

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DE RODAS COMPACTADORAS SUBMETIDAS A
CARGAS VERTICAIS EM PROFUNDIDADES DE
SEMEADURA NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS
DO MILHO (*Zea Mays* L.)**

Rouverson Pereira da Silva

Engenheiro Agrícola

Jaboticabal – São Paulo - Brasil

2002

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DE RODAS COMPACTADORAS SUBMETIDAS A
CARGAS VERTICAIS EM PROFUNDIDADES DE
SEMEADURA NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS
DO MILHO (*Zea Mays* L.)**

Rouverson Pereira da Silva

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Corá

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

**Jaboticabal
Dezembro – 2002**

Silva, Rouverson Pereira da
S586e Efeito de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais em profundidades de semeadura nas características agronômicas do milho (*Zea Mays* L.) / Rouverson Pereira da Silva. - - Jaboticabal, 2002

xvii, 101 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2002

Orientador: José Eduardo Corá

Banca Examinadora: Nilson Salvador, José Armando Furlani Jr., Afonso Lopes, Itamar Andrioli

Bibliografia

1.Canal de solo. 2.Semeadura. 3. Emergência. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.3:633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação - Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Rouverson Pereira da Silva, filho de José Pereira da Silva e Nilza Aparecida Pereira, nasceu no dia 25 de setembro de 1966, em Lavras, MG, onde cursou o Ensino Fundamental e Médio. Em agosto de 1985, iniciou o curso de Engenharia Agrícola na Escola Superior de Agricultura de Lavras, atualmente Universidade Federal de Lavras, terminando-o em agosto de 1990. Em 1991 ingressou no curso de Mestrado em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, onde em julho de 1995 obteve o grau de Mestre. Em março de 1994 ingressou como professor nas Faculdades Associadas de Uberaba e na Universidade de Uberaba, onde exerceu a direção do Curso de Engenharia Agrícola entre abril de 2000 e janeiro de 2002. Em fevereiro de 2002 assumiu a coordenação do Curso de Agronomia das Faculdades Associadas de Uberaba. Durante a vida acadêmica desempenhou várias atividades, tais como Presidente do Centro Acadêmico de Engenharia Agrícola, Diretor da União Brasileira de Estudantes de Engenharia Agrícola, Vice-Presidente da Associação de Pós-Graduandos e Diretor Regional da Associação Nacional de Pós-Graduandos. Em 2002 concluiu o Doutorado.

*“Assim como os antigos moralistas escreviam máximas,
deu-me vontade de escrever o que se poderia chamar de mínimas,
ou seja, alguma coisa que, ajustada às limitações do meu engenho,
traduzisse um tipo de experiência vivida, que não chega a ser sabedoria
mas que, de qualquer modo, é resultado de viver.”*

Carlos Drummond de Andrade

*À minha esposa Raquel,
Aos meus pais José e Nilza,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

Embora seja solitário o ato de escrever uma tese, a sua execução acaba por envolver várias pessoas. Por isso, é extremamente prazeroso chegar ao fim de uma etapa sabendo que não a atingimos sozinhos. Assim, deixo aqui registrados meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho:

Ao Prof. Dr. José Eduardo Corá pela orientação fornecida;

A Alberto Carvalho Filho, companheiro nas viagens a Jaboticabal, pela sugestão do tema e grande ajuda na instalação e condução do experimento;

A André Luís Teixeira Fernandes, Leonardo Campos de Assis, Luís César Dias Drumond, Luís Carlos Vianna Jr., pela amizade e companheirismo;

Ao Instituto de Ciência e Tecnologia do Ambiente da Universidade de Uberaba, na pessoa de seu diretor, Prof. Dr. Márcio Augusto Souza Nogueira, pelo incentivo;

À FAZU - Faculdades Associadas de Uberaba, pelo apoio oferecido e pela construção da Pista de Ensaio;

