

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

VALMIR JOSÉ ZUFFO

Magister Scientiae

**EFEITOS DE DIFERENTES PREPAROS NOS
ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E NO DESEMPENHO
PRODUTIVO DO MAMOEIRO TAINUNG 01**

**SÃO MATEUS – ES
2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

VALMIR JOSÉ ZUFFO

Magister Scientiae

**EFEITOS DE DIFERENTES PREPAROS NOS
ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E NO DESEMPENHO
PRODUTIVO DO MAMOEIRO TAINUNG 01**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires

**SÃO MATEUS – ES
2012**

EFEITOS DE DIFERENTES PREPAROS NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E NO DESEMPENHO PRODUTIVO DO MAMOEIRO TAINUNG 01

VALMIR JOSÉ ZUFFO

Magister Scientiae

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada: 20 de abril de 2012

Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima
Universidade Federal do Espírito Santo
CCA

Prof. Dr. Robson Bonomo
Universidade Federal do Espírito Santo
CEUNES

Prof. Dr. Edilson Romais Schmildt
Universidade Federal do Espírito Santo
CEUNES
(Co-orientador)

Prof. Dr. Edney Leandro da Vitoria
Universidade Federal do Espírito Santo
CEUNES
(Co-orientador)

Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires
Universidade Federal do Espírito Santo
CEUNES
Orientador

Aos meus pais, responsáveis por tudo que sou.
À minha esposa Denise e filhos Renan e Rafael, com muito orgulho.

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, pertencente a Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade concedida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires, pelo incentivo constante e fé em mim depositada.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, pelos conhecimentos transmitidos no cumprimento do papel de verdadeiros mestres. Em especial ao prof. Edney Leandro da Vitória pela ajuda no desenho do experimento.

Aos alunos e companheiros do curso, pela adorável e sadia convivência.

À família de D. Nedina de Menezes Ferrete, em especial a seu filho e futuro colega de profissão, Edimar Ferrete, pela disponibilidade da área experimental e de todo suporte operacional necessário.

Ao Sr. Ismael Orletti e família, proprietários da Jisa Fertilizantes, pelo provimento do transporte, mão de obra, mudas, defensivos e fertilizantes.

À Fertilizantes Heringer e Yara Fertilizantes, pelas análises laboratoriais.

À Iharabras, pela doação dos tensiômetros.

À Projetera – Topografia, pela locação do experimento.

À LC – Comércio Agrícola, pela doação de parte dos fertilizantes.

À Provaso – Fertilizantes Orgânicos, pela doação do fertilizante de plantio.

A Associação dos Pequenos e Médios Produtores do km 20, de Boa Esperança, pelo empréstimo do trator e implementos utilizados.

Ao Sr. Jadir Seibert, pelo empréstimo dos implementos.

Aos acadêmicos do CEUNES, Gleison Oliosí, Ciro Wand-Del-Rey de Oliveira, Donaldo Galvão Crema, Ademar Celin Filho e Eduardo Oliveira de Jesus Santos, pela inestimável ajuda no campo ou no laboratório.

A Helder Ivo Pandolfi Marques, técnico do laboratório de solos do CEUNES, pela ajuda nos momentos difíceis.

BIOGRAFIA

Valmir José Zuffo, nascido em Porto Ferreira, estado de São Paulo, em 6 de maio de 1965, filho de José Zuffo e Helena Baccarin Zuffo. Casado com Denise Nardin Zuffo e pai de Renan Nardin Zuffo e Rafael Nardin Zuffo.

Cursou o ensino fundamental no Grupo Escolar “Sud Menucci”, em Porto Ferreira, parte do ensino médio no Instituto Estadual de Educação de 1º e 2º graus Pirassununga (IEEP) e parte no Colégio John Kennedy, em Pirassununga-SP.

No ano de 1983 ingressou na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba-SP, onde obteve o título de Engenheiro Agrônomo em 1987.

Trabalhou na Sementes Selecta em Goiatuba-GO até 1990, nas áreas de inspeção de campos de produção, análise e beneficiamento de sementes de soja, arroz, feijão e milho.

No ano de 1990 mudou-se para Pinheiros-ES onde trabalhou com planejamento e produção na agricultura irrigada.

No ano de 1999 obteve o título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos para Sustentabilidade de Projetos Hidroagrícolas, pela Universidade Federal de Viçosa.

Ingressou, no ano de 2010, no Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical – PPGAT, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), na área de Manejo e Conservação de Solos, concluindo em 2012.

Atualmente dedica-se a consultoria empresarial nas áreas de planejamento e produção agropecuária.

SUMÁRIO

RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 O preparo dos solos.....	4
2.2 Relação entre uso e preparo e atributos físicos.....	5
2.3 Os solos dos Tabuleiros Costeiros.....	6
2.4 Resistência do solo à penetração.....	7
2.5 Agregação em solos.....	8
2.6 Densidade do solo.....	9
2.7 Porosidade do solo.....	10
2.8 Efeito do manejo do solo nos atributos físicos e produtividade das culturas.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	17
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	21
3.3 Condução do experimento e manejo da cultura.....	25
3.4 Avaliações.....	27
3.5 Análise estatística.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5. CONCLUSÕES.....	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Análise química do solo antes da instalação do experimento.....	19
Tabela 2.	Análise textural do solo antes da instalação do experimento.....	19
Tabela 3.	Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e relação macroporosidade/microporosidade antes da instalação do experimento.....	20
Tabela 4.	Resistência do solo à penetração e umidade do solo antes da instalação do experimento.....	20
Tabela 5.	Diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico antes da instalação do experimento.....	21
Tabela 6.	Fertilizantes utilizados, épocas de aplicação e quantidade de nutrientes.....	25
Tabela 7.	Variáveis meteorológicas registradas durante o período experimental.....	27
Tabela 8.	Umidade do solo durante as determinações de resistência à penetração com o penetrógrafo.....	30
Tabela 9.	Densidade do solo 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (sentido transversal à linha de plantio).....	36
Tabela 10.	Macroporosidade 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (sentido transversal à linha de plantio).....	38
Tabela 11.	Microporosidade 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (sentido transversal à linha de plantio).....	39
Tabela 12.	Relação macroporosidade/microporosidade 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (sentido transversal à linha de plantio).....	40
Tabela 13.	Diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico 135 dias após aplicação dos tratamentos. Vinte ou 40: profundidade (cm). Distância de 0,25 m da planta no sentido transversal à linha de plantio.....	41
Tabela 14.	Altura de plantas (AP) e diâmetro de tronco (DT) aos 116 dias após transplantio.....	42

Tabela 15.	Altura de plantas (AP) e diâmetro de tronco (DT) aos 194 dias após transplântio.....	43
Tabela 16.	Altura de inserção do primeiro fruto (AIPF) e sexo das plantas (S – porcentagem de plantas hermafroditas) aos 210 dias após transplântio.....	44
Tabela 17.	Teores foliares de macronutrientes aos 197 dias após transplântio.....	44
Tabela 18.	Teores foliares de micronutrientes aos 197 dias após transplântio..	45
Tabela 19.	Número de frutos por planta 260 dias após plantio. NTF = número total de frutos por planta; NFC = número de frutos comerciais; NFNC = número de frutos não comerciais.....	47
Tabela 20.	Resumo da análise de variância para densidade do solo 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (sentido transversal à linha de plantio).....	61
Tabela 21.	Resumo da análise de variância para macroporosidade 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (sentido transversal à linha de plantio).....	61
Tabela 22.	Resumo da análise de variância para microporosidade 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (sentido transversal à linha de plantio).....	62
Tabela 23.	Resumo da análise de variância para relação macroporosidade/microporosidade 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (sentido transversal à linha de plantio).....	62
Tabela 24.	Resumo da análise de variância para estabilidade de agregados (diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico), 135 dias após implantação dos tratamentos.....	62
Tabela 25.	Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP) e diâmetro de tronco (DT) aos 116 dias após transplântio.....	63
Tabela 26.	Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP) e diâmetro de tronco (DT) aos 194 dias após transplântio.....	63
Tabela 27.	Resumo da análise de variância para altura de inserção do primeiro fruto (AIPF) e sexo das plantas (S) aos 210 dias após transplântio.....	63

Tabela 28.	Resumo da análise de variância para teores foliares de macronutrientes aos 197 dias após transplântio.....	64
Tabela 29.	Resumo da análise de variância para teores foliares de micronutrientes aos 197 dias após transplântio.....	64
Tabela 30.	Resumo da análise de variância para número de frutos por planta aos 260 dias após transplântio. NTF = número total de frutos por planta; NFC = número de frutos comerciais por planta; NFNC = número de frutos não comerciais por planta.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Posição da área experimental na paisagem antes da instalação do experimento.....	18
Figura 2.	Desenho esquemático do experimento.....	21
Figura 3.	Preparo do solo com grade aradora (A); preparo com escarificador (B); subsolador utilizado (C); sulcamento utilizado em todos os tratamentos (D); detalhe da ponteira do subsolador (E); detalhe da ponteira do escarificador (F).....	23
Figura 4.	Leitura do tensiômetro (A); funcionamento da irrigação (B).....	26
Figura 5.	Posicionamento do penetrógrafo no sentido longitudinal.....	28
Figura 6.	Critério utilizado para diferenciação de frutos comerciais e não comerciais.....	29
Figura 7.	Resistência do solo à penetração no sentido transversal à linha de plantio à distâncias de 0,25 m, 0,35 m, 0,50 m, 0,65 m e 0,75 m.....	33
Figura 8.	Resistência do solo à penetração no sentido longitudinal à linha de plantio à distâncias de 0,25 m, 0,35 m, 0,50 m, 0,65 m e 0,75 m.....	34
Figura 9.	Situação dos tratamentos do bloco B aos 210 dias após transplântio.....	65
Figura 10.	Confecção do camalhão aos 135 dias após transplântio.....	66
Figura 11.	Enraizamento nos tratamentos por ocasião da coleta de amostras aos 135 dias após o transplântio.....	67
Figura 12.	Controle do mato nos tratamentos: GA c/ CAM, GA s/ CAM, GA+ELP, GA+EAT (A) e SF (B).....	68
Figura 13.	Banquetas onde foram misturados os fertilizantes para transplântio.....	68
Figura 14.	Tratamento GA c/ CAM, 184 dias após transplântio.....	69

RESUMO

ZUFFO, Valmir José; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo, abril de 2012; **Efeitos de diferentes preparos nos atributos físicos do solo e no desempenho produtivo do mamoeiro Tainung 01**. Orientador: Fábio Ribeiro Pires. Co-orientadores: Edilson Romais Schmildt; Edney Leandro da Vitoria; Rodrigo Sobreira Alexandre.

Avaliaram-se os efeitos de cinco sistemas de preparo do solo nos atributos físicos de um Argissolo Amarelo coeso de Tabuleiro, bem como no crescimento, desenvolvimento e nutrição do mamoeiro Formosa Tainung 01 irrigado. O experimento foi instalado em 21/01/2011 e conduzido a campo por 260 dias, em área anteriormente utilizada com pastagem de *Brachiaria* nunca corrigida ou fertilizada, irrigada por sistema de aspersão de baixa pressão. Os tratamentos, implantados em cinco repetições e em delineamento de blocos ao acaso foram: 1) grade aradora (duas vezes) + niveladora + camalhão sobre a linha confeccionado 135 após transplântio (GA c/ CAM); 2) grade aradora (duas vezes) + niveladora (GA s/ CAM); 3) subsolador florestal (SF); 4) grade aradora (duas vezes) + niveladora + escarificação com 3 hastes sobre a linha de plantio (GA + ELP); 5) grade aradora (duas vezes) + niveladora + escarificação com 3 hastes em área total (GA + EAT). Os preparos receberam sulcamento mecanizado e banquetas, confeccionadas manualmente com terra solta do sulco, que foram niveladas e fertilizadas para receber as mudas. Antes da implantação dos tratamentos a área experimental foi caracterizada quanto à resistência mecânica à penetração (RP) acompanhada pela umidade do solo, diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), relação Ma/Mi, textura do solo e fertilidade. Após a implantação dos tratamentos foram determinadas RP, acompanhada pela umidade do solo, DMP, DMG, Ds, Ma, Mi, relação Ma/Mi e variáveis biométricas de nutrição e produção como altura de

plantas, diâmetro do tronco a 0,20 m de altura, altura de inserção do primeiro fruto, sexo das plantas, teores foliares de macro e micronutrientes bem como número de frutos por planta com separação de frutos comerciais e não comerciais. O tratamento estatístico dos dados constou de cálculo do erro padrão da média para os dados de RP e para os demais dados, análise de variância e teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. Houve diferenças de resistência à penetração entre os tratamentos. O subsolador mostrou-se mais efetivo na diminuição da RP até 0,35 m de distância da planta no sentido transversal à linha de plantio. O escarificador resultou em menores RP do que GA ou SF, mesmo a 0,40 m de profundidade, e foi mais eficiente a maiores distâncias transversalmente à planta. Todos os preparos provocaram RP menores do que 2,5 MPa na profundidade de maior concentração de raízes do mamoeiro (0 – 0,25 m) fornecendo boas condições físicas até essa profundidade. Não houve diferença estatística entre os tratamentos para Ds, Ma, Mi, relação Ma/Mi, DMP e DMG a 0,20 m de profundidade e teores foliares de macro e micronutrientes aos 197 dias após transplantio. A altura de plantas em duas épocas foi menor para o SF e igual estatisticamente para os outros tratamentos. A grade aradora alterou os atributos físicos do solo em maior intensidade até 0,20 m de profundidade. A produção total de frutos e de frutos comerciais foi maior nos preparos GA c/ CAM, GA s/ CAM, GA+ELP e GA+EAT, os quais não diferiram entre si. Não houve diferenças para produtividade de frutos não comerciais. Não se justificou o uso do camalhão sobre a linha de plantio confeccionado após o transplantio. Do ponto de vista de conservação do solo, quando considerados os dados de estabilidade de agregados, os preparos foram semelhantes. A relação entre o crescimento e desenvolvimento das plantas e diferentes preparos de solo deve ser avaliada considerando o conjunto de atributos físicos e químicos do solo.

Palavras-chave: *Carica papaya*, solo coeso, Tabuleiros Costeiros, manejo do solo, produção, física do solo.

ABSTRACT

ZUFFO, Valmir José; M.Sc.; Federal University of Espírito Santo; april 2012. **Effects of different tillage systems on physical attributes of soil and productive performance of papaya Tainung 01.** Advisor: Fábio Ribeiro Pires. Co-advisors: Edilson Romais Schmildt; Edney Leandro da Vitoria; Rodrigo Sobreira Alexandre.

The effects of five tillage systems on soil physical attributes, growth, development and nutrition of Formosa papaya Tainung 01 were evaluated on cohesive Alfisol of Coastal Tableland. The experiment was planted on January 21, 2011 and remained in field for 260 days, in an area previously used with *Brachiaria* never corrected nor fertilized before and irrigated by low pressure sprinkler system. Treatments were applied in five replicates and statistical design of random blocks were: 1) heavy disc harrow (twice) + offset disc harrow + ridge on row planting made 135 days after transplanting (GA c/ CAM); 2) heavy disc harrow (twice) + offset disc harrow (GA s/ CAM); 3) forester subsoiler (SF); 4) heavy disc harrow (twice) + offset disc harrow + chisel plow on row planting (GA+ELP); 5) heavy disc harrow (twice) + offset disc harrow + chisel plow on total area (GA+EAT). All tillage systems received mechanized furrower and a bench made with loose soil and fertilizers and over which the seedlings were planted. As a characterization of experimental area before application of treatments, were determined penetration resistance (RP) followed by soil moisture, mean weight diameter (DMP), geometric mean diameter (DMG), bulk density (Ds), macroporosity (Ma), microporosity (Mi), Ma/Mi ratio, soil texture and fertility. After application of treatments were determined RP, accompanied by soil moisture, DMP, DMG, Ds, Ma, Mi and Ma/Mi ratio and biometric variables of nutrition and production as plant height, stem diameter at 0,20 m height, height of insertion of the first fruit, plant sex, foliar contents of macro and micronutrients as well as number of fruits per plant with separation of commercial and non-commercial ones. Statistical treatment of data included calculation of mean standard error for RP and analysis of

variance for all other data accompanied by the Tukey test for comparison of means at 5% level of probability. There were differences in penetration resistance between treatments. Subsoiler showed to be more effective in the decrease of RP up to 0,35 m away from the plant in the direction transverse to the rows. Chisel plow produced smaller RP than GA or SF, even at 0,40 m depth and was more effective at greater distances from the plant. All tillage systems produced RP smaller than 2.5 MPa at a depth with the greater concentration of papaya roots (0 – 0.25 m) and provided good physical conditions up to this depth. There was no statistical difference between treatments for DS, Ma, Mi, Ma/Mi ratio, DMP e DMG at 0.20 m depth and foliar contents of macro and micronutrients at 197 days after transplanting. Height of plants in two stages were lower for the SF and statistically equal to the other treatments. Heavy disc harrow altered soil physical attributes at a higher intensity up to 0.20 m depth. Total fruit yield and commercial fruit yield was higher in GA c/ CAM, GA s/ CAM, GA+ELP and GA+EAT, which did not differ. There were no differences for non-commercial fruit yield. There was no justification for the building of the ridge on the planting row after instalation of the orchard. From the standpoint of conservation of soil, when considering the stability of aggregates data, all tillage systems were similar. The relationship between growth and development performance of plants and tillage systems should be evaluated considering whole physical and chemical properties of soil.

Key words: *Carica papaya*, cohesive soils, Coastal Tablelands, tillage systems, production, soil physics.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do mamoeiro se constituiu em uma importante atividade econômico-social no estado do Espírito Santo a partir do final da década de 1970. Dados de IBGE (2012), referentes a 2010, apontam uma área cultivada no estado de 7.133 ha (20% do total cultivado no Brasil) e um valor da produção, no Brasil, de R\$ 1,49 bilhões. Considerando um investimento médio na cultura de R\$ 18.000,00 ha⁻¹ ano⁻¹ (ZUFFO, 2012), percebe-se que o capital empregado anualmente pelos produtores nessa atividade perfaz aproximadamente R\$ 128 milhões. Também relevante é a receita proveniente da exportação. Segundo dados oficiais, no ano de 2011 foram exportadas 28.822 t que, a um preço médio de US\$ 0,80 kg⁻¹ (MDIC, 2012), representa uma receita de aproximadamente US\$ 23 milhões.

A região norte do estado do Espírito Santo possui uma agricultura relativamente recente quando comparada às regiões sul e sudeste. A maioria das técnicas e práticas agrícolas foram importadas dessas regiões. Em condições edafoclimáticas próprias, elas nem sempre funcionaram, exigindo modificações ou seu abandono. O preparo e o manejo do solo não são exceção. Devido ao restrito crescimento de raízes do mamoeiro (COSTA et al., 1998), a sua sensibilidade a condições de hipoxia do solo (MARLER et al., 1994) e às características dos solos utilizados, o preparo do solo deve ser efetuado propiciando boa aeração e rápida drenagem.

