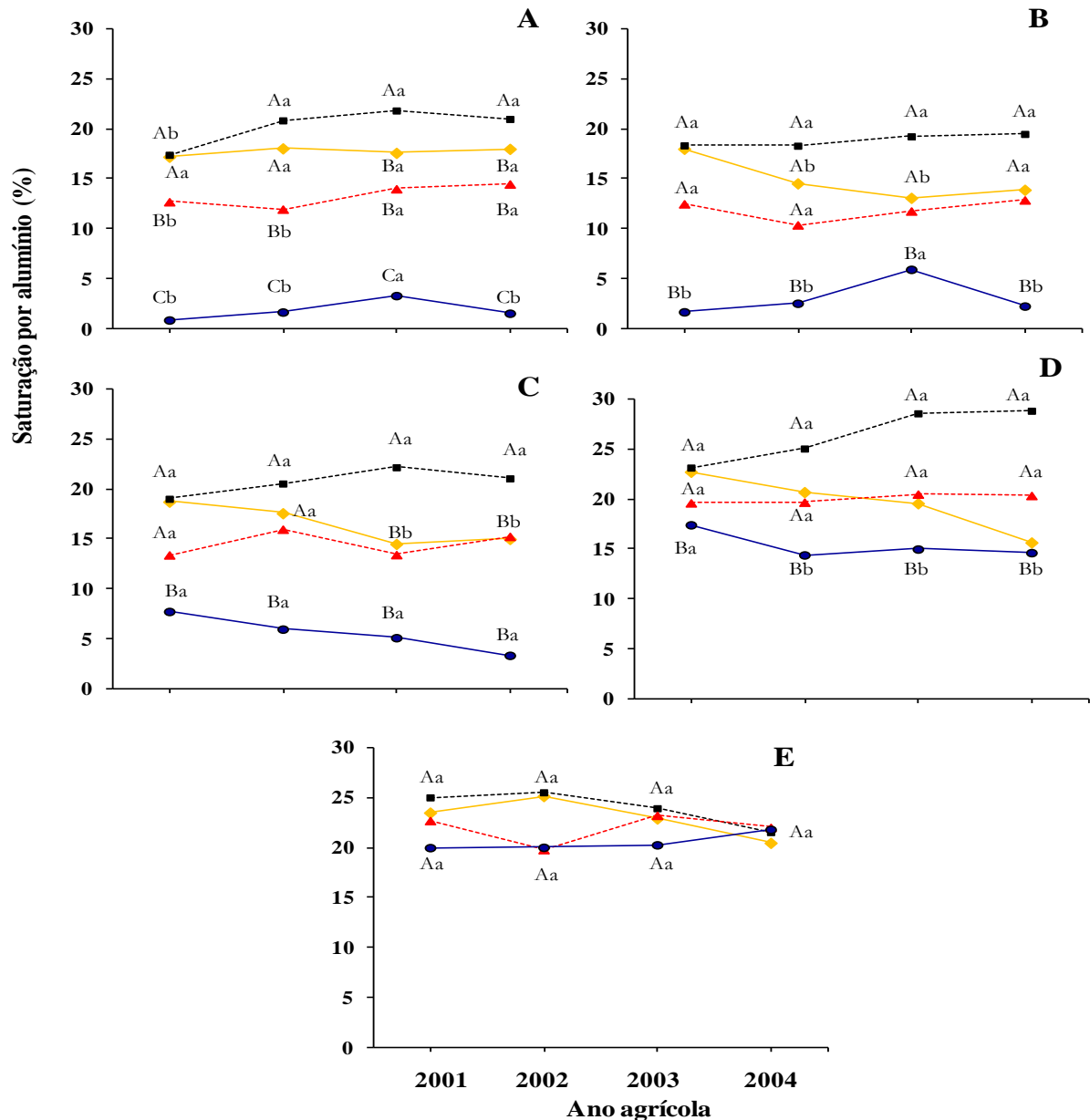


Figura 18: Saturação por alumínio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Analisando a interação de sistemas de manejo dentro de cada ano, observa-se que com exceção da camada 30-50 cm, ocorreu diferença estatística. Na camada de 0-5 cm, valores médios da (m%) no monocultivo de milho no ano 2001 (17,21 %) aumentou de valores no segundo 2002 (18,05 %) no terceiro 2003 (17,60 %) e último ano 2004 (18,00%). Nas

camadas subseqüentes os resultados obtidos assemelham-se aos encontrados na discussão anterior. Valores semelhantes foram encontrados em trabalhos de pesquisa sobre o tempo de cultivo em sistemas de preparo e manejo do solo no sul do Brasil por (NOVAIS, et al. 2007).

No sistema de plantio direto na camada 0-5 cm, ano 2001 (0,84 %) apresentou menores valores médios de (m%) diferindo dos demais anos de cultivo agrícola, porém aumento no segundo ano 2002 (1,64 %) no terceiro ano 2003 (3,29 %) e ano 2004 (1,52 %). No cerrado, o plantio direto teve redução de (m%) a partir do quarto ano de cultivo (OLIVEIRA et al., 2002).

Observar-se que os valores de (m%) no solo são menores no plantio direto em relação ao sistema de preparo convencional ao longo dos anos Figura 18. Maiores valores de (m%) ocorre com revolvimento intenso da camada superficial pela maior acidez ao longo do tempo de utilização do uso da terra em sistemas de preparo convencional (MALAVOLTA, 2006).

A análise estatística da interação ano sobre sistemas de manejo do solo, no ano 2001, as distinções entre os tratamentos ocorreram com exceção da camada de 30-50 cm. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto (0,84 %) apresentou menores valores de (m%) e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, o preparo convencional sob rotação de culturas (12,70 %) diferiu da monocultura milho e soja (17,21 e 17,41%), respectivamente.

Na camada, 5-10 cm, o plantio direto (1,66 %) apresentou menores valores de (m%) e diferiu de todos os tratamentos. Por outro lado o preparo convencional sob rotação de culturas (12,49%) e monocultivo de milho e soja (18,35 e 18,01 %), respectivamente, não diferem entre si. Resultados semelhantes foram obtidos nas camadas de 10-20 e 20-30 cm do solo. Portanto indica alerta para futuro manejo deste solo sob as condições locais, bem como sobre o procedimento adequado a ser tomado para sua utilização (NOVAIS, et al. 2007).

No ano 2002, com exceção da camada 30-50 cm, ocorreu diferença estatística. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (1,64 %) apresentou valores menores em relação aos outros sistemas de manejo, o tratamento conduzido sobre monocultivo de milho e soja (18,05e 20,66 %), respectivamente, são iguais. Menores valores médios de (m%) foram observados no sistema de plantio direto, também para as camadas subseqüentes estes resultados assemelham-se aos obtidos na primeira camada. Justifica-se os maiores valores de saturação por alumínio no sistema de preparo convencional sobre o monocultivo, pelos maiores teores de alumínio, maior acidez, lixiviação e maior erosão neste tipo de preparo de solo (MUZILLI, 2007). Saturação por alumínio com valores superiores a 60 %, exibem toxicidade por Al e deve ser aplicado corretivos a eliminação às plantas (RODRIGUES et al., 2002).

No ano de 2003, com exceção da camada 30-50 cm do solo, os tratamentos distinguem-se pela análise estatística. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (3,29 %) apresentou valores menores e distinguiu de todos os tratamentos. Já os tratamentos conduzidos sob rotação e monocultivos de milho, foram iguais, Figura 18. Menores valores médios de (m%) foram observados no sistema de plantio direto, também para as camadas subseqüentes. Na camada superficial menores valores de saturação por alumínio no plantio direto, resultante do incremento da força iônica da solução e do aumento dos valores de pH e matéria orgânica (FALLEIRO et al. 2003). Os valores globais de saturação por alumínio mostram o domínio de maior parte dos sítios de troca da CTC efetiva pelo alumínio, isto quer dizer que toda a capacidade que este solo tem de armazenar nutrientes, possui a maior parte ocupada por um elemento tóxico para as plantas (BAENA e FALESI, 1999).

No último ano agrícola (2004), com exceção da camada 30-50 cm do solo, houve diferença estatística. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (1,52 %) apresentou menores valores distinguindo-se do tratamento conduzido sob o preparo convencional sob rotação de culturas (14,48 %), bem como das monoculturas de milho e soja (17,57 e 21,00 %), respectivamente. Justifica-se pela ciclagem de íons através do solo a formação de complexos organometálicos, sendo o potencial de saturação por alumínio influenciado pela ciclagem de nutrientes tendo sido preconizada como medida coadjuvante, bastante eficaz para melhorar as condições de fertilidade em solos ácidos como nos cerrados (PAVAN, 1997 e MUZILLI, 2002).

Para as camadas subsuperficiais estes resultados assemelham-se aos daqueles obtidos na discussão anterior. Os valores encontrados no plantio direto são considerados baixos (não prejudicial as plantas) (CONTE et al., 2002; CAÍRES et al., 2002; FALLEIRO et al., 2003).

4.2.2.12. Acidez potencial (H+Al)

O monocultivo de soja, na camada superficial apresentou maiores valores ($4,67 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) de (H+Al), e menores valores foram observados no plantio direto e monocultivo de milho ($2,80$ e $3,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Nas camadas subsuperficiais do solo os valores de (H+Al) aumentaram. Os valores encontrados de (H+Al) no plantio direto caracterizam menor acidez e melhoria da fertilidade química no solo por serem considerados baixos (LANDERS, 2005).

Pela análise da interação de sistemas de manejo dentro de cada ano, observa-se que ocorreu diferença estatística apenas nas camadas de 5-10 e 10-20 cm do solo. Na camada 5-10 cm, sistemas de manejo sob rotação e monocultivo de milho não sofreram alteração ao longo

dos anos Figura 19. Valores semelhantes foram obtidos em trabalhos de pesquisa sobre o tempo de cultivo em sistemas de preparo do solo no sul do Brasil por (NOVAIS, et al. 2007).

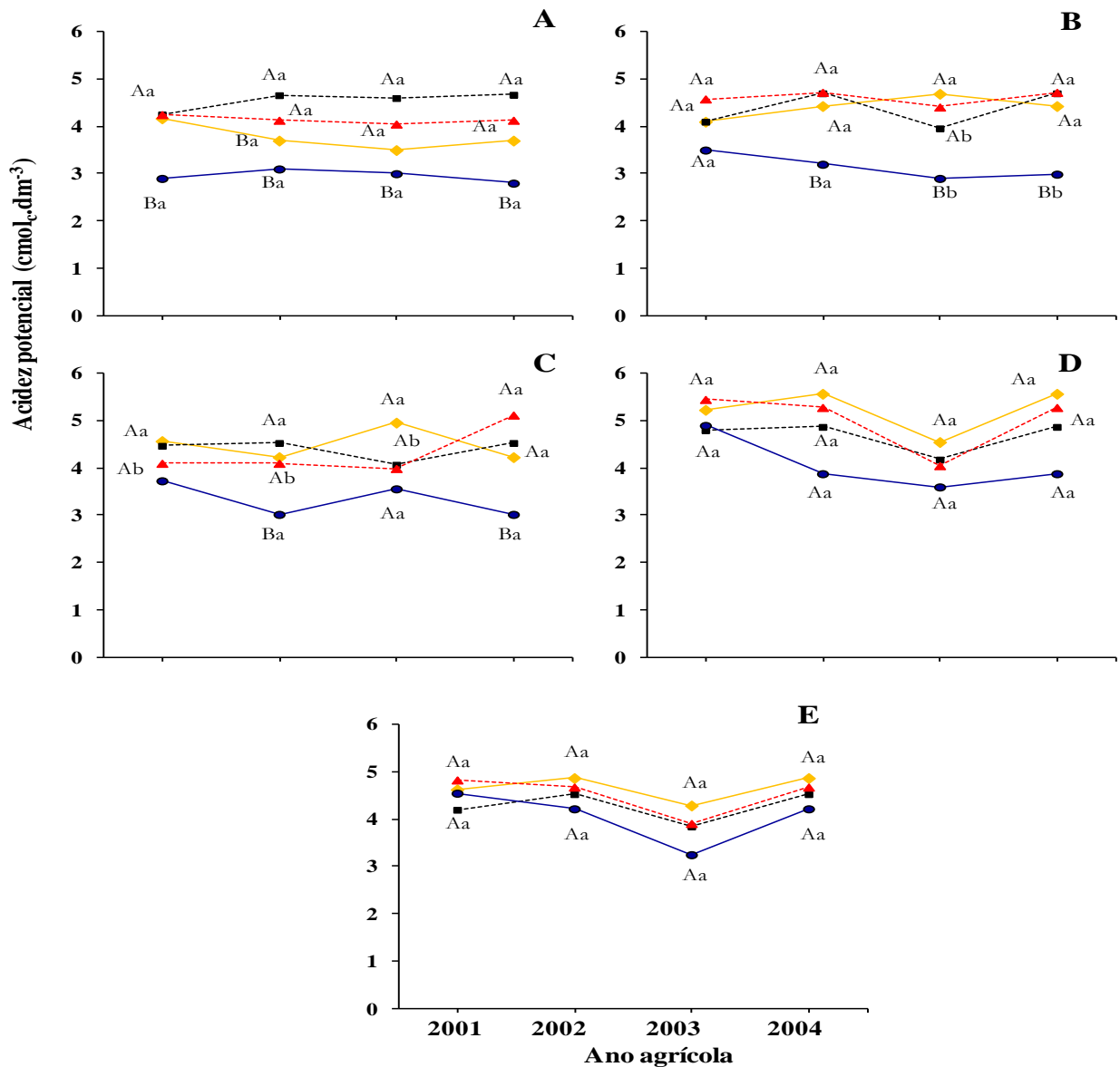


Figura 19: Acidez potencial nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O plantio direto, nos anos 2003 e 2004 (2,90 e 2,99 cmol_c.dm⁻³), respectivamente apresentaram menores valores de (H+Al) diferindo do ano 2001 (3,50 cmol_c.dm⁻³).

Na camada 10-20 cm, a rotação de culturas possui maiores valores no último ano 2004 (5,12 cmol_c.dm⁻³) e diferi dos anos 2001, 2002 e 2003, Figura 19. De acordo com estes

resultados este tipo de solo deve merecer atenção de técnicas agronômicas, bem como sobre o procedimento adequado a ser tomado para seu manejo e utilização (MONTESANO, 2009).

A análise da interação de ano sob cada sistema de manejo, no ano 2001, com exceção das camadas 5-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm, ocorreu distinções entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($2,90 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou menores valores distinguindo-se de todos os tratamentos estudados. Já preparo convencional sob rotação de culturas ($4,25 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), monocultura de milho e soja ($4,17$ e $4,25 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente, foram iguais. Maiores valores de (H+Al) ocorre pela maior perda de nutrientes, próximo à superfície, pelo tempo de utilização do uso da terra em sistemas de preparo convencional (MALAVOLTA, 2006)

No ano 2002, com exceção das camadas 20-30 e 30-50 cm, ocorreu distinções entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($3,10 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou valores menores e igual a monocultura de milho ($3,70 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). A monocultura de soja ($4,66 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi igual a rotação de culturas. Na camada 5-10 cm, menores valores de (H+Al) foram encontrados no sistema de plantio direto, superando todos os tratamentos. Estes resultados assemelham-se aos obtidos na camada 10-20 cm. Justifica-se os maiores valores de saturação por alumínio no sistema de preparo convencional sobre o monocultivo, pelos teores de alumínio, maior acidez e lixiviação neste tipo de preparo de solo (MUZILLI, 2007).

No ano de 2003, com exceção das camadas 10-20, 20-30 e 30-50 cm, ocorreu distinções entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($3,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou menores valores distinguindo-se do tratamento sob preparo convencional em rotação de culturas e monocultura de milho e soja ($4,05$; $3,50$ e $4,60 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Estes resultados assemelham-se aos obtidos na camada 5-10 cm, Figura 19.

No último ano agrícola (2004), com exceção da última camada as distinções ocorreram entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($2,80 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou menores valores distinguindo-se do de todos os tratamentos. Logo os tratamentos conduzido sob preparo convencional em rotação de culturas, bem como da monocultura de milho e soja, foram semelhantes. Até a profundidade de 30 cm, os resultados foram semelhantes aos supracitados.

4.2.2.13. Capacidade de troca de cátions efetiva (t)

Ao analisar os valores médios de capacidade de troca de cátions efetiva (t), o sistema de manejo plantio direto ($6,18 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores em relação ao sistema de manejo convencional sob rotação de culturas ($4,93 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), e ao monocultivo de soja ($3,84 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) na primeira camada do solo Figura 20. O que pode caracterizar melhoria da fertilidade química no solo por serem considerados importantes para troca de cátions no solo (LANDERS, 2005). Com estes resultados este tipo de solo deve merecer atenção às técnicas agronômicas quanto o seu manejo (NOVAIS, et al. 2007).

Ao analisar a interação de sistemas de manejo dentro de cada ano, na camada de 0-5 cm, o monocultivo de milho ano 2001 ($4,68 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), e foi igual aos anos 2002 e 2003, e diferiu do ano 2004 ($4,23 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). No sistema de plantio direto, não houve diferenças entre os anos agrícolas. No monocultivo de soja, houve redução nos valores de (t) nos anos 2002, 2003 e 2004. Nas camadas subsuperficiais observa-se maiores valores de (t) no plantio direto ao longo dos anos. Maiores valores de (t) foram encontrados em sistemas de plantio direto por (MALAVOLTA, 2006).

A análise de interação de ano sobre sistemas de manejo, no ano 2001, as distinções entre os tratamentos ocorreram com exceção da camada 30-50 cm, Figura 20. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($5,75 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores e diferiu estatisticamente de todos os tratamentos, estes resultados são semelhantes aos obtidos nas camadas 5-10 e 20-30 cm. Na camada 5-10 cm, o plantio direto ($5,75 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou valores maiores e não distinguiu do tratamento conduzido sobre preparo convencional sob a rotação de culturas ($5,23 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), por outro lado as monoculturas de milho e soja ($4,66$ e $4,55 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente, foram iguais.

No ano 2002, ocorreram distinções entre os tratamentos, com exceção da camada 30-50 cm. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($5,81 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou valores maiores e foi estatisticamente igual ao tratamento conduzidos sob preparo convencional em rotação de culturas ($4,93 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), por outro lado foi superior a monocultura de milho soja ($4,11$ e $4,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Estes resultados são semelhantes aos obtidos nas camadas 5-10 e 10-20 cm. Na camada 20-30, o plantio direto superou todos os tratamentos. Justifica-se os maiores valores de (t) no plantio direto, pela maior cobertura do solo, menores teores de alumínio, menor acidez e lixiviação (MUZILLI, 2007).

No ano de 2003, com exceção da camada 30-50 cm do solo, ocorreu distinção entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($6,18 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou valores maiores

e distinguindo-se de todos os tratamentos, o mesmo foi evidenciado na camada 20-30 cm. Nas camadas 5-10 e 10-20 cm, o plantio direto foi igual a rotação, diferindo apenas dos monocultivos de milho e soja (4,47 e 4,01 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$).

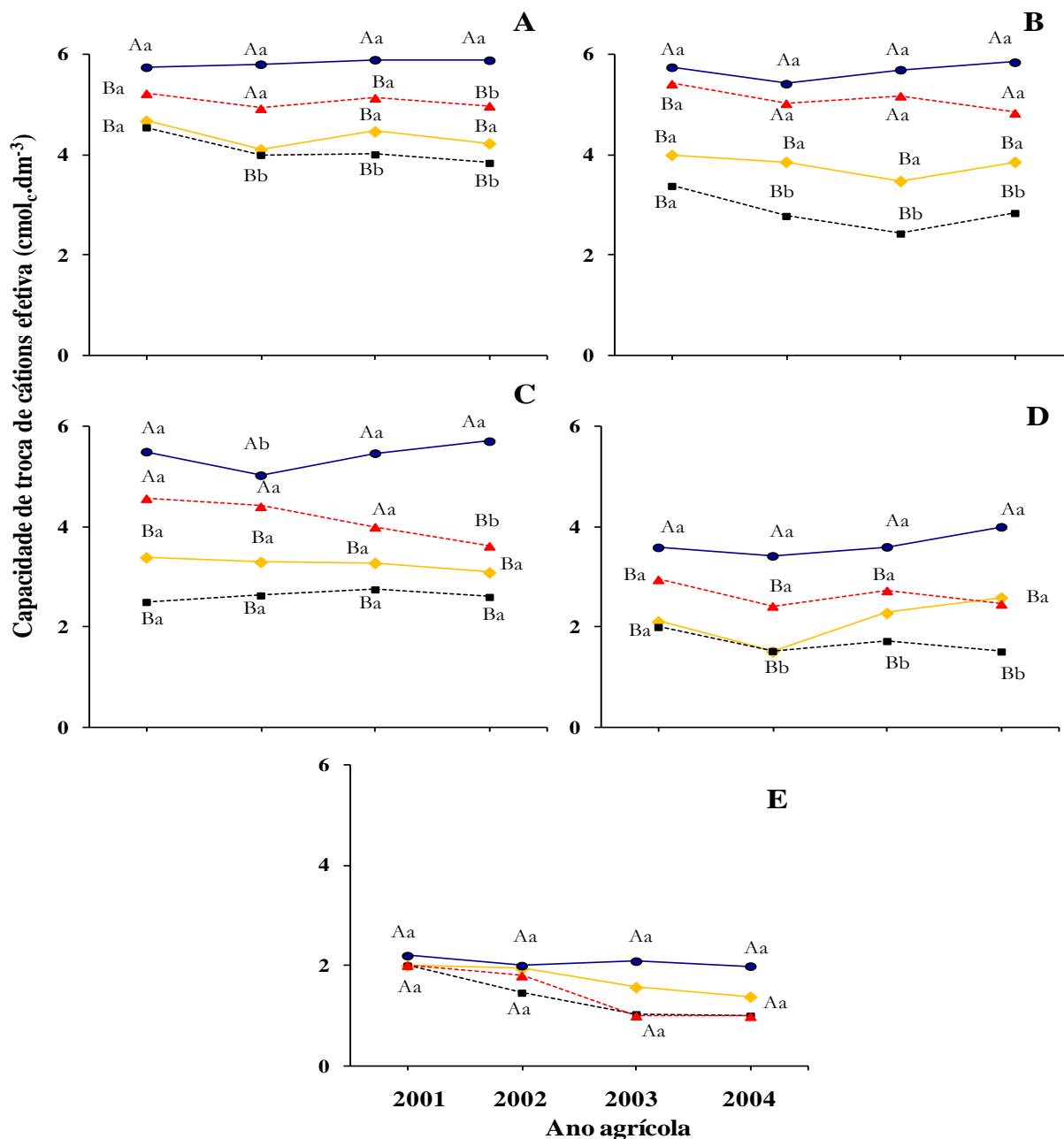


Figura 20: Capacidade e troca de cátions efetiva nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Redenção - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No último ano agrícola (2004) Figura 20, com exceção da camada 30-50 cm do solo, ocorreu distinção entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (6,06 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)

apresentou valores maiores e estatisticamente foi superior a rotação, bem como, as monoculturas de milho soja (4,23 e 3,84 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Resultados semelhantes foram também encontrados nas camadas de 10-20 e 20-30 cm. Na camada 5-10 cm, o plantio direto (5,85 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou valores maiores e distinguindo-se apenas dos monocultivos de milho e soja. Em trabalhos conduzidos no sul do Brasil, bem como em área de cerrado no Estado do Pará, apontam para maiores valores de (t) no plantio direto e diminuição nos valores de (t) no preparo convencional (MARIA, 2003 e FREITAS, 2005).

4.3 ANÁLISES DE ATRIBUTOS DO SOLO ANTES DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS.

A Tabela 5, contém os resultados analíticos do solo antes da instalação do experimento. Deve-se nota o elevado conteúdo de argila (790 a 860 g/kg), o que classifica o solo como de textura muito argilosa. O pH indica baixa acidez (pH 6,4) e o P disponível (7,0 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$) é médio para a maioria das culturas agrícolas. Na camada 0-5 cm, o K= 82 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ encontra-se com teores altos e o Al= 0,20 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, é baixo (BRASIL e CRAVO, 2007). Estes valores da fertilidade química apresentam-se baixos a médios pelos critérios estabelecidos pela pesquisa no país (MALAVOLTA, 2006).

Tabela 5. Análise de atributos do solo antes da instalação do experimento no município de Paragominas.

Prof. (cm)	Granulometria (g/kg de solo)			pH	MO g/kg	P $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$	K	Ca	Ca+Mg $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$	Al
	Areia	Silte	Argila							
0-10	330	270	790	6,4	30,07	7,0	82	6,2	7,3	0,20
10-20	360	240	880	6,0	20,20	5,0	60	2,2	3,1	0,50
20-30	290	270	850	4,2	10,80	1,24	41	1,15	2,7	1,45
30-50	240	260	860	4,2	10,50	1,00	20	0,15	1,5	1,57

pH= Potencial de hidrogeniônico; MO= matéria orgânica no solo; P= fósforo; K= potássio; Ca= Cálcio e Al= Alumínio.

4.4. VARIACÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA (MO) E ATRIBUTOS QUÍMICOS SOB SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS.

4.4.1. Variação da matéria orgânica (MO) sob sistemas de manejo do solo no município de Paragominas.

À variável matéria orgânica no solo, o sistema de preparo convencional conduzido sob monocultivo de soja (25,10 $\text{g}.\text{kg}^{-1}$) apresentou menores valores, os maiores valores de matéria

orgânica foram encontrados no sistema de manejo do solo conduzido sob plantio direto (38,04 g.kg⁻¹) Figura 21. Resultados semelhantes foram encontrados em Latossolo Amarelo textura argilosa em plantio direto (49,00 g.kg⁻¹) por (PEREIRA, et al., 2010). Efeitos pormenorizados da diminuição da matéria orgânica são justificados pela menor produção de húmus em sistemas convencionais de uso agrícola (ESPINDOLA, 2008).