Aos alunos dos cursos de Agronomia e Zootecnia da FAZU – Bernardo, Bruno, Carlos Henrique, Daniela, Demétrio, Eduardo, Fabrício, Gustavo, Juliano,

Lucas, Marco Antônio, Misael, Pedro, Priscila, Samir, Thiago, Ticyano e Virgílio, pela dedicação e grande colaboração durante a coleta de dados;

Aos professores Dr. Afonso Lopes, Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani e Dr. Osvaldo Coan pelo incentivo e colaboração;

Ao Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães pelo apoio nas análises estatísticas;

Aos meus tios Antonino e Dirce, grandes incentivadores de meus estudos;

Aos meus pais José e Nilza e aos meus irmãos Hideraldo, Edivaldo e Kênia, amigos sempre presentes;

A minha esposa Raquel, grande companheira em todos os momentos;

A Deus, por tudo...

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE APÊNDICES.....	xvii
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1 INTRODUÇÃO.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Interação máquina-solo.....	5
2.2 Interação máquina-solo-planta.....	8
2.3 Cultura do milho.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Pista de ensaios.....	17
3.1.1 Localização da área experimental.....	17
3.1.2 Construção da pista.....	18
3.1.2.1 Carga máxima.....	18
3.1.2.2 Orientação.....	18
3.1.2.3 Dimensões.....	19
3.2 Trole porta-ferramentas.....	22
3.2.1 Estrutura.....	22
3.2.2 Sistema locomotor.....	28
3.2.3 Sistema elétrico.....	30
3.2.4 Sistema de irrigação.....	30
3.2.5 Chassi de transferência do trole porta-ferramentas.....	31

		ix
3.2.6	Acessórios	32
3.2.6.1	Plaina niveladora	32
3.2.6.2	Sulcador	32
3.2.6.3	Rodas compactadoras.....	33
3.2.6.4	Lastros.....	35
3.3	Caracterização da área	35
3.3.1	Avaliações realizadas antes do preparo do solo	35
3.3.1.1	Teor de água no solo.....	35
3.3.1.2	Densidade do solo.....	36
3.3.1.3	Resistência mecânica do solo à penetração	36
3.3.2	Preparo do solo	37
3.3.3	Plaina niveladora	38
3.3.4	Sulcador	38
3.3.5	Rodas compactadoras.....	39
3.3.6	Velocidade de deslocamento do trole.....	40
3.4	Realização dos ensaios.....	41
3.4.1	Tratamentos	41
3.4.2	Cultura	43
3.4.3	Semeadura	43
3.4.4	Tratos culturais	45
3.4.5	Determinações relativas ao solo.....	46
3.4.5.1	Teor de água do solo.....	46
3.4.5.2	Temperatura do solo.....	46

	x
3.4.6	Determinações relativas à cultura 46
3.4.6.1	Número médio de dias para emergência das plântulas..... 47
3.4.6.2	Massa seca da parte aérea 48
3.4.6.3	Altura das plantas..... 48
3.4.6.4	Altura de inserção da primeira espiga 48
3.4.7	Tratamento de dados e análises estatísticas..... 48
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO 49
4.1	Plaina niveladora 49
4.2	Sulcador 50
4.3	Rodas compactadoras..... 50
4.3.1	Diagrama de pressão-deformação do solo..... 50
4.3.2	Perfis do solo após a passagem das rodas compactadoras..... 52
4.4	Velocidade de deslocamento do trole..... 55
4.5	Avaliação da pista 56
4.6	Teor de água e temperatura do solo 57
4.6.1	Desdobramento das interações significativas..... 59
4.6.1.1	Interação Roda x Profundidade 59
4.6.1.2	Interação Roda x Carga..... 60
4.6.1.3	Interação Profundidade x Carga..... 61
4.6.1.4	Interação Roda x Profundidade x Carga..... 62
4.6.2	Considerações finais sobre temperatura e teor de água do solo..... 65
4.7	Número médio de dias para emergência das plântulas..... 65
4.2.2.1	Massa de matéria seca..... 68

	xi
4.2.2.2. Altura das plantas.....	69
4.2.2.3. Altura de inserção da primeira espiga - AIPE.....	75
5 CONCLUSÕES.....	76
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÊNDICE	89