São escassos os resultados de pesquisa visando avaliar o método ideal de preparo para o mamoeiro, em solos nos Tabuleiros Costeiros (COSTA et al., 2003). Em recomendações mais antigas, faculta-se o transplântio em sistema de covas, sulcos ou em camalhões, sendo o preparo do solo confeccionado com uma aração e uma ou duas gradagens (SILVA, 1986). Nas recomendações mais recentes,

encontra-se indicação para efetuar aração a profundidade de 0,40 m seguida de gradagem leve (MARTELETTO et al., 1997). Em solos com horizontes adensados/coesos/compactados recomenda-se realizar subsolagens a 0,50 m de profundidade em toda a área ou nas linhas de plantio (OLIVEIRA et al., 1994). Como recomendação ainda encontramos uma aração, seguida de uma ou duas gradagens, ou ainda roçada mecânica ou aração e uma ou duas gradagens, além da possibilidade do uso do plantio direto que consiste em fazer o sulcamento após o cultivo de milho ou feijão (COSTA et al., 2003). Na presença de horizontes coesos, o preparo deve passar pela minimização de práticas mecanizadas e introdução de sistemas que priorizem a utilização de hastes, escarificadoras ou subsoladoras (CINTRA, 2005).

Na prática, observa-se uma variedade bastante grande de preparos: aração com grades pesadas ou arados de discos, gradagens niveladoras, subsoladores (ripper ou comum), arados escarificadores. No manejo posterior ao transplântio, grades pesadas para controle do mato, niveladoras modificadas para confecção do camalhão, roçadora e até plaina traseira para nivelamento do terreno. Somente o uso do sulcador de aletas, após o preparo, com a finalidade de marcar as linhas e produzir terra solta para mistura de adubos, é unanimidade entre os produtores. Merece ainda menção, a disposição dos produtores em adotar sistemas de preparo e manejo que movimentem pouco o solo.

A partir do início da década de 2000, os prejuízos econômicos, decorrentes de perdas das lavouras de mamoeiro por chuvas, tem sido consideravelmente grandes. Os sistemas de preparo e manejo utilizados vêm provocando degradação estrutural do solo, magnificando assim o efeito das chuvas de alta intensidade sobre as lavouras. Lavouras com dezenas de hectares foram dizimadas em sua totalidade.

Outro aspecto importante se refere à conservação dos solos na região norte do estado do Espírito Santo, que carece de aplicação de técnicas baseadas na ciência e do uso em larga escala.

As relações de uso do solo quanto ao seu preparo para estabelecimento de culturas têm sido um processo dinâmico ao longo do tempo, podendo-se, no entanto, identificar duas fases distintas: no passado recente o uso do solo era direcionado apenas ao aumento de produtividade, sem qualquer preocupação ambiental. Atualmente, o conceito de ecologia passou a ter maior peso na agropecuária, ressaltando a importância do meio ambiente no contexto de produção.

Para promover o manejo adequado das culturas e a preservação do solo e do ambiente, é necessário que práticas de preparo do solo estejam estritamente relacionadas às peculiaridades do ecossistema (CINTRA, 2005).

A pesquisa objetivou estudar os efeitos dos cinco preparos de solo mais utilizados na região norte do ES nos principais atributos físicos do solo, no crescimento, desenvolvimento, nutrição e produção do mamoeiro Formosa Tainung 01 irrigado em solo de Tabuleiro Costeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O preparo dos solos

Adequar solos, deixando-os em condições ideais para o desenvolvimento das culturas, implica melhorar e manter sua estrutura, com espaço poroso satisfatório, fazendo com que a disponibilidade de água e troca de gases e nutrientes sejam suficientes para o bom desempenho das plantas e o mínimo de degradação ambiental (TROPP et al., 1997; LOPES, 2002). Um solo agricultável em “boa qualidade física” é aquele que é forte o suficiente para manter boa estrutura e sustentar produções crescentes, mas fraco o suficiente para permitir ótima proliferação de raízes das culturas, da flora e da fauna do solo (REYNOLDS et al., 2007). A qualidade estrutural está associada às condições favoráveis ao crescimento das raízes, à aeração e ao movimento de água no solo (GOMES, et. al., 2007).

O preparo periódico do solo tem como finalidade a mobilização, o destorroamento, o controle de plantas daninhas, a incorporação de restos culturais, de corretivos e de defensivos agrícolas proporcionando assim, condições favoráveis para a semeadura, cultivo, adubação e também uma compactação desejável para o desenvolvimento radicular das plantas (DICKEY et al., 1992).

As duas categorias básicas de preparo do solo são: a) preparo primário (aração e/ou escarificação) – são operações mais profundas e grosseiras que têm o objetivo de revolvimento do solo, promovendo ou não a incorporação da vegetação instalada e dos restos de cultura. Geralmente deixam a superfície do terreno irregular, com torrões e desnivelada, dificultando as operações seguintes de plantio e cultivo; b) preparo secundário (destorroamento e nivelamento) – todas as operações superficiais realizadas após o preparo primário, visando ao nivelamento

do terreno, ao destorroamento, à incorporação de herbicidas, à eliminação de plantas invasoras no início do seu desenvolvimento ou a permitir a fácil colocação da semente no solo e sua cobertura com terra, produzindo ambiente favorável ao desenvolvimento inicial da cultura com reflexos diretos na produção (MAZUCHOWSKI & DERPSCH, 1984).

Diferentes implementos disponíveis para o preparo do solo provocam alterações nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Cada implemento trabalha o solo de maneira própria, alterando de maneira diferenciada essas propriedades (SÁ, 1998).

2.2. Relação entre uso e preparo e atributos físicos

A degradação dos solos é uma das principais preocupações globais, especialmente nos trópicos, devido às condições extremas encontradas nesse tipo de ambiente, à presença de solos frágeis e à incapacidade financeira dos agricultores em repor os nutrientes retirados pelas plantas ou animais (LAL, 1997). A degradação das propriedades físicas do solo afeta sua qualidade ou sua produtividade bem como sua capacidade regulatória no ambiente (DORAN & PARKIN, 1994; COSTA et al., 2003). A grande inquietação da agricultura atual está na busca da sustentabilidade da exploração agrícola tanto no âmbito social quanto no ambiental ou de uma nova condição de equilíbrio do sistema de produção, o que envolve vários fatores, entre eles, o manejo adequado dos solos (SOARES et al., 2005).

À medida que o solo vai sendo submetido ao uso agrícola seus atributos físicos sofrem alterações (CHATTERJEE & LAL, 2009), geralmente desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal (SPERA et al., 2004). Essas alterações, especificamente nas propriedades físicas, por vezes, não promovem resultados satisfatórios (SOUZA et al., 2001).

A degradação das propriedades físicas do solo é um dos principais processos responsáveis pela perda de qualidade estrutural e aumento da erosão hídrica. Algumas práticas de manejo do solo e das culturas provocam alterações nas referidas propriedades, principalmente na sua estrutura, podendo ser de caráter permanente ou temporário. Tais alterações podem se manifestar de várias formas,

influenciando o desenvolvimento das plantas. Assim, o solo submetido ao cultivo tende a perder a estrutura original pelo fracionamento dos agregados em unidades menores com consequente redução no volume de macroporos, aumento no volume de microporos e aumento na densidade (TISDALL & OADES, 1980; McNABB et al., 2001). No entanto é possível adotar sistemas alternativos de preparo para prevenir a degradação física (PAGLIAI et al., 2004). Os preparos conservacionistas com menor revolvimento mantêm parcial ou totalmente os resíduos vegetais na superfície e aportam matéria orgânica continuamente ao solo a qual é responsável pela manutenção e melhoria das propriedades físicas do solo (CASTRO FILHO, 1998).

2.3. Os solos dos Tabuleiros Costeiros

Os solos dos Tabuleiros Costeiros no Brasil abrangem uma área de 200.000 km², ou seja, 20 milhões de hectares, estendendo-se desde o Amapá até o Rio de Janeiro. Na região Nordeste, abrangem uma área de 10 milhões de hectares, correspondendo a 16% da área total dos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. São formações terciárias configuradas como planícies litorâneas com elevação média de 200 m acima do nível do mar, onde predominam Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos distróficos ou álicos (JACOMINE, 1996).

No Espírito Santo, a unidade natural conhecida como Tabuleiros Costeiros ocupa uma área aproximada de 25% da superfície do estado, ou seja, algo em torno de 911.000 ha (GFA/INCAPER, 2008). Ocorrem predominantemente no norte e noroeste do estado, possuem relevo relativamente plano, boa aptidão agrícola e proximidade com regiões consumidoras. Atualmente os solos desse ambiente são cultivados principalmente com pastagens, eucalipto, cana-de-açúcar, cafeeiro e fruticultura.

Esses solos têm como característica marcante a presença de horizontes sub-superficiais coesos, situados geralmente entre profundidades de 0,15-0,30 m e 0,80-0,90 m, que dificultam a dinâmica da água no perfil e o seu armazenamento no solo, além de diminuir o volume de exploração pelas raízes. Isso provoca redução na absorção de nutrientes e, principalmente, de água pelas plantas, o que, associado às frequentes estiagens observadas na região de ocorrência de tais solos, faz com

que as plantas experimentem estresses frequentes, resultando em baixa produtividade e baixa longevidade dos pomares de citros, por exemplo (REZENDE, 2000). Jacomine (1996) descreve os horizontes coesos como sendo de origem pedogenética, adensados, muito duros ou extremamente duros quando secos e friáveis quando úmidos, com 30 a 60 cm de espessura, podendo atingir 1,0 m ou pouco mais, sobretudo nos solos com horizonte B textural. Essas camadas, de natureza genética, apresentam expressão máxima entre 0,20 m e 1,0 m de profundidade e correspondem a uma zona do perfil com maior densidade e dureza em relação às demais camadas. A densidade média da camada coesa situa-se na faixa de 1,5 a 1,8 g cm⁻³, enquanto nos horizontes superficiais, em condição natural, varia de 1,2 a 1,4 g cm⁻³ (COELHO et al., 2005).

O adensamento e a compactação que ocorrem nos solos de Tabuleiro levam à busca de sistemas de manejo de solo diferenciados dos usualmente empregados pela maioria dos produtores, a fim de propiciar melhores condições para o crescimento e a produtividade das culturas (SOUZA, 1996).

2.4. Resistência do solo à penetração

O conhecimento das propriedades físicas do solo pode contribuir na definição de melhores estratégias para seu manejo sustentável (SCHAFFRATH et al., 2008). Essas propriedades, que funcionam como indicadores de qualidade, devem estar relacionadas diretamente à produção das culturas e serem suficientemente eficientes para medir a capacidade do solo em fornecer adequada aeração e quantidade de água para o crescimento e expansão do sistema radicular. Dentre esses indicadores está a resistência do solo à penetração (BOTTEGA et al., 2001).

A quantificação da resistência à penetração pode ser utilizada para avaliar o impacto de sistemas de uso e manejo do solo (DIAS JUNIOR & PIERCE, 1996). A resistência à penetração é a medida indireta que melhor representa as condições para o desenvolvimento das raízes das plantas (BENGHOUGH & MULLINS, 1990).

Há divergência na literatura quanto aos valores críticos máximos para o adequado crescimento radicular. Pode-se atribuir esse fato à diversidade de fatores onde foram conduzidos os experimentos que orientaram seus valores, como a cultura utilizada, o tipo de solo e os seus atributos, às precipitações ocorridas, às

adubações realizadas ou à outras variáveis do clima. Valores máximos de 2,0 MPa têm sido propostos (ARSHAD et al., 1996; TORMENA et al., 1998; TORRES & SARAIVA, 1999; LAPEN et al., 2004; SENRA et al., 2007). Outros autores propõem valores de 2,5 MPa (TAYLOR, 1971; CANARACHE, 1990; UNGER & KASPAR, 1994), de 3,5 MPa (TAVARES FILHO et al., 2001) ou valores próximos de 5,0 MPa em sistemas de plantio direto (SOUZA & ALVES, 2003). Alguns autores sugerem intervalos, como por exemplo de 1,5 a 3,0 MPa (GRANT & LANFOND, 1993); de 1,0 a 3,5 MPa (MEROTTO JUNIOR & MUNDSTOCK, 1999); de 2,0 a 3,0 MPa (IMHOFF et al., 2000), ou de 2,5 a 3,0 MPa (HAMZA & ANDERSON, 2005). O uso de limites críticos de resistência do solo à penetração para solos arenosos é importante para evitar a realização desnecessária de sua descompactação mecânica, pois além de dispêndio de energia, pode ocasionar exposição do solo à ação erosiva e isso é crítico para essa classe de solos já frágeis em sua estrutura (REINERT, 1993).

2.5. Agregação em solos

Os solos com agregados estáveis de maior tamanho são considerados estruturalmente melhores e mais resistentes ao processo erosivo, pois a agregação facilita a aeração, as trocas gasosas e a infiltração de água, em função do aumento da macroporosidade, além de garantir a microporosidade e a retenção de água dentro dos agregados (DEXTER, 1988). Os agregados estáveis também aumentam a capacidade do solo em receber carga sem sofrer deformações plásticas irreversíveis, ou seja, aumentam a pressão de pré-consolidação (LETEY, 1985; DEXTER, 1991).

Apesar da estrutura do solo não ser considerada um fator diretamente relacionado à produção da cultura, ela tem um papel importante no suprimento de água e ar para as raízes, em seu crescimento, na disponibilidade de nutrientes e na atividade da macrofauna. Uma estrutura adequada para o crescimento da planta pode ser definida como presença de poros para armazenamento de água em uma faixa de tensão disponível à cultura, poros para transmissão de água e poros nos quais as raízes possam crescer (OADES, 1984). A agregação pode sofrer alterações permanentes ou temporárias, demonstrando variação cíclica provocada por práticas de manejo do solo e culturas (CAMPOS, 1999). A adoção de sistemas de manejo

sem revolvimento do solo e a manutenção de resíduos vegetais na superfície, favorecem o contínuo aporte de carbono orgânico, o qual é fundamental para a manutenção de uma estrutura de boa qualidade (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990).

2.6. Densidade do solo

A densidade do solo (D_s) é influenciada pela cobertura vegetal, teor de matéria orgânica, uso e manejo do solo (CORSINI & FERRAUDO, 1999; SILVA et al., 2000). O aumento excessivo da densidade do solo provoca diminuição do volume total de poros, redução da permeabilidade e da infiltração de água, quebra dos agregados e aumento da resistência mecânica à penetração, trazendo prejuízos à qualidade física do solo (SOUZA et al., 2005).

A compactação ou o adensamento não é exclusivo de solos cultivados com uso intensivo de máquinas. Solos em condições de vegetação natural podem possuir camadas adensadas em subsuperfície. Isso mostra que existem propriedades intrínsecas aos solos que ditam seu comportamento em relação ao aumento da densidade (CARVALHO JÚNIOR, 1995).

Esse atributo tem sido utilizado, ao lado de outros, para indicar restrições ao desenvolvimento das plantas (SPERA, et al., 2004). Relacionar densidade do solo com crescimento das plantas é interessante do ponto de vista prático de manejo do solo. Fazer uma generalização e desenvolver um conceito de densidade de referência que permita comparações entre tipos de solos também seria importante, mas há limitações reconhecidas dessa abordagem relacionadas à atuação em conjunto dos outros atributos (HAKANSSON & LIPIEC, 2000). No entanto trabalhos de pesquisa vêm tentando estabelecer valores críticos máximos para a densidade do solo. Os valores propostos podem variar consideravelmente como por exemplo, $1,75 \text{ g cm}^{-3}$, para solos arenosos (MEDINA, 1985) ou $1,27 \text{ g cm}^{-3}$, para solos argilosos (CORSINI & FERRAUDO, 1999). O valor máximo crítico de $1,40 \text{ g cm}^{-3}$ foi proposto por Arshad et al. (1996) enquanto que Reinert (1993) aponta como valores que possam indicar possível compactação aqueles acima de $1,60 \text{ g cm}^{-3}$.

2.7. Porosidade do solo

Esse atributo do solo vem sendo estudado pela pesquisa moderna, pois se relaciona diretamente com a estrutura.

Por se referir às fases líquida e gasosa do solo, a porosidade total está estreitamente ligada aos processos bioquímicos das plantas e sua produtividade. É referida como ideal quando se apresentar com $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (KIEHL, 1979) e a macroporosidade acima de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (KIEHL, 1979; XU et al., 1992). De acordo com Taylor & Aschroft (1972) o volume de macroporos considerado ideal é referido como $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. A porosidade total está relacionada com o manejo do solo, como por exemplo, as práticas de mecanização (GIMENEZ et al., 1997) e depende também da textura do solo e do manejo da cultura. O revolvimento do solo proporciona maior macroporosidade (CARVALHO et al., 1999).

A macroporosidade, na menor profundidade, de até 0,10 m, é referida como bom indicador de qualidade do solo em sistemas de semeadura direta na soja (ANDREOTTI et al., 2010). Para a produção de forragem de milho, Lima et al. (2009) encontraram a microporosidade na camada 0,10 m a 0,20 m, como melhor indicador de qualidade. Obtiveram produtividades para forragem de milho de $11,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $14,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ em condições de microporosidade entre $0,240 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a $0,270 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e produtividades de $14,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $17,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ em condições de microporosidade entre $0,210 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,240 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Considerando que as raízes da maioria das culturas podem crescer com macroporosidade acima de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e que o conteúdo de água armazenada deve ser maior que o de ar, o solo ideal é aquele que apresenta proporção de macroporos:microporos de 1:2, garantindo suficiente aeração, permeabilidade e armazenamento de água (KLEIN & LIBARDI, 2002).

2.8. Efeito do manejo do solo nos atributos físicos e produtividade das culturas

A pesquisa tem fornecido, nos últimos anos, soluções e alternativas para o manejo dos solos considerando as diversas condições edafoclimáticas, de condução das culturas, econômicas, de disponibilidade de maquinário e de necessidade de conservação dos solos. Em virtude dessa variedade de condições encontradas, os

efeitos dos sistemas de manejo têm provocado alterações diversas nos atributos do solo, bem como no desenvolvimento das culturas.

A literatura não fornece uma quantidade de trabalhos suficientemente grande para que se possa entender e recomendar com segurança sistemas de preparo para o mamoeiro nas diversas condições edafoclimáticas nas quais é cultivado.

Campostrini & Yamanishi (2001) submeteram quatro genótipos de mamoeiro a crescimento em solos considerados sem restrição ao desenvolvimento radicular (NR) ou com restrição (WR). As resistências à penetração nos dois casos eram de 2,3 MPa e 4,1 MPa, respectivamente. Determinações na fisiologia da planta constatarem que todos os genótipos tiveram menores taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática, temperatura da folha, pressão parcial intercelular de CO₂ e eficiência intrínseca de uso da água quando submetido a solos com restrição (WR).

Nos resultados obtidos por Carvalho et al. (2004), num Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros e com densidades, após os tratamentos, variando de 1,51 a 1,67 g cm⁻³, as cultivares de mamoeiro Sunrise Solo e Tainung 01 não diferiram em produtividade em 18 meses de colheita, expressa por número de frutos por hectare. Dois dos 8 tratamentos não contavam com subsolagem a 0,55 m de profundidade e 2 hastes. Os demais, além da subsolagem, receberam coberturas vegetais. O trabalho não foi eficiente em apontar com clareza o papel da subsolagem ou das coberturas vegetais e suas interações na melhoria da macroporosidade, microporosidade e densidade do solo. A produtividade do mamoeiro por 18 meses não diferiu estatisticamente entre os tratamentos.