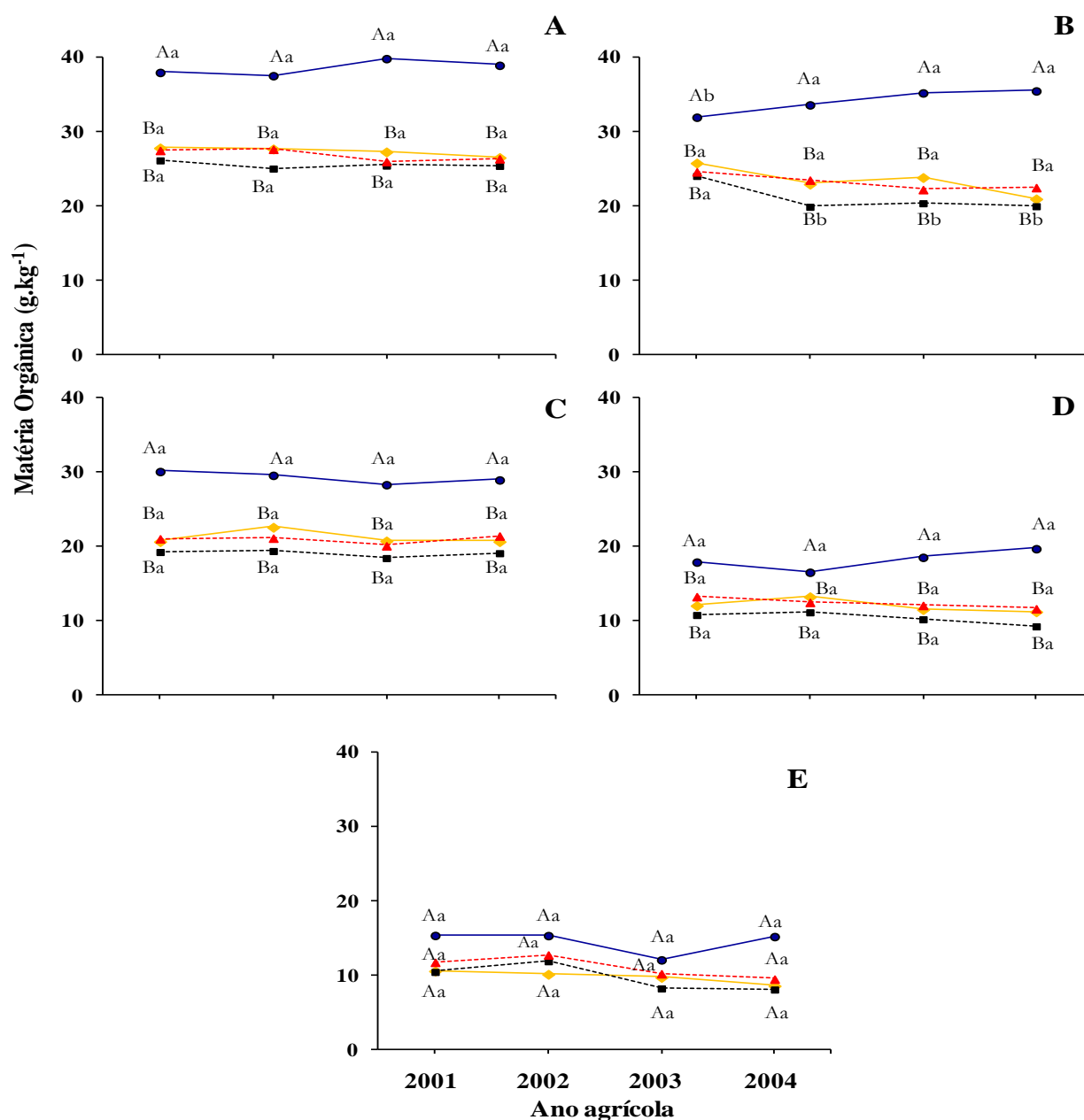


Figura 21: Matéria orgânica nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Esse maior teor de matéria orgânica nas três primeiras camadas superficiais, principalmente, no sistema plantio direto (SPD), está diretamente relacionado com a deposição de resíduos vegetais e animais que a matéria orgânica representa (CARVALHO, 1994), bem como pela natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais (SANCHES, 1981).

Ao analisar a interação de sistemas de manejo dentro de cada ano, observa-se que ocorreram distinções apenas na camada 5-10 cm, Figura 21. Nesta camada, o sistema de manejo do solo sob plantio direto apresentou maiores valores de matéria orgânica no ano 2003 (39,90 g.kg⁻¹), em relação ao ano 2001 (38,04 g.kg⁻¹), porém não diferiu dos anos 2002 e 2004. Na Nicarágua e Colômbia o plantio direto superou o preparo convencional quanto aos valores de matéria orgânica ao longo de dez anos de cultivos de grãos (BAYER & MIELNICZUK, 2008). No Estado de Goiás, foram analisados no plantio convencional (26,8 g.kg⁻¹) e plantio direto (46,5 g.kg⁻¹) submetidos a dois anos de cultivos, (RESCH, et al., 2008).

No monocultivo de milho, bem como na rotação de culturas não houve diferença estatística ao longo dos quatro anos de cultivo. Já no monocultivo de soja houve redução nos teores de matéria orgânica do ano 2001 (24,11 g.kg⁻¹), quando comparado ao anos 2002, 2003 e 2004 (19,95; 20,44 e 2003), respectivamente.

A análise estatística da interação de ano sobre cada sistema de manejo do solo, com exceção da última camada ocorreu diferença estatística. No ano 2001, na camada 0-5 cm do solo, o plantio direto (38,04 g.kg⁻¹) manteve diferença significativa e valores superiores, respectivamente, ao monocultivo de milho e soja (27,87 e 26,20 g.kg⁻¹), bem como ao preparo convencional sob rotação de culturas (27,53 g.kg⁻¹) Figura 21. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados nas camadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm do solo, isto é, o plantio direto apresentou maiores valores, por sua vez, a rotação e os monocultivos foram iguais. A adição de palhada e o acúmulo de matéria orgânica durante os cinco primeiros anos no plantio direto, ocorre não somente pelos resíduos oriundos das plantas de cobertura, mas também, pelo não revolvimento do solo, da alta relação C/N e menor taxa de decomposição dos resíduos provenientes de culturas comerciais (OLIVEIRA et al., 2002 e CASSOL et al., 2007).

Quanto aos teores de matéria orgânica, com relação às profundidades observa-se uma tendência de valores maiores nos tratamentos em plantio direto, quando comparados ao

monocultivo, nas camadas mais superficiais, e a inversão dessa tendência nas camadas mais profundas, justifica-se em função da distribuição dos restos vegetais com o preparo do solo, o que não ocorre no sistema plantio direto. Em trabalho semelhante, maiores valores de matéria orgânica foram encontrados na Nicarágua e Colômbia por (VELASQUEZ et al.; 2007).

Segundo D' Andréa et al., (2004), em trabalhos desenvolvidos em Latossolo Amarelo, revelaram resultados semelhantes aos deste estudo, com redução dos teores de matéria orgânica em profundidade e falta de significância na comparação de sistemas de manejo, principalmente em superfície. Resultados reportados por (FREITAS et al. 2000 e FREIXO et al. 2002), também estão de acordo com os deste estudo.

No ano 2002, com exceção da camada 30-50 cm, Figura 21, houve distinção entre os sistemas de manejo, exclusivamente nas camadas intermediárias (0-5, 5-10, 10-20, e 20-30cm). O plantio direto ($37,60 \text{ g.kg}^{-1}$) na primeira camada distinguiu estatisticamente do preparo convencional sob rotação, monocultivo de milho e soja, respectivamente ($27,69$; $27,74$ e $25,10 \text{ g.kg}^{-1}$). Resultados semelhantes de acúmulo de matéria orgânica em sistemas de manejo do solo, mais precisamente em plantio direto ($53,00 \text{ g.kg}^{-1}$) e preparo convencional, ($47,06 \text{ g.kg}^{-1}$) em unidades de observação, valores elevados foram devido ao incremento de rotação de culturas comerciais como a soja, milho e arroz, proporcionando bons resultados de produtividade e rentabilidade econômica (MUZILLI, 2002).

Na camada de 5-10 cm, o plantio direto ($33,67 \text{ g.kg}^{-1}$) foi superior e distinguindo-se estatisticamente aos demais tratamentos, por outro lado o preparo do solo sob rotação de culturas ($23,54 \text{ g.kg}^{-1}$) foi semelhante estatisticamente a monocultura de milho e soja ($23,00$ e $19,95 \text{ g.kg}^{-1}$), respectivamente. Resultados de análise de um Latossolo Amarelo Distrófico muito argiloso na Amazônia, constaram aumento de 10% para 15%, nos teores de matéria orgânica durante dois anos de cultivo agrícola sob a cultura do milho em sistemas de plantio direto, quando compararam com o convencional. A justificativa foi averiguada por dois aspectos, o primeiro foi para o aumento no estoque de carbono total e outro para aumento da proporção do carbono oriundo de plantas cultivadas em relação ao carbono de plantas remanescentes (CERRI, et al., (2008).

Na camada 10-20 cm, o plantio direto ($29,61 \text{ g.kg}^{-1}$) foi superior e distinguindo-se estatisticamente dos demais tratamentos, por outro lado o preparo do solo sob rotação de culturas ($21,15 \text{ g.kg}^{-1}$) foi igual a rotação e as monoculturas. Por fim, na profundidade de 20-30 cm do solo, o plantio direto manteve maiores valores e distinguindo-se estatisticamente dos

demais tratamentos. Este fenômeno é justificado pela própria modelagem que o plantio direto representa no mundo, quanto seus princípios de implantação e condução, com ausência de revolvimento, a rotação de culturas e principalmente a formação da cobertura do solo pela formação de palhada com a utilização do milheto (MUZILLI, 2006).

No ano 2003, com exceção da camada 30-50 cm, foram observadas distinções entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm do solo, o plantio direto ($39,90 \text{ g.kg}^{-1}$) manteve diferença significativa e valores superiores ao monocultivo de milho e soja, respectivamente ($27,34$ e $25,10 \text{ g.kg}^{-1}$), bem como a rotação de culturas ($26,04 \text{ g.kg}^{-1}$), estes valores também foram expressos nas camadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm. No plantio direto, a partir do quarto ano agrícola, já é possível ocorrerem melhoras da fertilidade química significativas em relação ao preparo convencional, principalmente, para os teores de matéria orgânica ao longo do tempo de cultivo e da produção agrícola em diversas partes do mundo (KARLEN, et al., 2004; SILVA & MENDONÇA, 2007).

No último ano estudado (2004), com exceção da última camada, ocorreu distinções entre os sistemas de manejo. Na camada de 0-5 cm do solo, o plantio direto (39 g.kg^{-1}) manteve diferença significativa e valores superiores ao monocultivo de milho e soja, respectivamente ($26,58$ e $25,41 \text{ g.kg}^{-1}$), bem como sistema de prepera sob rotação de culturas com valores na ordem de ($26,41 \text{ g.kg}^{-1}$). Nas camadas do solo subsuperficiais o plantio direto manteve diferença significativa e valores superiores aos demais tratamentos. Resultados semelhantes de matéria orgânica ($22,41 \text{ g.kg}^{-1}$) submetida ao preparo convencional em três tipos de solo, durante seis anos, no noroeste do Estado da Bahia, foram obtidos por (SILVEIRA e STONE, 2001).

A sustentabilidade de um sistema agrícola dificilmente poderá ser acessada pelo acompanhamento, no tempo, de uma única propriedade. Porém o teor de matéria orgânica é provavelmente, a propriedade do solo que melhor representa a qualidade no solo, embora seja alterado pelas práticas de manejo do solo, o seu declínio ao longo do tempo, estará indicando algum erro no sistema de manejo adotado (MILNICZUK, J. 2008).

4.4.2. Variação de atributos químicos sob sistemas de manejo do solo no município de Paragominas.

4.4.2.1. Nitrogênio (N)

À variável nitrogênio no solo, o sistema de manejo conduzido sob o plantio direto apresentou maiores valores ($0,26 \text{ g.kg}^{-1}$), os menores valores foram assinalados no monocultivo de milho e soja, respectivamente ($0,18$ e $0,15 \text{ g.kg}^{-1}$) Figura 22.

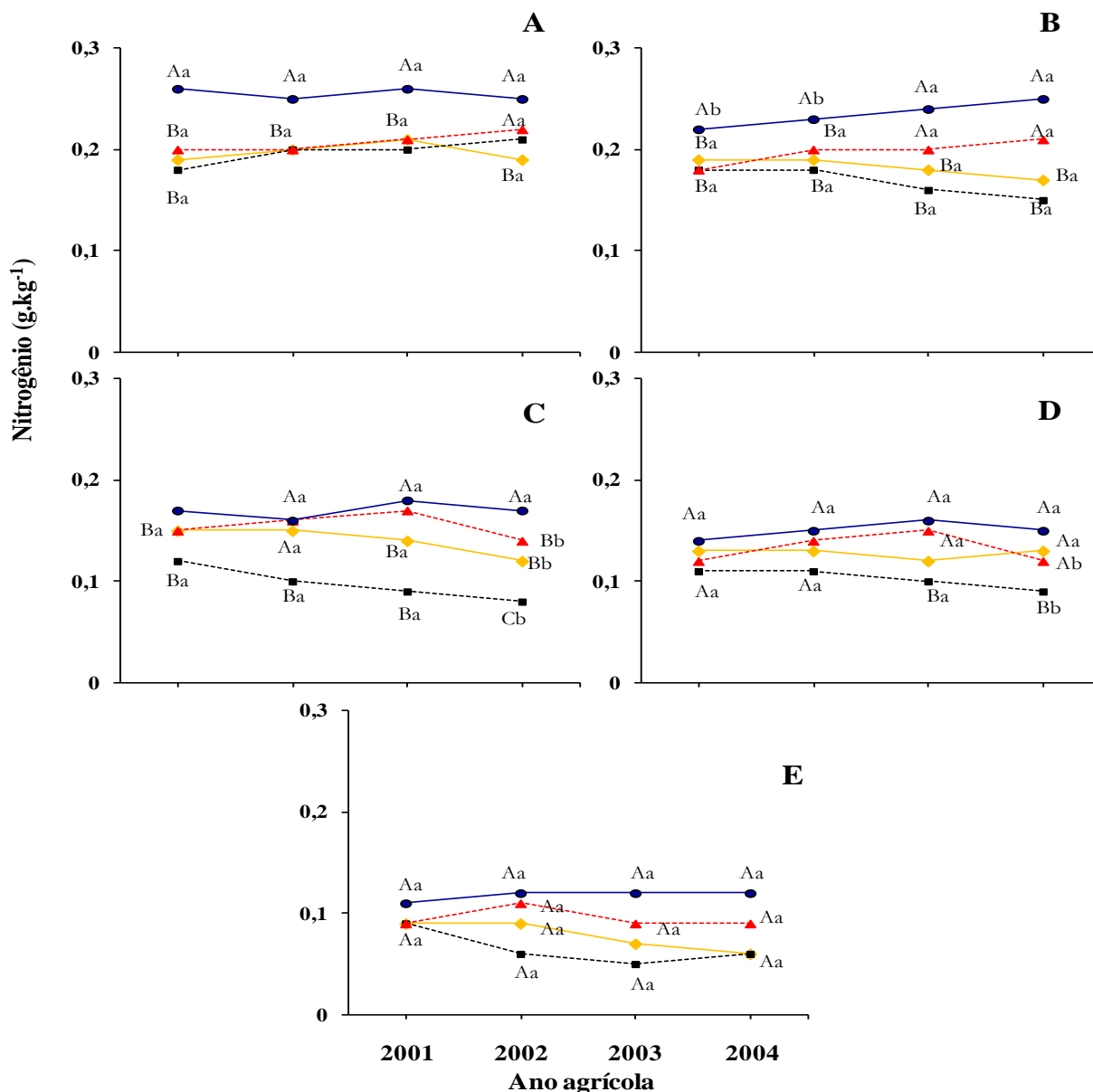


Figura 22: Nitrogênio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Menor teor de nitrogênio no solo está associado à maior mobilização do mesmo, portanto maior lixiviação deste nutriente, à semelhança do observado por (HURTADO, et al., 2009)

Ao analisar a interação de sistemas de manejo dentro de cada ano, pode-se observar que com exceção das camadas 0-5 e 30-50 cm, houve diferença estatística entre os

tratamentos. Na camada 5-10 cm, o plantio direto apresentou os maiores valores, nos anos 2003 e 2004 (0,24 e 0,25 g.kg⁻¹) respectivamente, distinguindo-se dos primeiros anos 2001 ao ano 2002, (0,22 e 0,23 g.kg⁻¹). Na camada de 10-20 cm, o monocultivo de soja teve redução dos valores de N, do ano 2001 (0,12 g.kg⁻¹) para o último ano 2004 (0,08 g.kg⁻¹), distinguindo-se entre si, Figura 22. Na camada 20-30 cm, os monocultivos de milho e soja tiveram redução dos teores de N, do ano 2001 para o último ano 2004.

A análise estatística do desdobramento de ano sobre cada sistema de manejo do solo, observa-se que com exceção da última camada houve diferença entre os tratamentos. No ano 2001, camada de 0-5 cm do solo, o plantio direto (0,26 g.kg⁻¹) manteve diferença significativa e valores superiores a todos os sistemas estudados. Já o monocultivo de milho e soja (0,19 e 0,18 g.kg⁻¹), respectivamente, bem como a rotação de culturas (0,20 g.kg⁻¹) foram iguais. Na camada de 5-10 cm, o plantio direto (0,22 g.kg⁻¹) foi superior distinguindo-se estatisticamente aos demais tratamentos, por outro lado a o preparo convencional sob rotação de culturas (0,18 g.kg⁻¹) foi semelhante estatisticamente as monoculturas de milho e soja, respectivamente (0,19 e 0,18 g.kg⁻¹), estes resultados foram semelhantes aos encontrados na camada 10-20 cm do solo, isto é, o plantio direto apresentou maiores valores médios e por sua vez diferiu estatisticamente pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

Para o ano agrícola de 2002, com exceção das camadas 20-30 e 30-50 cm, as distinções entre os sistemas de manejo foram assinaladas. Na camada de 0-5 cm do solo, o plantio direto (0,25 g.kg⁻¹) manteve diferença significativa e valores superiores a todos os sistemas estudados. Na camada de 5-10 cm, o plantio direto (0,23 g.kg⁻¹) foi superior distinguindo-se estatisticamente aos demais tratamentos, por outro lado a o preparo convencional sob rotação de culturas (0,20 g.kg⁻¹) foi semelhante estatisticamente as monoculturas de milho e soja, respectivamente (0,19 e 0,18 g.kg⁻¹). Na camada de 10-20 cm, os menores valores foram assinalados no monocultivo de soja (0,10 g.kg⁻¹), por outro lado o plantio direto, a rotação de culturas e monocultivo de milho (0,16; 0,16 e 0,15 g.kg⁻¹), respectivamente, foram estatisticamente semelhantes, Figura 22.

No ano agrícola 2003, camada de 0-5 cm, o plantio direto (0,26 g.kg⁻¹) foi superior estatisticamente a todos os tratamentos, por outro lado a o preparo convencional sob rotação de culturas (0,21 g.kg⁻¹) foi semelhante estatisticamente as monoculturas de milho (0,21 g.kg⁻¹) e menores valores foram obtidos no monocultivo de soja (0,15 g.kg⁻¹). Na camada de 5-10 cm, o plantio direto e foi estatisticamente semelhante ao preparo convencional sob rotação de

culturas ($0,20 \text{ g.kg}^{-1}$), por outro lado diferiram das monoculturas de milho e soja, respectivamente ($0,18$ e $0,16 \text{ g.kg}^{-1}$), estes resultados foram semelhantes aos encontrados na camada 20-30 cm do solo.

No ano 2004, na camada de 0-5 cm, os menores valores foram assinalados no monocultivo de milho ($0,19 \text{ g.kg}^{-1}$), por outro lado o planto direto, a rotação de culturas e monocultivo de soja ($0,25$; $0,22$ e $0,21 \text{ g.kg}^{-1}$), respectivamente, foram estatisticamente semelhantes, Figura 22. Na camada de 5-10 cm, o planto direto e foi estatisticamente semelhante ao preparo convencional sob rotação de culturas, por outro lado diferiram das monoculturas de milho e soja, respectivamente ($0,17$ e $0,15 \text{ g.kg}^{-1}$). Na camada de 10-20 cm, o planto direto ($0,17 \text{ g.kg}^{-1}$) foi superior estatisticamente a todos os tratamentos, por outro lado a o preparo convencional sob rotação de culturas ($0,14 \text{ g.kg}^{-1}$) foi semelhante estatisticamente as monoculturas de milho ($0,12 \text{ g.kg}^{-1}$) e menores valores foram obtidos no monocultivo de soja ($0,08 \text{ g.kg}^{-1}$). Estes resultado foram semelhantes aos encontrados na camada 20-30 cm do solo.

Em análise global, os maiores valores médios de nitrogênio são expressos na primeira camada de solo, no sistema de plantio direto, pelos maiores teores de matéria orgânica que são adicionados neste sistema de manejo do solo (MUZILLI, 2007).

4.2.2.2. Fósforo disponível (P_2O_5).

Com relação ao fósforo disponível no solo, o tratamento conduzido sobre o monocultivo de soja apresentou menores valores ($3,50 \text{ mg.dm}^{-3}$) e maiores valores foram encontrados no plantio direto ($10,50 \text{ mg.dm}^{-3}$) Figura 23. No plantio direto, maiores teores de fósforo superficiais podem ser explicados pelos maiores teores de matéria orgânica, mas também pela ausência de revolvimento quando do preparo de área para os cultivos agrícolas (CARRETTA, et al., 2010).

Ao analisar as interações de sistemas de manejo dentro de cada ano, podemos averiguar que houve diferença estatística entre os tratamentos, com exceção das camadas 0-5 e 30-50 cm. Na camada de 5-10 cm, o plantio direto teve teores de P aumentados ao longo do tempo de cultivo, o podemos também observar resultados semelhantes nas camadas 10-20 e 20-30 cm Figura 23.

Os valores encontrados no plantio direto e plantio convencional sob rotação milho e soja nesta camada são considerados de disponibilidade média, enquanto que nos monocultivos de milho e soja são considerados como baixos (BRASIL e CRAVO, 2007).

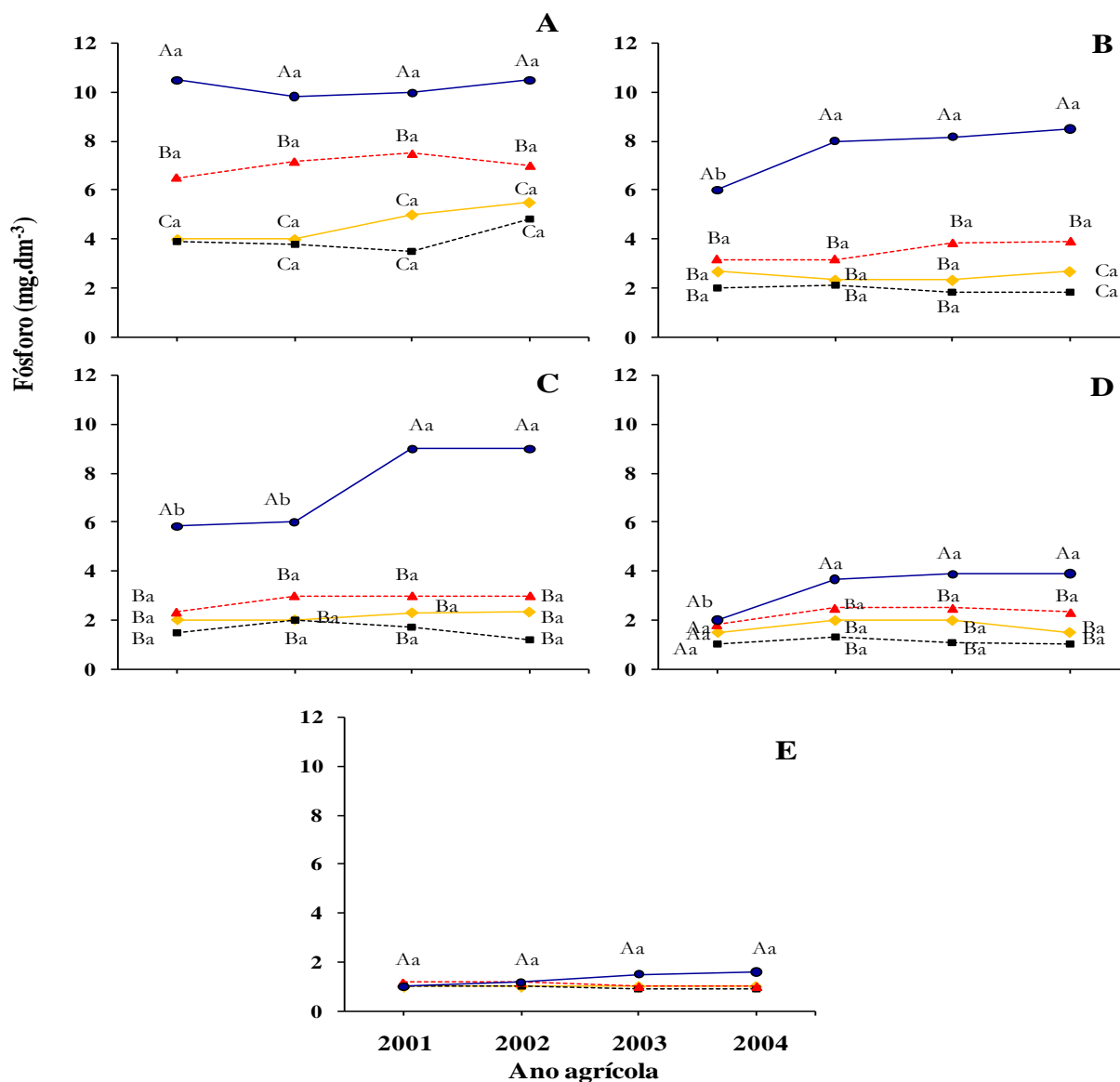


Figura 23: Fósforo nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milheto/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A análise estatística do desdobramento de ano sobre cada sistema de manejo do solo, no ano 2001, com exceção da camada 30-50 cm, ocorreu distinções entre os sistemas de manejo, Figura 23. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto (10,50 mg.dm⁻³) manteve diferença significativa e valores superiores ao sistema de preparo convencional sob rotação de culturas

(6,50 mg.dm⁻³) e ao monocultivo de milho e soja (4,00 e 3,90 mg.dm⁻³), estes dois últimos foram iguais. Na camada de 5-10 cm, o plantio direto (6,00 mg.dm⁻³) manteve diferença significativa e valores superiores a todos os tratamentos. Não houve diferença entre o preparo convencional sob rotação de culturas (3,17 mg.dm⁻³) e os monocultivos de milho e soja (2,67 e 2,00 mg.dm⁻³), estes resultados assemelham-se ao encontrados na camada de 10-20 cm do solo. Os valores encontrados no plantio direto são considerados de disponibilidade média no solo e para produtividade de até 6,0 t.ha⁻¹ para as culturas de milho e soja (CRAVO, et al., 2007).

No segundo ano (2002), as distinções entre os sistemas de manejo foram assinaladas com exceção da última camada. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto (9,83 mg.dm⁻³) apresentou diferença significativa com valores superiores ao sistema de preparo convencional sob rotação de culturas (7,17 mg.dm⁻³), bem como ao monocultivo de milho e soja (4,00 e 3,80 mg.dm⁻³), respectivamente, os dois últimos sistemas foram iguais. Na camada de 5-10 cm, o plantio direto (8,00 mg.dm⁻³) manteve diferença significativa e valores superiores a todos os tratamentos. Não houve diferença entre o preparo convencional sob rotação de culturas (3,17 mg.dm⁻³) e os monocultivos de milho e soja (2,33 e 2,10 mg.dm⁻³), estes resultados assemelham-se ao encontrados na camada de 10-20 e 20-30 cm do solo.

Em Latossolo amarelo, os ácidos orgânicos provenientes da mineralização da matéria orgânica foram complexos e, ou quelatos com íons F⁺³ e Al⁺³, impedindo-os de reagir com o H²PO⁴⁻, aumentando, assim a concentração de P na solução do solo em sistema de plantio direto (GOEDERT & OLIVEIRA, 2007). Segundo Haas (1999), o fósforo é praticamente imóvel no solo, e com o não revolvimento da camada superficial no SPD, leva a uma acumulação de P, próximo à superfície, e esta concentração é maior à medida que aumenta o tempo de utilização do SPD.

No terceiro ano (2003), as distinções entre os sistemas de manejo foram assinaladas com exceção da camada 30-50 cm. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto (9,98 mg.dm⁻³) apresentou diferença significativa com valores superiores ao sistema de preparo convencional sob rotação de culturas (7,50 mg.dm⁻³), bem como ao monocultivo de milho e soja (5,00 e 3,50 mg.dm⁻³), respectivamente. O plantio direto manteve com valores maiores também nos resultados até a camada até 30 cm do solo. Em experimento conduzido com milho em Latossolo nos cerrados com 450 g.kg⁻¹ de argila os teores de P (5,00 mg.dm⁻³) decresceram durante o tempo de cultivo (NOVAIS, et al. 2007).