Rezende (1996), estudando o efeito da coesão do solo no sul da Bahia sobre o comportamento das plantas em um Latossolo Amarelo álico de Tabuleiro, observou que a produtividade do mamoeiro aumentou com o aumento da profundidade de trabalho pela subsolagem.

Existem na literatura trabalhos relacionando sistemas de preparo com atributos físicos do solo e desenvolvimento de culturas perenes. O maior interesse nessa área tem sido na cultura de citrus.

Minatel et al. (2006) aplicaram tratamentos em um Latossolo Vermelho distrófico típico com 250 g kg⁻¹ de argila na cultura de citrus. Os tratamentos manejo mecânico de plantas daninhas, subsolagem de um ou dois lados da entrecopa e semeadura de *Crotalaria spectabilis* não surtiram efeitos nas propriedades físicas

do solo, expressas pela porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade.

Na cultura do Tangor Murcot, Brandão et al. (2011) compararam cinco tipos de preparo do solo, sendo um deles aração e gradagem e os demais, combinações de subsolagens com uma ou três hastes em sentido longitudinal ou transversal ao plantio. Em um Latossolo Amarelo coeso com densidade, na profundidade de 0-0,20 m, de 1,36 a 1,61 g cm⁻³, de 0,20-0,40 m de 1,68 a 1,81 g cm⁻³ e de 0,40-0,60 m de 1,72 a 1,83 g cm⁻³, todos os tratamentos envolvendo subsolagem diminuíram a resistência do solo à penetração em relação à aração e à gradagem. O número de frutos por planta de todos os tratamentos com subsolador foi maior do que aração e gradagem (com exceção da subsolagem somente sobre a linha de plantio).

Ainda na cultura de citrus, em um Latossolo Vermelho distroférrico, Bordin et al. (2008) testaram três coberturas vegetais com ou sem escarificador de sete hastes inclinadas sem asas trabalhando a 0,30 m de profundidade. Houve aumento da macroporosidade e redução da densidade do solo e da resistência do solo à penetração com a escarificação. O crescimento e a produção das plantas cítricas não foram influenciados pela escarificação ou pelas plantas de cobertura.

Os solos de Tabuleiros têm suscitado interesse na pesquisa relativo a sistemas de preparo devido às suas características próprias, dificuldades de manejo e limitações à produção, apesar da maioria dos trabalhos científicos estarem concentrados na área de gênese e classificação.

Em trabalho com Latossolo Amarelo álico coeso de Tabuleiros Costeiros, a subsolagem produziu aumento da porosidade total e redução da microporosidade (NACIF, 1994).

Santos (1992) estudou os efeitos da subsolagem sobre a estrutura de solos do Tabuleiro Costeiro e concluiu que houve diminuição da densidade e aumentos na porosidade total e macroporosidade nos sulcos de subsolagem, porém o mesmo não ocorreu nos entressulcos.

Há ainda informações sobre comportamento de outras culturas perenes em solos de Tabuleiros.

Souza (2002) relacionou preparos com subsoladores florestais trabalhando em duas profundidades em Argissolos coesos na cultura do eucalipto. Aos 12 meses de idade a altura das árvores eram 6,6 m para um solo com Ds de 1,50 g cm⁻³ subsolado a profundidade de 0,50-0,60 m; 6,0 m para um solo com Ds de 1,70 g cm⁻³

³ subsolado a 0,50-0,60 m e 8,5 m para um solo com Ds de 1,25 g cm⁻³ subsolado a 0,90-1,00 m.

Stape et al. (2002) compararam métodos de preparo para eucalipto em solos de Tabuleiros Costeiros no sul da Bahia. Nos tratamentos com subsolador florestal na profundidade de 0,60 m, na distância de até 1,50 m em sentido transversal à linha de subsolagem, observaram que a resistência à penetração foi de até 3,0 MPa no Latossolo Amarelo coeso e de até 6,0 MPa no Argissolo Amarelo coeso. Aos quatro meses o eucalipto apresentou altura de 1,5 m para área subsolada e 0,5 m para área não subsolada.

Por outro lado, Finger et al. (1996) compararam crescimento de *Eucalyptus grandis* com subsolagem a 0,60 m de profundidade ou abertura de covas manuais em Podzólico Bruno Acinzentado. Aos 180 dias após o plantio não houve diferenças entre os tratamentos.

Na cultura do cajueiro, em um Argissolo Acinzentado distrófico arênico, Ribeiro et al. (2007) compararam manejo do solo com gradagem a outros sistemas utilizando roçagem, cobertura vegetal ou herbicida, por um período de 4 anos. Concluíram que não houve diferença entre os sistemas na porosidade total, macro e microporosidade e densidade do solo. Nos dois primeiros anos o tratamento com herbicida diferiu em produtividade de castanhas e os tratamentos com grade, roçagem ou cobertura vegetal foram semelhantes. Nos dois últimos anos as produções entre os tratamentos tenderam a se igualar.

No campo da relação entre sistemas de preparo, alterações nos atributos físicos e desenvolvimento das culturas em ambiente tropical, há maior volume de informações científicas para culturas anuais e principalmente no sistema de semeadura direta, onde as possibilidades de combinações entre preparos e manejos são numerosas. A análise dessas pesquisas demonstra que nem sempre são mensurados fatores de crescimento e desenvolvimento das culturas, mas somente as diferenças entre os tratamentos quanto aos atributos físicos do solo ou ainda suas alterações quando diversos usos do solo são empregados.

Em um Alfisol na Nigéria, com teor de argila de 200 g kg⁻¹ e densidade de 1,50 g cm⁻³ a 1,60 g cm⁻³, Adekiya et al. (2011) compararam alguns preparos manuais e mecanizados. Observaram menores densidades do solo, até 0,10 m de profundidade, no tratamento aração + 2 gradagens. Houve correlação entre densidade e produtividade do taro (*Xanthosoma sagittifolium*) ($R^2 = -0,87$). Não

houve diferença na densidade entre preparos com sulcamento ou camalhão feitos com enxada. O mesmo efeito da confecção do camalhão foi obtido por Hulugalle et al. (1991).

Os dados de Cortez et al. (2011) mostram a pequena expressão dos efeitos dos tipos de preparo e número de operações num Argissolo Amarelo (90 a 180 g kg⁻¹ de argila) do semiárido nordestino. Foram comparados escarificador, grade em tandem, grade off set (22" ou 24") e em todos os casos 1, 2 ou 3 operações. As densidades variaram entre 1,30 e 1,43 g cm⁻³ e não diferiram estatisticamente, bem como a resistência do solo à penetração até 0,30 m de profundidade. O escarificador promoveu ligeira redução da porosidade total, que foi em média 0,43 m³ m⁻³.

Costa et al. (2009) investigaram sistemas de manejo num Cambissolo Húmico. O preparo do solo com arado escarificador foi o que mais modificou as propriedades do solo, reduziu a estabilidade de agregados, a densidade, a porosidade total e a macroporosidade, quando comparado com o plantio direto.

Investigando os efeitos de preparo abaixo da ponteira de um subsolador em sistema de semeadura direta, comparando dois sistemas, semeadura direta e semeadura direta com compactação adicional, Rosa et al. (2011), observaram aumento de macroporosidade em 7,2% e 13,1% a profundidades de 0,23 m e 0,26 m, respectivamente. Nessas mesmas profundidades, a densidade do solo diminuiu de 1,83 g cm⁻³ para 1,74 g cm⁻³ e de 1,80 g cm⁻³ para 1,74 g cm⁻³.

Mazurana et al. (2011) não observaram diferença significativa no rendimento de grãos e produção de matéria seca da parte aérea do trigo, canola, milho e soja em função dos sistemas de preparo semeadura direta (SD), semeadura direta com escarificação a cada 2 anos (SDE2), escarificador com rolo destorroador (ER) e escarificador seguido de gradagem (EG). Apesar disso, a densidade do solo foi maior (1,63 g cm⁻³) em SD, a porosidade total não sofreu efeito (com exceção a 0,12-0,20 m de profundidade onde ER e EG foram maiores). A resistência do solo à penetração obedeceu a ordem ER=EG<SDE2<SD, flutuando entre 0,1 MPa a 2,2 MPa.

Na cultura do milho sob preparo convencional, Freddi et al. (2006) encontraram relação entre maiores valores de resistência à penetração e menores produtividades.

Em pesquisa de Salvador et al. (2010) foram realizados os seguintes preparos em um Nitossolo Vermelho distroférico com 510 g kg⁻¹ de argila: arado de discos,

arado de discos seguido de uma gradagem niveladora, grade pesada, grade pesada seguida de uma grade niveladora e escarificador. O diâmetro médio geométrico (DMG) variou de 5,26 a 8,51 e não diferiu estatisticamente entre os tratamentos. Fernandes et al. (2001) estudando a desagregação do solo provocada por um escarificador em 3 velocidades e a 4 profundidades de trabalho, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, não obteve diferença estatística no diâmetro médio geométrico (DMG) para a interação estudada.

Silva et al. (2006) compararam os efeitos dos preparos do solo convencional, preparo reduzido e semeadura direta e encontraram maior macroporosidade no preparo convencional em relação ao preparo reduzido e semeadura direta. No entanto não obtiveram diferenças na densidade do solo e na porosidade total.

López-Fando et al. (2007), compararam atributos físicos e produção de culturas com preparos de solo. Utilizou preparo convencional com arado de aiveca (CT), preparo reduzido com escarificador (MT), preparo com subsolador de haste inclinada lateralmente (ZT) e sem preparo (NT). A resistência à penetração do preparo NT foi de 3,0 MPa e a do ZT, de 1,0 MPa a 0,30 m de profundidade. A densidade do solo também foi melhorada. A produtividade de matéria seca da ervilha foi maior no tratamento ZT e a produtividade de grãos de cevada foi menor no tratamento NT.

Pierce et al. (1992) não encontraram efeito da subsolagem sobre a produtividade do milho em um solo franco arenoso. Da mesma forma, Santos et al. (2005), em Latossolo Vermelho distrófico, não perceberam correlação entre resistência mecânica à penetração e o rendimento de grãos de feijoeiro. O solo foi preparado com aração e duas gradagens e os valores encontrados até 0,40 m de profundidade variaram de 2,2 a 4,3 MPa.

Mata et al. (1999) compararam dois tipos de preparo do solo, coletando amostras antes do preparo e após a colheita, em áreas submetidas à aração ou escarificação. A resistência do solo à penetração variou entre 1,0 MPa e 4,0 MPa e as produtividades de grãos do feijoeiro foram estatisticamente maiores ($2,65 \text{ Mg ha}^{-1}$) no tratamento com escarificação do que naquele com aração ($1,98 \text{ Mg ha}^{-1}$), resultados atribuídos a menores valores de resistência do solo à penetração.

Alvarez & Steinbach (2009) analisaram resultados publicados de 35 experimentos de preparo de solo que utilizaram basicamente três sistemas de preparo: 1) arado seguido de grade; 2) preparo reduzido; 3) plantio direto.

Concluíram que a densidade do solo foi significativamente maior no plantio direto do que no preparo com arado, mas não foram detectadas diferenças entre preparo com arado e grade ou preparo reduzido. A resistência à penetração foi significativamente maior nos sistemas preparo reduzido e plantio direto. Na média dos 35 experimentos analisados a instabilidade estrutural foi 70% maior no preparo com arado e grade. Concluíram ainda que as produtividades não têm relação somente com os preparos de solo adotados, mas também com a cultura em questão, com as interações das rotações e manejo da lavoura, como época de semeadura, fertilização e o ano considerado.

Diferenças na estabilidade de agregados são grandes quando se compara solo não cultivado com aquele cultivado com arado de aiveca (MARTÍNEZ et al., 2008) e intermediária quando comparado com solos em sistemas de preparo reduzido (escarificadores) (ALVARO-FUENTES et al., 2008).

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado na Fazenda Ferrete, município de Boa Esperança, ES, latitude 18° 29' 42,1", longitude 040° 23' 55,4" a 140 m de altitude em um Argissolo Amarelo coeso, relevo plano, cultivado por oito anos com *Brachiaria brizantha* cv marandu e nunca corrigido ou fertilizado (Figura 1). O clima da região é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 22,6° C e precipitação média anual de 1.022 mm.



Figura 1. Posição da área experimental na paisagem antes da implantação do experimento

Os atributos químicos do solo são descritos na Tabela 1 e a análise textural na Tabela 2.

Tabela 1. Análise química do solo antes da instalação do experimento

Determinação	unidade	Faixa de profundidade	
		0 – 0,20 m	0,20 – 0,40 m
Fósforo mehlich ¹	mg dm ⁻³	1,6	1,0
Fósforo resina	mg dm ⁻³	1,0	1,0
Potássio ¹	mg dm ⁻³	45,6	29,2
Enxofre ³	mg dm ⁻³	3,8	4,8
Cálcio ⁴	C _{mol} dm ⁻³	1,9	1,7
Magnésio ⁴	C _{mol} dm ⁻³	0,3	0,2
Alumínio ⁴	C _{mol} dm ⁻³	0,0	0,0
H + Al ⁵	C _{mol} dm ⁻³	1,6	1,6
pH água ⁶	-----	6,3	6,1
Mat. orgânica ⁸	dag dm ⁻³	2,4	1,6
Ferro ¹	mg dm ⁻³	62,2	103,8
Zinco ¹	mg dm ⁻³	0,4	0,3
Cobre ¹	mg dm ⁻³	0,2	0,1
Manganês ¹	mg dm ⁻³	17,4	8,4
Boro ⁹	mg dm ⁻³	0,28	0,30
Sódio ¹	mg dm ⁻³	21,0	14,8
Cloro ¹⁰	mg dm ⁻³	32,5	37,6
Soma bases	C _{mol} dm ⁻³	2,5	2,0
CTC efetiva	C _{mol} dm ⁻³	2,5	2,0
CTC pH 7	C _{mol} dm ⁻³	4,2	3,6
Saturação de bases	C _{mol} dm ⁻³	58,8	55,5

média de 5 repetições

¹ extração HCl 0,05 mol/L + H₂SO₄ 0,025 mol/L

³ extração Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol/L

⁴ extração KCl 1 mol/L

¹⁰ extração H₂O 1:5

⁵ solução tampão SMP

⁶ pH em H₂O 1:2,5

⁸ oxidação NaCr₂O₇ 4 mol/L + H₂SO₄ 10 mol/L

⁹ extração BaCl₂.2H₂O 0,125%

Tabela 2. Análise textural do solo antes da instalação do experimento

Fração	unidade	Faixa de profundidade	
		0 – 0,20 m	0,20 – 0,40 m
Areia grossa ¹	g kg ⁻¹	596	459
Areia fina ¹	g kg ⁻¹	143	168
Areia total	g kg ⁻¹	738	627
Silte ¹	g kg ⁻¹	106	121
Argila ²	g kg ⁻¹	156	252

média de 5 repetições

¹ metodologia segundo Embrapa (1997)

² método do densímetro

Como parte de caracterização da área experimental procedeu-se a determinação da densidade do solo, utilizando o método da coleta em anéis, descrita por Blake & Hartge (1986) sendo o volume do anel de 142,5 cm³. A

macroporosidade (volume de poros com diâmetro $\geq 0,05$ mm) e a microporosidade (volume de poros com diâmetro $< 0,05$ mm) foi determinada empregando-se metodologia de EMBRAPA (1997) (Tabela 3) e realizadas no Laboratório de Física do Solo CEUNES/UFES, em São Mateus – ES.

Tabela 3. Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e relação macroporosidade/microporosidade antes da instalação do experimento

Determinação	unidade	Faixa de profundidade (m)		
		0 – 0,20	0,20 – 0,40	0,40 - 0,60
Densidade do solo*	g cm^{-3}	$1,60 \pm 0,04$	$1,65 \pm 0,04$	$1,68 \pm 0,03$
Macroporosidade (Ma)*	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	$0,17 \pm 0,02$	$0,13 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,01$
Microporosidade (Mi)*	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	$0,18 \pm 0,01$	$0,21 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,01$
Porosidade total*	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	$0,35 \pm 0,02$	$0,34 \pm 0,02$	$0,34 \pm 0,01$
Relação Ma/Mi	-----	0,94	0,62	0,55

*média de 5 repetições

Foi determinada resistência do solo à penetração também antes da instalação do experimento utilizando um penetrômetro de impacto, com massa de 4,0 kgf, diâmetro da haste de 9,0 mm, diâmetro da ponta de 12,83 mm e ângulo de 30° , segundo metodologia de Stolf et al. (1983), tendo os dados de número de impactos sido transformados em unidade de pressão (MPa) segundo metodologia descrita em Stolf (1991).

Tabela 4. Resistência do solo à penetração (MPa) e umidade do solo ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) antes da instalação do experimento

Determinação	Faixa de profundidade (m)			
	0 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,30	0,30 – 0,40
Resistência à penetração*	2,24	4,90	4,97	5,84
Umidade**	4,8	4,8	6,2	6,2

* média de 30 repetições

** média de 5 repetições

Uma caracterização da estabilidade de agregados foi realizada com a metodologia de Kemper & Chepil (1965), onde foram utilizadas: peneiras de 4,7 mm (passante), 2,00 mm, 1,00 mm, 0,500 mm e 0,250 mm (retidas). As frações retidas foram agitadas em aparelho de Yoder (YODER, 1936), curso de 2,0 cm, repouso de 4 minutos, agitação de 4 minutos e rotação 35 rpm. O diâmetro médio ponderado

(DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) foram calculados segundo fórmulas propostas por Kemper & Rosenau, (1986) (Tabela 5).

Tabela 5. Diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico antes da instalação do experimento

Determinação	unidade	Faixa de profundidade (m)		
		0 – 0,20	0,20 - 0,40	0,40 - 0,60
DMP*	mm	3,34 ± 0,01	3,25 ± 0,03	2,71 ± 0,19
DMG*	mm	3,31 ± 0,02	3,11 ± 0,07	2,26 ± 0,23

*média de 5 repetições

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 5 tratamentos de preparo de solos para a cultura do mamoeiro e 5 repetições. As parcelas consistiram de 4 linhas de plantio, com 8 plantas de mamoeiro (32 plantas no total) em espaçamento 3,8 x 2,1 m ($1.253 \text{ plantas ha}^{-1}$). As duas linhas centrais e as 12 plantas (6 em cada linha) foram tomadas como úteis. As parcelas foram espaçadas entre elas e nas laterais por 7,0 m em um sentido e 5,0 m no outro, visando garantir a movimentação de máquinas (Figura 2).

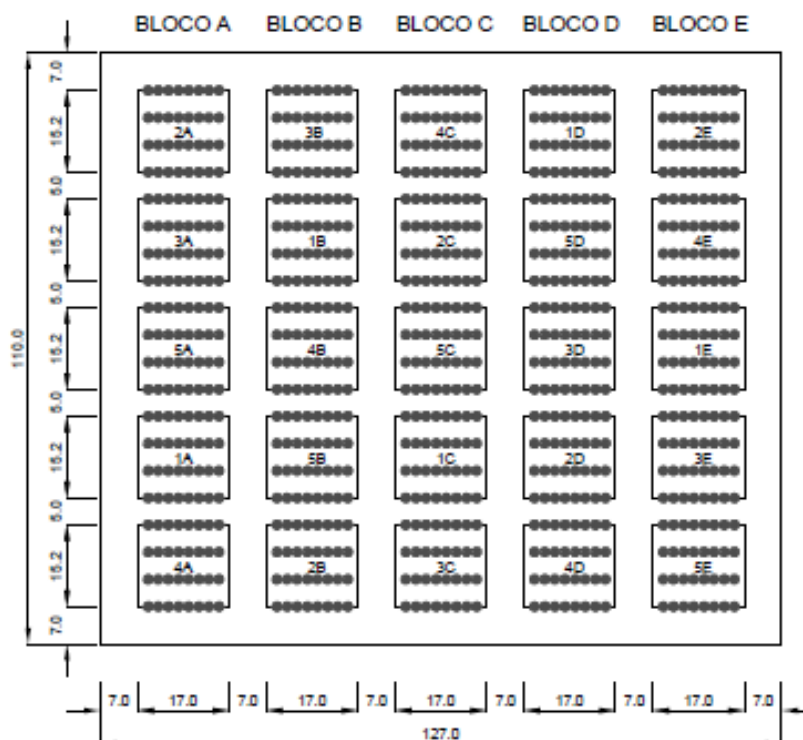


Figura 2. Diagrama esquemático do experimento

A implantação dos tratamentos, realizada de 01 a 07/12/2010, constou de:

- 1 – grade aradora (2 vezes) (Figura 3A) + niveladora + camalhão sobre a linha confeccionado 135 após transplante (GA c/ CAM);
- 2 – grade aradora (2 vezes) + niveladora (GA s/ CAM);
- 3 – subsolador florestal (SF) (Figura 3C);
- 4 – grade aradora (2 vezes) + niveladora + escarificação com 3 hastes espaçadas lateralmente por 0,30 m sobre a linha de plantio (GA + ELP) (Figura 3B);
- 5 – grade aradora (2 vezes) + niveladora + escarificação com 3 hastes espaçadas lateralmente por 0,30 m em área total (GA + EAT).

A profundidade média da aração foi de 0,25 m, da escarificação foi de 0,40 m e da subsolagem foi de 0,70 m.



Figura 3. Preparo do solo com grade aradora (A); preparo com escarificador (B); subsolador utilizado (C); sulcamento utilizado em todos os tratamentos (D); detalhe da ponteira do subsolador (E); detalhe da ponteira do escarificador (F).

Todos os tratamentos foram sulcados antes do transplântio com sulcador de aletas Baldan (Figura 3D) e o sulco de plantio não foi desfeito durante toda a condução do experimento. O plantio foi realizado em banquetas confeccionadas com solo retirado do sulco, no qual foram misturados os fertilizantes (Figura 13).

O camalhão sobre a linha de plantio no tratamento GA c/ CAM foi confeccionado aos 135 dias após o transplântio (Figura 14). Portanto nas tabelas onde se encontram apenas 4 tratamentos (determinações realizadas antes de 135 dias) os tratamentos devem ser interpretados como:

- 1 - grade aradora + niveladora (GA);
- 2 – subsolador florestal (SF);
- 3 - grade aradora + niveladora + escarificação com 3 hastes espaçadas lateralmente por 0,30 m sobre a linha de plantio (GA + ELP);
- 4 - grade aradora + niveladora + escarificação com 3 hastes espaçadas lateralmente por 0,30 m em área total (GA + EAT).

As máquinas e implementos utilizados foram:

- a) Máquinas: trator Valtra BH 180 (180 cv) para subsolador florestal; trator John Deere 7505 (140 cv) para grade aradora; trator Valtra 785 (75 cv) para escarificador, grade aradora, grade niveladora e sulcador.
- b) Implementos: grade aradora tipo off set, marca Baldan, modelo GAPRC com 14 discos recortados e diâmetro de 32”, subsolador florestal Bismaq H 750 BS com ponteira alada e haste parabólica, escarificador de 3 hastes Baldan, grade niveladora tipo off set, marca Pecin, modelo GACR com 24 discos lisos e diâmetro de 24”, sulcador de aletas Tatu Marchesan.

Foi utilizado o material genético de mamoeiro híbrido F1 Tainung 01, transplantando-se três mudas por cova, com posterior sexagem (de 60 a 75 dias após transplântio) selecionando uma planta hermafrodita ou uma planta feminina (quando havia três plantas femininas na cova). As mudas foram confeccionadas em tubetes de 60 ml de volume (13 cm de altura) preenchidos com substrato comercial. O plantio das mudas no campo ocorreu dia 21/01/2011.

3.3. Condução do experimento e manejo da cultura

As adubações aplicadas constam da Tabela 6.

Tabela 6. Fertilizantes utilizados, épocas de aplicação e quantidade de nutrientes

Data	Dias após transplântio	Dosagem (kg planta ⁻¹)	Dosagem (kg ha ⁻¹)					
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
20/01	0	5,0 kg adubo orgânico						
		0,20 kg gesso agrícola				40,0		40,0
		0,20 kg 04-30-10	10,0	75,0	25,0			
05/03	43	0,15 kg 04-30-10	7,5	56,4	18,8			
		0,05 kg sulfato de magnésio					5,6	
19/03	57	0,15 kg 04-30-10	7,5	56,4	18,8			
30/03	68	0,15 kg 09-00-24	16,9		45,1	18,8		
25/04	94	0,10 kg 09-00-24	11,3		30,0	12,5		
		0,12 kg supersimples		27,0		27,0		27,0
25/06	155	0,12 kg 09-00-24	13,5		36,1	15,0		
		0,10 kg supersimples		22,6		22,6		22,6
30/08	221	0,25 kg 10-10-30	31,3	31,3	94,0			17,5
29/10	281	0,34 kg 07-00-30	30,0		128,0	38,3		
Total			128,0	268,7	395,8	174,2	5,6	107,1

A irrigação foi realizada com sistema fixo de aspersão de baixa pressão, com emissores trabalhando com pressão de aproximadamente 200 kPa e vazão de aproximadamente 1,8 m³ h⁻¹ (Figura 4B). Foram instaladas duas baterias de tensiômetros a profundidades de 0,15 e 0,30 m (Figura 4A) e efetuadas irrigações sempre que as tensões indicadas no aparelho mais superficial apontavam valores maiores do que 25 kPa.

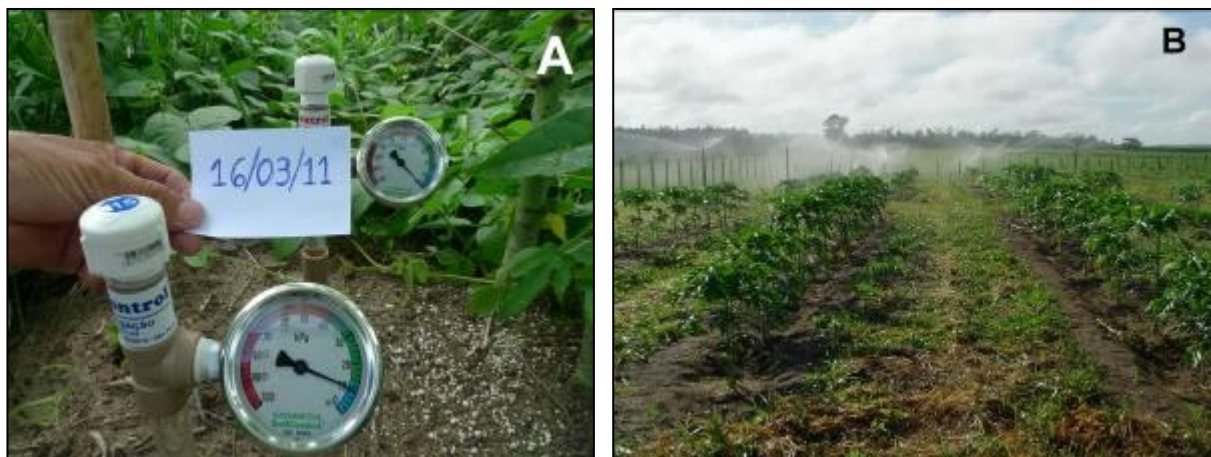


Figura 4. Leitura do tensiômetro (A); funcionamento da irrigação (B)

O controle das plantas daninhas nas entrelinhas foi feito com grade (Figura 12A) (com exceção do tratamento de subsolador florestal, onde se usou roçadora – figura 12B). O primeiro controle foi efetuado 68 dias após o transplântio, com apenas uma passada de grade aradora Baldan GAPRC 14 x 32” com largura de corte efetiva de 1,70 m (portanto distando 1,05 m da linha de plantio e não interferindo na zona de coleta de amostras do solo). O segundo controle foi realizado aos 135 dias após o transplântio utilizando o mesmo implemento, porém com duas passadas (ida e volta). Nas linhas, foi realizado com capina manual na primeira operação e com aplicação da mistura dos herbicidas à base de paraquat + diuron nas demais. Os tratos culturais restantes foram realizados segundo as técnicas de produção da lavoura do mamoeiro de acordo com Martins & Costa (2003).

As variáveis meteorológicas observadas durante o período experimental constam da Tabela 7.

Tabela 7. Variáveis meteorológicas observadas durante o período experimental

	Variável								
	T	T _M	T _{Mabs}	T _m	T _{mabs}	UR	P _o	N	ETP
Novembro/2010	23,9	29,5	34,7	18,2	14,5	72	67,2	9	5,2
Dezembro/2010	25,3	31,8	35,5	18,6	16,1	68	189,3	6	6,0
Janeiro/2011	25,6	32,5	34,9	20,0	15,1	68	34,0	3	5,9
Fevereiro/2011	25,7	32,9	35,9	20,1	17,1	67	10,0	2	5,7
Março/2011	25,3	31,5	33,9	19,8	16,1	70	217,0	5	5,0
Abril/2011	23,9	29,6	32,5	18,5	15,1	72	154,0	7	4,0
Maio/2011	22,1	28,1	31,5	16,9	14,1	71	22,0	3	3,3
Junho/2011	21,6	27,7	31,3	15,8	12,9	70	80,0	2	3,1
Julho/2011	20,9	27,7	29,9	15,9	13,1	72	7,0	1	3,1
Agosto/2011	21,5	28,3	32,9	16,6	12,9	75	0,0	0	3,5
Setembro/2011	20,9	28,1	33,9	15,8	11,3	71	0,0	0	4,2
Outubro/2011	22,7	28,1	32,5	18,2	15,9	75	77,0	8	4,5
Novembro/2011	23,1	28,9	33,9	18,1	15,5	74	181,0	9	5,0
Dezembro/2011	24,8	30,5	34,3	20,3	16,1	71	107,0	6	5,2

T = temperatura média (°C)

T_M = média das temperaturas máximas (°C)

T_{Mabs} = temperatura máxima absoluta (°C)

T_m = média das temperaturas mínimas (°C)

T_{mabs} = temperatura mínima absoluta (°C)

UR = umidade relativa do ar (%)

P_o = precipitação observada (mm)

N = número de dias com chuva

ETP = evapotranspiração potencial (mm/dia)

Fonte: Incaper, estação meteorológica de Boa Esperança, ES. Exceto dados de P_o e N coletados com pluviômetro de 176,7 cm² de abertura, na área experimental.

3.4. Avaliações

As avaliações realizadas no experimento constaram de determinações de atributos do solo e de variáveis biométricas e de nutrição na cultura do mamoeiro.

Oitenta dias após os tratamentos foi avaliada a resistência do solo à penetração com penetrógrafo eletrônico, Marca Falker, modelo penetroLOG PLG 1020 trabalhando com velocidade de penetração máxima de 30 mm/s, cone do tipo 2 (diâmetro 12,83 mm, área da base de 1,3 cm² e ângulo de 30°, índice de cone máximo de 7.700 kPa) conforme ASAE S313.2 (figura 5). Foram tomadas 15 repetições por tratamento (3 repetições por parcela). Durante as determinações de resistência à penetração foram coletadas amostras para análise de umidade, procedida pelo método gravimétrico (EMBRAPA, 1997).



Figura 5. Posicionamento do penetrógrafo no sentido longitudinal

As determinações de atributos volumétricos foram realizadas aos 86 dias após aplicação dos tratamentos e seguiram a mesma metodologia utilizada para caracterização da área, contudo, para densidade do solo, os anéis possuíam volume de $92,5 \text{ cm}^3$.

Para diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico, a mesma metodologia para caracterização da área foi utilizada nas determinações aos 135 dias após os tratamentos.

Foi determinada altura das plantas aos 116 e 194 dias após o transplântio das mudas coletando-se a medida do nível do solo até a inserção do pecíolo com a lâmina foliar da folha mais alta encontrada. O diâmetro do tronco, determinado nas mesmas época citadas, foi mensurado com paquímetro digital a 0,20 m de altura em relação ao solo.

A altura de inserção do primeiro fruto aos 210 dias após transplântio das mudas foi determinada tomando-se a distância do solo ao pedúnculo do fruto mais próximo.

A determinação do sexo das plantas aos 210 dias foi feita contando-se plantas hermafroditas ou femininas, orientado pelo formato dos frutos. Essa determinação foi realizada com intuito de saber se os resultados de crescimento e desenvolvimento das plantas poderiam ter sido influenciados pelo sexo.

Os teores foliares de macro e micronutrientes aos 197 dias após transplântio foram determinados em pecíolos retirados na posição onde se encontrava a primeira flor aberta seguindo metodologia de Costa (1999).

Aos 260 dias após transplântio foi realizada determinação de número de frutos por plantas, separando-os em frutos comerciais e não comerciais, obedecendo aos critérios mostrados na Figura 6, de acordo com Dantas et al. 2000.

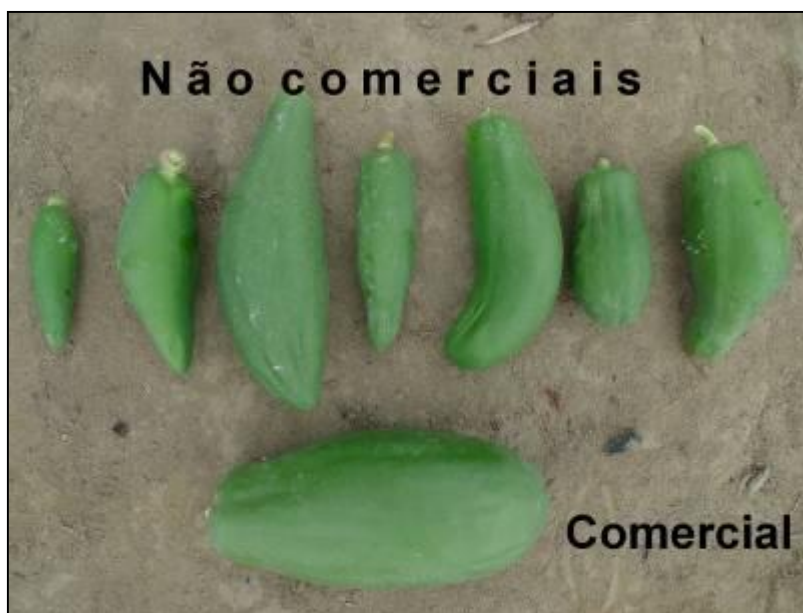


Figura 6. Critério utilizado para diferenciação de frutos comerciais e não comerciais

3.5. Análise estatística

O tratamento estatístico dos dados consistiu em cálculo do erro padrão da média para os dados de resistência do solo à penetração e umidade do solo. Os demais dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância para comparação entre médias utilizando-se o programa GENES (CRUZ, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As determinações de resistência do solo à penetração aos 80 dias após implantação dos tratamentos, realizadas com o penetrógrafo, foram plotadas em gráficos onde as barras horizontais representam o erro padrão da média (Figuras 7 e 8). São cinco gráficos relativos ao sentido transversal à linha de plantio (Figura 7A - E) e outros cinco no sentido longitudinal (Figura 8A - E). Na tabela 8 estão contidos os teores de umidade à duas profundidades que auxiliam a correlacionar os valores de resistência à penetração com a umidade do solo, inclusive de outros trabalhos, já que são fortemente dependentes (CUNHA et al., 2002; DEXTER et al., 2007).

Tabela 8. Umidade do solo ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) durante as determinações de resistência do solo à penetração com o penetrógrafo

Tratamento	Faixa de profundidade (m)	
	0 – 0,20	0,20 – 0,40
GA	$12,9 \pm 0,3$	$12,4 \pm 0,3$
SF	$12,7 \pm 0,7$	$13,5 \pm 0,4$
GA + ELP	$12,8 \pm 0,5$	$13,3 \pm 0,5$
GA + EAT	$12,7 \pm 0,5$	$10,8 \pm 0,5$

Média de 15 repetições

GA = grade aradora + niveladora; SF = subsolador florestal; GA+ELP = grade aradora + niveladora + escarificação na linha de plantio; GA+EAT = grade aradora + niveladora + escarificação em área total

Considerando o sentido transversal (ST) à linha de plantio (Figura 7) os resultados mostram variações de resistência à penetração (RP) da ordem de 0,2 MPa a 3,5 MPa, valores que não são altos. Isso pode ser resultado da ação mobilizadora dos tratamentos (com exceção do SF), pois mesmo aqueles com escarificação, sobre a linha de plantio ou em área total, receberam gradagens. Percebe-se ainda que as diferenças entre os preparos em todos os gráficos se iniciam apenas à profundidade de 0,10 m indicando a facilidade de preparo de boa parte do horizonte A (de espessura aproximada de 0,23 m nesse solo). De maneira

geral, nas distâncias de 0,25 m e 0,35 m, os valores para RP no preparo SF foram menores, principalmente a profundidades maiores do que 0,25 m. O trabalho do SF é mais efetivo à distância de até 0,35 m da planta, podendo até mesmo produzir RP maiores do que o escarificador em profundidades superiores a 0,20 m (Figura 7 – D e E).

As RP obtidas com uso da grade aradora foram, de maneira geral, maiores do que aquelas dos outros tratamentos à profundidades maiores do que 0,20 m evidenciando a atuação superficial desse implemento. Nas distâncias de 0,50 m e 0,65 m, os tratamentos tenderam a se igualar, com pequenas exceções. À distâncias de 0,65 m e 0,75 m as RP do tratamento GA+EAT foram menores do que os outros tratamentos mostrando a uniformidade de preparo imposto com uso do escarificador em área total o que não ocorreu com o subsolador. Até 0,25 m e 0,35 m de distância a RP é menor, principalmente a profundidades maiores do que 0,25 m, para os tratamentos SF e GA+ELP indicando que a banquetta (terra solta dentro do sulco para mistura de adubos e plantio das mudas – Figura 13), tradicionalmente utilizada nos plantios do mamoeiro, possui um efeito de preparo do solo, porém localizado, tanto em profundidade quanto na horizontal.