Por fim, no quarto ano (2004), Figura 23, as distinções entre os sistemas de manejo do solo, foram assinaladas com exceção da camada 30-50 cm. Nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, plantio direto apresentou maiores valores médios e diferiu estatisticamente de todos os tratamentos, menores valores foram assinalados na monocultura de soja, porém não diferiu do monocultivo do milho. Nas camadas de 10-20 cm, o plantio direto diferiu de todos os sistemas. Resultados semelhantes foram obtidos, com valores na ordem de (3,20 mg.dm⁻³ e 5,00 mg.dm⁻³), respectivamente, para sistemas de preparo em monocultivo e plantio direto (PEREZ et al., 2004).

O menor revolvimento do solo quando se empregam estes sistemas de manejo, modifica a distribuição do fósforo nas maiores profundidades. Convém salientar, que com o não revolvimento do solo no SPD a partir do primeiro ano, na camada de 0-5 cm, ocorreram os maiores conteúdos de fósforo disponíveis para as plantas, concordando com os resultados encontrados por (SILVEIRA e STONE, 2001).

De modo geral, os resultados mostram que há uma tendência de maiores valores de fósforo sob sistema de manejo plantio direto, isto é, principalmente, nas primeiras profundidades, o que pode estar relacionado, com o uso do milheto como palhada de cobertura do solo, o que não ocorreu no sistema de preparo convencional. Justifica-se pela liberação do fósforo dar-se em maior quantidades nas primeiras camadas do solo devido ao acúmulo de resíduos vegetais de cultivos anteriores, proporcionado pelo maior aporte de palhada no plantio direto, o que vai depender da quantidade de nutrientes acumulados pelas plantas de cobertura (GIACOMINI et al., 2003).

4.4.2.3. Potássio disponível (K⁺)

Com relação ao potássio disponível no solo, o plantio direto (90,00 mg.dm⁻³) apresentou maiores valores em relação a monocultura de soja (30,00 mg.dm⁻³) Figura 24. Teores de potássio disponível nas primeiras camadas do solo no sistema plantio direto, quando comparado com o plantio convencional, está diretamente relacionado com os teores de matéria orgânica encontrados durante o tempo de cultivo agrícola (DERPSCH et al.; 1991; ERNANI et. al., 2007).

Ao analisar as interações de sistemas de manejo dentro de cada ano, podemos averiguar que houve diferença estatística entre os tratamentos, com exceção das camadas 10-0 e 30-50 cm. Na camada 0-5 cm, a monocultura de milho os maiores valores foram

encontrados no ano 2001, e teve os teores de K reduzidos nos três últimos anos. No sistema de plantio direto, ocorreu aumento de K do primeiro ano agrícola para o último ano.

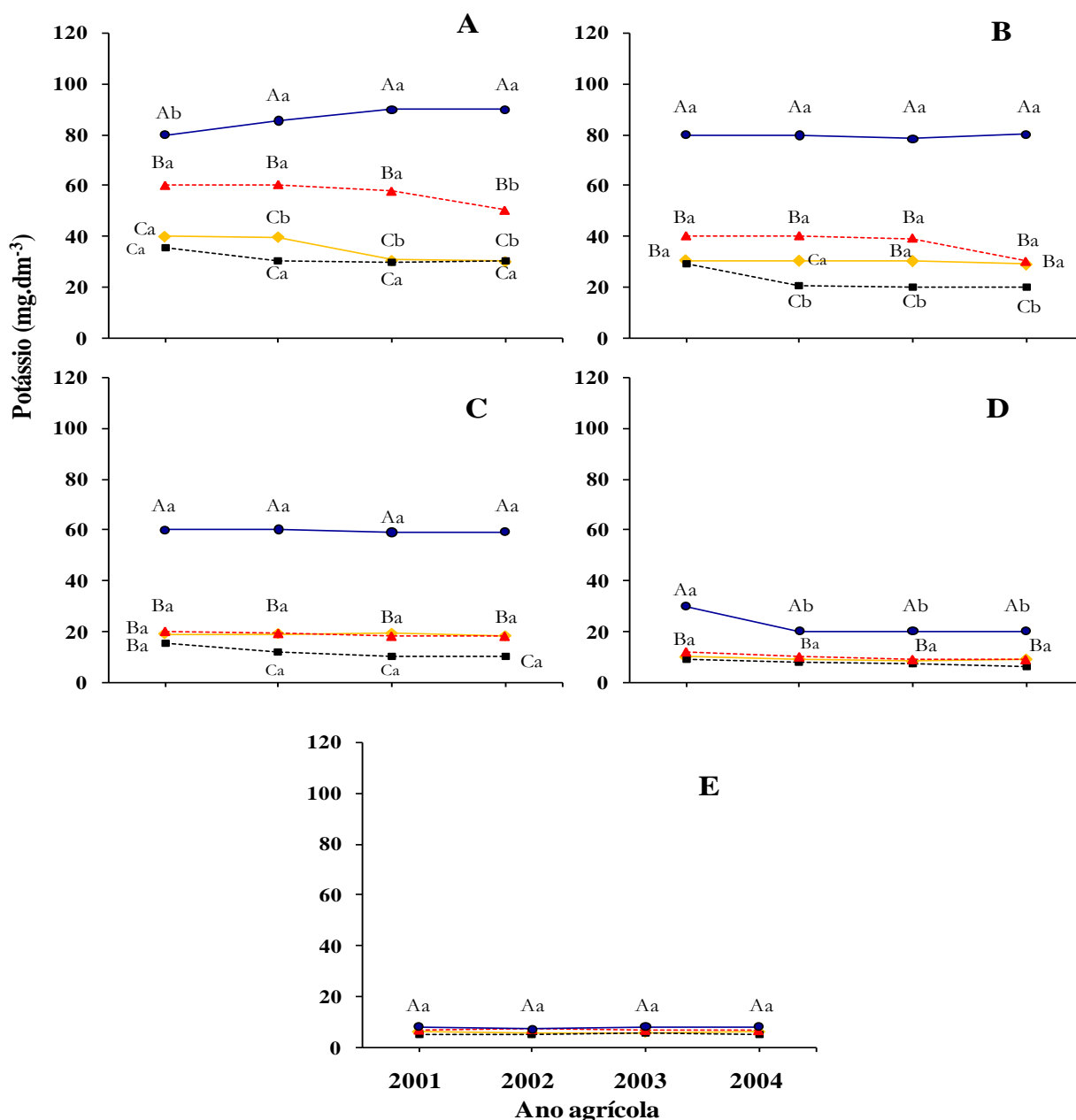


Figura 24: Potássio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A análise estatística do desdobramento de ano sobre cada sistema de manejo do solo, no ano 2001, com exceção da camada 30-50 cm, ocorreram distinções entre os sistemas de manejo, na camada 0-5 cm o plantio direto (80,00 mg.dm⁻³) apresentou diferença significativa com valores superiores ao sistema de preparo convencional sob rotação de culturas (40,50 e

35,50 mg.dm⁻³), bem como ao monocultivo de milho e soja (0,32 e 0,25 cmol_c.dm⁻³), respectivamente, Figura 24. Os valores encontrados no plantio direto e plantio convencional sob rotação milho e soja na primeira camada são considerados de disponibilidade alta, enquanto que nos monocultivos de milho e soja são considerados como baixos (BRASIL e CRAVO, 2007).

No segundo ano (2002), com exceção da camada 30-50 cm, foram assinaladas distinções entre os sistemas de manejo. Nesta camada 0-5 cm, o plantio direto (85,56 mg.dm⁻³) apresentou diferença significativa com valores superiores ao sistema de preparo convencional sob rotação de culturas (60,33 cmol_c.dm⁻³), bem como ao monocultivo de milho e soja (39,80 e 30,25 cmol_c.dm⁻³). Estes resultados são equivalentes aos da camada 5-10 cm. Na camada 10-20 cm, o plantio deireto foi superior a todos os sistemas, o sistema de preparo sob rotação milho e soja não diferiram entre si, por outro lado os menores valores foram encontrados no monocultivo de soja. O manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto depende do que ocorre nos primeiros 10 cm do mesmo, proporcionando assim um sistema de plantio sustentável, pois, melhora a fertilidade do solo, podendo ser entendido como agricultura restauradora de solos degradados (WIETHÖLTER, 2001).

No terceiro ano (2003), com exceção da camada 30-50 cm, foram assinaladas distinções entre os sistemas de manejo. Nesta camada 0-5 cm, o plantio direto (90,00 mg.dm⁻³) apresentou diferença significativa com valores superiores ao sistema de preparo convencional sob rotação de culturas (57,71 cmol_c.dm⁻³), bem como ao monocultivo de milho e soja (30,62 e 30,00 cmol_c.dm⁻³). Na camada 5-10 cm, o plantio deireto foi superior a todos os sistemas, o sistema de preparo sob rotação milho e soja não diferiram entre si, por outro lado os menores valores foram encontrados no monocultivo de soja. Estes resultados são semelhantes aos da camada 10-20 cm Figura 24.

No quarto ano agrícola (2004), com exceção da camada 30-50 cm, foram assinaladas distinções entre os sistemas de manejo. Nesta camada 0-5 cm, o plantio direto (90,00 mg.dm⁻³) apresentou diferença significativa com valores superiores ao sistema de preparo convencional sob rotação de culturas (50,25 cmol_c.dm⁻³), bem como ao monocultivo de milho e soja (30,20 e 30,29 cmol_c.dm⁻³). Na camada 5-10 cm, o plantio deireto foi superior a todos os sistemas, o sistema de preparo sob rotação milho e soja não diferiram entre si, por outro lado os menores valores foram encontrados no monocultivo de soja. Estes resultados são semelhantes aos da camada 10-20 e 20-30 cm Figura 28. Maiores teores de K, foram obtidos

pela permanência da palhada, na semeadura direta e ausência de revolvimento do solo (FALLEIRO et al., 2003).

4.4.2.4. Cálcio trocável (Ca^{+2})

Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($6,25 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores teores de Ca nas duas primeiras camadas do solo em relação a monocultura de soja ($2,57 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Estes resultados estão de acordo com os maiores teores de cálcio nas primeiras camadas do solo pesquisados por (LOPES, et al.; 2007).

Ao analisar a interação de sistemas de manejo dentro de cada ano agrícola, observa-se que ocorreu diferença estatística com exceção da camada 30-50 cm. De acordo com análise estatística na camada 0-5 cm, o monocultivo de milho aumentou no ano 2003 ($4,83 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi semelhante aos teores de cálcio em 2001 ($4,60 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), os menores valores no segundo ($3,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e último 2004 ($3,63 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Resultados de menores teores de cálcio no solo em preparo convencional, também foram obtidos por (MARIA, 2003). No sistema de plantio direto na camada 0-5 cm, os maiores valores encontram-se no ano 2003 ($6,25 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) assemelha-se aos teores de cálcio do segundo 2002 ($5,23 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e ao ano 2002 ($5,02 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) Figura 25.

A análise do desdobramento de ano dentro de cada sistema de manejo do solo mostrou que ocorreu distinção entre sistemas de manejo do solo Figura 25.

No ano de 2001, com exceção das camadas 0-5 e 30-50 cm, ocorreu distinção entre os tratamentos. Na camada 5-10 cm, o plantio direto ($4,68 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) manteve diferença significativa a rotação ($4,12 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e os monocultivos de milho e soja ($3,97$ e $3,07 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Este comportamento também ocorreu na camada 20-30 cm. Porém na camada 10-20 cm, o plantio direto foi igual a todos os tratamentos.

No segundo ano (2002), com exceção das camadas 30-50 cm, foram assinaladas distinções entre os sistemas de manejo. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($5,23 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou diferença significativa em relação ao sistema de preparo convencional sob rotação de culturas ($3,73 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e ao monocultivo de milho e soja, respectivamente ($3,50$ e $4,07 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Estes resultados assemelham-se aos encontrados até camada de 30 cm do solo, Figura 25.

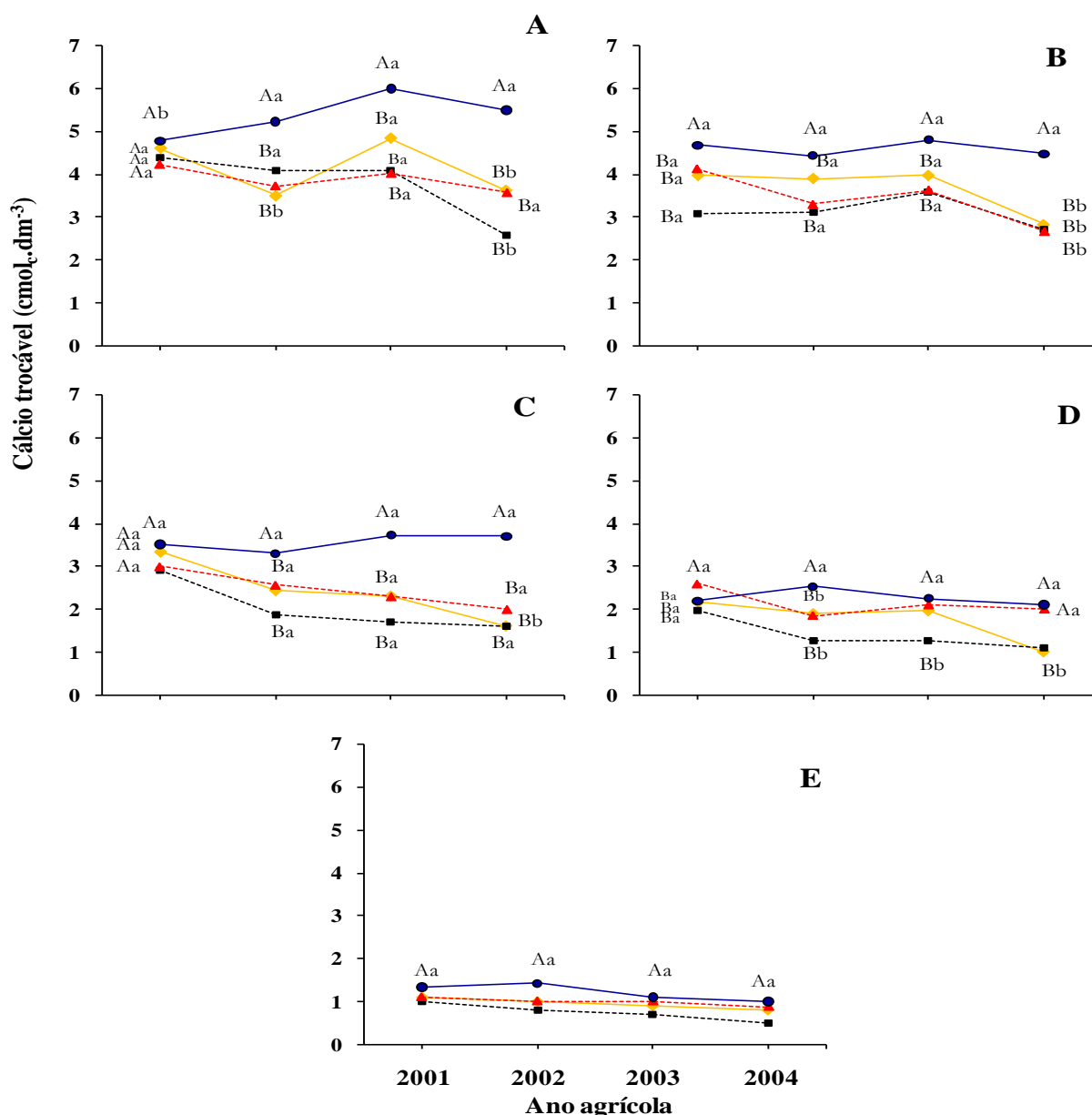


Figura 25: Cálcio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milheto/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No terceiro ano (2003), com exceção da camada 30-50 cm do solo, foram assinaladas distinções entre os sistemas de manejo. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($6,25 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi superior a todos os sistemas. O monocultivo de milho e soja ($4,83$ e $4,07 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), não diferenciou do sistema de preparo convencional sob rotação de culturas, ($4,2 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), estes resultados assemelham-se aqueles encontrados nas camadas subsuperficiais.

Por fim, no quarto ano (2004), as distinções entre os sistemas de manejo do solo, foram assinaladas com exceção da camada 30-50 cm. Na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($5,02 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores teores e diferiu estatisticamente do sistema de preparo convencional sob rotação de culturas ($3,57 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e monocultivo de milho ($3,63 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e monocultura de soja ($2,57 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Estes resultados assemelham-se com os apresentados nas camadas de 5-10 e 10-20 cm. Na camada 20-30 cm, o plantio direto foi igual a rotação, porém diferiu dos monocultivos de milho e soja. Estes maiores valores no plantio direto é justificadas pelo não revolvimento do solo e menor lixiviação de nutrientes (DIAS, et al.; 2007).

A maioria dos trabalhos no mundo sobre estudos pertinentes ao cálcio nas primeiras camadas do solo enfatizam maiores valores deste nutriente em sistemas de manejo do solo que aportem pela permanente cobertura do solo e diferem significativamente de monocultivos (GIACOMINI et al., 2004).

4.2.2.5. Magnésio trocável (Mg^{+2})

Os teores de magnésio trocável no solo, o plantio direto ($1,92 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores quando comparado ao sistema de preparo convencional sob rotação de culturas ($0,82 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e a monocultura de milho e soja ($0,83$ e $0,93 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente, Figura 26.

A análise da interação de sistemas de manejo dentro de cada ano agrícola, pode-se observar que ocorreu diferença estatística até a camada 10 cm, Figura 26. Na camada 0-5 cm, o monocultivo de milho no ano 2001 ($0,97 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) aumentou os teores no segundo 2002 ($1,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), terceiro 2003 ($1,40 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e diminui no último 2004 ($0,83 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) Figura 30. Justifica-se a redução nos teores deste nutriente pela sua mobilização no solo, principalmente em solos mal manejados indicando tendência para a lixiviação do mesmo. Resultados de menores teores de magnésio no solo em preparo convencional, também foram obtidos na camada superior ao longo de 2 anos agrícolas por (MARIA, 2003).

No sistema de plantio direto na camada 0-5 cm, no ano 2001 ($1,25 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) aumentou no segundo 2002 ($1,62 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e terceiro ano 2003 ($1,92 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) ao passo que no último ano 2004 ($0,16 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), foi igual ao ano 2001, podemos observar os teores de magnésio no solo no plantio direto são maiores em relação ao sistema de preparo convencional ao longo dos anos.

A análise do desdobramento de ano dentro de cada sistema de manejo do solo confirma que ocorreu distinção entre sistemas de manejo do solo Figura 26.

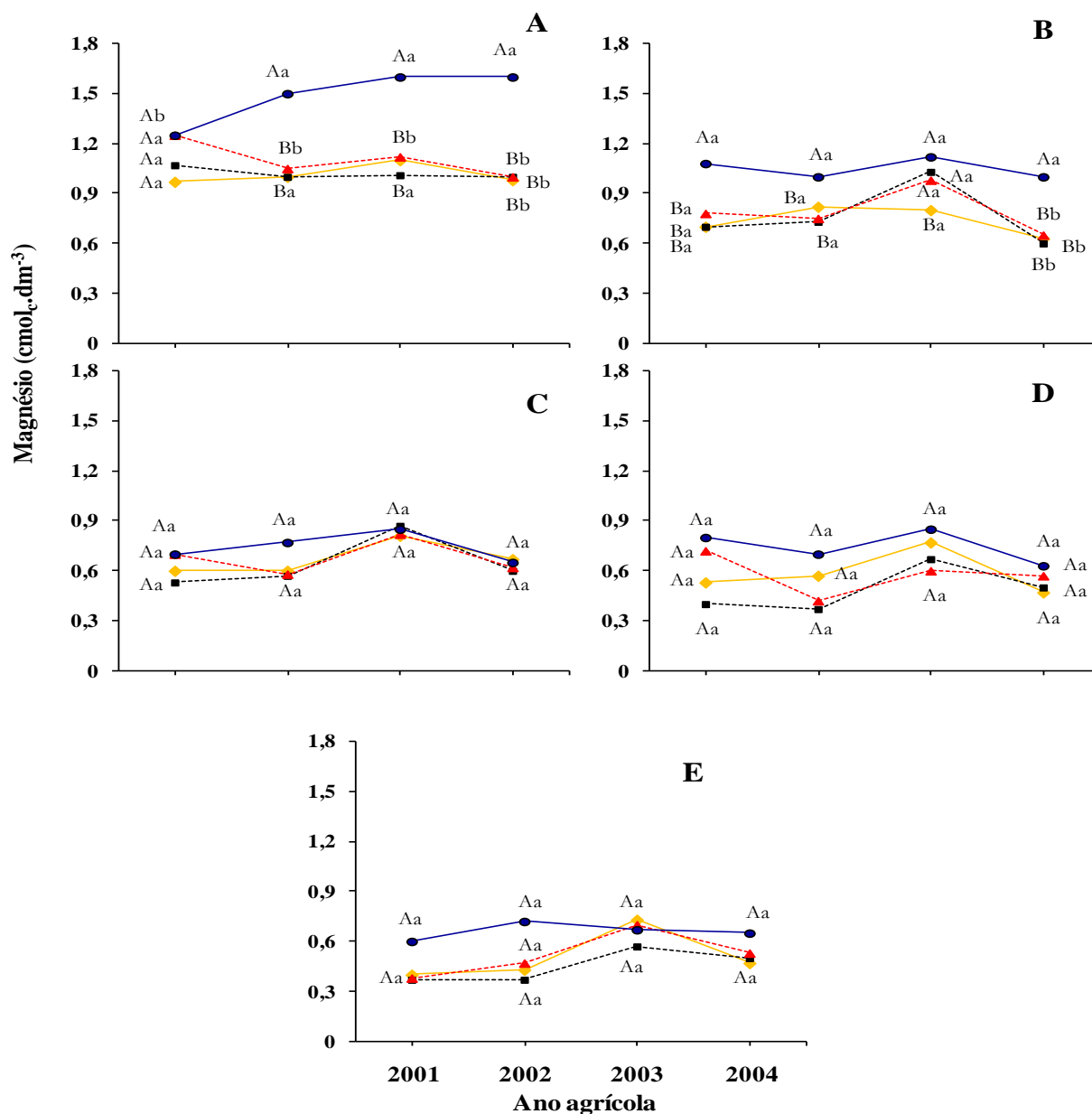


Figura 26: Magnésio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milheto/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No ano de 2001, somente ocorreu diferença estatística na camada 5-10 cm. Nesta camada o plantio direto (1,08 cmol_c.dm⁻³) foi superior ao preparo convencional sob a monocultura de milho e soja (0,7 e 0,7 cmol_c.dm⁻³), respectivamente. Os resultados obtidos no sistema plantio direto são considerados médios quanto a disponibilidade deste nutriente no solo (BRASIL e CRAVO, 2007).

No ano 2002, ocorreu distinção entre sistemas de manejo do solo somente nas camadas 0-5 e 5-10 cm. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($1,62 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi superior estatisticamente a todos os tratamentos. O tratamento conduzido sob preparo convencional sob a rotação de milho e soja ($0,92 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e os monocultivos foram iguais. Resultados semelhantes foram obtidos na camada de 5-10 cm, Figura 26.

No ano de 2003, ocorreu distinção entre sistemas de manejo do solo somente nas camadas 0-5 e 5-10 cm. O plantio direto ($1,92 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), na camada 0-5 cm foi superior estatisticamente aos tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob a rotação de culturas ($1,38 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), assim como o preparo convencional sob a monocultura de milho e soja ($1,10$ e $1,01 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Já na camada 5-10 cm, menores teores foram obtidos no monocultivo de milho, Figura 26.

Por fim, no ano 2004, somente ocorreu diferença estatística nas camadas de 0-5 e 5-10 cm. Nestas camadas, o plantio direto foi superior estatisticamente aos tratamentos, conduzidos sob preparo convencional sob a rotação de culturas e sob a monocultura de milho e soja. Justifica-se pela maior cobertura do solo no plantio direto, ausência de revolvimento e, principalmente, maior aporte de matéria orgânica (GOLDERT & OLIVEIRA, 2007).

A maioria dos trabalhos no mundo e no Brasil, sobre estudos pertinentes aos maiores teores de magnésio nas primeiras camadas do solo no plantio direto, mas também enfatizam aumento deste nutriente em sistemas de manejo do solo que aportem pela permanente cobertura do solo e diferem significativamente de monocultivos independente da cultura utilizada ao longo do tempo de cultivo (GIACOMINI et al., 2004).

4.4.2.6. Alumínio trocável (Al^{3+})

À variável alumínio trocável no solo, o monocultivo de soja apresentou maiores valores ($0,67 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), menores valores foram encontrados no plantio direto ($0,01 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e preparo convencional sob rotação de culturas ($0,10 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) Figura 27. Os ácidos orgânicos hidrossolúveis de baixo peso molecular oriundo da decomposição dos resíduos vegetais, em plantio direto, são capazes de promover a ciclagem de elementos químicos inorgânicos até as camadas mais profundas do perfil. A ciclagem de íons através do solo induz a formação de complexos organometálicos, sendo o alumínio substituído pelo cálcio no complexo catiônico (MUZILLI, 2002).

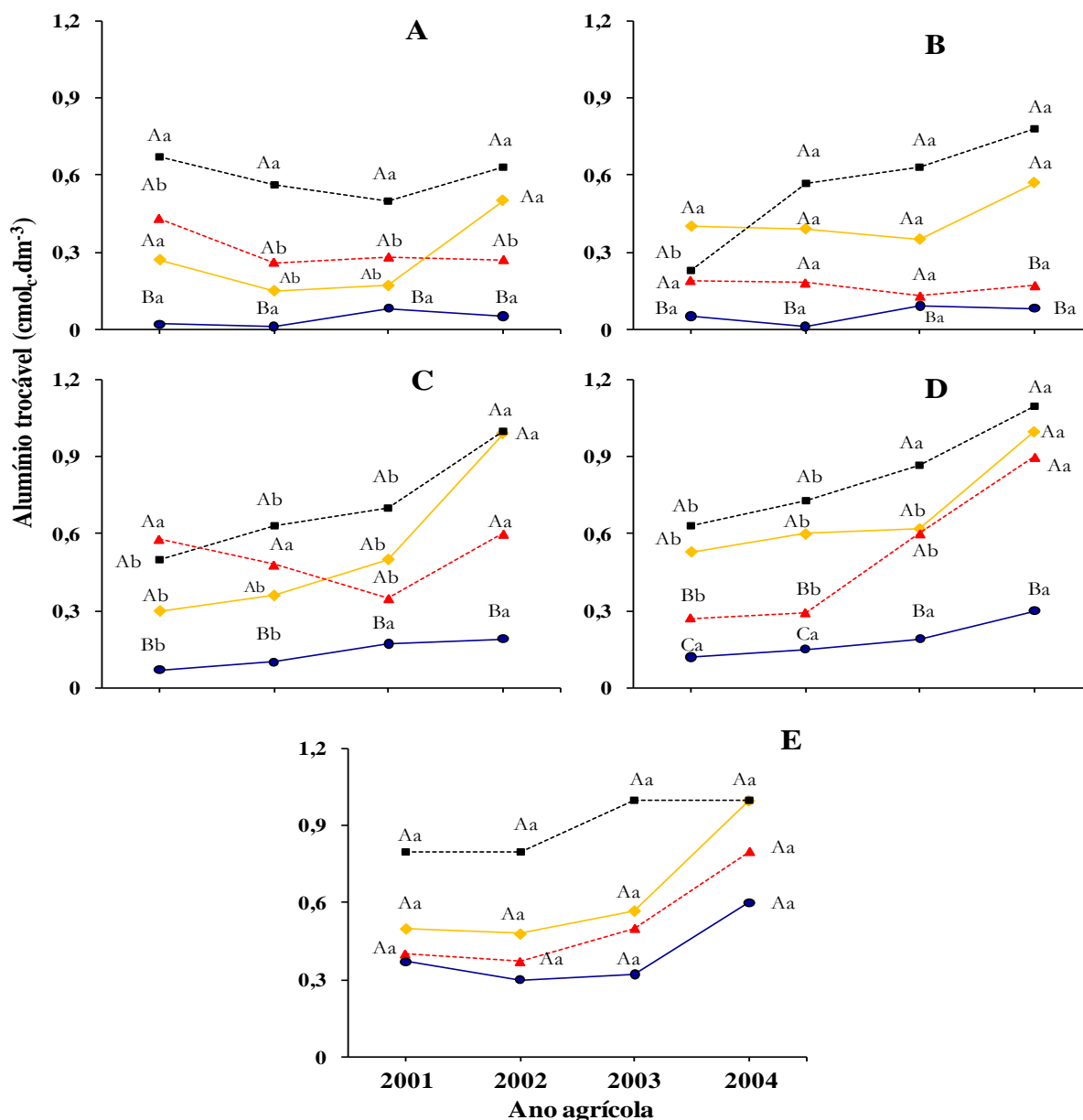


Figura 27: Alumínio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Analisando a interação sistemas de manejo dentro de cada ano agrícola, pode-se observar que ocorreu diferença estatística com exceção da última camada. Na camada 0-5 cm, o alumínio trocável no solo no monocultivo de milho no ano 2004 (0,50 cmol_c.dm⁻³) apresentou maiores valores e diferiu estatisticamente em relação aos demais anos agrícolas.