Considerando o sentido longitudinal (SL) à linha de plantio (Figura 8) os valores de RP são, de maneira geral, ligeiramente maiores do que no ST. Isso se deve à presença do sulco de plantio aberto durante todo o período experimental, onde as determinações foram feitas em maiores profundidades no perfil do solo, pois o aparelho mede do momento que encontra os primeiros milímetros do solo até a profundidade máxima calibrada. Observa-se também coerência nos dados, pois os gráficos, relativos às distâncias (Figura 8 - A a E) possuem o mesmo formato, demonstrando o efeito do sentido de caminhamento do preparo (no mesmo sentido das distâncias tomadas para as determinações). Os valores de RP no tratamento SF foram da ordem de 0,2 MPa a 0,5 MPa mostrando diferenças para os demais tratamentos, principalmente a profundidades maiores do que 0,25 m. Isso demonstra novamente que o preparo com SF tem um bom efeito em profundidade, mas em pequena extensão transversal. O tratamento GA+ELP resultou em valores de RP intermediários entre o SF e GA ou GA+EAT, quando consideradas profundidades abaixo de 0,25 m. Isso demonstra também a atuação do escarificador sobre a linha de plantio no sentido de proporcionar RP maiores do que o SF, mas menores do que o preparo GA ou GA+EAT. Observa-se ainda a semelhança nas curvas relativas a

GA e GA+EAT em todos os gráficos, considerando-se profundidades maiores do que 0,20 m. Provavelmente não há perfeita coincidência da escarificação em área total com a linha de plantio.

Considerando ambos os sentidos de amostragem, os valores encontrados até 0,25 m de profundidade, zona de maior concentração das raízes do mamoeiro (COSTA et al., 1998; COELHO, 2005), atingem ordem aproximada de até 2,5 MPa, valor próximo ao referido por Campostrini & Yamanishi (2001) como não restritivo à fisiologia do mamoeiro. Comparativamente ao que mostram outros trabalhos esse valor de 2,5 MPa está próximo ou aquém dos valores máximos propostos na literatura para outras culturas: 2,0 MPa (ARSHAD et al., 1996; TORMENA et al., 1998; TORRES & SARAIVA, 1999; LAPEN et al., 2004; SENRA et al., 2007); 2,5 MPa (TAYLOR, 1971; CANARACHE, 1990; UNGER & KASPAR, 1994); 3,5 MPa (TAVARES FILHO et al., 2001); 1,5 MPa a 3,0 MPa (GRANT & LANFOND, 1993); 2,0 MPa a 3,0 MPa (IMHOFF et al., 2000); 1,0 MPa a 3,5 MPa (MEROTTO JUNIOR & MUNDSTOCK, 1999); 2,5 MPa a 3,0 MPa (HAMZA & ANDERSON, 2005).

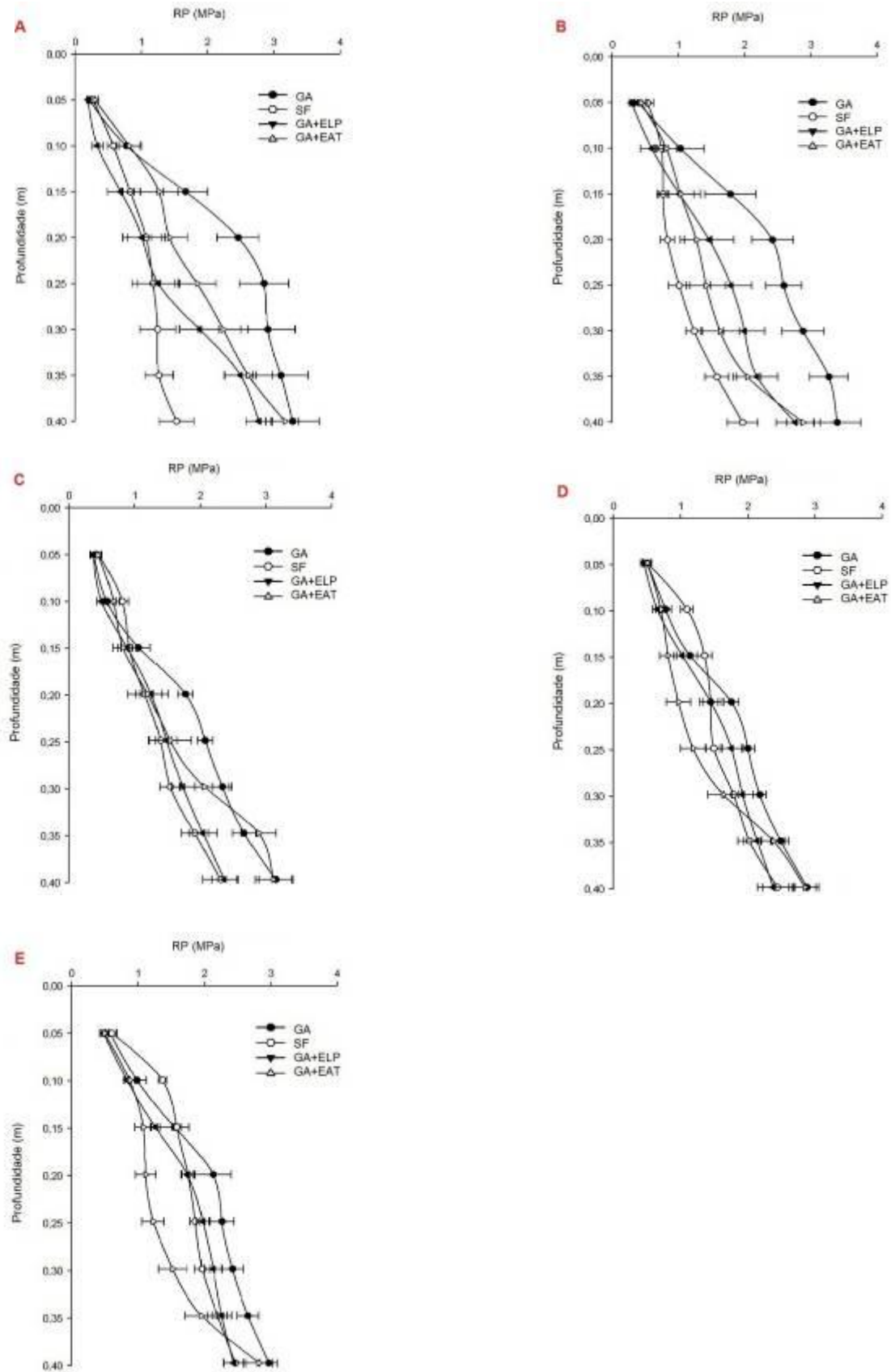


Figura 7. Resistência do solo à penetração (MPa), no sentido transversal à linha de plantio, nas distâncias 0,25 m(A), 0,35 m(B), 0,50 m(C), 0,65 m(D) e 0,75 m(E) 80 dias após realização dos preparos do solo

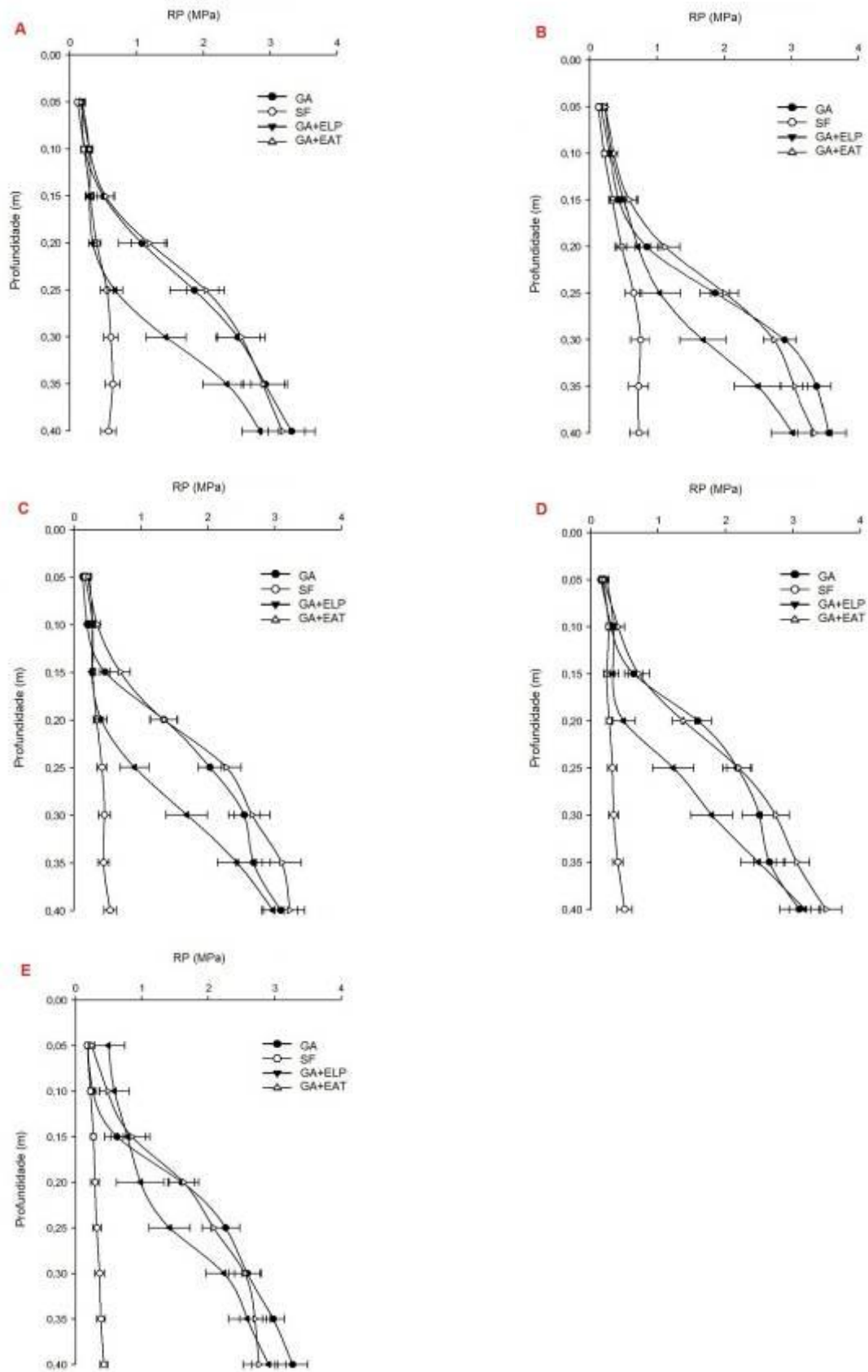


Figura 8. Resistência do solo à penetração (MPa), no sentido longitudinal à linha de plantio, nas distâncias 0,25 m(A), 0,35 m(B), 0,50 m(C), 0,65 m(D) e 0,75 m(E) 80 dias após realização dos preparos do solo

Os valores de densidade do solo (D_s) encontrados antes da instalação do experimento, de $1,60 \text{ g cm}^{-3}$ (0-0,20 m de profundidade), $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ (0,20-0,40 m de profundidade) e $1,68 \text{ g cm}^{-3}$ (0,40-0,60 m de profundidade) (Tabela 3) superam os valores encontrados por Coelho (2005) nos horizontes superficiais não coesos ($1,20 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,40 \text{ g cm}^{-3}$) mas concordam nos horizontes coesos ($1,50 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,80 \text{ g cm}^{-3}$). Há grandes variações nesse atributo nos solos coesos de Tabuleiros Costeiros. Cintra (2005) encontrou densidades, a 0,20 m de profundidade, de $1,57 \text{ g cm}^{-3}$ em um Argissolo Amarelo distrófico e $1,68 \text{ g cm}^{-3}$ em um Argissolo Amarelo álico. Assim como, a 0,40 m de profundidade, de $1,61 \text{ g cm}^{-3}$ e $1,70 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente. No trabalho de Melo Filho et al. (2006) foram determinadas densidades até 0,45 m de profundidade relatando valores de $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,73 \text{ g cm}^{-3}$ em um Latossolo Amarelo coeso de Tabuleiros. Paiva et al. (2000) reporta valores de D_s de $1,57 \text{ g cm}^{-3}$ e de $1,59 \text{ g cm}^{-3}$ para profundidades de 0–0,18 m e 0,18-0,46 m respectivamente em um Latossolo Amarelo argissólico de Tabuleiros. Santana et al. (2006) encontraram valores, para um Latossolo Amarelo de Tabuleiros, de $1,43 \text{ g cm}^{-3}$, $1,71 \text{ g cm}^{-3}$, $1,56 \text{ g cm}^{-3}$ e $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ para profundidades de 0-0,09 m, 0,09-0,38 m, 0,38-0,72 m e 0,72-1,20 m respectivamente. Brandão et al. (2011) em Latossolo Amarelo coeso após submetido a preparos com aração ou subsolagem, encontraram D_s de $1,36 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,81 \text{ g cm}^{-3}$ (0-0,20 m profundidade), $1,68 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,81 \text{ g cm}^{-3}$ (0,20-0,40 m profundidade) e $1,72 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,83 \text{ g cm}^{-3}$ (0,40-0,60 m profundidade).

Os resultados na D_s demonstram pequena variação entre as amostragens, expressa pelos coeficientes de variação (CV) encontrados, de 3% a 9% (Tabela 9). Melo Filho et al. (2006) encontrou pequenos CV em Latossolo Amarelo coeso de Tabuleiros, concluindo que são necessárias três repetições para representar a média desse atributo no perfil. Esses valores se situaram na faixa de $1,22 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,52 \text{ g cm}^{-3}$ na profundidade de 0,20 m e entre $1,43 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,59 \text{ g cm}^{-3}$ na profundidade de 0,40 m. Valores esses ligeiramente menores do que os encontrados por Carvalho et al. (2004) para o mesmo tipo de solo quando submetidos a tratamentos de preparo, os quais variaram entre $1,51 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,67 \text{ g cm}^{-3}$.

A comparação estatística não mostrou diferenças entre os tratamentos, com exceção para profundidade de 0,40 m e distância transversal de 0,60 m, onde a D_s foi maior no tratamento GA do que no GA+EAT. No trabalho de Carvalho et al. (2004) onde foram testados preparos do solo com ou sem subsolagem para o

mamoeiro o efeito da subsolagem não foi claro na diminuição da Ds. Resultados semelhantes foram encontrados por Cortez et al. (2011), Minatel et al. (2006), Silva et al. (2006) e na revisão de 35 trabalhos sobre preparos de solo efetuada por Alvarez & Steinbach (2009). A literatura é bastante contraditória com respeito à relação entre tipos de preparo ou manejo e Ds. Os trabalhos de Santos (1992), Costa et al. (2009), Mazurana et al. (2011), Lopez-Fando et al. (2007) relacionam diferentes preparos diminuindo a Ds. Adekiya et al. (2011) encontraram menores densidades no tratamento aração mais duas gradagens em comparação com limpeza manual (sem preparo), sulcamento com enxada ou plantio com camalhão feito com enxada. Falleiro et al. (2003) submeteram um Argissolo Amarelo câmbico (450 g kg^{-1} de argila) à semeadura direta e outros 5 tratamentos com arados de discos, de aivecas e grade pesada, sendo todos seguidos de duas gradagens niveladoras e constataram que a densidade do solo nos tratamentos convencionais de preparo de solo não diferiram.

Tabela 9. Densidade do solo (g cm^{-3}), 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (cm), (sentido transversal à linha de plantio)

Tratamento	Densidade do solo (g cm^{-3})					
	Profundidades e distâncias da planta					
	P20 D20	P20 D40	P20 D60	P40 D20	P40 D40	P40 D60
GA	1,28 a	1,35 a	1,47 a	1,55 a	1,57 a	1,59 a
SF	1,34 a	1,39 a	1,52 a	1,43 a	1,47 a	1,54 ab
GA + ELP	1,22 a	1,25 a	1,38 a	1,52 a	1,53 a	1,58 ab
GA + EAT	1,36 a	1,39 a	1,41 a	1,56 a	1,48 a	1,50 b
Média	1,30	1,35	1,44	1,51	1,51	1,55
CV (%)	7,34	6,48	7,50	9,14	7,50	3,03

GA = grade aradora + niveladora; SF = subsolador florestal; GA+ELP = grade aradora + niveladora + escarificação na linha de plantio; GA+EAT = grade aradora + niveladora + escarificação em área total. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de macroporosidade (Ma) variaram a 0,20 m de profundidade entre $0,219 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,307 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e a 0,40 m, entre $0,175 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,193 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Tabela 10). Esses valores estão dentro daqueles considerados adequados para bom desenvolvimento das plantas considerando as referências de Kiehl, (1979) ou Xu et al., (1992), mas no limite, ou pouco aquém da referência de Taylor & Aschroft, (1972), de $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Em comparação com os valores encontrados antes dos tratamentos, observa-se um aumento expressivo desse atributo a profundidades de

0-0,20 m (de aproximadamente $0,170 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para a faixa de $0,220 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a $0,310 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) refletindo o efeito dos preparos. Já os valores em profundidade de 0,20-0,40 m quase não foram alterados. Santana et al. (2006) obtiveram valores de M_a , nas profundidades respectivas: $0,146 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (0-0,09 m) e $0,062 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (0,09-0,38 m) em Latossolo Amarelo de Tabuleiro.

A análise estatística demonstrou que não houve diferença na macroporosidade entre os tratamentos (Tabela 10). No trabalho de Carvalho et al. (2004) as alterações na macroporosidade devido a preparos de solo, estudados para o mamoeiro, não foram evidentes. Estudando tratamentos de manejo mecânico do mato, subsolagem ou plantas de cobertura em Latossolo Vermelho de 250 g kg^{-1} de argila, Minatel et al. (2006) também não encontraram diferenças na M_a entre esses manejos. No trabalho de Falleiro et al. (2003) no qual submeteram um Argissolo Amarelo câmbico (450 g kg^{-1} de argila) à semeadura direta e outros cinco tratamentos com arados de discos, de aivecas e grade pesada, sendo todos seguidos de duas gradagens niveladoras, a macroporosidade não diferiu entre os tratamentos com preparo de solo convencional ou de semeadura direta.

Os trabalhos de Nacif (1994) e Santos (1992) constataram aumento da porosidade total com uso da subsolagem em solos de Tabuleiros Costeiros. Rosa et al. (2011) obtiveram, também com uso de subsoladores, aumentos na macroporosidade de 7,2 a 13,1% a profundidades de 0,23 m e 0,26 m, respectivamente. Bordin et al. (2008) em Latossolo Vermelho distroférico observaram aumento da macroporosidade utilizando escarificação com sete hastes aladas a 0,30 m de profundidade. Silva et al. (2006) constataram maiores valores de M_a no plantio convencional do que no preparo reduzido ou semeadura direta. Os trabalhos de Souza et al. (2001), Costa et al. (2009), Cortez et al. (2011), auferiram resultados de diminuição da porosidade total com uso de escarificadores. Mazurana et al. (2011) quando investigaram escarificação em plantio direto constataram, pela análise da M_a , que os efeitos melhoradores da escarificação se manifestam até 0,12 m de profundidade tendendo serem nulos de 0,20 m a 0,30 m de profundidade.

O efeito do preparo sobre valores de porosidade do solo pode ser pouco evidente, sendo mais comuns seus efeitos na forma e distribuição dos poros ao longo do perfil (SCHAEFER et al., 2001).

Tabela 10. Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (cm), (sentido transversal à linha de plantio)

Tratamento	Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)					
	Profundidades e distâncias da planta					
	P20 D20	P20 D40	P20 D60	P40 D20	P40 D40	P40 D60
GA	0,3268 a	0,2871 a	0,1934 a	0,1535 a	0,1727 a	0,1721 a
SF	0,3019 a	0,3075 a	0,1932 a	0,2237 a	0,2011 a	0,1818 a
GA + ELP	0,3126 a	0,3125 a	0,2443 a	0,1880 a	0,2119 a	0,1515 a
GA + EAT	0,2882 a	0,2693 a	0,2469 a	0,1772 a	0,1870 a	0,1978 a
Média	0,3074	0,2941	0,2194	0,1856	0,1932	0,1758
CV (%)	8,93	16,16	16,30	45,57	29,28	18,91

GA = grade aradora + niveladora; SF = subsolador florestal; GA+ELP = grade aradora + niveladora + escarificação na linha de plantio; GA+EAT = grade aradora + niveladora + escarificação em área total. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de microporosidade (Mi) antes da implantação dos tratamentos variaram entre $0,180 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ e $0,220 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$. Santana et al. (2006) encontraram valores maiores, de $0,250$ a $0,270 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ para um Latossolo Amarelo coeso.

Em uma comparação geral dos dados de Mi antes e após implantação dos tratamentos, pouco se pode concluir sobre as modificações dos preparos nesse atributo. Na faixa de profundidade de 0-0,20 m houve uma ligeira diminuição até 0,40 m de distância e nenhuma modificação a 0,60 m. Na faixa de profundidade de 0,20-0,40 m não houve alteração. Observou-se também, de maneira geral, maiores coeficientes de variação na determinação desse atributo na faixa de profundidade de 0-0,40 m do que na faixa de 0-0,20 m.

A comparação estatística das médias permite afirmar que não houve diferença entre os tipos de preparo do solo (Tabela 11). Algumas pesquisas evidenciam que a microporosidade é pouco influenciada pelo manejo do solo (SILVA & KAY, 1997; ARAUJO et al., 2004). Ribeiro et al. (2007) compararam manejos do solo com gradagens e combinações de roçagens e coberturas vegetais na cultura do cajueiro cultivado em Argissolo Acinzentado distrófico arênico. Os tratamentos não evidenciaram diferenças estatísticas na microporosidade. No trabalho de Falleiro et al. (2003), já descrito anteriormente, não houve diferenças na microporosidade entre semeadura direta e cinco tratamentos de preparo convencional.

Santos (1992) e Nacif (1994) compararam preparos de solo, com ênfase em subsoladores, em Latossolo Amarelo coeso e concluíram que houve redução da Mi

com os preparos utilizados. Em um Cambissolo Húmico, Costa et al. (2009) também encontraram redução da Mi com o uso de arado ou escarificador em comparação ao plantio direto.

Tabela 11. Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (cm), (sentido transversal à linha de plantio)

Tratamento	Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)					
	Profundidades e distâncias da planta					
	P20 D20	P20 D40	P20 D60	P40 D20	P40 D40	P40 D60
GA	0,1497 a	0,1519 a	0,2101 a	0,2083 a	0,2017 a	0,1892 a
SF	0,1363 a	0,1249 a	0,1894 a	0,1778 a	0,1909 a	0,1831 a
GA + ELP	0,1585 a	0,1602 a	0,1888 a	0,1980 a	0,1782 a	0,2173 a
GA + EAT	0,1544 a	0,1690 a	0,1898 a	0,1950 a	0,1999 a	0,1879 a
Média	0,1497	0,1515	0,1946	0,1948	0,1927	0,1944
CV (%)	11,43	18,18	17,50	24,90	14,82	16,76

GA = grade aradora + niveladora; SF = subsolador florestal; GA+ELP = grade aradora + niveladora + escarificação na linha de plantio; GA+EAT = grade aradora + niveladora + escarificação em área total. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No cálculo da relação macroporosidade/microporosidade não foram observadas diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos (Tabela 12). Os valores variaram entre 0,72 e 2,47 consideravelmente maiores do que aqueles próximos de 0,50, considerados ideais por Klein & Libardi (2002) para garantir suficiente aeração, permeabilidade e armazenamento de água, mostrando que esse critério pode ter grande variação dependendo do tipo de preparo. Esses valores relativamente altos, próximos ou maiores do que 2,00 encontrados na faixa de profundidade de 0,20 m e à distâncias de 0,20 m e 0,40 m da planta indicam a intensa mobilização provocada por todas as operações sucessivas de cada preparo que aumentam a macroporosidade em proporção maior do que a microporosidade.

Tabela 12. Relação macroporosidade/microporosidade, 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (cm), (sentido transversal à linha de plantio)

Tratamento	Relação macroporosidade/microporosidade					
	Profundidade e distância da planta					
	P20 D20	P20 D40	P20 D60	P40 D20	P40 D40	P40 D60
GA	2,26 a	2,00 a	0,96 a	0,75 a	0,88 a	0,94 a
SF	2,24 a	2,47 a	1,06 a	1,44 a	1,07 a	1,07 a
GA + ELP	1,99 a	2,01 a	1,38 a	1,25 a	1,41 a	0,72 a
GA + EAT	1,87 a	1,68 a	1,35 a	0,97 a	1,00 a	1,08 a
Média	2,09	2,04	1,19	1,10	1,09	0,96
CV (%)	21,28	32,99	29,58	82,83	51,02	34,20

GA = grade aradora + niveladora; SF = subsolador florestal; GA+ELP = grade aradora + niveladora + escarificação na linha de plantio; GA+EAT = grade aradora + niveladora + escarificação em área total. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Efetuada-se o Teste t para os valores de diâmetro médio ponderado (DMP) antes e após os tratamentos (Tabelas 5 e 13), percebe-se que as mobilizações, apesar de sua intensidade (escarificador ou subsolador) e número de operações (duas gradagens pesadas e uma niveladora), não provocaram alterações expressivas demonstrando que, do ponto de vista da estabilidade de agregados do solo e de sua conservação, todos os tratamentos podem ser utilizados para o mamoeiro e que a fragilidade estrutural desse solo não é grande, apesar de sua textura arenosa e dos baixos teores de matéria orgânica verificados até 0,20 m de profundidade. Também observa-se, nos dados obtidos antes dos tratamentos pequena diminuição do DMP ao longo do perfil (de 0 a 0,60 m). Os valores encontrados por Paiva et al. (2000) para solos de Tabuleiros variaram entre 1,23 mm (0-0,18 m de profundidade) a 0,94 mm (0,18-0,46 m profundidade), menores do que os encontrados neste trabalho mas também diminuindo ligeiramente em profundidade.

Os valores de DMP após os tratamentos variaram entre 2,90 mm a 3,32 mm (Tabela 13). Na faixa de profundidade de 0-0,20 m o DMP não diferiu estatisticamente entre os tratamentos confirmando o exposto anteriormente. Na faixa de profundidade de 0-0,40 m os preparos aplicados se assemelharam muito, apesar das diferenças estatísticas encontradas. O DMP foi menor para SF do que GA+EAT, mostrando que o subsolador pode diminuir o DMP em relação ao uso do escarificador talvez pela grande energia aplicada ao solo pelo equipamento. Contrariando os resultados encontrados, Fontes et al. (2007) aplicaram 8 preparos

de solo em um Argissolo Vermelho-amarelo câmbico. Os tratamentos que promoveram maiores diâmetro médio de agregados (0,91 mm e 0,95 mm) foram aqueles apenas com sulcamento ou com subsolagem em comparação com os outros 6 tratamentos que utilizaram implementos que promoviam maior revolvimento (enxada rotativa, grade aradora, grade niveladora ou arado de aiveca). Por outro lado, Salvador et al. (2010) compararam, em um Nitossolo Vermelho distroférico com 510 g kg⁻¹ de argila, preparos com arado de discos, arado de discos + niveladora, grade pesada, grade pesada + niveladora e escarificador e concluíram que o diâmetro médio geométrico não foi diferente estatisticamente, variando de 5,26 mm a 8,51 mm.

Carvalho Filho et al. (2007) em Latossolo Vermelho encontraram valores de DMG de 2,42 mm para enxada rotativa, de 3,55 mm para grade aradora, de 5,89 mm para arado de discos, de 6,74 mm para escarificador e de 7,13 mm para arado de aivecas.

Pagliai et al. (2004) reportam que os agregados foram menos estáveis nos solos preparados com arado e isso resultou em maior tendência de formar crostas comparado com solos preparados com cultivo mínimo ou subsolador.

Na revisão de 35 trabalhos tomados na literatura que comparavam preparo com arado + grade, preparo reduzido ou plantio direto, Alvarez & Steinbach (2009) citam que a mudança no tamanho médio de agregados foi maior no preparo com arado + grade do que com preparo reduzido ou plantio direto. Na média dos trabalhos revisados a instabilidade estrutural foi 70% menor no preparo com arado + grade.

Tabela 13. Diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico, 135 dias após implantação dos tratamentos. Vinte ou 40: profundidade (cm). Distância de 0,25 m da planta no sentido transversal à linha de plantio

Tratamento	DMP 20	DMP 40	DMG 20	DMG 40
GA	3,32 a	3,19 ab	3,23 a	3,01 ab
SF	3,30 a	2,90 b	3,22 a	2,57 b
GA + ELP	3,22 a	3,17 ab	3,04 a	2,96 ab
GA + EAT	3,32 a	3,28 a	3,26 a	3,18 a
Média	3,29	3,14	3,19	2,93
CV (%)	1,92	5,97	4,45	10,39

GA = grade aradora + niveladora; SF = subsolador florestal; GA+ELP = grade aradora + niveladora + escarificação na linha de plantio; GA+EAT = grade aradora + niveladora + escarificação em área total. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores biométricos altura de plantas (AP) e diâmetro do tronco (DT) mostraram diferenças entre os tratamentos (Tabela 14).

Aos 116 dias após transplântio, o tratamento SF produziu AP e DT menores do que GA+ELP e GA+EAT, o que aponta uma melhoria do crescimento das plantas em função do uso do escarificador, pois mesmo atuando a menores profundidades age de forma mais abrangente no sentido horizontal. Os tratamentos GA, GA+ELP e GA+EAT não diferiram entre si demonstrando que o preparo GA fornece condições de crescimento semelhantes a GA+ELP ou GA+EAT.

Tabela 14. Altura de plantas (AP) e diâmetro de tronco (DT) aos 116 dias após transplântio

Tratamento	AP (m)	DT (mm)
GA	1,86 a	74,68 a
SF	1,69 b	60,12 b
GA + ELP	2,03 a	82,64 a
GA + EAT	1,93 a	79,62 a
Média	1,88	74,27
CV (%)	6,55	7,45

GA = grade aradora + niveladora; SF = subsolador florestal; GA+ELP = grade aradora + niveladora + escarificação na linha de plantio; GA+EAT = grade aradora + niveladora + escarificação em área total. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 194 dias após transplântio (Tabela 15) apenas o tratamento SF resultou tanto em AP quanto em DT menores do que os demais tratamentos, apesar das menores resistências à penetração encontradas, principalmente próximo às plantas. Esse tratamento foi o único que não recebeu controle do mato nas entrelinhas com movimentação do solo, mas apenas roçagens. Pode ter havido efeito alelopático ou de competição da cobertura vegetal de *Brachiaria*, vegetação original da área antes da instalação do experimento.

Tabela 15. Altura de plantas (AP) e diâmetro de tronco (DT) aos 194 dias após transplântio

Tratamento	AP (m)	DT (mm)
GA c/ CAM	2,52 a	117,80 a
GA s/ CAM	2,47 a	125,08 a
SF	2,19 b	103,24 b
GA + ELP	2,54 a	124,88 a
GA + EAT	2,51 a	125,40 a
Média	2,45	119,28
CV (%)	4,80	4,28

GA c/ CAM = grade aradora + niveladora com camalhão; GA s/ CAM = grade aradora + niveladora sem camalhão; SF = subsolador florestal; GA+ELP = grade aradora + niveladora + escarificação na linha de plantio; GA+EAT = grade aradora + niveladora + escarificação em área total

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A altura de inserção do primeiro fruto, que pode refletir as condições de crescimento, não mostrou diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 16), mesmo havendo ocorrido diferenças na altura de plantas aos 116 e 194 dias.

Na determinação do sexo das plantas após realizada a sexagem não foram notadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos sendo obtida média de 86,2% de plantas hermafroditas, valor esse dentro do previsto quando se faz sexagem em três mudas por cova do híbrido Tainung 01 (SCHMILDT, 2003). Esses resultados asseguram que as diferenças nas determinações de crescimento e desenvolvimento das plantas não foram devido ao sexo (hermafrodita ou feminina). As plantas hermafroditas são mais sensíveis à variações ambientais do que plantas femininas (AWADA & IKEDA, 1953). Niklas & Marler (2007) comparando a relação altura do mamoeiro/diâmetro do tronco entre plantas estaminadas e pistiladas concluíram que o sexo da planta influencia esses parâmetros de crescimento.

Tabela 16. Altura de inserção do primeiro fruto (AIPF) e sexo das plantas (S – porcentagem de plantas hermafroditas) aos 210 dias após transplântio

Tratamento	AIPF (m)	S (%)
GA c/ CAM	1,26 a	86,0 a
GA s/ CAM	1,17 a	89,8 a
SF	1,11 a	83,4 a
GA + ELP	1,28 a	87,2 a
GA + EAT	1,19 a	84,6 a
Média	1,20	86,20
CV (%)	7,95	14,54

GA c/ CAM = grade aradora + niveladora com camalhão; GA s/ CAM = grade aradora + niveladora sem camalhão; SF = subsolador florestal; GA+ELP = grade aradora + niveladora + escarificação na linha de plantio; GA+EAT = grade aradora + niveladora + escarificação em área total

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Os resultados de teor foliar tanto macro quanto micronutrientes no pecíolo da flor aberta mais recente não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Tabelas 17 e 18). Considerando que a compactação, diminuição da porosidade, aumento da densidade ou mudanças na estrutura do solo podem afetar a absorção, o fluxo difusivo e absorção pelas plantas (RODRIGUES et al., 2009), mas que os efeitos são variáveis segundo o solo, a cultura e o sistema de manejo adotado (OLIVEIRA et al., 2010), os resultados são bem concordantes pois os demais atributos do solo determinados não diferiram significativamente entre os tratamentos.

Tabela 17. Teores foliares de macronutrientes aos 197 dias após transplântio

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
GA c/ CAM	9,92 a	1,87 a	43,64 a	16,75 a	4,43 a	3,97 a
GA s/ CAM	9,62 a	2,18 a	44,38 a	16,17 a	4,27 a	3,17 a
SF	9,39 a	2,36 a	46,75 a	17,81 a	4,25 a	4,25 a
GA + ELP	9,37 a	2,04 a	43,50 a	16,88 a	4,38 a	3,64 a
GA + EAT	9,38 a	2,13 a	41,13 a	18,79 a	4,59 a	3,89 a
Média	9,54	2,12	43,88	17,28	4,38	3,87
CV (%)	9,36	15,08	11,11	18,85	16,64	15,34

N - digestão ácida a quente

P, K, Ca, Mg e S - digestão nitro-perclórica

GA c/ CAM = grade aradora + niveladora com camalhão; GA s/ CAM = grade aradora + niveladora sem camalhão; SF = subsolador florestal; GA+ELP = grade aradora + niveladora + escarificação na linha de plantio; GA+EAT = grade aradora + niveladora + escarificação em área total

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 18. Teores foliares de micronutrientes aos 197 dias após transplântio

Tratamento	Fe	Zn	Cu	Mn	B
	mg kg ⁻¹				
GA c/ CAM	30,0 a	11,2 a	21,4 a	34,4 a	33,0 a
GA s/ CAM	32,6 a	9,8 a	24,2 a	37,6 a	35,8 a
SF	27,8 a	8,8 a	32,0 a	34,0 a	33,8 a
GA + ELP	22,4 a	9,2 a	21,8 a	35,0 a	33,8 a
GA + EAT	25,4 a	9,4 a	24,6 a	31,4 a	34,0 a
Média	27,6	9,7	24,8	34,5	34,1
CV (%)	46,16	24,14	23,85	14,05	10,98

Fe, Cu e Mn - digestão nitro-perclórica

B - digestão seca

GA c/ CAM = grade aradora + niveladora com camalhão; GA s/ CAM = grade aradora + niveladora sem camalhão; SF = subsolador florestal; GA+ELP = grade aradora + niveladora + escarificação na linha de plantio; GA+EAT = grade aradora + niveladora + escarificação em área total

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A avaliação de produção expressa pelo número total de frutos por planta (NTF) e o número de frutos comerciais (NFC) aos 260 dias após o transplântio mostra valor significativamente menor para o tratamento SF e os demais tratamentos não diferindo entre si (Tabela 19). A relação dessa variável com todos os atributos determinados é compatível, já que os atributos físicos do solo não apresentaram diferenças significativamente suficientes para provocar diferenças na produção, apesar do tratamento SF ter proporcionado menores resistências à penetração, principalmente em profundidade e em sentido longitudinal. A RP isoladamente não pôde explicar o comportamento das produções. A maior precipitação em 24 horas ocorreu aos 50 dias após o transplântio com valor de 119,0 mm. A precipitação, do transplântio até a determinação da produtividade foi de aproximadamente 600 mm (a precipitação esperada para o período nessa região é de 734 mm), em praticamente 8,5 meses, índice pluviométrico que pode não ter sido suficiente para que os preparos pudessem evidenciar seu papel na melhoria das condições de aeração para as raízes. Essa é a principal justificativa para busca de preparos que alcancem maior profundidade. Colabora também com a não diferenciação de produção entre os tratamentos o fato de haver sido aplicadas boas adubações, como mostra a tabela 6. Deve-se também levar em consideração a presença da banqueta (terra do interior do sulco na qual foram misturados os adubos de plantio – figura 12). Concomitantemente à aplicação concentrada das adubações em cobertura, pode ter contribuído para não se evidenciar diferenças na produção.

Carvalho et al. (2004) investigaram efeitos na produtividade do mamoeiro sob dois tratamentos sem subsolagem e seis tratamentos com combinações de subsolagem e cobertura vegetal e concluíram que não houve diferenças significativas. Por outro lado, Rezende (1996) efetuou estudos sobre coesão e acidez do solo no sul da Bahia afetando o comportamento das plantas de mamoeiro em Latossolo Amarelo álico de Tabuleiros, o qual foi submetido à subsolagem e correção de acidez. Concluiu que a produtividade aumentou com a profundidade de corte do solo pela subsolagem.

Mazurana et al. (2011), em um Argissolo Vermelho, não encontraram diferenças na produção de grãos e matéria seca do trigo, canola, milho e soja quando compararam uso de escarificadores em várias combinações em plantio direto. Em outro estudo, Bordin et al. (2008) testando preparos com escarificadores de 7 hastes a 0,30 m de profundidade em Latossolo Vermelho distroférico concluíram que não houve diferenças no crescimento e produção de plantas cítricas.

López-Fando et al. (2007) compararam preparo convencional com arado de aiveca, preparo reduzido com escarificador, ausência de preparo e preparo com subsolador de haste inclinada lateralmente. A produtividade de matéria seca da ervilha foi maior com a subsolagem do que nos demais tratamentos e a produtividade de grãos de cevada foi menor na ausência de preparo.