Os valores de alumínio trocável em relação à profundidade do solo, apresenta com menores valores na profundidade de 0-5 cm do solo, e comportamento inverso ao ocorrido

com os valores nas camadas mais profundas do solo, isto é, têm-se aumentos nos teores de alumínio trocável da superfície para as camadas subsuperficiais, Figura 27.

No sistema de plantio direto na camada 0-5 cm, no ano 2001 ($0,02 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou redução nos teores de alumínio trocável no solo no segundo 2002 ($0,01 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) aumento no ano 2003 e 2004, pode-se observar que os valores médios de alumínio trocável no plantio direto são menores em relação ao sistema de preparo convencional ao longo dos anos. Os melhores resultados com o sistema de plantio direto, geralmente, são conseguidos a partir do quarto ano de cultivo, principalmente em solos compactados, ácidos, com alta saturação por alumínio e baixa saturação por bases (OLIVEIRA et al. 2002).

Resultados de menores teores de alumínio trocável no solo é explicando pela complexação de íons alumínio no solo por quelantes orgânicos presentes no solo oriundos do processo da dinâmica do fracionamento da matéria orgânica no solo ao longo do tempo de cultivo (FRANCHINI et al., 2003).

Analisando a interação de ano agrícola dentro de cada sistema de manejo, aponta que no ano 2001, as distinções entre os tratamentos ocorreram até a camada de 30 cm do solo. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($0,02 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou menores valores médios de alumínio trocável obtendo diferença estatística significativa, assim distinguindo-se dos tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob rotação de culturas ($0,43 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e da monocultura de milho e soja ($0,27$ e $0,67 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Nas camadas subsuperficiais o plantio direto apresentou menores valores médios de alumínio trocável obtendo diferença estatística significativa sobre todos os tratamentos. Este menor valor de alumínio trocável, encontrado no plantio direto é considerado baixo (LOPES e GUIDOLIN, 1992). Maiores teores de alumínio foram encontrados no preparo convencional sob monocultivo de soja no Estado do Paraná (CONTE et al., 2002, FALLEIRO et al., 2003).

No ano 2002, as distinções entre os tratamentos ocorreram até a camada de 30 cm do solo. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($0,01 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou menores valores médios de alumínio trocável obtendo diferença estatística significativa, assim distinguindo-se dos tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob rotação de culturas ($0,10 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e da monocultura de milho e soja ($0,15$ e $0,18 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Nas camadas subsuperficiais o plantio direto apresentou menores valores médios de alumínio trocável. Este menor valor de alumínio trocável, encontrado no plantio direto é considerado não tóxico para as plantas de milho e soja (LOPES e GUIDOLIN, 1992).

No ano de 2003, as distinções entre os tratamentos ocorreram até a camada de 30 cm do solo. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($0,08 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou menores valores médios de alumínio trocável obtendo diferença estatística significativa, assim distinguindo-se dos tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob rotação de culturas ($0,28 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e da monocultura de milho e soja ($0,17$ e $50,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Nas camadas subsuperficiais o plantio direto apresentou menores valores médios de alumínio trocável. Maiores teores de alumínio foram obtidos no sistema de preparo convencional sob monocultivo de milho em relação ao plantio direto foram encontrados por (CONTE et al., 2002).

Por fim, no ano 2004, com exceção da camada 30-50 cm, foram sinalizadas diferença estatísticas. O plantio direto apresentou menores valores médios de alumínio trocável no solo, distinguiu-se estatisticamente de todos os tratamentos. Este fenômeno é explicado pela complexação de íons alumínio no solo por quelantes orgânicos presentes no solo oriundos do processo de dinâmica de fracionamento da matéria orgânica do solo ao longo do tempo de cultivo (FRANCHINI et al., 2003).

Em solo sob plantio direto, ocorre um acúmulo de matéria orgânica, sendo a magnitude desse efeito maior na camada superficial, este aumento em solos não revolvidos decorre da diminuição da taxa de decomposição microbológica, temperatura, aeração, cobertura do solo, agregação, influenciando na complexação do alumínio, diminuindo sua toxidez no solo (CIOTTA et al. 2002; MUZZILLI, 2000; CAIRES et al. 2002 e LOPES, 1984; SOUZA e ALVES, 2003; OLIVEIRA et al. 2002).

Segundo Falleiro et al. (2003), na camada superficial os menores teores de alumínio no plantio direto, resultante do incremento da força iônica da solução e do aumento dos valores de pH e matéria orgânica. Para Sá (1999), o aumento da força iônica diminui a atividade dos íons, o aumento do pH afeta a especiação e solubilização do alumínio e o aumento da matéria orgânica proporciona maior efeito de complexação do elemento.

4.4.2.7. pH no solo (em H₂O)

Na camada superficial do solo, o sistema de preparo convencional conduzido sob monocultivo de soja (3,00) apresentou menores valores de pH (em H₂O), maiores valores médios para esta variável foram encontrados no sistema de manejo do solo conduzido sob plantio direto (6,50), Figura 28. Justifica-se os efeitos da diminuição pH (em H₂O), em sistemas de preparo convencional pela intensa mobilização do solo, pelo menor acúmulo de

matéria orgânica, maior lixiviação de bases trocáveis (FILHO, 2010). A redução da acidez do solo em plantio direto foi encontrado (PEREIRA, et al., 2010).

Vale salientar ainda que ao longo dos anos agrícolas no monocultivo os valores diminuem ao passar do tempo de uso por culturas agrícolas, porém no plantio direto os valores de pH tendem a aumentar ou permanecer constantes com o tempo de cultivo. Por outro lado há uma tendência de diminuição de pH ao longo dos quatro anos, indicando futuras análises de solos e correção de acidez no município de Paragominas.

A redução do pH em solos Amazônicos, pode-se inferir aos fatores agroclimáticos na região de estudo, como a chuvas, aumentando a acidez e maior lixiviação, por outro lado, no plantio direto maiores valores de pH foram encontrados em relação ao preparo convencional. Justifica-se pelo deslocamento mecânico de partículas de calcário por meio de canais formados por raízes mortas, mantidos intactos em razão da ausência de preparo do solo (COSTA, 2000).

Analisando a interação de sistemas de manejo dentro de cada ano agrícola, observa-se que ocorreu diferença estatística ao longo dos anos agrícolas apenas na camada 5-10 cm, Figura 28. Nesta camada, o monocultivo de soja sofreu redução dos valores médios de pH ao longo dos anos 2002 e 2003, porém diferiu estatisticamente do ano 2001 e 2004. Na mesma camada, os valores médios de pH, no plantio direto ao longo dos anos não diferiu, mais tende a aumento ao longo dos quatro anos. A explicação para resultados no plantio direto, está relacionada com as características tamponantes da matéria orgânica e, ou, com o aumento da força iônica da solução do solo, por causa do incremento dos teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} na camada superficial (CADAVID et al., 1998; FRANCHINI et al., 1999).

A análise estatística de desdobramento ano dentro de cada sistema de manejo do solo, no ano 2001, pode-se observar que ocorreu diferença estatística apenas na camada 0-5 cm. Nesta camada, o plantio direto (6,22) distinguiu-se estatisticamente apenas do preparo convencional sob monocultivo de milho. Estes maiores valores de pH, no plantio direto é atribuído, não só à deposição do cálcio pela calagem, mais também, pela movimentação descendente de cálcio e magnésio para camadas mais profundas de solo (CAIRES et al. 2002).

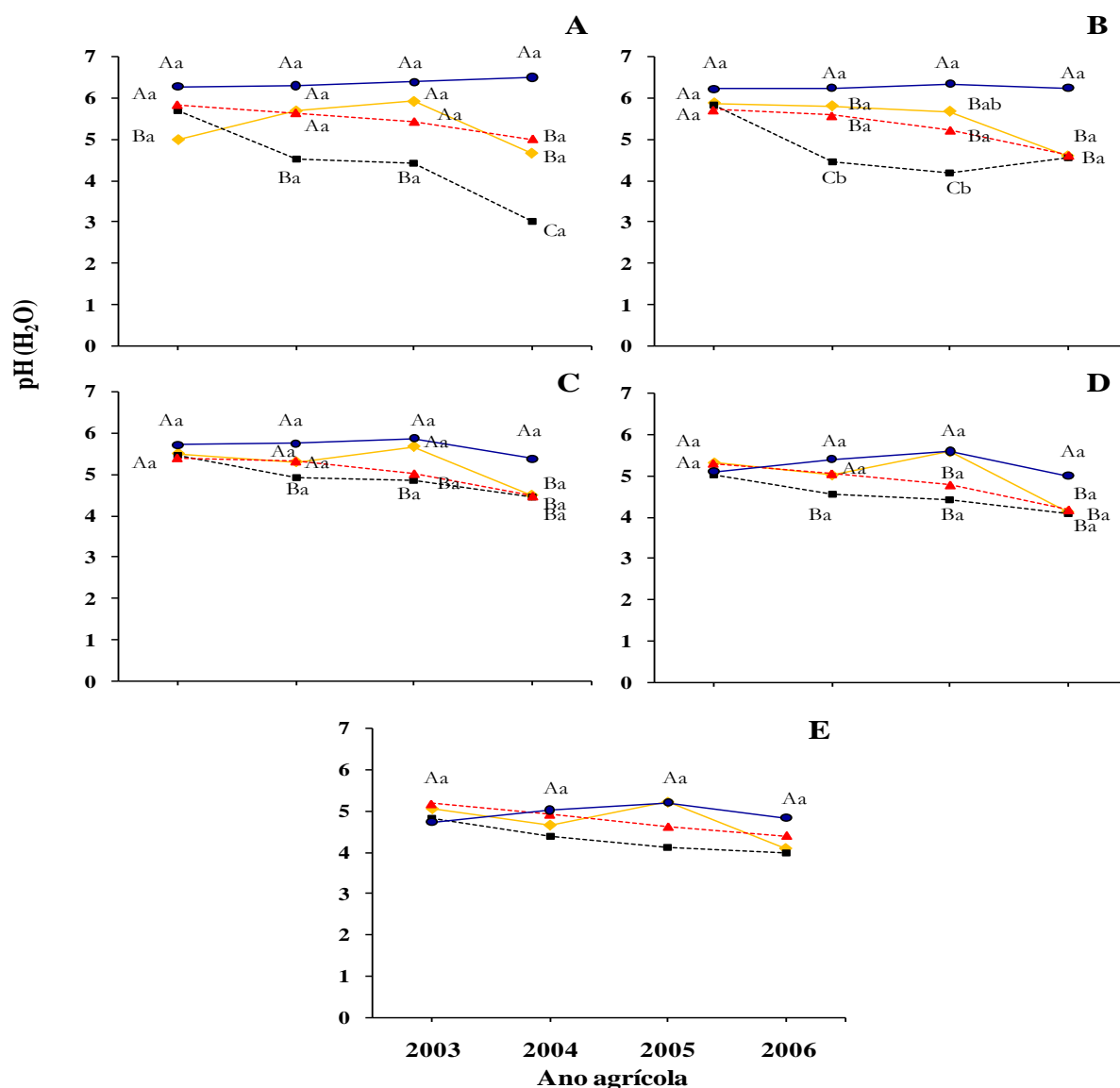


Figura 28: pH nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No ano 2002, não ocorreu diferença estatística apenas na camada 30-50 cm, na camada 0-5 cm, o plantio direto (6,30) distinguiu-se estatisticamente apenas do monocultivo de soja. O mesmo fenômeno pode ser também observado nas camadas 10-20 e 20-30 cm. Na camada 5-10 cm, o plantio direto superou todos os tratamentos. A diminuição nos valores de pH no preparo convencional sob monocultivo de milho e aumento de valores de pH para o plantio direto, foram encontrados por (MARIA, 2003).

No ano de 2003, não ocorreu diferença estatística apenas na camada 30-50 cm, na camada 0-5 cm, o plantio direto distinguiu-se apenas do tratamento sob monocultivo de soja.

Na camada 5-10 cm, o plantio direto superou todos os tratamentos. Já nas camadas 10-20 e 20-30 cm, o plantio direto foi igual ao monocultivo de milho e estes por sua vez superaram a rotação e monocultivo de soja. Estes resultados no sistema de preparo convencional possuem uma acidez elevada, necessitando fazer uma correção de solo (LOPES & GUIDOLIN, 1992; SILVA, 2003; PAVAN, 1997).

Portanto, no ano 2004, com exceção da camada 30-50 cm, ocorreu diferença estatística. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (6,50) distinguiu-se estatisticamente de todos os tratamentos sob preparo convencional, este comportamento por ser observado também nas camadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm, Figura 28. Maiores valores de pH, com tempo de 5 anos nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, no plantio direto por (FAGEIRA e STONE, 1999; CONTE et al. 2002). O Valor de pH de 4,7, encontrado no preparo convencional sob monocultivo é considerado acidez elevada, necessitando fazer uma correção de solo (SILVA, 2003; MARIA, 2003).

4.4.2.8. Soma de Bases (Sb)

De acordo com os resultados à variável soma de bases no solo, o plantio direto (8,90 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores na primeira camada do solo em relação ao sistema de preparo conduzido sob monocultivo de milho (5,0 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) Figura 29.

Analisando a interação de sistemas de manejo dentro de cada ano, com exceção das camadas 20-30 e 30-50 cm, ocorreu diferença significativa. Na camada 0-5 cm, os valores de soma de bases no monocultivo de milho no ano 2001 (6,57 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) reduziu os teores de no segundo 2002 (5,2 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e aumentou no terceiro 2003 (5,6 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) ao passo que no último 2004 (5,0 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) diminuiu, Figura 29.

No sistema de plantio direto na camada 0-5 cm, no ano 2004 (8,9 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores teores de Sb, porém diferiu apenas do ano 2001 (6,72 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Nas camadas subsuperficiais não ocorreram diferenças entre anos agrícolas. O monocultivo de soja nas camadas 0-5, 5-10, 10-20 cm, apresentou redução nos teores de Sb ao longo dos anos agrícolas.

A análise da interação ano em cada e sistemas de manejo, no ano 2001 ocorreu distinções entre os tratamentos apenas na camada de 5-10 cm, o plantio direto (6,14 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) superou todos os tratamentos conduzidos sobre preparo convencional sob rotação (5,33 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), bem como a monocultura de milho e de soja (4,96 e 5,14 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$),

respectivamente.

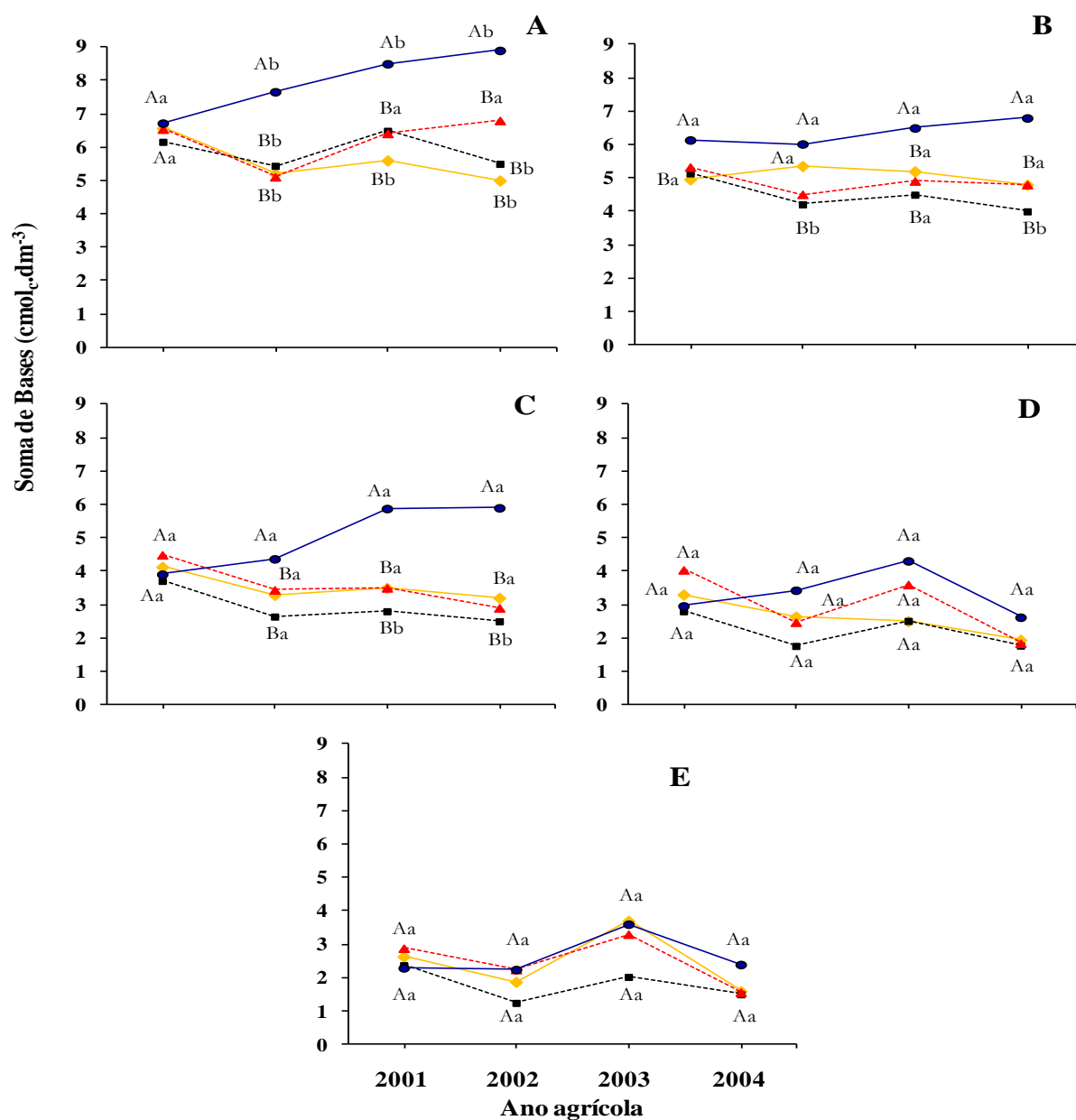


Figura 29: Soma de bases nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No ano 2002, com exceção das camadas 20-30 e 30-50 cm, ocorreram distinções entre os tratamentos. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto (7,66 cmol_c.dm⁻³) apresentou maiores valores médios obtendo diferença estatística significativa, distinguindo-se de todos os tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob rotação (5,11 cmol_c.dm⁻³), bem como dos monocultivos de milho e soja (5,02 e 5,44 cmol_c.dm⁻³), respectivamente. Estes resultados

assemelham-se aos da camada 10-20 cm. Já na camada 5-10 cm, o plantio direto foi igual o monocultivo de milho, porém superaram a rotação e monocultura de soja.

No ano de 2003, com exceção das camadas 20-30 e 30-50 cm, ocorreram distinções entre os tratamentos. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($8,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi estatisticamente superior ao tratamento conduzidos sob preparo convencional sob rotação de culturas ($6,41 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e monoculturas de milho e soja ($6,49$ e $5,60 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Nas camadas 5-10, 10-20 cm os resultados foram semelhantes, Figura 29.

Por fim, no ano 2004, com exceção das camadas 20-30 e 30-50 cm, ocorreram distinções entre os tratamentos. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto ($8,90 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi superior ao tratamento sob rotação de culturas ($6,8 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e monocultura de milho e soja ($5,0$ e $5,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Estes resultados assemelham-se aos das camadas 5-10 e 10-20 cm. Este aumento de soma de bases em sistemas de plantio direto, justifica-se pela permanente cobertura do solo e diferem significativamente de monocultivo, independente da cultura utilizada ao longo do tempo de cultivo (GIACOMINI et al., 2004).

4.4.2.9. Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 (T)

De acordo com os resultados o plantio direto ($11,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores na primeira camada do solo, e menores foram analisados no preparo conduzido sobre a monocultura do soja ($4,2 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), Figura 30. Maiores valores médios de (T) no sistema do plantio direto, é justificado pelo aporte nos teores de matéria orgânica e incremento dos teores de cálcio, magnésio e potássio na camada superficial (FALLEIRO et al., 2003). Este aumento da (T) no plantio direto pode ser atribuído ao aumento da matéria orgânica, principalmente, da fração ácidos húmicos, responsáveis pela formação de muitas cargas negativas no solo (FALLEIRO et al. 2003, RHEINHEIMER et al. 1999).

Analisando a interação de sistemas de manejo dentro de cada ano, observa-se que ocorreu diferença significativa apenas nas camadas 0-5 e 5-10 cm. Na camada 0-5 cm, a os valores de capacidade de troca de cátions (T) na rotação diminuem do primeiro ano ($10,73 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) para o último 2004 ($7,9 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) diferindo dos aons anteriores.

No plantio direto na camada 0-5 cm, e ano 2004 ($11,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores médios de (T), porém não difere dos demais anos agrícolas, estes resultados são semelhantes aos da camada 5-10 e 10-20cm. Observar-se que os valores de (T) no solo são maiores no plantio direto em relação ao sistema de preparo convencional ao longo dos anos agrícolas, Figura 30.

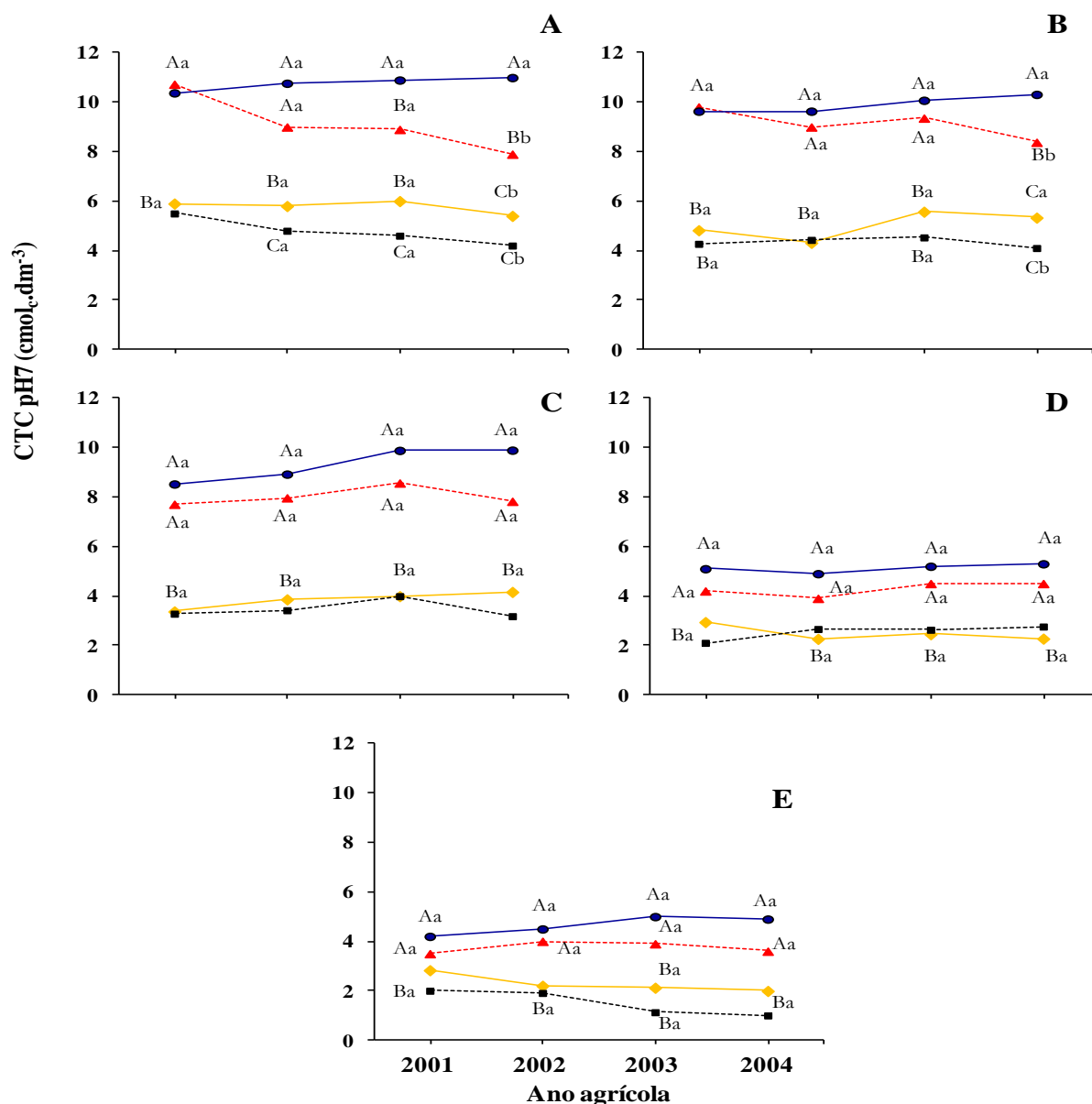


Figura 30: Capacidade de troca a pH 7,0 nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A análise da interação de ano dentro de cada sistema de manejo, aponta que ocorreram distinções entre os tratamentos. No ano 2001, na camada de 0-5 cm, o plantio direto ($10,38 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) distinguiu apenas das monoculturas de milho e soja ($5,9$ e $5,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$), respectivamente. Nas camadas subsuperficiais os resultados foram semelhantes, Figura 30.

No ano 2002, ocorreram distinções entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($10,77 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) distinguiu apenas das monoculturas de milho e soja ($5,9$ e $4,8$

$\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Nas camadas subsuperficiais os resultados foram semelhantes, Figura 30.

No ano de 2003, na camada 0-5 cm, maiores valores médios foram encontrados no plantio direto distinguiu dos demais tratamentos. Na camada de 5-10 cm, o plantio direto foi igual a rotação de culturas, diferindo apenas das monoculturas. Nas camadas subsuperficiais os resultados foram semelhantes.

Por fim, no ano 2004, ocorreram distinções entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, maiores valores médios foram encontrados no plantio direto de todos os tratamentos. Nas camadas 5-10, 10-20 cm os resultados foram semelhantes. Já nas camadas 20-30 e 30-50 cm, o plantio direto igualá-se a rotação. Estes valores apresentados no preparo convencional são considerados baixos à médios e os valores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, para o plantio direto é considerados alto (LOPES e GUIDOLIN 1992).

4.4.2.10. Saturação por Bases (V)

Com relação aos valores médios de saturação por bases, na camada superficial do solo, maiores valores médios foram encontrados no sistema plantio direto (79,92 %), o preparo convencional sob monocultivo de milho apresentou menores valores (48,00 %), Figura 31. Os valores médios encontrados no plantio direto caracterizam fertilidade química no solo por serem considerados altos (LANDERS, 2005).

A análise da interação de sistemas de manejo dentro de cada ano, observa-se que não ocorreu diferença estatística somente nas camadas 5-10 e 30-50 cm, Figura 31. Na camada 0-5 cm, o plantio direto teve aumento de (V) do ano 2001 para os posteriores. A rotação sofreu redução no ano 2002, e aumento nos dois anos posteriores.

Na camada 10-20 e 20-30 cm, o plantio direto teve maiores valores nos dois últimos anos, enquanto que no preparo convencional de monocultivo de milho e soja não ocorreu alterações. Estes resultados permitem futuramente averiguar procedimentos adequados a ser tomado para sua utilização (NOVAIS, et al. 2007).

Observar-se que os valores de (V) no solo são maiores no plantio direto em relação ao sistema de preparo convencional ao longo dos anos. Valores de (V) aumentam à medida que diminuem as perdas de nutrientes no solo, pelo tempo de utilização do uso da terra em sistemas conservacionistas como o plantio direto (MALAVOLTA, 2006).

A análise da interação de ano dentro de cada sistema de manejo, no ano 2001, com exceção da camada 3-50 cm, as distinções ocorreram entre os sistemas de manejo. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (67,88 %) foi superior estatisticamente a todos os tratamentos. Estes resultados assemelham-se aos das camadas subsequentes Figura 31.

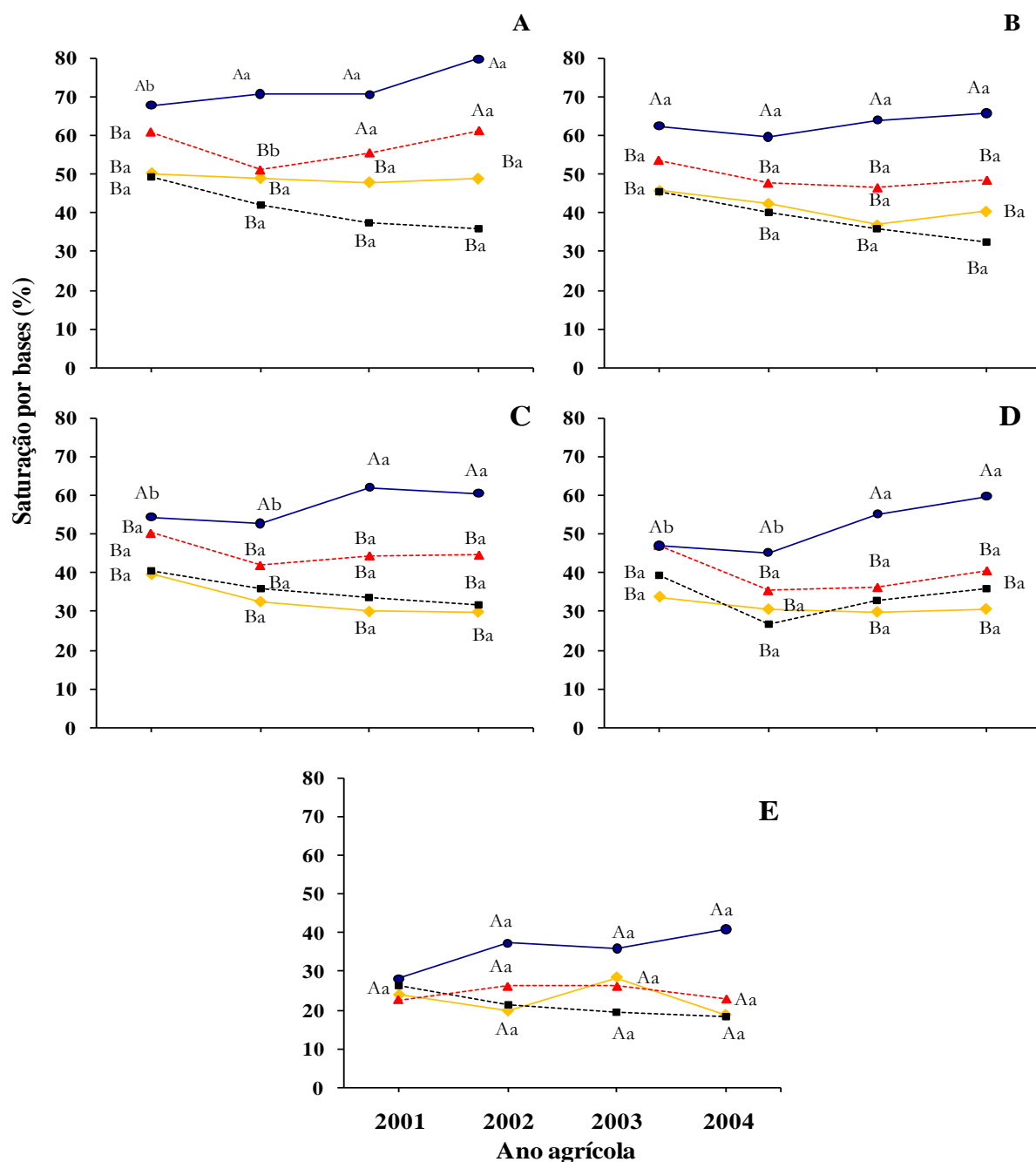


Figura 31: Saturação por bases nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas – PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Nos anos 2002 e 2003, as distinções entre os tratamentos ocorreram com exceção da última camada. Na camada 0-5 cm, o plantio direto apresentou maiores valores e estatisticamente diferiu de todos os sistemas de manejo. Por outro lado o preparo convencional sob rotação e monocultura de milho e soja foram iguais. Estes resultados assemelham-se aos das camadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm, Figura 31.

No ano 2004, as distinções entre os tratamentos ocorreram com exceção da última camada. Na camada 0-5 cm, o plantio direto (79,92 %) foi igual a rotação (61,26 %) e estes por sua vez, diferiram estatisticamente dos tratamentos sob monoculturas de milho e soja (49,90 e 35,97 %), respectivamente. Para as camadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm, o plantio direto superou todos os tratamentos. Com o maior aporte de matéria orgânica no plantio direto, bem como de bases trocáveis no solo, justifica-se o aumento da capacidade de saturação por bases no solo. Este maior aumento de saturação indica solo restaurado com o tempo de uso (NOVAIS, et al. 2007).

4.4.2.11. Saturação por Alumínio (m)

Na camada superficial o preparo convencional sob monocultura de soja (16,00 %) apresentou maiores valores de (m), menores valores médios foram encontrados no plantio direto, (0,03 %) Figura 32. Nas camadas subsuperficiais os valores aumentam, isto é justificado pela presença do alumínio nestas camadas do solo. Em profundidade (m) apresenta comportamento inverso ao ocorrido com os valores de pH e direto em relação aos teores de alumínio trocável, isto é, têm-se aumentos no potencial de saturação por alumínio da superfície para as camadas subsequentes.

Analisando a interação de sistemas de manejo dentro de cada ano, observa-se que com exceção das camadas 20-30 e 30-50 cm, ocorreu diferença estatística. Na camada de 0-5 cm, os valores médios da (m%) no monocultivo de milho, ano 2001 (3,71 %) aumentou no segundo 2002 (5,00 %) e 2004 (6,11%). Nas camadas subsequentes os resultados obtidos assemelham-se aos encontrados na discussão anterior. O potencial de saturação de alumínio é influenciado pela formação de complexos organometálicos, pela ciclagem de nutrientes tendo sido preconizada como medida coadjuvante, bastante eficaz para melhorar as condições de fertilidade em solos ácidos pela utilização do plantio direto concretizado no mundo e no Brasil (PAVAN, 1997; MUZILLI, 2002).

O plantio direto na camada 0-5 cm, ano 2001 (0,34 %) apresentou menores valores médios de (m%) não diferindo dos demais anos de cultivo. Observar-se que os valores de

(m%) no solo são menores no plantio direto em relação ao sistema de preparo convencional ao longo dos anos. Maiores valores de (m) ocorre com revolvimento intenso da camada superficial, que leva a uma maior perda de nutrientes, pelo tempo de utilização do uso da terra em sistemas de preparo convencional (MALAVOLTA, 2006).

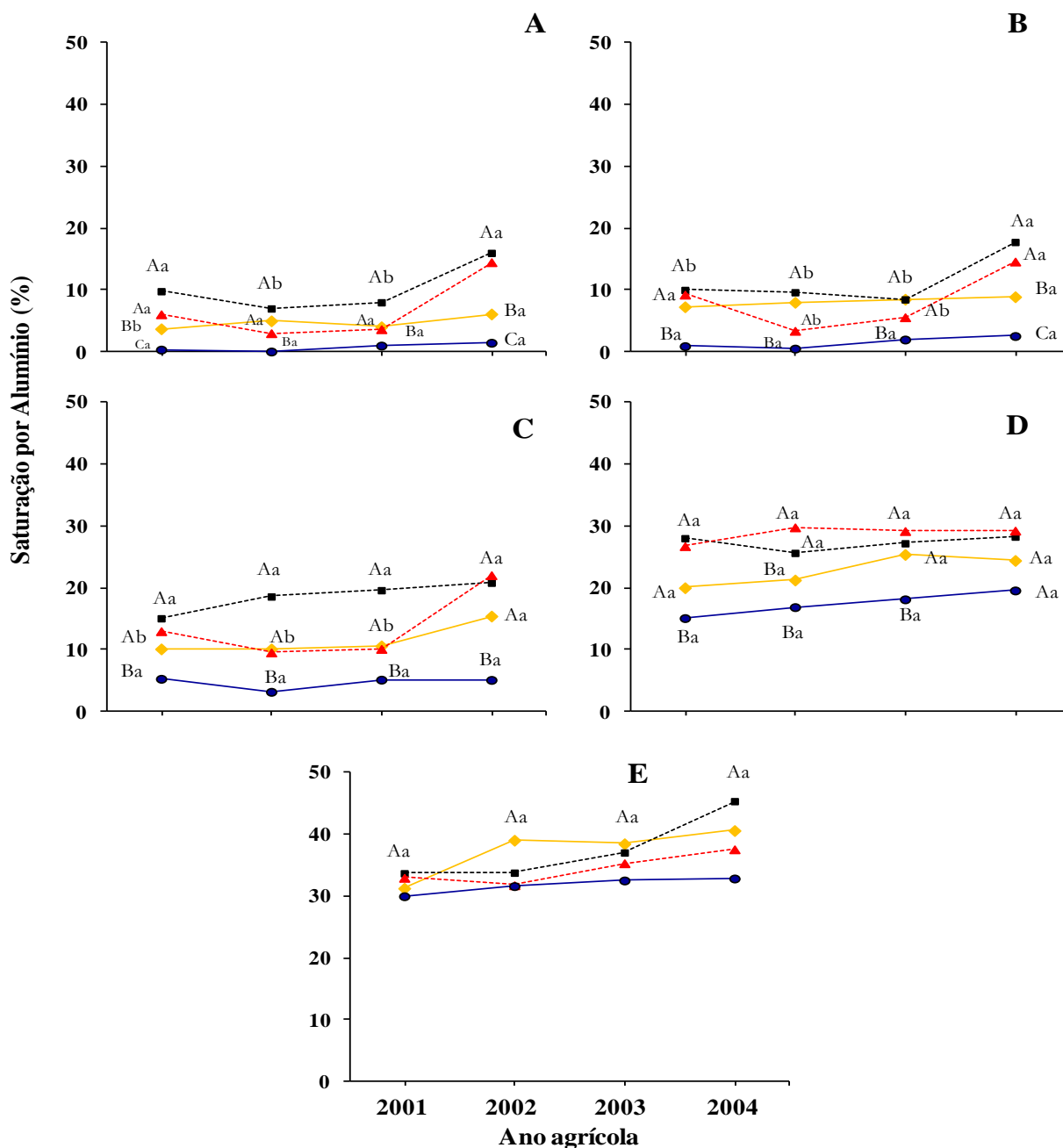


Figura 32: Saturação por alumínio nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Vale ressaltar que houve aumento da variável em estudo nos sistemas de preparo convencionais indicando a não melhoria na qualidade da fertilidade química deste solo. Portanto indica alerta para futuro manejo deste solo e procedimento adequado a ser tomado para sua utilização (NOVAIS, et al. 2007). Em Latossolos, os menores valores de (m) são obtidos no sistema plantio direto a partir do quarto ano de cultivo, pois, são solos compactados, ácidos, com alta saturação por alumínio e baixa saturação por bases (OLIVEIRA et al., 2002).

A análise da interação de ano sobre sistemas de manejo do solo, no ano 2001, as distinções entre os tratamentos ocorreram com exceção da camada 30-50 cm. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto (0,34 %) apresentou menores valores do (m%) e diferiu dos tratamentos sob rotação de culturas (6,06 %) e dos monocultivos de milho e soja (3,71 e 9,80 %), respectivamente. Nas camadas subsuperficiais o plantio direto apresentou menores valores de (m%) e diferiu estatisticamente aos demais tratamentos. Os valores de saturação por alumínio no preparo convencional mostram o domínio de maior parte dos sítios de troca da CTC efetiva pelo alumínio, isto quer dizer que toda a capacidade que este solo tem de armazenar nutrientes, possui a maior parte ocupada por um elemento tóxico para as plantas (BAENA e FALESI, 1999).

No ano 2002, as distinções entre os tratamentos ocorreram com exceção da última camada, Figura 32. Na camada, 0-5 cm, o plantio direto (0,03 %) apresentou menores valores do (m%) e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, o preparo convencional sob rotação de culturas (3,00 %) e as monocultura de milho e soja (5,00 e 7,00 %), respectivamente, não diferiram. Nas camadas até 20 cm o plantio direto apresentou menores valores do (m%) e diferiu estatisticamente aos demais tratamentos. Já na camada 20-30 cm o plantio direto apresentou menores valores de (m%), não diferiu do monocultivo de milho.

No ano de 2003, as distinções entre os tratamentos ocorreram com exceção da camada de 30-50 cm. Nas camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm, o plantio direto apresentou menores valores de (m%) e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, o preparo convencional sob rotação de culturas não diferiu da monocultura milho e soja. Menores valores de saturação por alumínio no plantio direto é resultante do incremento da força iônica da solução e do aumento dos valores de pH e matéria orgânica (FALLEIRO et al. 2003).

No último ano agrícola (2004), as distinções entre os tratamentos ocorreram com exceção das camadas 20-30 e 30-50 cm. Nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm, o plantio direto

apresentou menores valores e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, o preparo convencional sob rotação de culturas não diferiu da monocultura milho e soja. Os valores encontrados no plantio direto são considerados como baixos (não prejudicial as plantas) (CONTE et al., 2002; FALLEIRO et al., 2003; CAÍRES et al., 2002).

4.4.2.12. Acidez potencial (H+Al)

O plantio direto ($2,90 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou menores valores de (H+Al), o preparo convencional sob monocultivo de soja ($5,01 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores, Figura 33. Os valores encontrados de (H+Al) no plantio direto caracterizam menor acidez e melhoria da fertilidade química no solo por serem considerados baixos (LANDERS, 2005).

A interação de sistemas de manejo dentro de cada ano, observa-se que ocorreu diferença estatística apenas nas camadas 5-10 e 10-20 cm. Nestas camadas sistema de plantio direto tem valores menores no ano 2004 ($3,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), o que indica redução de (H+Al). Por outro lado o monocultivo de soja teve aumento de (H+Al) ao longo do tempo de cultivo.

A interação de ano sob cada sistema de manejo, para o ano 2001, com exceção da camada 30-50 cm, foram assinaladas distinções entre os tratamentos, Figura 33. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($3,03 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou valores menores distinguindo-se de todos os tratamentos. O preparo convencional sob rotação de culturas ($4,18 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), bem como as monoculturas de milho e soja ($3,90$ e $4,23 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), foram iguais. Nas camadas 5-10 e 20-30 cm, o plantio direto diferiu apenas dos monocultivos de milho e soja. Valores de (H+Al), ($2,03 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) no plantio direto foi obtido por (LOPES, 1992 e PAVAN, 1997).

No ano 2002, não ocorreram distinções entre os tratamentos apenas na camada 30-50 cm. Nas camadas 0-5, 10-20 e 20-30 cm, o plantio direto, apresentou valores menores distinguindo-se do tratamento conduzido sob o preparo convencional sob rotação de culturas, bem como da monocultura de milho e soja, respectivamente ($3,80$ e $4,60 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Na camada 5-10 cm, o plantio direto diferiu apenas do monocultivo de soja e rotação.

No ano de 2003, com exceção da última camada ocorreram distinções entre os tratamentos. Nas camadas 0-5, 10-20 e 20-30 cm, o plantio direto apresentou menores valores distinguindo-se de todos os tratamentos. Os tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob rotação de culturas e dos monocultivos de milho e soja, são iguais. Na camada 5-10 cm, o plantio direto foi igual ao monocultivo de milho. Estes valores encontrado no monocultivo é considerado como uma acidez alta (SILVA, 2003).

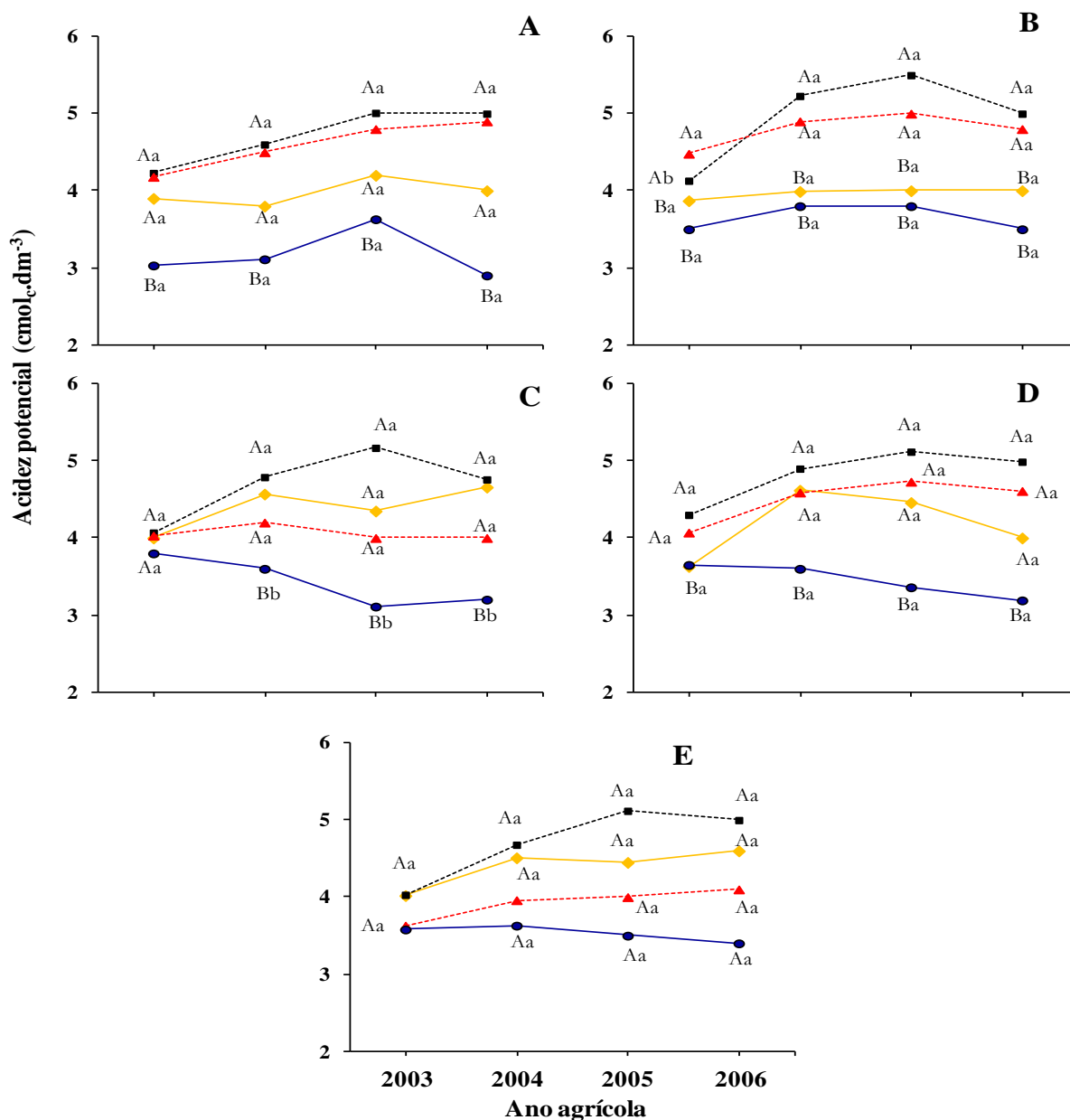


Figura 33: Acidez potencial nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milho/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No último ano agrícola (2004), com exceção da última camada ocorreram distinções entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($2,90 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou menores valores distinguindo-se de todos os tratamentos. Os tratamentos conduzidos sob preparo convencional sob rotação de culturas ($4,90 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), bem como dos monocultivos de milho e soja ($4,00$ e $5,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente, são iguais. Estes resultados

assemelham-se aos obtidos nas camadas 10-20 e 20-30 cm. Já na camada 5-10 cm, o plantio direto foi igual ao monocultivo de milho. De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar que o sistema preparo convencional mostrou-se com valores superiores ao longo dos anos de estudo, independente das profundidades havendo diferença estatisticamente pelo teste e nível de significância.

4.4.2.13. Capacidade de troca de cátions efetiva (t)

Ao analisar os valores médios de capacidade de troca de cátions efetiva (t), o plantio direto ($9,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores em relação ao sistema de preparo convencional sob monocultura de soja ($4,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) Figura 34. Estes valores encontrado no plantio direto é considerado como nível de fertilidade média (SILVA, 2003; PAVAN 1997).

A análise da interação sistemas de manejo dentro de cada ano, foi observado sigificancia apenas na camada de 0-5 cm. Nesta camada o plantio direto apresentou maiores valores no ano 2004 ($9,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), porém não distingui dos anos 2002 e 2003. O monocultivo de milho no ano 2001 ($4,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), apresentou menores valores e distingui dos 2002, 2003 e 2004, respectivamente ($5,97$; $5,80$ e $6,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Observar-se que os valores de (t) no solo são maiores no plantio direto que o preparo convencional Figura 34.

A interação de ano dentro de cada sistema de manejo, as distinções entre os tratamentos ocorreram somente nas camadas 0-5 e 5-10 cm. Na camada 0-5 cm, ano 2001, o plantio direto ($6,73 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores e diferiu apenas dos monocultivos de milho e soja ($4,50$ e $4,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Estes resultados também foram obtidos na amada de 5-10 cm. No Estado do Mato-Grosso, resultados obtidos de (t) no plantio direto de ($6,05 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) aumentou ao passo que diminuiu no preparo convencional do solo (MARIA (2003).

No ano 2002, as distinções entre os tratamentos ocorreram somente nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($7,66 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) com maiores valores diferiu dos tratamentos em preparo convencional sob rotação ($5,16 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), assim como, os monocultivos de milho e soja ($5,97$ e $5,44 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos nas amadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm. Justifica-se os maiores valores de (t) no plantio direto, pelos menores teores de alumínio (MUZILLI, 2007).

No ano de 2003, com exceção das camadas 20-30 e 30-50 cm, ocorreu distinção entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($8,50 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores e distinguindo-se de todos os sistemas de manejo, os mesmos resultados foram obtidos nas camadas de 5-10 e 10-20cm, Figura 34.

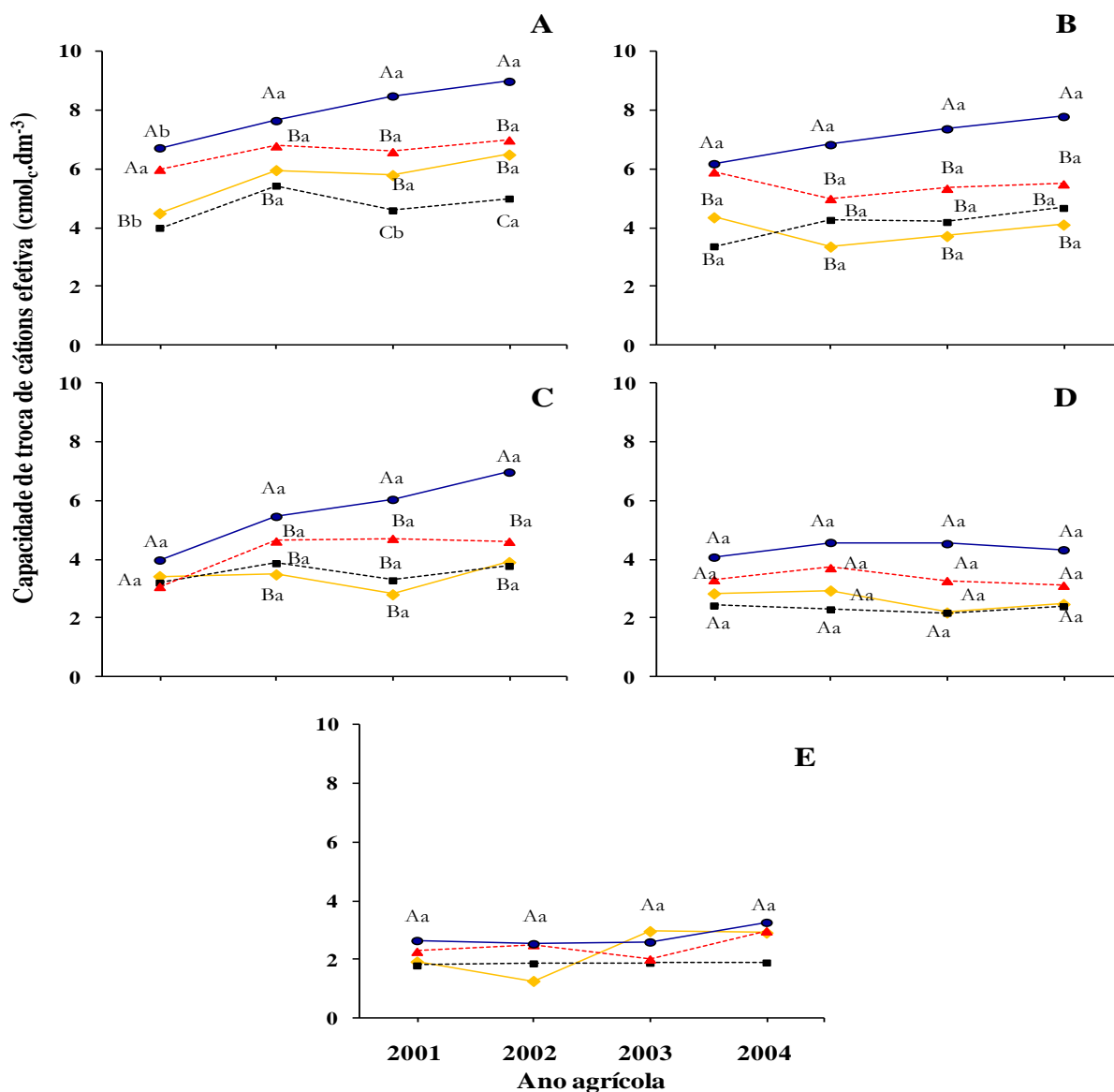


Figura 34: Capacidade de troca efetiva nas profundidades de 0-5 (A), 5-10 (B), 10-20 (C), 20-30 (D) e 30-50 cm (E) para os sistemas de manejo sob plantio direto milheto/milho/soja (●), plantio convencional em rotação de milho/soja (▲), plantio convencional em monocultivo de soja (■) e plantio convencional em monocultivo de milho (◆) no município de Paragominas - PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de cultivo na vertical e letras minúsculas comparam anos agrícolas na horizontal. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No ano de 2004, com exceção das camadas 20-30 e 30-50 cm, ocorreu distinção entre os tratamentos. Na camada 0-5 cm, o plantio direto ($9,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores e diferiu de todos os tratamentos. Nas camadas de 5-10 e 10-20 cm, o plantio direto

superou o preparo convencional sob rotação de culturas, bem como os monocultivos de milho e soja, Figura 34.