Os tratamentos GA c/ CAM e GA s/ CAM não diferiram estatisticamente, não justificando o uso do camalhão confeccionado após o transplântio. Existe pequeno volume de informação sobre o efeito na produtividade das culturas tropicais do uso de camalhões antes ou após o plantio. Pellegrini (2006) comparou preparo convencional, cultivo mínimo e plantio direto com ou sem camalhão em um Neossolo Litólico eutrófico típico na cultura do fumo. Comenta que em solos rasos, a utilização do camalhão na cultura do fumo contribui para o aumento da profundidade da exploração radicular e desenvolvimento da cultura. Ennin et al. (2009), em solos de Gana, reportam que a produtividade da mandioca em camalhão, comparado com plantio sobre montículo ou solo plano, foi maior, mas isso não ocorreu quando houve aplicação de fertilizantes em doses, em kg ha⁻¹, de 90-45-90 (N, P₂O₅, K₂O). A produção de taro (*Xanthosoma sagittifolium*) em camalhão ou sobre montículo não diferiu. Adekiya et al. (2011) em solos da Nigéria obtiveram, por três anos, maiores produções de taro em preparo com uma aração e uma gradagem vindo em seguida produtividades semelhantes onde o preparo utilizado foi sulcamento com enxada ou

plantio em camalhão confeccionado com enxada. Lawson et al. (2008) obtiveram produtividades de soja em Gana de 6,14 Mg h⁻¹ para semeadura sobre montículo, 5,95 Mg h⁻¹ para semeadura sobre camalhão e 4,07 Mg ha⁻¹ para semeadura em solo plano, onde todos foram preparados com aração e gradagem.

Tabela 19. Número de frutos por planta 260 dias após transplântio. NTF = número total de frutos por planta; NFC = número de frutos comerciais; NFNC = número de frutos não comerciais

Tratamento	NTF	NFC	NFNC
GA c/ CAM	44,8 a	38,6 a	6,2 a
GA s/ CAM	46,4 a	39,4 a	6,9 a
SF	26,9 b	22,7 b	4,2 a
GA + ELP	44,2 a	37,3 a	6,9 a
GA + EAT	52,3 a	45,9 a	6,5 a
Média	42,9	36,8	6,1
CV (%)	12,49	15,40	27,00

GA c/ CAM = grade aradora + niveladora com camalhão; GA s/ CAM = grade aradora + niveladora sem camalhão; SF = subsolador florestal; GA+ELP = grade aradora + niveladora + escarificação na linha de plantio; GA+EAT = grade aradora + niveladora + escarificação em área total

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

5. CONCLUSÕES

1. Todos os preparos testados produziram resistências do solo à penetração menores do que 2,5 MPa na zona de maior concentração de raízes do mamoeiro (0 – 0,25 m);
2. Não houve diferença estatística entre os tratamentos nos atributos do solo, densidade, macroporosidade, microporosidade, relação macroporosidade/microporosidade, DMP e DMG a 0,20 m de profundidade.
3. A produção total de frutos e de frutos comerciais foi menor com o uso do subsolador florestal;
4. Não se justificou o uso do camalhão sobre a linha de plantio confeccionado após o transplante;
5. Os preparos do solo não diferiram quanto ao número de frutos não comerciais;
6. Do ponto de vista de conservação do solo, no aspecto estabilidade de agregados, todos os preparos podem ser utilizados;

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEKIYA, A.O.; OJENIYI, S.O.; AGBEDE, T.M. Soil physical and chemical properties and cocoyam yield under different tillage systems in a tropical Alfisol. **Experimental Agriculture**, v. 47, n. 3, p. 477-488, 2011.

ALVAREZ, R.; STEINBACH, H.S. A review of the effects of tillage systems on some physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentina Pampas. **Soil & Tillage Research**, v.104, p. 1-15, 2009.

ALVARO-FUENTES, J.; ARRUE, J.L.; GRACIA, R.; LÓPEZ, M.V. Tillage and cropping intensification effects on soil aggregation: temporal dynamics and controlling factors under semiarid conditions. **Geoderma**, v. 145, p. 390-396. 2008.

ANDREOTTI, M.; CARVALHO M.P.; MONTANARI, C.R.; BASSO, F.C.; PARIZ, C.M.; AZENHA, M.V.; VERCESE, F. Produtividade da soja correlacionada com a porosidade e a densidade de um Latossolo Vermelho do cerrado brasileiro. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p. 520-526, 2010.

ARAUJO, M.A.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 337-345, 2004.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Eds.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141. (SSSA Special Publication 49).

ASAE. Soil cone penetrometer. In: _____. 1975. **Agricultural Engineers Yearbook**. St. Joseph, 1976, p. 368-369. (ASAE Rec. 313.1).

AWADA, M.; IKEDA, W. Effects of moisture on yield and sex expression of the papaya plants (*Carica papaya* L.). University of Hawaii, Progress Notes, 97: Honolulu. 4 p. 1953.

BENGHOUGH, A.G.; MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal Soil Science**, v. 41, p. 341-358, 1990.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: Klute, A. (ed.). **Methods of soil analysis – physical and mineralogical methods**. Madison: ASA-SSSA, p.363-375. 1986.

BORDIN, I.; NEVES, C.S.V.; FRANCO FILHO, P.; PRETI, E.A.; CARDOSO, C. Crescimento de milho e guandu, desempenho de plantas cítricas e propriedades físicas do solo escarificado em um pomar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1.409-1.418, 2008.

BOTTEGA, E.L.; BOTTEGA, S.P.; SILVA, S.A.; QUEIROZ, D.M.; SOUZA, C.M.A.; RAFULL, L.Z.L. Variabilidade espacial da resistência do solo a penetração em um Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 331-336, 2001.

BRANDÃO, F.J.C.; REZENDE, J.O.; MAGALHÃES, A.F.; COSTA, J.A.; ZANZARINI, F.V.; PIMENTEL, U.V. Avaliação de atributos físicos do solo e desenvolvimento da cultivar Tangor Murcote em Latossolo Amarelo coeso sob o efeito da subsolagem. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 33, Uberlândia, 2011. **Resumos...** Viçosa: SBCS, 2011. 1 CD-ROM.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L.C. Dinâmica de agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 386-391, 1999.

CAMPOSTRINI, E.; YAMANISHI, O.K. Influence of mechanical root restriction on gas-exchange of four papaya genotypes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 129-138, 2001.

CANARACHE, A. Penetr: generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil & Tillage Research**, v.16, p. 51-70, 1990.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregados e qualidade de agregados de um Latossolo Roxo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, E.J.M.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L.M. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 257-265. 1999.

CARVALHO, J.E.B.; LOPES, L.C.; ARAÚJO, A.M.A.; SOUZA, L.S.; CALDAS, R.C.; DALTRO JÚNIOR, C.A.; CARVALHO, L.L.; OLIVEIRA, A.A.R.; SANTOS, R.C. Leguminosas e seus efeitos sobre propriedades físicas do solo e produtividade do mamoeiro "Tainung 1". **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 335-338. 2004.

CARVALHO FILHO, A.; SILVA, R.P.; CENTURION, J.F.; CARVALHO, L.C.C.; LOPES, A. Agregação de um Latossolo Vermelho submetido a cinco sistemas de preparo do solo em Uberaba-MG. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 317-325, 2007.

CARVALHO JÚNIOR, I.A. Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudos de camadas compactadas e/ou adensadas em Latossolos de textura média, sob diferentes usos. 1995. 83 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PADANOSCHI, A.L. Estabilidade de agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico em função dos sistemas de plantio, rotações de cultura e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 527-538, 1998.

CHATTERJEE, A.; LAL, R. On farm assesment of tillage impact on soil carbon and associated soil quality parameters. **Soil & Tillage Research**, v. 104, p. 270-277. 2009.

CINTRA, F.L.D. Reflexões sobre o efeito dos horizontes coesos no movimento de água no solo e na distribuição do sistema radicular. In: **Papaya Brasil – Mercado e Inovações Tecnológicas para o Mamão**. MARTINS, D.S. (Editor). Vitória: Incaper, 2005. 666 p.

COELHO, E.F.; SANTOS, M.R.; COELHO FILHO, M.A. Distribuição de raízes do mamoeiro sob diferentes sistemas de irrigação localizada em tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n.1, p. 175-178. 2005.

CORSINI, P.C.; FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 289-298, 1999.

CORTEZ, J.W.; ALVES, A.D.S.; MOURA, M.R.D.; OLSZEWSKY, N.; NAGAHAMA, H.J. Atributos físicos do Argissolo Amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1.207-1.216, 2011.

COSTA, A.; ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, A.L.; SILVA, F.R. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 235-244, 2009.

COSTA, A.N. Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 13-15, 1999.

COSTA, A. de F.S. da; COSTA, A.N.; SANTOS, F.A.M.; BARRETO, F.C.; ZUFFO, V.J. Plantio, formação e manejo da cultura. In: MARTINS, D.S.; COSTA, A. de F.S. (Eds.) **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória, ES: INCAPER, 2003. 497 p.

COSTA, A. de F.S. da; COSTA, A.N.; DESSAUNE FILHO, N. Distribuição do sistema radicular do mamoeiro em solos do Estado do Espírito Santo. Congresso Brasileiro de Fruticultura, 15, 1998, Poços de Caldas. **Resumos...** Fortaleza: SBF, 2000. 1 CD – ROM.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTANA, S.M.V.; WOBERTO, C. Propriedades físicas de uma Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio

direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: Biometria. Viçosa (MG). Editora UFV. 2006. 382 p.

CUNHA, J.P.A.R.; VIEIRA, L.B.; MAGALHÃES, A.C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**, v. 10, n. 1-4, 2002.

DANTAS, J.L.L.; PINTO, R.M.S.; LIMA, J.F.; FERREIRA, F.R. Catálogo de germoplasma de mamão (*Carica papaya* L.). Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. 40 p. (Documentos CNPMF, 94).

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. **Soil & Tillage Research**, v. 11, p. 199-238, 1988.

DEXTER, A.R. Amelioration of soil by natural processes. **Soil & Tillage Research**, v. 20, p. 87-100, 1991.

DEXTER, A.R.; CZYZ, E.A.; GATE, O.P. A method for prediction of soil penetration resistance. **Soil & Tillage Research**, v. 93, p. 412-419, 2007.

DIAS JUNIOR, M.S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 175-182, 1996.

DICKEY, E.C.; SIEMENS, J.C.; JASA, P.J.; HOFMAN, V.L.; SHELTON, D.P. Tillage system definitions. In: _____. **Conservation tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till**. Ames: Midwest Plan Service, p. 5-7, 1992.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: **Defining soil quality for a sustainable environment**. SSSA Special Publication, n. 35, Madison, p. 3 – 21, 1994.

ENNIN, S.A.; OTOO, E.; TETTEH, F.M. Ridging, a mechanized alternative to mounding for yam and cassava production. **West African Journal of Applied Ecology**, v. 15, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos 1997. 212 p.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1.097-1.104, 2003.

FERNANDES, H.C.; RENILDO, L.M.; VIEIRA, L.B.; DIAS, G.P. Avaliação operacional de um equipamento conjugado de preparo vertical com relação a desagregação do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 21, n. 2, p. 190-196, 2001.

FINGER, C.A.G.; SCHUMACHER, M.V.; SCHNEIDER, P.R.; HOPPE, J.M. Influência da camada de impedimento no solo sobre o crescimento de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden. **Ciência Florestal**, v. 6, n.1, p. 137-145, 1996.

FONTES, P.C.R.; NUNES, J.C.S.; FERNANDES, H.C.; ARAÚJO, E.F. Características físicas do solo e produtividade da batata dependendo de sistemas de preparo do solo. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 355-359, 2007.

FREDDI, O.S.; CARVALHO, M.P.; JUNIOR, V.V.; CARVALHO, G.J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 113-121, 2006.

GFA/INCAPER. Estudo técnico sobre adequação ambiental no meio rural no estado do Espírito Santo: Vitória. 2008, 109 p.

GIMENEZ, D.; ALLMARAS, R.R.; HUGGINS, D.R.; NATER, E.A. Prediction of the saturated hydraulic conductivity-porosity dependence using fractals. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, p. 1285-1292, 1997.

GOMES, N.M.; SILVA, A.M.; MELLO, C.R.; FARIA, M.A.; OLIVEIRA, P.M. Métodos de ajuste e modelos de semivariograma aplicados ao estudo da variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 435-443, 2007.

GRANT, C.A.; LANFOND, G.P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in Southern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 73, n. 2, p. 223-232, 1993.

HAKANSSON, I.; LIPIEC, J. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. **Soil & Tillage Research**, v. 53, p. 71-85. 2000.

HULUGALLE, N.R.; PALADA, M.C.; CARSKY, R.J. Effect of seedbed preparation method on soil properties and crop yield in a rice fallow of South-western Nigeria. In: **Proceedings of the 12th Conference of Internacional Soil Tillage Research Organization**, 8-12 july, 1991, Ibadan, Nigeria, 1991.

HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil & Tillage Research**, v. 82, p. 121-145, 2005.

IBGE. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em 14/02/2012.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1.493-1.500, 2000.

INCAPER. Disponível em<http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=boa_esperanca_bol>. Acesso em 13/01/2012.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos tabuleiros costeiros. In: Reunião técnica sobre solos coesos dos tabuleiros costeiros, 1, 1996. Aracaju, **Anais...** Aracaju: Embrapa-CPATC/Embrapa-CNPMP/AGRUFBA/IGUFBA, 1996. 80 p.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: Black, C.A.; Evans, D.D.; White, J.L.; Ensminger, L.E.; Clarck, F.E. (eds.). **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science of America. Part I. p.499-510. 1965.

KEMPER, W.D. & ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: **Methods of soil analysis, part I. Physical and Mineralogical Methods** – Agronomy Monograph n. 9. Soil Science Society of America, Madison. 1986. p. 425-442.

KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia**: relações solo-planta. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1979. 264 p.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 857-867, 2002.

LAL, R. S. Soil degradative effects of slope length and tillage methods on Alfisols in Western Nigeria. III Soil physical properties. **Land degradation & development**, v. 8, p. 325-342, 1997.

LAPEN, D.R.; TOPP, G.C.; GREGORICH, E.G.; CURNOW, W.E. Least limiting water range indicators of soil quality and corn production, Eastern Ontario, Canada. **Soil & Tillage Research**, v.78, p. 151-170, 2004.

LAWSON, I.Y.D.; MENSAH, E.A.; YEBOAH, E.N. Improving the establishment and yield of soybean through planting depth and land preparation methods in Northern Ghana. **West African Journal of Applied Ecology**, v. 14, 2008.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop productions. **Adv. Soil Science**, v. 1, p. 277-294, 1985.

LIMA, R.C.; MELLO, L.M.M.; CARVALHO, M.P.E.; LIMA, C.G.R.; MELLO, A.M. Aspectos lineares e espaciais da correlação entre produtividade de forragem de milho e a porosidade do solo sob plantio direto. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 1, p. 40-51, 2009.

LOPES, R.A.P. **Monitoramento de propriedades físicas do solo sob dois sistemas de preparo na sucessão soja-milho no período de tres anos**. 2002. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agroindustriais) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Cascavel, 2002.

LOPÉZ-FANDO, C.; DORADO, J.; PARDO, M.T. Effects of zone-tillage in rotation with no-tillage on soil properties and crop yields in a semi-arid soil from central Spain. **Soil & Tillage Research**, v. 95, p. 266-276, 2007.

MARLER, T.E.; GEORGE, A.P.; NISSEN, R.J.; ANDERSSSEN, P.C. Miscellaneous tropical fruits. In: SCHAFFER, B.; ANDERSSSEN, P.C. (Eds.). **Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops, vol. II: Sub Tropical and Tropical Crops**, CRC Press, Boca Raton, p.199-224. 1994.

MARTELETTO, L.A.P.; MALDONADO, J.F.M.; VIEIRA, A.; FERNANDES, S.G.; CARVALHO, S.M.P.; SILVA, J.A.C.; COSTA, R.A.; OLIVEIRA, L.A.A.; SARMENTO, W.R.M. **A cultura do mamão: perspectivas, tecnologias e viabilidade**. Niterói: PESAGRO-RIO, 1997. 28 p. (PESAGRO-RIO. Documentos, 37).

MARTINEZ, E.; FUENTES, J.P.; SILVA, P.; VALLE, S.; ACEVEDO, E. Soil physical properties and wheat root growth as affected by no-tillage and conventional tillage systems in a Mediterranean environment of Chile. **Soil & Tillage Research**, v. 99, p. 232-244, 2008.

MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. (eds.). **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória: Incaper, 2003. 497p.

MATA da, J.D.V.; GONÇALVES, A.C.A.; VIEIRA, S.R.; FOLEGATTI, M.V. Relação entre produtividade e resistência à penetração em área irrigada por pivô central sob dois sistemas de preparo. **Acta Scientiarum** v. 21, n. 3, p. 519-525, 1999.

MAZUCHOWSKI, J.Z.; DERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas**. Curitiba: ACARPA, 1984. 68 p.

MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MULLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4. p. 1197-1206. 2011.

McNABB, D.H.; STARTSEV, A.D.; NGUYEN, H. Soil wetness and traffic level effects on bulk density and air-filled porosity of compacted boreal forest soils. **Soil Science Society American Journal**, v. 65, p.1238-1247, 2001.

MEDINA, B.F. Influência de dois métodos de preparo de área na compactação de um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, p. 67-71, 1985.

MELO FILHO, J.F.; OLIVEIRA, A.S.; LOPES, L.C.; VELLAME, L.M. Análise estatística exploratória e variabilidade da densidade do solo em um perfil de Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros da Bahia. **Ciência Agrotécnica**, v. 30, n. 2, p. 199-205, 2006.

MEROTTO JUNIOR, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 197-202, 1999.

MINATEL, A.L.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F.; NATALE, W. Efeitos da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citrus. **Engenharia Agrícola**, v.26, n. 1, p. 86-95, 2006.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO. Disponível em: < <http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em 14/02/2012.

NACIF, P.G.S. **Efeito da subsolagem em propriedades físico-hídricas de um Latossolo Amarelo álico coeso representativo do Recôncavo Baiano**. 1994. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

NIKLAS, K.J.; MARLER, T.E. Carica papaya (Caricaceae): a case study into the effects of domestication on plant vegetative growth and reproduction. **American Journal of Botany**, v. 94, p. 999-1002, 2007.

OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management. **Plant Soil**, v. 76, p. 319-337, 1984.

OLIVEIRA, A.M.G.; FARIAS, A.R.N.; SANTOS FILHO, H.P.; OLIVEIRA, J.R.P.; DANTAS, J.L.L.; SANTOS, L.B.; OLIVEIRA, M.A.; SOUZA JUNIOR, M.T.; SILVA, M.J.; ALMEIDA, O.A.; NICKEL, O.; MEDINA, V.M.; CORDEIRO, Z.J.M. **Mamão para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília. EMBRAPA-SPI, 1994. 52 p. Série Publicações Técnicas Frupep, 9.

OLIVEIRA, V.S.; ROLIM, M.M.; VASCONCELOS, R.F.B.; COSTA, Y.D.J.; PEDROSA, E.M.R. Compactação de um Argissolo Amarelo distrocoeso submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 914-920, 2010.

PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N.; PELLEGRINI, S. Soil structure and the effect of management practices. **Soil & Tillage Research**, v. 79, p. 131-143, 2004.

PAIVA, A.Q.; SOUZA, L.S.; RIBEIRO, A.C.; COSTA, L.M. Propriedades físico-hídricas de solos de uma topossequência de Tabuleiros do estado da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2.295-2.302, 2000.

PELLEGRINI, A. **Sistemas de cultivo da cultura do fumo com ênfase nas práticas de manejo e conservação do solo**. 2006. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2006.

PIERCE, F.J.; FARTIN, M.C.; STATON, M.J. Immediate and residual effects of zone-tillage on soil physical properties and corn performance. **Soil & Tillage Research**, v. 24, p. 149-165, 1992.

REINERT, D.J. **Compactação de solos arenosos**. Porto Alegre: EMATER RS, 1993. 53-56 p. (EMATER RS, Manual Técnico, Solos, vol. 1).

REYNOLDS, W.D.; DRURY, C.F.; YANG, X.M.; FOX, C.A.; TAN, C.S.; ZHANG, T.Q. Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. **Soil & Tillage Research**, v. 96, p. 316-330, 2007.

REZENDE, J.O. Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo. Salvador, BA: SEAGRI/SPA, 2000. 117 p.

REZENDE, J.O. Tentativa de um manejo adequado para o cultivo de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em solos coesos de Tabuleiros costeiros no nordeste brasileiro.

In: MENDES, L.G.; DANTAS, J.L.L.; MORALES, C.F.G. (Eds.). **Mamão no Brasil**. Cruz das Almas: UFBA/EMBRAPA – CPMF, 1996. p. 27-48.

RIBEIRO, K.A.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S.; XAVIER, F.A.S.; MAIA, S.M.F.; SOUSA, H.H.F. Qualidade do solo na cultura do cajueiro anão precoce cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 341-351, 2007.

RODRIGUES, P.N.F.; ROLIM, M.M.; BEZERRA NETO, E.; PEDROSA, E.M.R.; OLIVEIRA, V.S. Crescimento e composição mineral do milho em função da compactação do solo e da aplicação de composto orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p. 94-99, 2009.

ROSA, D.P.; REICHERT, J.M.; MENTGES, M.I.; BARROS, C.A.P.; REINERT, D.J.; VIEIRA, D.A. Cultivo mínimo: efeito da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v. 15, n. 11, p. 1199-1205, 2011.

SÁ, J.C.M. Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais e estratégia de fertilização para a produção de grãos no sistema de plantio direto. In: Seminário sobre plantio direto na UFV, 1, Viçosa, 1998. **Resumos...** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. p. 19-61.

SALVADOR, N.; MION, R.L.; BENEZ, S.H.; VILIOTTI, C.A. Estudo da demanda energética e desagregação do solo em diferentes sequências operacionais de preparo periódico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 231-236, 2010.

SANTANA, M.B.; SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D.; FONTES, L.E.F. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citrus como indicadores de horizontes coesos em dois solos de Tabuleiros Costeiros do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 1-12, 2006.

SANTOS, D.M.B. **Efeito da subsolagem mecânica sobre a estrutura de um solo de Tabuleiro (Latossolo Amarelo álico coeso) no município de Cruz das Almas – Bahia (caso 2)**.1992. 87 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1992.

SANTOS, P.A.; CARVALHO, M.P.; FREDDI, O.S.; KITAMURA, A.E.; FREITAG, E.E.; VANZELA, L.S. Correlação linear e espacial entre rendimento de grãos do feijoeiro e a resistência mecânica a penetração em um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 287-295, 2005.

SCHAEFER, C.E.G.R.; SOUZA, C.M.; VALLEJOS, M.F.J.; VIANA, J.H.M.; GALVÃO, J.C.C.; RIBEIRO, L.M. Características da porosidade de um Argissolo Vermelho amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 765-769, 2001.

SCHAFFRATH, V.R.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J.; GONÇALVES, A.C.A. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas do solo sob plantio direto

e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n. 4, p. 1369-1377, 2008.

SENRA, A.F.; LOUZADA, R.O.; VITORINO, A.C.T.; SOUZA, C.M.A.; VICTOR, D.M. Resistência à penetração em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo. **Revista Ciencias Tecnicas Agropecuarias**, La Havana, v.16, n.1, 2007.

SCHMILDT, E.R. Considerações sobre a biotecnologia em mamoeiro (*Carica papaya* L.). Revista SEAHORTES, n.1, p. 55-59, 2003.

SILVA, A.P.; KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Science Society American Journal**, v. 61, p. 877-883, 1997.

SILVA, F.C.C. Preparo do solo e operações de plantio. In: **Informe Agropecuário - Mamão**: Belo Horizonte. EPAMIG, n. 134, p. 24-26, 1986.

SILVA, M.A.S.; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A.; ROSA, J.D.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 329-337, 2006.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.191-199, 2000.

SOARES, J.L.N.; ESPINDOLA, C.R.; CASTRO, S.S. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 29, n. 6. p. 1005-1014, 2005.

SOUZA, A.J. Preparo de solos coesos para cultura do eucalipto no extremo sul da Bahia. In: **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Eds.). Piracicaba: IPEF, p. 297-311, 2002.

SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1.135-1.139, 2005.

SOUZA, L. da S. Uso e manejo dos solos dos Tabuleiros Costeiros. In: Reunião técnica sobre solos coesos dos Tabuleiros Costeiros, 1996. Cruz das Almas. **Anais...** Aracaju: Embrapa – CPATC, 1996. p. 36-75.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Movimento de água e resistência a penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, p. 18-23, 2003.

SOUZA, Z.M.; SILVA, M.L.S.; GUIMARÃES, G.L.; CAMPOS, D.T.S.; CARVALHO, M.P.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo

Vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 699-707, 2001.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELY, R.S.; TOMM, G.O. Efeito de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos do solo e produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004.

STAPE, J.L.; ANDRADE, S.C.; GOMES, A.N.; KREJCI, L.C.; RIBEIRO, J.A.C.L. Definição de métodos de preparo de solo para silvicultura em solos coesos do litoral norte da Bahia. In: **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Eds.). Piracicaba: IPEF, p. 259-296, 2002.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. Penetrômetro de impacto IAA/PLANALSUCAR-STOLF: Recomendações para seu uso. **STAB**, v. 3, p. 18-23, 1983.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 15, p.229-235, 1991.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F.; FONSECA, I.C.B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays* L.) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 725-730, 2001.

TAYLOR, H.M. Root behavior as affected by soil structure and strength. In: CARSON, E.W. (ed.). **The plant root and its environment**. Virginia: Virginia Polytechnic and State University, 1971. cap. 11, p. 271-291.

TAYLOR, S.A.; ASCHROFT, G.L. **Physical edaphology** – The physics of irrigated and non irrigated soils. San Francisco, W.H. Freeman, 1972. 532 p.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. The management of ryegrass to stabilize aggregates of a red-brown earth. **Australian Journal of Soil Research**, v. 18, p. 415-422, 1980.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 573-581, 1998.

TORRES, E.; SARAIVA, O.D. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: EMBRAPA – Soja, 1999. 58 p. (EMBRAPA – Soja. Circular Técnica, 23).

TROPP, G.C.; REYNOLDS, W.D.; COOK, F.J.; KIRBY, J.M. CARTER, M.R. Physical attributes of soil quality. In: GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R. (eds.). **Soil quality for crop production and ecosystem health**. Developments in Soil Science, v. 25. Elsevier, New York, NY, p. 21-58, 1997.

UNGER, P.W.; KASPAR, T. Soil compaction and root growth: a review. **Agronomy Journal**, v. 86, p. 759-766, 1994.

XU, X.; NIEBER, J.L.; GUPTA, S.C. Compaction effect on the gas diffusion coefficient in soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 1743-1750, 1992.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 28, p. 337-351, 1936.

ZUFFO, V.J. Custos de produção para os mamoeiros Formosa e Hawai no estado do Espírito Santo. In: **Agrianual 2012**, São Paulo, Informa Economics FNP (ed.), p. 329-336, 2012.

ANEXOS

Análises de variância

Tabela 20. Resumo da análise de variância para densidade do solo (g cm^{-3}), 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (sentido transversal à linha de plantio)

Fonte de variação	Quadrados médios						
	GL	P20 D20	P20 D40	P20 D60	P40 D20	P40 D40	P40D60
Blocos	4	0,0100	0,0176	0,0127	0,0149	0,0061	0,0013
Tratamentos	3	0,0192 _{ns}	0,0230 _{ns}	0,0180 _{ns}	0,0174 _{ns}	0,0106 _{ns}	0,0088*
Resíduo	12	0,0091	0,0076	0,0117	0,0191	0,0129	0,0022
Média		1,30	1,35	1,44	1,51	1,51	1,55
CV (%)		7,34	6,48	7,50	9,14	7,50	3,03

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

*significativo a 5% de probabilidade

Tabela 21. Resumo da análise de variância para macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (sentido transversal à linha de plantio)

Fonte de variação	Quadrados médios						
	GL	P20 D20	P20 D40	P20 D60	P40 D20	P40 D40	P40D60
Blocos	4	0,0022	0,0007	0,0038	0,0030	0,0060	0,0012
Tratamentos	3	0,0013 _{ns}	0,0020 _{ns}	0,0046*	0,0043 _{ns}	0,0014 _{ns}	0,0019 _{ns}
Resíduo	12	0,0008	0,0022	0,0013	0,0071	0,0032	0,0011
Média		0,31	0,29	0,22	0,19	0,19	0,18
CV (%)		9,01	16,10	16,22	45,54	29,28	18,79

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

*significativo a 5% de probabilidade

Tabela 22. Resumo da análise de variância para microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (sentido transversal à linha de plantio)

Fonte de variação	Quadrados médios						
	GL	P20 D20	P20 D40	P20 D60	P40 D20	P40 D40	P40D60
Blocos	4	0,0001	0,0002	0,0023	0,0003	0,0030	0,0013
Tratamentos	3	0,0005 _{ns}	0,0018 _{ns}	0,0005 _{ns}	0,0008 _{ns}	0,0006 _{ns}	0,0012 _{ns}
Resíduo	12	0,0003	0,0008	0,0012	0,0024	0,0008	0,0011
Média		0,15	0,15	0,19	0,19	0,19	0,19
CV (%)		11,57	18,28	17,62	24,89	14,91	16,80

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Tabela 23. Resumo da análise de variância para relação macroporosidade/microporosidade, 86 dias após implantação dos tratamentos. P = profundidade (cm) e D = distância da planta (sentido transversal à linha de plantio)

Fonte de variação	Quadrados médios						
	GL	P20 D20	P20 D40	P20 D60	P40 D20	P40 D40	P40D60
Blocos	4	0,0815	0,0914	0,2792	0,3180	0,7154	0,1206
Tratamentos	3	0,1760 _{ns}	0,5224 _{ns}	0,2211 _{ns}	0,4565 _{ns}	0,2565 _{ns}	0,1397 _{ns}
Resíduo	12	0,1978	0,4528	0,1230	0,8323	0,3104	0,1069
Média		2,09	2,04	1,19	1,10	1,09	0,96
CV (%)		21,28	32,99	29,58	82,83	51,02	34,20

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Tabela 24. Resumo da análise de variância para estabilidade de agregados (diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico), 135 dias após implantação dos tratamentos. Vinte ou 40: profundidade (cm) (distância de 0,25 m da planta no sentido transversal à linha de plantio)

Fonte de variação	Quadrados médios				
	GL	DMP 20	DMP 40	DMG 20	DMG 40
Blocos	4	0,0035	0,0378	0,0147	0,0775
Tratamentos	3	0,0114 _{ns}	0,1364*	0,0479 _{ns}	0,3321*
Resíduo	12	0,0040	0,00351	0,00201	0,0926
Média		3,29	3,14	3,19	2,93
CV (%)		1,92	5,97	4,45	10,39

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

*significativo a 5% de probabilidade

Tabela 25. Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP) e diâmetro de tronco (DT) aos 116 dias após transplântio

Fonte de variação	Quadrados médios		
	GL	AP (m)	DT (mm)
Blocos	4	0,0463	169,4008
Tratamentos	3	0,1059**	498,4498**
Resíduo	12	0,0151	30,6278
Média		1,88	74,27
CV (%)		6,55	7,45

**significativo a 1% de probabilidade

Tabela 26. Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP) e diâmetro de tronco (DT) aos 194 dias após plantio

Fonte de variação	Quadrados médios		
	GL	AP (m)	DT (mm)
Blocos	4	0,0432	85,5720
Tratamentos	4	0,1071 **	452,4080 **
Resíduo	16	0,0138	26,0363
Média		2,45	119,28
CV (%)		4,80	4,28

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Tabela 27. Resumo da análise de variância para altura de inserção do primeiro fruto (AIPF) e sexo das plantas (S) aos 210 dias após plantio

Fonte de variação	Quadrados médios		
	GL	AIPF (m)	S (%)
Blocos	4	0,0197	26,9000
Tratamentos	4	0,0230 _{ns}	30,5000 _{ns}
Resíduo	16	0,0091	157,1500
Média		1,20	86,20
CV (%)		7,95	14,54

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Tabela 28. Resumo da análise de variância para teores foliares de macronutrientes aos 197 dias após plantio

Fonte de variação	Quadrados médios						
	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	4	0,4387	0,0111	9,8435	4,8433	0,1185	0,3247
Tratamentos	4	0,2903 _{ns}	0,1584 _{ns}	20,3360 _{ns}	5,3053 _{ns}	0,0921 _{ns}	0,3374 _{ns}
Resíduo	16	0,7973	0,1019	23,7482	10,6124	0,5318	0,3530
Média		9,54	2,12	43,88	17,28	4,38	3,87
CV (%)		9,36	15,08	11,11	18,85	16,64	15,34

ns: não significativo pelo teste F

Tabela 29. Resumo da análise de variância para teores foliares de micronutrientes aos 197 dias após plantio

Fonte de variação	Quadrados médios					
	GL	Fe	Zn	Cu	Mn	B
Blocos	4	182,9400	3,7600	218,1000	115,4600	45,0600
Tratamentos	4	78,3400 _{ns}	4,2600 _{ns}	91,0000 _{ns}	24,6600 _{ns}	5,3600 _{ns}
Resíduo	16	162,7900	5,4600	34,9750	23,4850	14,0100
Média		27,64	9,68	24,80	34,48	34,08
CV (%)		46,16	24,14	23,85	14,05	10,98

ns: não significativo pelo teste F

Tabela 30. Resumo da análise de variância para número de frutos por planta aos 260 dias após plantio. NTF = número total de frutos por planta; NFC = número de frutos comerciais por planta; NFNC = número de frutos não comerciais por planta

Fonte de variação	Quadrados médios			
	GL	NTF	NFC	NFNC
Blocos	4	33,5734	30,1506	1,3564
Tratamentos	4	452,2114 **	363,5386 **	6,4224 _{ns}
Resíduo	16	28,7374	32,1189	2,7452
Média		42,94	36,79	6,14
		12,49	15,40	27,00

ns: não significativo pelo teste F

**significativo a 1% de probabilidade

Fotografias

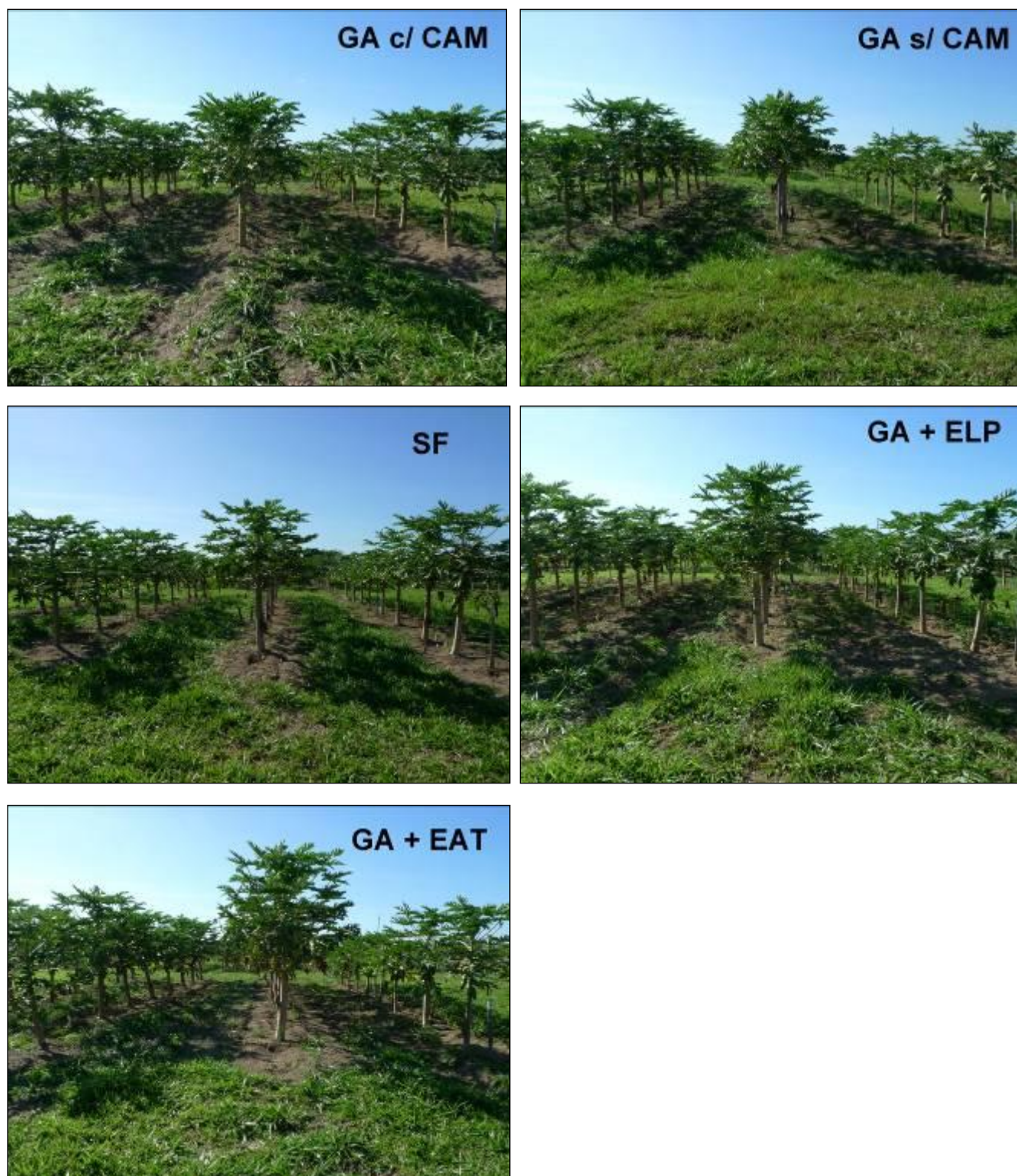


Figura 9. Situação dos tratamentos do bloco B aos 210 dias após transplante.



Figura 10. Confeção do camalhão aos 135 dias após transplante.



Figura 11. Enraizamento nos tratamentos por ocasião da coleta de amostras aos 135 dias após o transplântio (o número refere-se ao tratamento e a letra à repetição)



Figura 12. Controle do mato nos tratamentos 135 dias após o transplântio: GA c/CAM, GA s/ CAM, GA+ELP, GA+EAT (A) e SF (B).



Figura 13. Banquetas onde foram misturados os fertilizantes para transplântio.



Figura 14. Tratamento GA c/ CAM, 184 dias após transplântio.