4.5. ANÁLISE MULTIVARIADA NA INTERPRETAÇÃO DA VARIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, EM REDENÇÃO E PARAGOMINAS.

4.5.1 Ordenação e análise de atributos químicos do solo do componente principal I (Redenção).

Para simplificar algumas variações de alguns atributos químicos do solo após quatro anos agrícolas as análises foram divididas em 03 componentes principais, sendo que a análise do componente principal I (CPAI), o município de Redenção representou cerca de 88% da variação total dos dados, e análise do componente principal II (CPAII), o município de Paragominas com 82% das variações, enquanto que a análise de componente principal III (CPAIII), estabelece as explicações das variações e comparação de sistemas de manejo do solo, profundidade, tempo de cultivo e local entre os municípios de Paragominas e Redenção.

O componente principal I (CPA I), captou cerca de 88% da variação total dos dados, distribuídos em 50% da variância explicada pelos componentes do eixo principal I e 38% da variância explicada pelos componentes do eixo principal II. Sendo que não houve variáveis de comportamento no eixo principal I, com auto-vetores significativos $|\lambda| \geq 0,20$ e orientação positiva Tabela 6. As variáveis de orientação negativas significativas foram representados pelos atributos K (Potássio), Ca (Cálcio), Na (sódio), Mg (Magnésio), SB (Soma de bases), V (Saturação por bases) e t (CTC efetiva). Já as variáveis que explicam maiores forças de variância de comportamento no eixo principal II e com auto-vetores significativos e orientação positivas foram representadas por: m (Saturação por alumínio) e t (CTC efetiva), enquanto que as de variação negativa foram representados por: MO (Matéria orgânica), P (Fósforo), K (Potássio) Tabela 6.

A (Tabela 6 e Figura 35), ilustram a análise multivariada dos escores e autovalores dos atributos químicos do solo para a disposição dos escores médios em função dos tratamentos T1 (Plantio convencional sob monocultivo de milho), T2 (plantio convencional sob monocultivo de soja), T3 (plantio convencional sob rotação milho e soja) e T4 (planto direto) do componente principal I (Redenção) e orientação dos auto-vetores obtidos na análise fatorial.

Pela análise do plano fatorial do componente I ($d=0,2$) (Figura 39), onde 50% da variância é explicada positivamente pelos atributos químicos e 12% para a variabilidade de dados entre os tratamentos, evidenciou-se a diferenciação entre os atributos do solo e entre os sistemas de manejo ($d=1$) (Figura 35). Entre os atributos do plano fatorial do componente I ($d=0,2$), eixo I, de acordo com as orientações dos auto-vetores projeta-se positivamente a acidez potencial (H+Al) e a saturação por alumínio (m%) contribuindo para uma elevada diversidade específica entre os atributos do solo, por outro lado, negativamente, a saturação por bases (V%), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t) o sódio (Na), potássio (K), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio) e matéria orgânica (MO) constituem-se das principais variáveis da componente principal I (Figura 35).

No eixo II, a saturação por alumínio (m%) positivamente ocorre com maior abundância nas amostras, contribuindo para uma elevada diversidade específica entre outros atributos e relativamente equivalente a acidez potencial (H+Al) em oposição, projetam-se negativamente, a matéria orgânica, fósforo e potássio (Figura 35).

Tabela 6: auto-valores e auto-vetores obtidos na análise fatorial do componente principal I (Redenção).

Variáveis	CP I	
	Eixo I	Eixo II
MO (Matéria orgânica)	-0.140	-0.320
C (carbono orgânico)	-0.136	-0.312
pH (Potencial hidrogeniônico)	-0.015	-0.019
N (Nitrogênio)	-0.013	-0.006
P (Fósforo)	-0.144	-0.208
K (Potássio)	-0.291	-0.268
Na (sódio)	-0.256	-0.138
Ca (Cálcio)	-0.284	0.184
Mg (Magnésio)	-0.216	0.104
Al (Alumínio)	-0.077	0.199
H+Al (Acidez potencial)	0.032	0.098
SB (Soma de bases)	-0.359	0.156
T (CTC a pH 7,0)	-0.124	0.126
V (Saturação por bases)	-0.468	0.034
t (CTC efetiva)	-0.360	0.232
m (Saturação de alumínio)	0.159	0.654
Variação (%) cum.	50%	38%

Onde: negrito $|λ| ≥ 0,20$; significância $p= 0,001$

Zatorre et al. (2009), avaliando a influência das modificações da cobertura vegetal em propriedades químicas do solo, observaram que a matéria orgânica, pH, soma de bases e percentagem de saturação de bases, são importantes na distinção entre sistemas de manejo. Portanto, de acordo com os resultados do presente estudo os maiores valores para as variáveis com teor de matéria orgânica, CTC, teor de fósforo, soma de bases, percentagem de saturação de bases, potássio, apresentaram a orientação dos auto-vetores em sentido contrário ao do plantio convencional conduzido sob monocultivo de soja e milho e a favor do sistema de

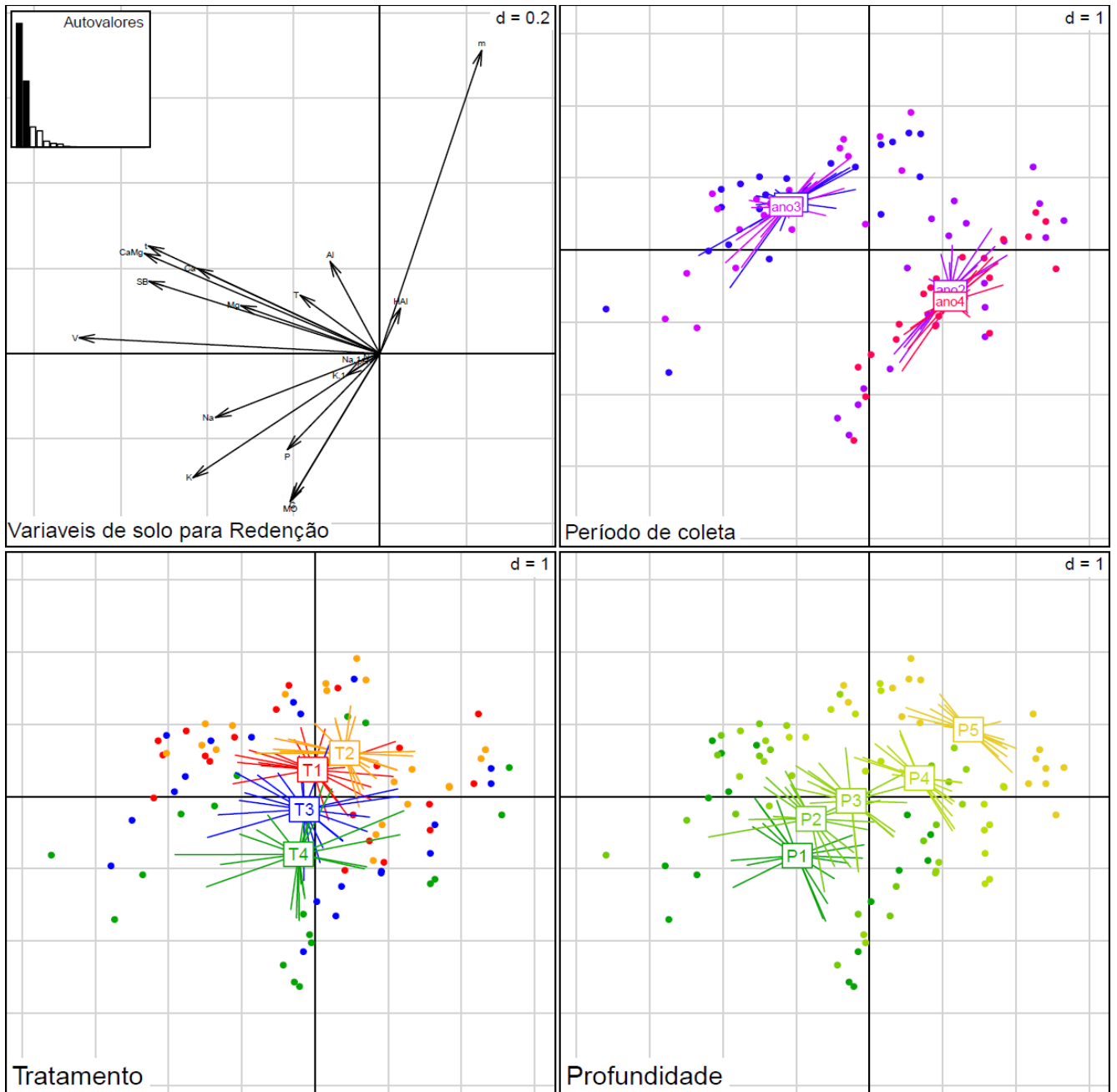


Figura 35: Disposição de planos fatoriais de uma análise multivariada em componente principal I, os escores médios em função dos atributos químicos, dos sistemas e manejo, tratamentos (T1, T2, T3 e T4), período de coleta (anos agrícolas: ano (1, 2, 3 e 4) e profundidades P1, P2, P3, P4 e P5, respectivamente, 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm, orientação dos autovetores obtidos na análise fatorial.

plantio direto, sugerindo provável contribuição destes sistemas para a diferenciação entre estas variáveis.

Em análise geral ($d=1$) (Figura 35), o sistema de plantio direto (T4) demonstrou condições, notadamente, distintas em relação aos tratamentos conduzidos sob preparo convencional (T2, T3 e T1). Observou-se, pela orientação dos auto-vetores que a saturação por alumínio (m%), acidez potencial (H+Al) e o alumínio trocável (Al), sintetizam o efeito preponderante das condições de acidez no solo, principalmente, sobre o sistema de preparo convencional (T2) e (T1) (Figura 35). Por outro lado, os atributos potássio (K), fósforo (P) e matéria orgânica (MO), sintetizam a importância na determinação da diferença entre o plantio direto (T4) dos demais tratamentos (T1, T2 e T3), provavelmente pelos maiores teores destes nutrientes no plantio direto.

Em análise da componente principal I (município de Redenção) no plano fatorial dos escores pela posição dos auto-valores e auto-vetores o efeito preponderante do fósforo (P), potássio (K) e da matéria orgânica (MO), projetam-se sobre o tratamento conduzido sob plantio direto (T4), que sinaliza maiores teores destes nutrientes neste sistema de manejo do solo, e a distinção entre os sistemas de manejo do solo.

Vale ressaltar também a relação direta dos atributos saturação por alumínio (m%) e acidez potencial (H+Al) sobre os sistemas de preparo convencional de monocultivo de soja e milho em Redenção, quando observa-se a projeção vetorial em direção ao monocultivo de soja, indicando maior contribuição de acidez neste tipo de sistema, e projeção contrária ao sistema de plantio direto, indicando melhoria da fertilidade química no solo corroborando com (CANTARELLA e DUARTE, 2008).

De acordo com a colocação nos planos ortogonais, as demais variáveis com efeito significativo e, portanto, integrante da componente principal I, com auto-valores, contribuem também na diferenciação entre o plantio direto e os sistemas de preparo convencionais. Resultados semelhantes ao presente estudo, em que a análise integrada de variáveis determinam diferenciação entre sistemas de manejo do solo avaliados, corroboram diferenças entre sistemas de manejo obtidos em estudos de (ZATORRE et al., 2009).

A análise multivariada do componente principal I (Redenção), (Figura 35) a disposição dos escores médios de atributos químicos do solo ($d=0,2$) em função do período de coleta ($d=1$) (anos 1, 2, 3 e 4) a orientação dos auto-vetores obtidos na análise fatorial, em que 50% da variância é explicada positivamente pelos atributos químicos e 38% para a variabilidade de dados entre os anos agrícolas, evidenciou-se a diferenciação entre os

atributos do solo, quatro os anos agrícolas de cultivo em diferentes sistemas de manejo do solo em Latossolo textura argilosa em Redenção, alguns atributos químicos do solo foram significativamente alterados.

Entre os atributos do plano fatorial e componente I ($d=0,2$), de acordo com as orientações dos autovetores projeta-se sobre variações ligadas diretamente, principalmente ao primeiro e terceiro anos agrícolas, contribuindo para uma relação direta sobre a maioria das variáveis analisadas, o alumínio trocável (Al), saturação por bases (V%), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7 (T) e efetiva (t), potássio (K) e matéria orgânica (MO), porém observa-se uma relação distinta destes dois períodos com a saturação por alumínio (m%). Nos períodos do segundo e quarto anos agrícolas as distinções ocorrem sobre a maioria dos atributos do solo, indicado diminuição dos teores de nutrientes ao longo do tempo de cultivo (Figura 35).

A análise multivariada do componente principal I (Redenção), plano fatorial ($d=0,2$ e $d=1$) (Figura 35), 28% das variações dos autovetores são explicadas em função da profundidade. Observa-se de acordo com a orientação dos auto-vetores obtidos na análise fatorial que a maioria das variáveis analisadas possuem relação direta com as duas primeiras profundidades do solo (P1 e P2) e distinção com a saturação por alumínio, embora a profundidade (P3) estando localizada no centro do plano significa que esta tem relação intermediária, por outro lado, quando analisamos as duas últimas profundidades (P4 e P5) observa-se forte contribuição positiva da saturação por alumínio e acidez potencial, em razão da projeção positiva destas variáveis sob o eixo, podemos interpretá-los como aqueles atributos que aumentam seus teores em profundidade.

4.5.2 Ordenação e análise de atributos químicos do solo do componente principal II (Paragominas).

A análise do componente principal II (CPA II), captou cerca de 82% da variação total dos dados, distribuídos em 67% da variância explicada pelos componentes do eixo principal I e 15% da variância explicada pelos componentes do eixo principal II. Sendo que as variáveis que tiveram comportamento no eixo principal I, com auto-vetores significativos $|\lambda| \geq 0,20$ e orientação positiva foi representado pela variável saturação por alumínio (m%), enquanto que as variáveis de orientações negativas e significativas foram: MO (Matéria orgânica), C (carbono orgânico), P (Fósforo) e K (Potássio) (Tabela 7).

As variáveis que explicam maiores forças de variância de comportamento no eixo principal II e com auto-vetores significativos e orientação positivas foram representadas por: m (saturação por alumínio), P (Fósforo), Al (alumínio trocável) e H+Al (acidez potencial), e as de variação negativa foram representadas por H+Al (acidez potencial) Tabela 7.

A (Figura 36), ilustra a projeção gráfica dos pontos-variável e pontos-observação em planos fatoriais (formado pelos eixos I e II) indicando a interpretação da análise multivariada dos escores e auto-valores do componente principal II (Paragominas) dos atributos químicos do solo para a disposição dos escores médios em função dos sistemas de manejo do solo, tratamentos T1 (plantio convencional sob monocultivo de milho), T2 (plantio convencional sob monocultivo de soja), T3 (plantio convencional sob rotação milho e soja) e T4 (planto direto), anos agrícolas e profundidade de orientação dos auto-vetores obtidos na análise fatorial.

Tabela 7: Auto-valores e autovetores otidos na análise fatorial do componente principal II (Paragominas).

Variáveis	CP II	
	Eixo I	Eixo II
Matéria orgânica	-0.224	0.175
C (carbono orgânico)	-0.218	0.170
pH (Potencial hidrogeniônco)	-0.048	-0.037
N (Nitrogênio)	-0.008	0.001
P (Fósforo)	-0.403	0.601
K (Potássio)	-0.328	0.172
Ca (Cássio)	-0.188	-0.041
Mg (Magnésio)	-0.087	0.028
Al (Alumínio)	0.120	0.206
H+Al (Acidez potencial)	-0.084	-0.263
SB (Soma de bases)	-0.197	-0.012
T (CTC a pH 7,0)	-0.161	-0.153
V (Saturação por bases)	-0.064	0.167
t (CTC efetiva)	-0.141	0.065
m (Saturação de alumínio)	0.606	0.589
Variação (%) cum.	67%	15%

Onde $|\lambda| \geq 0,20$; significância $p=0,001$

Pela análise da disposição de planos fatoriais e análise de componente principal II (Tabela 7 e Figura 36), onde 67% da variância é explicada positivamente pelos atributos

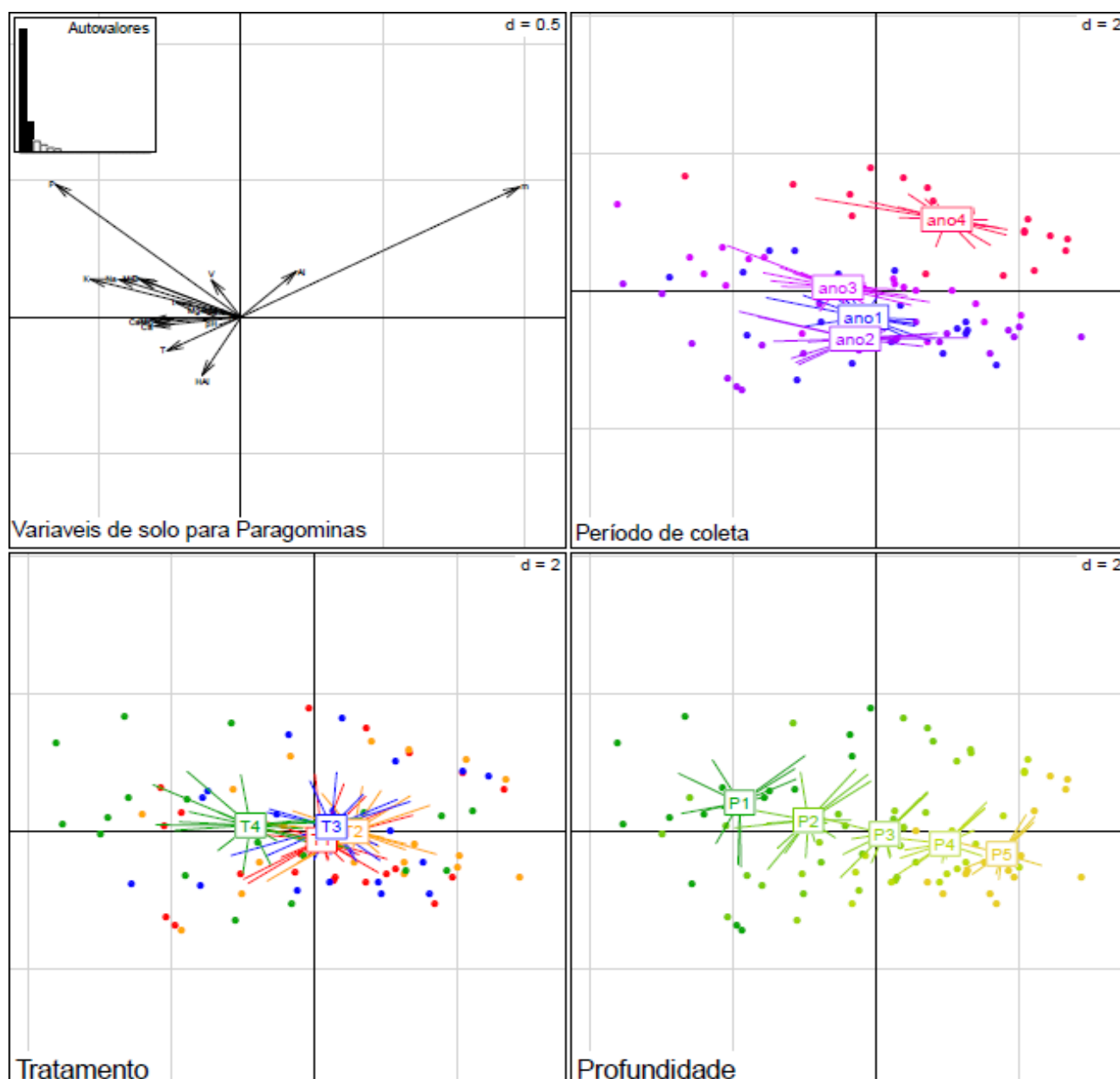


Figura 36: Disposição de planos fatoriais de uma análise multivariada em componente principal II, dos escores médios em função dos atributos químicos, dos sistemas e manejo tratamentos (T1, T2, T3 e T4), período de coleta (anos agrícolas: ano (1, 2, 3 e 4) e profundidades P1, P2, P3, P4 e P5, respectivamente, 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm, orientação dos autovetores obtidos na análise fatorial.

químicos e 10% para a variabilidade de dados entre os sistemas de manejo, evidenciou-se a diferenciação entre os atributos do solo e entre os sistemas de manejo. Entre os atributos do plano fatorial ($d=0,5$), eixo I, de acordo com as orientações dos auto-vetores projeta-se positivamente para o alumínio e a saturação por alumínio (m%) contribuindo para uma elevada diversidade específica entre os atributos do solo, por outro lado, negativamente, potássio (K) e o fósforo (P), MO (Matéria orgânica), Na (sódio), Cálcio e CTC a pH 7, constituem-se das principais variáveis do plano fatorial e componente principal II (Figura 36).

Portanto, de acordo com os resultados do presente estudo os maiores valores para as variáveis com teor de matéria orgânica, CTC, teor de fósforo, soma de bases, percentagem de saturação de bases, potássio, apresentaram a orientação dos autovetores em sentido contrário ao do plantio convencional conduzido sob monocultivo de soja e milho e a favor do sistema de plantio direto, sugerindo provável contribuição destas variáveis para a diferenciação entre estes sistemas. Maiores valores de matéria orgânica, CTC, fósforo, soma de bases, percentagem de saturação por bases e potássio, com orientação de auto-vetores em sentido a favor do plantio direto foram obtidos por (ZATORRE et al., 2009).

No eixo II ($d=0,5$), a saturação por alumínio (m%) positivamente ocorre com maior abundância nas amostras, contribuindo para uma elevada diversidade específica entre outros atributos e relativamente equivalente ao Al (alumínio trocável) em oposição, projeta-se negativamente, acidez potencial (Figura 36). Resultados semelhantes foram obtidos em sistemas de uso do solo pela influência de maiores valores de saturação por alumínio (m%) e Al (alumínio trocável) projetando-se positivamente no plano fatorial (EL-HUSNY, 2010).

Ao analisar o sistema de plantio direto (T4) plano fatorial ($d=2$) demonstrou condições, notadamente, distintas em relação aos tratamentos conduzidos sob preparo convencional (T1, T2 e T3). Observou-se, pela orientação dos auto-vetores que a saturação por alumínio (m%) e o alumínio trocável (Al), plano fatorial ($d=0,5$) sintetizam o efeito preponderante das condições de acidez no solo, principalmente, sobre o sistema de preparo convencional (T2, T3 e T1). Por outro lado, os atributos potássio (K), matéria orgânica (MO), fósforo (P), saturação por alumínio (m%) sintetizam a importância na determinação da diferença entre os tratamentos (T4) quando comparado com (T1, T2 e T3) (Figura 36).

De acordo com os resultados do presente estudo os maiores valores para as variáveis matéria orgânica, CTC, fósforo, soma de bases, percentagem por saturação de bases, potássio, apresentaram a orientação dos auto-vetores em sentido contrário ao do plantio convencional conduzido sob rotação e monocultivo de soja e milho e sentido positivo ao sistema de plantio direto, sugerindo provável contribuição destes sistemas para a diferenciação entre aquelas variáveis.

Na Figura 36, observa-se a projeção vetorial em direção aos sistemas conduzidos sob preparo convencional de rotação e monocultivo de soja e milho em Paragominas, indicando maiores valores e a relação direta dos atributos saturação por alumínio (m%) e acidez potencial (H+Al) e alumínio trocável (Al), esta situação contribui ao comportamento de maior acidez nestes tipos de sistemas, e projeção contrária ao sistema de plantio direto, indicando o

melhor sistema de manejo por permitir bases sustentável pela melhoria da fertilidade química no solo (ANGHINONI, 2006).

Os resultados do presente estudo, em que a análise integrada de variáveis determinam diferenciação entre sistemas de manejo do solo avaliados, corroboram diferenças entre sistemas de uso obtidos em estudos de Melloni et al. (2008), também identificadas mediante análises integrada de variáveis múltiplas de qualidade do solo.

No município de Paragominas, em ambos os planos fatoriais dos escores o efeito preponderante do fósforo (P), potássio (K) e da matéria orgânica (MO) sobre o tratamento conduzido sob plantio direto (T4), pela posição dos auto-valores e auto-vetores o que sinaliza também o que o próprio sistema representa como manejo do solo. Vale ressaltar também a relação direta dos atributos saturação por alumínio (m%) e alumínio trocável (Al), sobre os sistemas de preparo convencional sob monocultivo de soja e milho neste município.

Através da análise multivariada, Melloni et al. (2008), observaram que os maiores valores de variáveis ligadas a fertilidade do solo como o pH, soma de bases, teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e percentagem de saturação de bases da CTC a pH 7, promoveram a separação de sistemas de manejo do solo. Entretanto, a variável matéria orgânica apresentou forte relação ao sistema de manejo conduzido sob plantio direto, posicionando-se em sentido contrário ao monocultivo de soja.

Pela análise do componente principal II (Figura 36 e Tabela 7), onde 24% para a variabilidade de dados entre os anos agrícolas, evidenciou-se a diferenciação entre os atributos do solo (d=0,5 período de coleta de solo) e entre os anos agrícolas (d=2 período de coleta). Após quatro anos agrícolas de cultivo em diferentes sistemas de manejo do solo em Latossolo textura muito argilosa em Paragominas, alguns atributos químicos do solo foram significativamente alterados.

Entre os atributos do componente principal II, plano fatorial (d=2) (Figura 36), de acordo com as orientações dos auto-vetores projeta-se sobre variações ligadas diretamente, principalmente, aos três primeiros anos agrícolas, contribuindo para uma relação direta sobre a maioria das variáveis analisadas, acidez potencial (H+Al), saturação por bases (V%), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7 (T) e efetiva (t), potássio (K) e matéria orgânica (MO) e fósforo (P), porém observa-se uma relação distinta com o último período proporcionado pela saturação por alumínio (m%). Ocorreu relação positiva sobre o alumínio

trocável, bem como uma maior relação com a saturação por alumínio, principalmente, no último ano (Figura 36).

De acordo com a análise múltipla de auto-valores a variação de 47% é explicada em função da profundidade ($d=2$, profundidade). Observa-se de acordo com as orientações dos autovetores obtidos na análise fatorial que a maioria das variáveis analisadas possuem relação direta com as duas primeiras profundidades do solo (P1, P2) e a distinção por parte dos atributos alumínio trocável e saturação por alumínio. A profundidade (P3), no centro do plano fatorial ($d=2$), apresenta características intermediárias, portanto, quando analisamos as últimas profundidades (P4 e P5) observa-se maior contribuição positiva da saturação por alumínio e alumínio trocável, em razão da projeção positiva destas variáveis sobre o eixo, podemos interpretá-los como aquelas variáveis que diminuem a fertilidade do solo e aumentam seus teores em profundidade aumentando a acidez.

4.5.3 Ordenação e análise de atributos químicos do solo do componente principal III, (Comparação de Redenção e Paragominas).

A Figura 37, ilustra a análise multivariada dos escores e autovalores do componente principal III (comparação entre Paragominas e Redenção) da relação da localização, dos atributos químicos do solo para a disposição dos escores médios em função dos sistemas de manejo do solo, tratamentos T1 (plantio convencional sob monocultivo de milho), T2 (plantio convencional sob monocultivo de soja), T3 (plantio convencional sob rotação milho e soja) e T4 (planto direto), anos agrícolas e profundidade, e orientação dos auto-vetores obtidos na análise fatorial.

De acordo com os resultados da análise da disposição de planos fatoriais e análise de componente principal III (Figura 37), onde 13% da variação é explicada pelo local (Paragominas= ■ e Redenção= ●), 23 % para a variabilidade de dados entre os sistemas de manejo, 40% para a variação temporal e 45% para a variação de profundidades. Evidenciou-se a diferenciação entre os atributos do solo, entre os sistemas de manejo, local, variação temporal e profundidade.

Entre os atributos do plano fatorial ($d= 2$), variáveis do solo para Paragominas e Redenção), eixo I, de acordo com as orientações dos auto-vetores projeta-se positivamente para o alumínio e a saturação por alumínio (m%) contribuindo para uma elevada diversidade específica entre os atributos do solo, principalmente, para ambos os municípios, por outro lado, negativamente, potássio (K) e o fósforo (P), MO (Matéria orgânica), Na (sódio), Ca

(Cálcio) e CTC efetiva, V% (saturação por bases), Ca+ Mg (cálcio e magnésio) e Sb (soma de bases), constituem-se das principais variáveis do plano fatorial e componente principal III, principalmente para Paragominas (Figura 37).

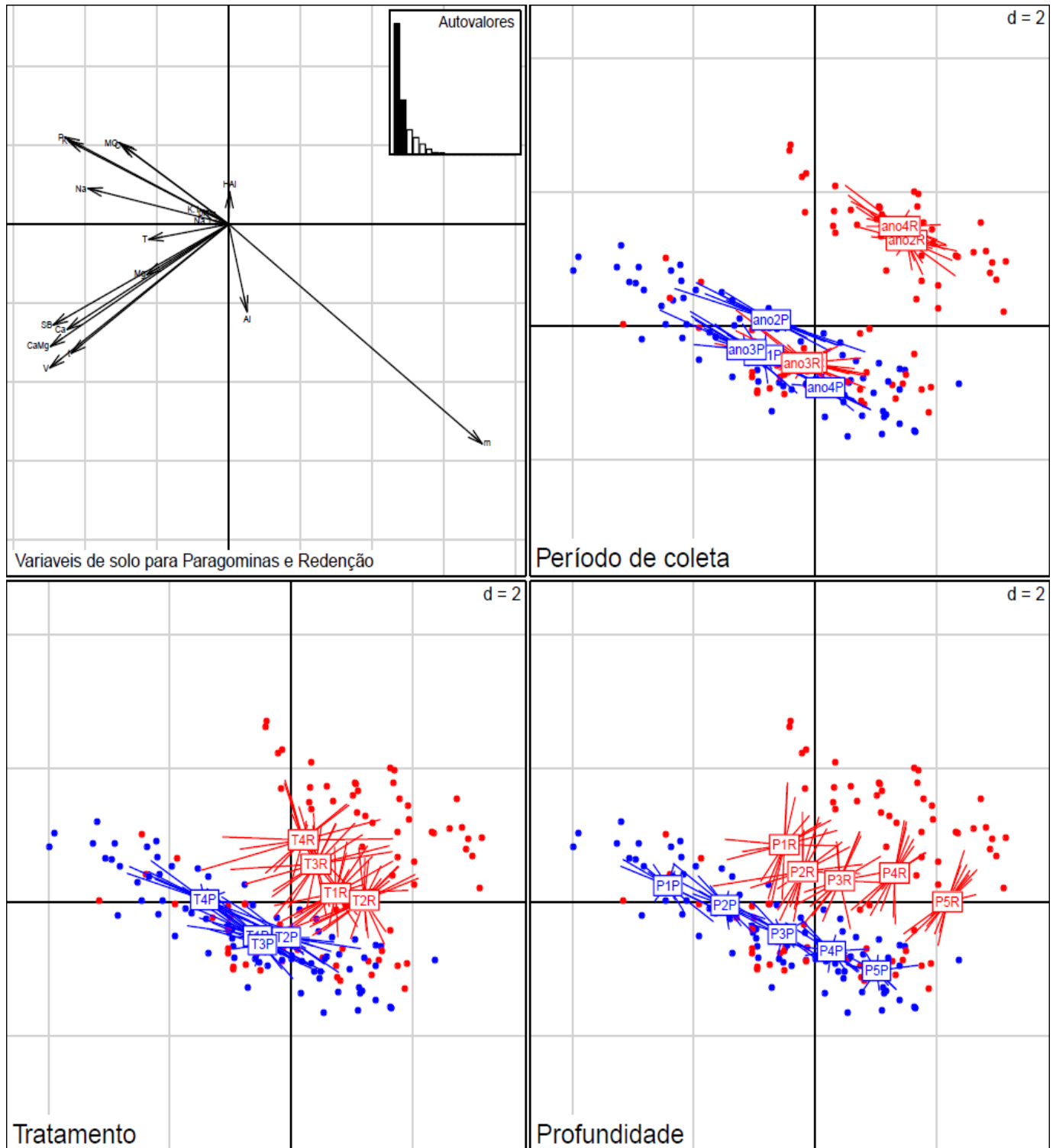


Figura 37: Disposição de planos fatoriais de uma análise multivariada em componente principal III (● = Redenção e ■ = Paragominas), os escores médios em função da comparação dos atributos químicos, dos sistemas e manejo tratamentos (T1, T2, T3 e T4), período de coleta (anos agrícolas: ano 1, 2, 3 e 4) e profundidades P1, P2, P3, P4 e P5, respectivamente, 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm, orientação dos autovetores obtidos na análise fatorial. (p = 0,001).

No eixo II ($d=2$) e (Figura 37), a saturação por alumínio ($m\%$) positivamente ocorre com maior abundância nas amostras, contribuindo para uma elevada diversidade específica entre outros atributos e relativamente equivalente ao Al (alumínio trocável) em oposição, projeta-se negativamente, acidez potencial, principalmente no município de Redenção.

Ao analisar o sistema de plantio direto (tratamento, T4), plano fatorial ($d=2$) demonstrou condições, notadamente, distintas em relação aos tratamentos conduzidos sob preparo convencional (T1, T2 e T3), em ambos os municípios. Observou-se, pela orientação dos auto-vetores que a saturação por alumínio ($m\%$) e o alumínio trocável (Al), plano fatorial ($d=2$) sintetizam o efeito preponderante das condições de acidez no solo, principalmente, sobre os sistemas de preparo convencional (T2, T3 e T1) com relação positiva aos municípios de Redenção e Paragominas. Diferenças de saturação por alumínio ($m\%$) entre sistemas de uso do solo foi também encontrado em trabalho semelhante obtidos por (ZATORRE et al., 2009).

Pela posição dos auto-vetores do componente principal III, sinaliza para Paragominas e tratamento (T4) os maiores teores de atributos potássio (K), fósforo (P), MO (Matéria orgânica), Na (sódio), Ca (Cálcio) e CTC efetiva, V% (saturação por bases), Ca+ Mg (cálcio e magnésio) e Sb (soma de bases), constituem-se das principais variáveis do plano fatorial e sintetizam a importância na determinação da diferença entre o tratamentos (T4) quando comparado com (T1, T2 e T3), bem como entre os municípios (Figura 37). Maiores teores de matéria orgânica, CTC pH 7, diferenciando sistemas de uso do solo foi observado por (EL-HUSNY, 2010).

No município de Paragominas, em ambos os planos fatoriais dos escores o efeito preponderante do fósforo (P), potássio (K) e da matéria orgânica (MO) sobre o tratamento conduzido sob plantio direto (T4), bem como a menor acidez evidenciado pela posição dos auto-valores e auto-vetores o que sinaliza também o melhor sistema de manejo do solo em ambos os municípios. Vale ressaltar também a relação direta dos atributos saturação por alumínio ($m\%$) e alumínio trocável (Al), para o sistema de preparo convencional em monocultivo de soja (T2) em Paragominas e Redenção.

Pela análise do componente principal III (Figura 41), onde 40% para a variabilidade de dados é explicada por ($d=2$, período de coleta) anos agrícolas. Evidenciou-se a diferenciação entre os atributos do solo e entre os anos agrícolas. Após quatro anos agrícolas de cultivo em diferentes sistemas de manejo do solo em Latossolo textura argilosa e muito argilosa em

Redenção e Paragominas, alguns atributos químicos do solo foram significativamente alterados.

Entre os atributos do componente principal III, plano fatorial ($d=2$) (Figura 37), os maiores teores de nutrientes de acordo com as orientações dos auto-vetores projeta-se sobre variações ligadas diretamente, principalmente aos três primeiros anos agrícolas, contribuindo para uma relação direta sobre a maioria das variáveis analisadas, saturação por bases (V%), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7 (T) e efetiva (t), potássio (K) e matéria orgânica (MO) e fósforo (P), porém observa-se uma relação distinta com o último período proporcionado pelos maiores teores de alumínio trocável e saturação por alumínio (m%) em Paragominas. O mesmo comportamento de acidez foi observado em experimento de campo em sistema de integração lavoura pecuária por (EL-HUSNY, 2010).

Ocorreu relação positiva sobre acidez potencial (H+Al), no último ano em Redenção. Portanto, após quatro anos agrícolas a fertilidade química do solo tendeu a reduzir, independente do local aqui estudado, de acordo com a análise múltipla indicou como devemos manejar sistemas com cultivos agrícolas ao longo do tempo, seja em solo argiloso ou muito argiloso. Ao longo de sete anos no sul de Minas Gerais, ocorreu acidificação pelos maiores teores de alumínio em sistemas convencionais de preparo do solo conduzido por soja (FRANCHINI, et al. 2000).

De acordo com análise múltipla de auto-valores a variação de 45% é explicada em função da profundidade ($d=2$, profundidade, Figura 37). Observa-se de acordo com as orientação dos auto-vetores obtidos na análise fatorial que a maioria das variáveis analisadas possuem relação direta com as duas primeiras profundidades do solo (P1, P2) em Paragominas e Redenção e a distinção por parte dos atributos alumínio trocável e saturação por alumínio, em razão da projeção positiva destas variáveis sobre o eixo, podemos interpretá-los como aquelas variáveis que diminuem a fertilidade do solo e decrescem em profundidade. A profundidade (P3), no centro do plano fatorial ($d=2$), apresenta características intermediárias entre os dois municípios, portanto, quando analisamos as últimas profundidades (P4 e P5) observa-se maior contribuição positiva da saturação por alumínio (m) e alumínio trocável (Al), indicando maior acidez nestas camadas em Paragominas e Redenção.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos deste trabalho, permitem concluir que:

1. Em Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa e muito argilosa, nos municípios de Redenção e Paragominas, o sistema de manejo conduzido sob plantio direto proporcionou maiores teores de matéria orgânica no solo, ao longo de quatro anos agrícolas.
2. Em Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa e Latossolo Amarelo textura muito argilosa, o plantio direto proporcionou melhoria na fertilidade química evidenciado pelo aumento dos teores de N, P, K, Mg, Ca, (Sb), (T,) , (V) e (t) durante 4 ans agrícolas.
4. O plantio direto em Latossolo argiloso e muito argiloso reduziu a acidez no solo ao longo de 4 anos agrícolas.
5. O monocultivo de soja proporcionou redução nos teors de N, P, K, Mg, Ca, (Sb), (T,) , (V), (t), tanto em Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa como em Latossolo Amarelo textura muito argilosa, nos municípios de Redenção e Paragominas.
6. No sistema de preparo convencional sob monocultivo de soja em Latossolo argiloso e muito argiloso aumentou a acidez no solo ao longo de 4 anos agrícolas.
7. Os sistemas de manejo diferenciados proporcionaram diferenciações nos atributos químicos ao longo de quatro anos agrícolas.
8. Os sistemas de manejo plantio direto e sistema convencional sob monocultivo de soja e milho promoveram a maior diferenciação nos atributos químicos de alumínio e saturação por alumínio nos município de Paragominas e Redenção.
9. O Latossolo Amarelo textura muito argiloso foi o melhor solo por proporcionar melhoria nos atributos químicos no solo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos maiores avanços no processo produtivo da agricultura brasileira foi à adoção do sistema plantio direto no sul do Brasil, a partir do início da década de 1970. Seu objetivo básico inicial foi controlar a erosão hídrica. O desenvolvimento desse sistema só se tornou possível graças ao trabalho conjugado de agricultores, pesquisadores, fabricantes de sementes, e técnicos interessados em reverter o processo acelerado de degradação do solo e da água verificado em nosso país.

As alterações nos atributos químicos no solo em plantio direto são direta ou indiretamente relacionada ao acúmulo de MO. Em solo em plantio direto, o acúmulo de MO pode ser alcançado pela utilização de sistemas de rotação de culturas, cobertura do solo e ausência de revolvimentos. Mais importante em tudo isto é avaliar criticamente se o solo está sendo manejado de forma a permitir uma adequada conservação e manter sua fertilidade permitindo com que as plantas desenvolvam produzam satisfatoriamente. Diante do exposto, a importância de se estudar duas regiões teve como objetivo avaliar e obter respostas sobre qual o melhor tipo de solo, quais atributos foram de maior potencial e por fim, a região com maior potencial produtivo, mas também levantar informações sobre a importância do plantio direto e suas implicações sobre os principais atributos e produtividade nos dois municípios.

A produção agrícola sob o ponto de vista de uma agricultura sustentável deve buscar práticas de cultivo que reduzam interações negativas no solo e clima e assegure produções crescentes e adequadas, conserve os recursos naturais e o meio ambiente. Embora a produtividade obtida nos municípios estudados foram prejudicadas pela aquisição de maquinários, sementes, época de plantio, dentre outras. No município de Paragominas, a produtividade do milho sob monocultivo foi de (5.704 kg.ha⁻¹), enquanto que no plantio direto (6.551 kg.ha⁻¹) que foi considerada média excelente. A soja em monocultivo (2.402 kg.ha⁻¹) e no plantio direto (3.224 kg.ha⁻¹), portanto, estes resultados foram satisfatórios por ser média superior às obtidas pelos produtores da região. No município de Redenção, a produtividade do milho em monocultivo foi de (2.980 kg.ha⁻¹), enquanto que no plantio direto (4.811 kg.ha⁻¹). A soja em monocultivo (2.500 kg.ha⁻¹) e no plantio direto (3.283 kg.ha⁻¹), por sua vez estas produtividades obtidas, principalmente, no plantio direto foram superiores aquelas obtidas por produtores em áreas adjacentes ao experimento, as quais ficaram em torno de (2.100 kg.ha⁻¹). Estes maiores valores obtidos estão em consonância com a melhoria da fertilidade química,

proporcionada pelos maiores teores de atributos químicos obtidos em Latossolo muito argiloso, principalmente, no sistema de plantio direto.

Esta pesquisa gerada vêm ao encontro das demandas de pesquisadores, produtores, técnicos e estudantes e outros atores locais, retratando a importância deste trabalho. Uma vez que, nos dois municípios estudados observa-se que o plantio direto em relação ao preparo convencional sob monocultivos de milho e soja, com práticas agronômicas adaptadas permitiu a manutenção da capacidade produtiva dos sistemas agrícolas. Portanto, os efeitos benéficos do plantio direto foram muitos, aliados a cobertura do solo pela palhada do milheto, a quantidade e qualidade em matéria orgânica, maiores teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, saturação por bases, capacidade de troca por cátions, além da redução da acidez. Também em sentido positivo está a melhoria de alguns atributos químicos no solo no plantio direto também tem importância sob a maior produtividade das culturas de milho e soja nos municípios de redenção e Paragominas, onde proporcionou maiores produtividades em relação aquelas já praticadas por produtores locais em cada região estudada.

Na Amazônia, os resultados de pesquisa sobre o plantio direto, no que tange a atributos químicos no solo com o tempo de cultivo são preliminares. Alguns produtores tentam adotar a tecnologia, porém não a utilizam na sua essência, abdicando de um ou mais fundamentos do sistema, ou seja, não realizam as correções de fertilidade do solo necessárias no momento antecedente à implantação do sistema, não trabalham na implantação de culturas formadoras de palhadas, dessecando as invasoras de ocorrência natural, não atentam para rotação de culturas, ou ainda não fazem uso de adubações equilibradas, considerando a capacidade de economia destes insumos que o sistema pode admitir. A desobediência aos fundamentos do SPD pode trazer efeitos negativos a produtividade de grãos.

Desta forma, no Estado do Pará, este trabalho proporciona a busca de novas pesquisas que são salutares sobre a ótica do sistema plantio direto que tem na literatura informações incipientes, necessitando de investigação e avaliação quanto a melhor palhada, a correção do solo, adubação, dentre várias outras, constitui-se em um grande desafio para a pesquisa a adoção em substituição à prática de preparo convencional, que deve ser considerada como um investimento na gestão dos recursos naturais e sócio-econômicos, cujos principais impactos são assegurados pela conservação do solo e economia no uso de máquinas e produtos agroquímicos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, R. de N. O. & MORAIS, F. de. Crescimento da soja em solo de pastagem degradada do sudeste paraense em função da calagem e da aplicação de fósforo. **Revista de Ciências Agrárias**. Belém, n. 46, p. 107-115, 2006.

ALTIERI, MIGUEL A.; TOLEDO, VICTOR MANUEL. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. **The Journal of Peasant Studies**, Londres, v. 38, No. 3, July 2011, p. 587–612.

ALTIERI, M. Rumo à uma agricultura sustentável. In: ALTIERI, M. **Agroecologia: bases para uma agricultura sustentável**. Guaíba, Editora Agropecuária, 2002. p. 545-92.

ALTMANN, N. Sistemas de rotação de culturas e seus efeitos ambientais e econômicos no centro-norte do cerrado. In: 5º **Encontro Regional de Plantio Direto no Cerrado: Sustentabilidade Sim!** HERNANI, L.C.; FEDATTO, E. 2001. Dourados-MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 29-30.

ALVES, A., T.J.C.; BAYER,C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade, J.F.O. Variabilidade de algumas características físicas e químicas de solo sob diferentes culturas e manejos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 25., Viçosa, 2003. *Resumos expandidos*, Viçosa Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 1751-1753. 2003.

AMADO, T.J.C.; BAYER,C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. **Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, n. 189-197, 2001.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; HINICHS, R. & BERTONI, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um cambissolo em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.354-367, 2004.

ANGHINONI, IBANOR. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. IN: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG; Sociedade Brasileira de ciência do Solo, 2007. 1017 p.

ANGHINONI, IBANOR. Amostragem do solo, dinâmica da acidez e calagem em plantio direto. IN: FONTOURA, S. M. N; BAYER, C. **Manejo e fertilidade do solo em plantio direto**. Guarapuava-PR, 2006. p. 32-58.

_____. Adubação fosfatada e potássica em plantio direto. IN: FONTOURA, S. M. N.; BAYER, C. **Manejo e fertilidade do solo em plantio direto**. Guarapuava-PR, 2006. p. 87-104.

ANGHINONI, I.; FONSECA, A. .F.; MENDES, J.; CHUERI, W. A. & MANDRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistemas plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.315-327, 2000.

ARAUJO, A. G. de; JUNIOR, R. C.; SIQUEIRA, R. **Mecanização do plantio direto: problemas e soluções**. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, nº 137. 2001.

BAENA, AR.C.; FALESI, I.C. **Avaliação do potencial químico e físico dos solos sob diversos sistemas de uso da terra em santarém, estado do pará**. Belém: Embrapa Amazônia riental, 2001. 32p. (Embrapa Amazônia Orienta. Boletim de Pesquisa, 33).

BANZATO, A.D. & KRONKA, S.N. do. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247p.

BASTOS, T. X.; PACHÊCO, N. A.; FIGUEIREDO, R. de O. SILV, G. de F. da. **Características agroclimáticas do município de paragominas**. Embrapa Amazônia Oriental. Belém-PA. 2005.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. IN: SANTOS, G. de A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. P. 7-18.

BAYER, C. & FONTOURA, S. M. **Manejo e fertilidade do solo em plantio direto**. Paraná, 2007.

_____. Dinâmica do nitrogênio no solo, pré-culturas e manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho, em plantio direto. IN: FONTOURA, S. M. N.; BAYER, C. **Manejo e fertilidade do solo em plantio direto**. Guarapuava-PR, 2006. p. 59-86.

BAYER, C.; BISSANI, C. A. & ANATTA. Química de solo em plantio direto. IN: FONTOURA, S. M. N.; BAYER, C. **Manejo e fertilidade do solo em plantio direto**. Guarapuava-PR, 2006. p. 7-31.

BERNARDI, A. C. de C.; MACHADO, P. L. O. de A.; FREITAS, P. L. de; COELHO, M. R.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P. de; SANTOS, H. G. dos; MADARI, B. E. &

CARVALHO, M. da C. S. **Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. (Embrapa Solos).

BEZERRA, J.E.S. **Influência de sistemas de manejo de solo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um podzólico vermelho-amarelo câmbico distrófico, fase terraço, e sobre a produção de milho (*Zea mays*, L)**. Viçosa Universidade Federal de Viçosa, 2003. 61 p. (Dissertação de Mestrado).

BILIBIO, W. D.; CORREIA, G. F.; BORGES, E. N. Atributos físicos e químicos de um latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista de Ciência Agrotecnológica**. Lavras, v. 34, n. 4, p. 817-822. 2010.

BRASIL, E. C. & CRAVO, M. da S. Intrepretação dos resultados de análise de solo. IN: (Ed. CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Embrapa, Belém-PA, 2007. p. 43-48.

CADAVID, L.F.; EL-SHARKAWY, M.A.; SÁNCHEZ, T. **Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sand soils in northern Colômbia**. Filed Crops Res., 45-56, 1998.

CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.1011-1022, 2002.

CALEGARI, A. & RALICH, R. Uso adequado de plantas de cobertura em rotação de culturas e seus benefícios no sistema de plantio direto. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo-RS, 2007.

CALEGARI, A.; HECKLER, J. C.; SANTOS, H. P. dos; PITOL, C.; FERNANDES, F. M.; HERNANI, L. C. & GAUDÊNCIO, C. de A. Culturas. Sucessões e rotações. In: SALTON, J. C. (Organizador). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa – SPI, 1998. (Embrapa – SPI. Coleção 500 Perguntas 500 Respostas).

CANTARELLA, H. & DUARTE, A. P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. IN: GALVÃO, J.C.C. & MIRANDA, G. V. **Tecnologia de produção do milho: economia, cultivares, biotecnologia, safrinha, adubação, quimização, doenças, plantas daninhas e pragas**. Viçosa-MG, UFV, 2008. P. 139-183.

CARETTA, C. A.; LORENSIN, F.; BRUNETTO, G.; GIROTTO, E.; GATIBONI, L. C.; LOURENEZI, C. R.; TIECHER, T. L.; CONTI, de L.; TRENTIN, G.; MIOTTO A. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 45, n. 6, p. 593-602, jun. 2010.

CARETTA, C. A. Ciclagem de nutrientes como estratégia à maior eficiência no uso dos nutrientes. IN: FONTOURA, S. M. N.; BAYER, C. **Manejo e fertilidade do solo em plantio direto**. Guarapuava-PR, 2006. p. 105-116.

CARVALHO, E. J. M.; MOURÃO JR, M.; FREITAS, L. de S.; SILVEIRA FILHO, A.; SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C. **Dinâmica física do solo em sistema de plantio direto e monocultivo na região do sudeste paraense, II. Cultivo de soja**. XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Fortaleza-CE. 2009.

CARVALHO, J. N. **Conversão do cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no solo e no ambiente**. Piracicaba, 2006. 95 p. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

CARVALHO, E.J.M. **Efeito de sistemas de manejo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um podzólico vermelho-amarelo câmbico distrófico fase terraço e sobre a produção de soja**, 1984. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

CARVALHO, M. da C. S. **Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. (Embrapa Solos).

CASTRO, O. M. de. Degradação do solo pela erosão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, **13**(147) : 64-72, mar. 1987.

CASSOL, E. A.; DERNARDN, J. E.; RAINOL, A. K. **Sistema plantio direto: evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água**. IN: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, V-Tópicos em ciência do solo, Viçosa-MG, p. 497, 2007.

CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J. & CERRI, C. C. Dinâmica da matéria orgânica do solo na Amazônia. IN: SANTOS, G. de A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. P. 325-358.

CERRI, C. E. P.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K.; KILLIAN, K.; COLEMAN, K.; BERNOUX, M.; FALOON, P. & POWLSON, D. **Simulating soc changs in11 land use change chrnosequences from Brasilian Amazon whith century and Rothc models**. Agric. Ecosys. Environ., p. 122-46, 2007.

CERVI, E.V. A revolução da palha. **Revista Plantio direto**, Passo Fundo, n. 73, p. 8-12, 2003.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE & WOBETO. C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 26, p.1055-1064, 2002.

COGO, N.P. **Soil erosion and productivity in brazil**. In: RD ANNUAL MEETING PROGRAM, 83.; Denver. América Fertility Society, 1991. p. 71.

COLLOZI, A. **Sistema plantio direto com qualidade**. IAPA-PR. 2007.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Avaliação da safra agrícola 2003/2004**: levantamento abril/2004. Disponível: <http://www.conab.gov.br/> . Acesso em 15/05/2004.

CONTE, E.; LANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D.S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 925-930, 2002.

CONSTANTINO, L. **Desmatamento na Amazônia cai pelo ano consecutivo**. In: Folha de São Paulo, Caderno Ciências, 2006.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J. & SOUSA, D. M. G. de. Qualidade do solo submetido a sistemas de de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 41, n. 7, jul. 2006.

COSTA, F. **Avaliação do potencial de expansão da soja na Amazônia legal: uma aplicação do modelo de vonthünem**, 2000. 162 p. Dissertação (Mestrado)- ESALQ-USP, Piracicaba, 2000.

CRAVO, M. da S.; FILHO, A. S.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VELOSO, C. A. C. Milho. IN: (Ed. CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Embrapa, Belém-PA, 2007. p. 153-155.

CRAVO, M. da S.; FILHO, A. S.; EL-HUSNY. Soja. IN: (Ed. CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Embrapa, Belém-PA, 2007. p. 155-190.

CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, A. de M.; BORGHI, E.; GUSTAVO, S. A.C.; FERNANDES, D. M. Fertilize distribuion mechanisms and side dress nitrogen fertilizantion in upland Rice under n-tillage sysem. **Magazine Scientia Agricola**. Piracicaba- Brazil. V. 67, n. 5, p. 562-569, Setembrer/Ovtober 2010.

DANARDIN, J. E.; KOCHANN, R. A. **Desafios à caracterização de solo fértil em manejo e conservação do solo e da água**. Passo Fundo, 2007.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. **Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186. 2004.

DE MARIA, I.C.; NNABUDE, P.C.; CASTRO, O.M. **Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical proprieties of a Rholic Ferrasol in southern Brasil**. Soil Till. Res. 71-79, 1999.

DERSCH, R. **A expansão do plantio direto no Brasil e no mundo**. Revista Plantio Direto, SP, p. 1-10. 2007.

DERSCH, R. **A expansão do plantio direto no mundo**. Revista Plantio Direto, SP, p. 1-10. 2004.

DERPSCH, R. Agricultura sustentável. In: SATURNINO, H. M. & LANDERS, J. N. **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: Embrapa-SPI, 1997. p. 29-48.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N. & KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistema de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. TZ-Verag, Rossdorf: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 2000.

DIAS, L. E.; FRANCO, A. A. & AMPELLO, E. F. C. Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas. IN: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG; Sociedade Brasileira de ciência do Solo, 2007. p. 955-990.

DIJKSTRA, F. **Integração agropecuária e plantio direto**. PR-IAPA, 2007.

DIRCEU, G. **O controle biológico e o plantio direto**. Porto Alegre-RS, Ed. Aldeia Norte, 2007.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWARD, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for sustainable environmente**. Madison: Soil Science of América, 1994. P. 3-21. (Soil Science Society Of America. Special Publication, 35).

EL-HUSNY, J. C. **Avaliação de atributos de um Latossolo amarelo, textura muito argilosa, em sistemas de integração lavoura-pecuária no município de Paragominas, Estado do Pará.** Tese (Doutorado em Ciências Agrária) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, 2010.

EL-HUSNY, J. C.; ANDRADE, E. B. de; SOUZA, F. R. S.; SILVEIRA FILHO, A.; ALMEIDA, L. A. de; KLEPKER, D. & MEYER, M. C. **Recomendação de cultivares de soja para a microrregião de Paragominas-Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 6p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 82).

_____; ANDRADE, E. B. de; MEYER, M. C & ALMEIDA, L. A. de. **Cultivares de soja para microrregião de Paragominas, Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1998. 19p.(Embrapa Amazônia Oriental. Circular Técnica, 76).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Manual de métodos de análises do solo.** Rio de Janeiro, 2007.

_____. Harmonia com a natureza. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, p. 12-7, fev. 2003.

_____; ANDRADE, E. B. de; MEYER, M. C; ALMEIDA, L. A. de & MIRANDA, M. A. C. de. **Comportamento de cultivares de soja no sul do Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 22p.(Embrapa Amazônia Oriental. Circular Técnica, 07).

_____. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, Brasília, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (Belém, PA). **Laboratório de climatologia:** normais climatológicas de Paragominas. Belém 1990.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. & SANTOS, F. C. **Potássio.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Eds. NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo, Viçosa-MG, 2007. 1017 p.

ESPINDOLA, C. R. **Transformações da matéria orgânica nos solos tropicais.** In: ESPINDOLA, C. R. Retrospectiva crítica a pedologia: um repasse bibliográfico. Campinas-SP, Ed. UNICAMP, P. 203-2012. 2008.

FAGEIRA, N.K.; STONE, L.F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 42p. (Documento, 92).

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W. et al. **Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.6, p. 1097-1104, 2003. Disponível na World Wide Web: <<http://www.scielo.br/scielo.php>.

FERNANDES, J. M. C. **As doenças das plantas e o sistema plantio direto**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2. 1997. Passo Fundo, RS. Anais. Passo Fundo: EMBRAPA – CNPT, 1997. p. 43–80.

FILHO, C. de A.; CURI, N.; SHINZATO. Relações solo-paisagem no quadrilátero ferrífero em Minas Gerais. **Revista de Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 903-916, ago. 2010.

FONTOURA, S. M. V. **Manejo e fertilidade de solo em plantio direto**. FAPA-PR, 2007.

FRANCHINI, J.C.; HOFFMAN-CAMPO, C. B.; TORRES, E.; MIYZAWA, M.; PAVAN, M.A. Orgânic composition of Green manure during growth and its effects on cation mobilization in the acid Oxisol. **Comm. Soil Sci. Plnt.**, 34:2045-2058. 2007.

FRANCHINI, J.C.; BORKER, C. M.; FERREIRA, M. .M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, 459-467, 2000.

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 533-542, jul./set. 1999.

FERREIRA, D.F. **Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0**. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA. 45., 2000. São carlos. **Anais...** São carlos, 2000.

FREITAS, L. de S. **Efeito de sistemas de manejo sobre as propriedades químicas e físicas do solo no cerrado do sudeste paraense**. 2005. 123 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural da Amazônia- UFRA, Belém, 2005.

FREITAS, P. L. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J. N. (Editor). **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: APDC, 2002. p. 199 – 213.

FREITAS, P. L. de; BLANCANGAUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY; FELLER, C. **Nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, V. 35, n. 1, p. 157-170, jan. 2000.

FREITAS, P.L. GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY; FELLER, C. Matéria orgânica de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 157-170, jan. 2002.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoque de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 425-434, 2002.

FRIEDRICH, G.; MARKER, A. & KANIG, M. Heavy Mineral Surveys in Exploration of Lateritic Terrain In: BUTT, C.R.M. & ZEEGERS, H. (Ed.) **Handbook of exploration geochemistry: regolith exploration geochemistry in tropical and subtropical terrains.** v. 4. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science Publishers B.V. 2006. p. 481-498.

FURLANI, P.R. Tolerância de cultivares de milho ao alumínio. In: **SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”**, 3., Assis, 1995. Resumos. Assis, Instituto Agrônomo de Campinas, p. 71-75, 1995.

GAUDÊNCIO, C. A.; COSTA, J. M.; WOBETO, C.; SILVEIRA, J. M.; OLIVEIRA, M. C. N. & SANDINI, I. E. **Recomendações de rotação de culturas para o Estado do Paraná – 1995/96.** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, sd. np.

GAZETA MERCANTIL. **Estado do Pará: Balanço Anual 1997.** Belém. 1997.

GHINI, R.; PATRICIO, F.R.A.; SOUZA, M.D.; SINIGAGLIA, C.; BARROS, B.C.; LOPES, M.E.B.M.; TESSARIOLI NETO, J.; CANTARELLA, H. Efeito da solarização sobre propriedades físicas, químicas e biológicas de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**; v. 27, p. 71-79. 2003.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 1097-1104, 2004.

GOEDERTE, W. J. & OLIVEIRA, S. A. de. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. IN: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo.** Viçosa-MG; Sociedade Brasileira de ciência do Solo, 2007. p. 991-1017.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Livraria Nobel, 1987. 467p.

GUEDES, E. M. S. **Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo argiloso e produção de soja em sistemas de manejo, no Município de Paragominas/PA**. Belém, 2009. 75f.:il. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2009.

HAAS, F.D. **Aspectos básicos de fertilidade sobre plantio direto**. IN: REVISTA PLANTIO DIRETO: Fertilidade do solo em plantio direto: resumos de palestras do III curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo em plantio direto, ed. Aldeia Norte, Passo Fundo-RS, p. 19-31. 1999.

HARIDASAN, M. **Solos de matas de galeria e nutrição mineral de espécies arbóreas em condições naturais**. Planaltina, DF, 1998. IN: Cerrado: mata de galeria. RIBEIRO, J.F. Planaltina-DF, 1998.

HELYAR, K. **Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazos**. Potafos: Informações Agronômicas, n.104, p.1-12, 2003.

HOMMA, A. K. O. **A expansão da soja na Amazônia: a repetição do modelo da pecuária?** In: SEMINÁRIO GEOPOLÍTICA DA SOJA NA AMAZÔNIA, 18 a 19/12/2003, BELÉM, PA. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/ Museu "Emílio Goeldi, 2003. 8p.

HOMMA, A.K.O. e CARVALHO. R.A. **A expansão do monocultivo da soja na Amazônia: início de um novo ciclo e as conseqüências ambientais**. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, II. São Paulo, nov. 1999. 8 p.

HURTADO, S. M. C.; RESENDE, A. V. de; SILVA, C. A.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 300-309, mar. 2009.

IGNACY SACHS. **Critérios de sustentabilidade: a questão alimentar e o ecodesenvolvimento**. São Paulo. Nobel; FUNDAP, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento de área territorial de Redenção e Paragominas**. 2010.

_____. **Censo Agropecuário Pará 1995-1996.** 1997.

_____. **Levantamento sistemático da produção agrícola.** Maio/2004.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. **Applied Multivariate Statistical Analysis.** 5th Edition. Prentice Hall. New York. 2001. 769 p.

JONES, J.N.; MOODY, J.E.; SHEAR, G.M. et al. The no-tillage system for com (*Zea mays* L.). **Agronomy Journal**, v. 60, p. 17-20, 1968.

KARLEN D. L., ANDREWS, S. S. AND WIENHOLD, B. J. **Qualidade da Fertilidade do Solo e da Saúde - Contexto Histórico Status e Perspectivas.** Danish Institute of Agricultural Sciences Research Centre Foulum Tjele Denmark, CABI Publishing is a division of CAB International. Massachusetts –USA. 2004. 345 p.

KATO, M. do S. A.; KATO, O. R.; JESUS, C. C. de & RENDEIRO, A. C. **Genótipos de milho para plantio em sistema de corte e trituração.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 4p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 65).

KATO, O. R.; KATO, M. do S. A.; JESUS, C. C. de & RENDEIRO, A. C. **Época de preparo de área e plantio de milho no sistema de corte e trituração no município de Igarapé-Açu, Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 3p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 64).

KOCHHANN, R. A. **Avaliação da eficiência da adubação fosfatada em plantio direto.** Passo fundo, Embrapa-CNPT. 1999. 390 p.

KOTSGHI, J.; ADELHELM, M. **Development and introduction of selfsustaning agricultural practces in tropical smallholder farns.** In: PROCEEDINGS of the 5th IFOAM Conference, University of Kassel, FRG. 1997.

KURIHARA, C. H.; FABRÍCIO, A. C.; PITOL, C.; SAUT, L. A.; KICHEL, A. N.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. & WIETHOLTER, S. Adubação. In: SALTON, J. C. (Organizador). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília: Embrapa – SPI, 1998. (Embrapa – SPI. Coleção 500 Perguntas 500 Respostas).

LANDERS, J. N. & FREITAS, P. L. Preservação da vegetação nativa nos trópicos brasileiros por incentivos econômicos aos sistemas de integração lavoura x pecuária com plantio direto.

In: SIMPÓSIO SOBRE ECONOMIA E ECOLOGIA, 2002, Belém, PA. **Anais...** Belém, 2002. p. X – XX.

LANDERS, J.N. **A solução em palhada para o plantio direto**, Brasília: APDC, 2005.

LEITE, L. F. C. & MENDONÇA, E. de SÁ. **Perspectivas e limitações da modelagem da dinâmica da matéria orgânica dos solos tropicais**. IN: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, Tópicos em ciência do solo, Viçosa-MG, v. 5, p. 181-218, 2007.

LEITE, L. F. C. & MENDONÇA, E. S. & MACHADO, P. I. O. A. Simulação pelo modelo da dinâmica da matéria orgânica de um argissolo sob adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de ciência do Solo**. Viçosa-Minas Gerais, v. 28, n. 2, p. 347-358, 2004.

LITTELL, R. C.; MILIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R.; SCHABENBERBER, P. D. **SAS System for Mixed Models**. 2nd Edition. SAS Publishing. 840p. 2006.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. IN: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG; Sociedade Brasileira de ciência do Solo, 2007. p. 1-64.

LOPES, A. de M. & SILVEIRA FILHO, A. **Bonança**: cultivar de arroz de sequeiro recomendada para a região nordeste do Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 4p.(Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 72).

LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo, ANDA/POTAFOS. 1989. 153 p.

LOPES, A.S.; GUIDOLIN, J.A. **Interpretação de análise de solo: conceitos e aplicações**. São Paulo: ANDA, 1992.

LOPES, A.S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G. et al. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. ANDA, São Paulo, 2003. 115 p.

LOPES, O. M. N. & CELESTINO FILHO, P. **Plantio direto de feijão phaseolus sobre palhada da leguminosa guandu na agricultura familiar da Transamazônica**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 4p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 81).

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

MANLY, B. J. F. **Métodos Estatísticos Multivariados: Uma introdução**. Bookman, Porto Alegre. 2008.

MARIA, L. de S.S. **Sistema de amostragem do solo e avaliação da disponibilidade de fósforo na fase de implantação do plantio direto**, Piracicaba: ESALQ, 2003. 111 p. Dissertação (Mestrado)- ESALQ, Piracicaba, 2003.

MARQUES, S. R.; MARINHO WEILL, M. de A.; SILVA, L. F. S. de. Qualidade física de um latossolo vermelho, perdas por erosão e desenvolvimento do milho dois sistemas de manejo. **Revista de Ciência Agrotecnológica**. Lavras, v. 34, n. 4, p. 967-974. 2010.

MARQUES, J.J.G.S.M.; CURI, N. ; SCHULZE, D.G. Trace elements in cerrado soils. IN: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, **II-Tópicos em ciência do solo**, Viçosa-MG, p. 103-142, 2002.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P. M.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA, F. B. M. Avaliação d qualidade do solos sob diferentes sistemas de cobertura florestais e de pastagens no sul de Mina Gerais. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2461-2470, 2008.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. IN: SANTOS, G. de A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. P. 1-5.

MIYASAWA, M.; CHIERRICE, G. O.; PAVAN, M. A. Amenização da toxidez de alumínio às raízes do trigo pela complexação com ácidos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 16; p. 209–215, 1992.

MONTESANO, Z. F. **Aplicação de doses de calcário em área de rotação soja-milho em plantio direto no cerrado para fins de definição de doses variadas**. Piracicaba. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2009.

MORAIS SÁ, J.C. de. **Impacto do aumento da matéria orgânica do solo em atributos da fertilidade no sistema plantio direto**. IN: HERNANI, L.C.; FEDATTO, E. Encontro Regional de Plantio Direto no Cerrado, 5.1.; Dourados-MS, 2001. Anais... Dourados-MS, Embrapa Agropecuária Oeste, p. 35-43. 2001.

MOURA FILHO, W. **Métodos de campo e de laboratório, levantamento física do solo**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1981. 26p.

MOURÃO JR, M.; CARVALHO, E. J. M.; FREITAS, L. de S.; SILVEIRA FILHO, A.; SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C. **Dinâmica física do solo em sistema de plantio direto e monocultivo na região do sudeste paraense, III. Cultivo de arroz.** XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Fortaleza-CE. 2009.

MOURA, A.A.B. de. **Efeito de sistemas de manejo na cultura do milho (Zea mays, L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas de um podzólico vermelho-amarelo câmbico distrófico fase terraço.** Viçosa Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1981, 94 p. (Dissertação de Mestrado).

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2 ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

MUZILLI, O. **Manejo do solo em sistema plantio direto.** Londrina-IAPAR, 2006.

_____. **Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, p. 95-102, 1983.

_____. **Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no Estado do Paraná.** Piracicaba: Potafos, 2005.

NOVAIS, R. F.; JOT SMYTH, & NUNES, F, N. Fósforo. IN: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Viçosa-MG, 2007. **Fertilidade do solo**, 1017 p. (Ed. NOVAIS, R. F.; ALVAREZ. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTI, R. B. & NEVES, J. C. L.) Viçosa-MG, p. 471-550. Viçosa-MG, 2007, 1017 p.

NOVAIS, R. F. & MELLO, J. W. V. de. Relação solo-planta. IN: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Viçosa-MG, 2007. **Fertilidade do solo**, 1017 p. (Ed. NOVAIS, R. F.; ALVAREZ. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTI, R. B. & NEVES, J. C. L.) Viçosa-MG, p. 393-486, 2002. Viçosa-MG, 2007, 1017 p.

OLIBONE, D. & ROSOLEM, C. A. Phosphate fertilization and phsporus forms in na oxisol under no-till. **Magazine Scientia Agricola.** Piracicaba- Brazil. V. 67, n. 4, p. 465-571, July/agust 2010.

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F. ; ALVAREZ, V.V.H. ; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. **Fertilidade do solo no sistema plantio direto.** IN: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, II-Tópicos em ciência do solo, Viçosa-MG, p. 393-486, 2002.

OLIVEIRA, L. B. & PAULA, J. L. **Contribuição da física do solo aos estudos sobre manejo e conservação do solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA – SNLCS, 1983. 23p. (EMBRAPA – SNLCS. Documentos, 6).

OLIVEIRA, R.F. de; GALVÃO, E.U.P. **Alterações da fertilidade do solo cultivado com milho e caupi submetido à calagem e adubação química, em Irituia-PA.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 26 p.

PAULETTI, V. **A importância da palha e da atividade biológica na fertilidade do solo em plantio direto.** In: curso sobre aspectos de fertilidade e microbiologia do solo em plantio direto, 3., Passo Fundo, 1999. In: Passo Fundo (s.n.t.) 1999. p.56-66.

PAPENDICK, R.I. No-tillage impacts on soils. Twent years of experience. In: CONGRESSO NACIONAL DE SIEMBRA DIRECTA, 4., 1996, Villa Giardino, Gordoba. **Anales...**, p. 59-86, 1996.

PAVAN, M.A. **Lições de fertilidade do solo,** Londrina: IAPAR, 1997. 47 p.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v. 45, n. 5, p. 508-514, maio 2010.

PEREIRA, M. H. **O meio ambiente e o plantio: a segunda revolução verde.** Goiânia: 1997. p. 25-28.

PEREZ, K.S.S.; RAMOS, M.L.G.; McMANUS. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos cerrados, **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 39, n. 6, p. 567-573, jun. 2004.

PIRES, F.R.; SOUSA, C. M.; QUEIROZ, D. M.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C. Alteração de atributos químicos do solo e estado nutricional e características agrônômicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo,** Viçoso–MG, v. 27; n. 1, p. 121–131, 2003

PLATAFORMA PLANTIO DIRETO. **Introdução e histórico.** Disponível: <http://www.embrapa.br/plantiodireto/> . Acesso em : 20/07/2004.

PHILLIPS, S.H. Introduction to no-tillage. In: PHILLIPS, R.E.; PHILLIPS, S.H. (Ed). **No-tillage agriculture: principles and practices.** New York: Was Nostrand Reinhold Company, 1984. p. 1-9.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 550p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potafós, 1991. 343p.

RAMOS, M. Sistema de preparo mínimo do solo. In: **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p.369-77.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A.B.; FIGUEIREDO, C. C. & ZINN, Y. L. Dinâmica da matéria orgânica no cerrado. IN: SANTOS, G. de A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. P. 359-418.

REICHERT, J. M.; KAISER, D. R.; REINERT, D, J.; RIQUELME, U. F. B. Variação temporal de propriedade físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 44, n. 3, p. 310-319, mar. 2009.

REINHEIMER, E.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solos arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 713-722, 1999.

RICHARDS, I. A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C.A. (Ed). **Methods of soil analysis. Part 1**. Madison: American Society of, Agronomy, 1965. 770 p. (Agronomia, 9).

RODRIGUES, T. E.; SILVA, J. M. L. da; GAMA, J. R. N. F.; VALENTE, M. A. & OLIVEIRA JUNIOR, R. C.de. **Avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 20p.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, R.das C.; SILVA, J. M. L. da; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.de; GAMA, J. R. N. F. & VALENTE, M. A. **Caracterização e avaliação da potencialidade dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 39p.

SÁ, J. C. de M. **Plantio direto: transformações e benefícios ao agroecossistema**, In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. Anais...Castro: Fundação ABC, 1995. p. 9-20.

SAGRI – SECRETARIA EXECUTIVA DE AGRICULTURA DO ESTADO DO PARÁ. ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO DA SAGRI **Cresce o cultivo de soja em Santana do Araguaia**. Disponível: <http://www.sagri.pa.gov.br/> Acesso em 21/07/2004.

SAGRI - SECRETARIA EXECUTIVA DE AGRICULTURA DO ESTADO DO PARÁ. **Previsão de safra 2010/2011**. Disponível: <http://www.sagri.pa.gov.br/> Acesso em 20/12/2010.

SAGRI - SECRETARIA EXECUTIVA DE AGRICULTURA DO ESTADO DO PARÁ. **Previsão de safra 2003/04**. Disponível: <http://www.sagri.pa.gov.br/> Acesso em 20/07/2004.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C. & FONTES, C. Z. **Sistema de plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa – SPI, 1998. 248p.

SANCHEZ, P.A.; LOGAN, T.J. Myths and Science About The Chemistry And Fertility of soils in tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P.A., ed. **Myths and science of soils of the tropics**. Madison: Soil Science Society of América/American Society of Agronomy, p. 35-46. 1992, p. 35-46, (Special Publication, 29).

SANCHEZ, P.A. **Properties and management of soils in the tropics**. New York: Wiley, 1986.

_____. **Suelos del trópico: características y manejo**. San José: IICA, 1981. p. 634. (Libros y Materiales Educativos, 48).

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. de O. & BEZERRA, H. S. **Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no cerrado brasileiro**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 21p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 3).

SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. **O meio ambiente e o plantio direto no cerrado**, Goiânia: APDC, 2002, p. 13-23.

_____. **Rotação de culturas: plantio direto e convencional**. São Paulo: Embrapa, 1997.

SÉGUY, L. & BOUZINAC, S. Alternativas para formação de palhadas conseqüências agrônomicas e técnico-econômicas. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 7º, 2003, CUIABÁ, MT. **Anais...**Cuiabá: Editora da Universidade Federal do Mato Grosso, 2003. p. 11-20.

SEMAIC – SECRETARIA MUNICIPAL DE AGRICULTURA, INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PARAGOMINAS. **Desafios da agropecuária numa perspectiva de futuro para Paragominas**. Paragominas: SEMAIC, 2010.

SENA, M.M.; FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J.; TOKESHI, H.; POPPI, R.J. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 67, n. 2, p. 171-181, 2002.

SIDIRAS, N.; PAVAN, N. A. Influência do sistema de manejo na temperatura do solo no nível. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, n. 3, p. 181-184, 1986.

SILVA, I. R. da. & SÁ MENDONÇA, E. de. Matéria orgânica do solo. IN: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG; Sociedade Brasileira de ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SILVA, E.C. da ; BUZETTI, S. **Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho (Zea mays L.) no sistema de plantio direto em solo de cerrado**. In: Reunião Brasileira de fertilidade do Solo e Nutrição de plantas, 24, 2001. (Fertibio 2001), Santa Maria, RS. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2001, 3 p.

SILVA, F. C. da. (Organizador). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

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 do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18 p.541.- 47, 1994.

SILVEIRA FILHO. A.; CARVALHO, E. M. de; EL-HUSNY, J. C; SOUZA, F. R. S. de & ANDRADE, E. B. de. Adaptação e avaliação do sistema de plantio direto na região nordeste do Estado do Pará. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 23.,2001, LONDRINA, PR. **Resumos ...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p.166 (Embrapa Soja. Documentos, 157).

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 25, p. 387-394, 2001.

SOUZA, D. M. G. & LOBATO, E. (Editores). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 416p.

SOUZA, F. R. S. de; CORRÊA, L. A.; VELOSO, C. A. C.; ANDRADE, E. B. de; EL-HUSNY, J. C.; SILVEIRA FILHO, A.; CORRÊA, J. R. V.; RIBEIRO, P. H. E. & RAMALHO, A. R. **Avaliação de cultivares de milho nas regiões nordeste e oeste do Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 5p.(Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 77).

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 27; n. 1, p. 133-139. 2003.

SPEHAR, C. R. & SOUZA, P. I. M. **Sustainable crpping systems in the Brazilian Cerrados.** Rome: FAO Integrated Crop Management, 1996. 25p. (FAO. Technical Series).

TEXEIRA, L. B. & OLIVEIRA, R. F. de. **Balanco de nutrientes em capoeira, agroecossistemas e pastagens no nordeste do Pará.** Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 24p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 10).

TORRES, E.; NEUMAIER, N. & GARCIA, A. Resposta da soja à compactação do solo. In: Embrapa. Centro Nacional de pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1987/1988.** Londrina, 1988. p.291-2 (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 36).

TRINDADE, E. F. da S.. **Atributos físicos-hídricos e matéria orgânica do solo em função de sistemas de uso e manejo da vegetação secundário.** Belém/PA, 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

TROEH, F. & THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo.** Ed. LTDA, São Paulo, 2007. 720 p.

VEIGA, J. B. da. Associação de culturas de subsistência com forrageiras na renovação de pastagens degradadas em área de floresta. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, I, Belém, 1986. **Anais** EMBRAPA-CPATU, 1986. vol. V – Pastagem e produção animal. P. 175-81.

VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P.; ANDRADE, M. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 39, p. 3066-3080. 2007.

VENTURIM, R. T.; BAHIA, V. G. Considerações sobre os principais solos de Minas Gerais e sua susceptibilidade à erosão. **Informe Agropecuário**, BH-MG, v. 19, n. 191, p. 7-9, 1998.

VIEIRA, L. S. & VIEIRA, M.de N. F. **Manual de morfologia e classificação de solos.** Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1991. 580 p.

VIEIRA, M. J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. p.19-32.

VOSS, M. & SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.7, p.775 – 82, 1985.

WIENHÖLTER, S. **Comportamento de macro e micronutrientes no solo em sistema plantio direto**. IN: HERNANI, L.C.; FEDATTO, E. 5º Encontro Regional de Plantio Direto no Cerrado, 1.; Dourados-MS, 2001. Anais. Dourados-MS, Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 113-114.

VALENTIN, J.L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 2000. 117 p.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; CARVALHO-ZANÃO, M. P.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um latossolo em sistema de plantio direto. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 57, n. 3, p. 429-438, mai/jun. 2010.

ZATORRE, N. P; TEXEIRA, R. O.; FELICIO, N. C.; FRANÇA, A. F. WADT, P. G. S.; BERBARA, R. SANTOS, G. Influência das modificações da cobertura em algumas propriedades de solo do Acre. Porto Alegre. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 2545-2549, 2009.

8 ANEXOS

Anexo 1: Produtividade das culturas de milho e soja ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), para os sistemas de manejo, referentes aos anos agrícolas 2001 e 2002, no município de Redenção- PA.

Anos agrícolas	REDENÇÃO			
	Tratamentos			
	PC/mon. mil.	PC/mon. soj.	PC/rot. mil/soj	PD/mil/soja
Kg.ha ⁻¹			
2001	2.980	3518	2.868	4.811
2002	2.500	3.208	3.196	3.283

PD/mil/soja (sistemas de manejo sob plantio direto milheto/milho/soja), PC/rot. mil/soj (plantio convencional em rotação de milho/soja), PC/mon. soj. (plantio convencional em monocultivo de soja) e PC/mon. mil (plantio convencional em monocultivo de milho), no município de Redenção-PA.

Anexo 2: Produtividade das culturas de milho e soja ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), para os sistemas de manejo, referentes aos anos agrícolas 2001 e 2002, no município Paragominas-PA.

Anos agrícolas	PARAGOMINAS			
	Tratamentos			
	PC/mon. mil.	PC/mon. soj.	PC/rot. mil/soj	PD/mil/soja
Kg.ha ⁻¹			
2001	5.704	2.402	5.221	6.551
2002	5.063	2.919	2.907	3.224

PD/mil/soja (sistemas de manejo sob plantio direto milheto/milho/soja), PC/rot. mil/soj (plantio convencional em rotação de milho/soja), PC/mon. soj. (plantio convencional em monocultivo de soja) e PC/mon. mil (plantio convencional em monocultivo de milho), no município de Paragominas -PA.