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Características do motor elétrico.	28
Tabela 2. Relação e designação dos tratamentos.....	42
Tabela 3. Valores médios dos coeficientes de proporcionalidade (k) e de deformação (n) para um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, com teor de água no solo de 13,9%.	51
Tabela 4. Valores médios da elevação do solo sobre a linha de semeadura, obtidos no tratamento com a roda 1.	55
Tabela 5. Valores médios do tempo necessário para o trole percorrer 8m e da velocidade correspondente.....	56
Tabela 6. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores médios do teor de água (U) e temperatura do solo (T) no período de germinação e emergência das plântulas.	58
Tabela 7. Médias dos valores de temperatura do solo (T), medidos no período de 13 a 26/09/2000, para estudo do efeito do fator roda dentro do fator profundidade.....	60
Tabela 8. Médias dos valores do teor de água (U) e da temperatura do solo (T), medidos no período de 13 a 26/09/2000, para estudo do efeito do fator roda dentro do fator carga.	61
Tabela 9. Médias do teor de água do solo (U), medidos no período de 13 a 26/09/2000, para estudo do efeito do fator profundidade dentro do fator carga.	62

Tabela 10. Médias dos valores de temperatura do solo (T), medidos no período de 13 a 26/09/2000, para estudo do efeito do fator roda dentro dos fatores profundidade e carga.....	63
Tabela 11. Médias dos valores de temperatura do solo (T), medidos no período de 13 a 26/09/2000, para estudo do efeito do fator profundidade dentro dos fatores roda e carga.....	64
Tabela 12. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores do número de dias para emergência das plântulas de milho.....	66
Tabela 13. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores médios da massa de matéria seca (MS).	68
Tabela 14. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores médios de altura das plantas, no estágio 2, aos 28 dias após a emergência..	70
Tabela 15. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores médios de altura das plantas, no estágio 3, aos 42 dias após a emergência..	71
Tabela 16. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores médios de altura das plantas, no estágio 4, aos 56 dias após a emergência..	72
Tabela 17. Valores médios de altura das plantas, no estágio 2, aos 28 dias após a emergência, para estudo do efeito do fator profundidade dentro do fator carga.	73
Tabela 18. Valores médios de altura das plantas, no estágio 3, aos 42 dias após a emergência, para estudo do efeito do fator profundidade dentro do fator carga.	74

Tabela 19. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores médios da altura de inserção da primeira espiga.	75
---	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Esquema dos pilares e trilhos da pista de ensaio (mm)	20
FIGURA 2. Esquema da pista de ensaio com sistema de sustentação do fio motor (mm)	20
FIGURA 3. Croquis da área experimental	21
FIGURA 4. Vista da área experimental com os canais de solo	22
FIGURA 5. Planta baixa do trole porta-ferramentas (mm)	24
FIGURA 6. Vista frontal do trole porta-ferramentas (mm)	25
FIGURA 7. Vista lateral do trole porta-ferramentas (mm)	26
FIGURA 8. Vista do trole com mastro giratório	27
FIGURA 9. Vista do motor e do redutor	29
FIGURA 10 . Chave elétrica de fim de curso	30
FIGURA 11 . Croquis da barra irrigadora (mm)	31
FIGURA 12. Chassi de transferência do trole porta-ferramentas	32
FIGURA 13 . Sulcador	33
FIGURA 14. Modelos de rodas compactadoras	34
FIGURA 15. Valores médios de resistência mecânica do solo à penetração	36
FIGURA 16. Aspecto do preparo do solo com escarificador	37
FIGURA 17. Esquema do ensaio de velocidade do trole porta-ferramentas	40
FIGURA 18. Disposição dos tratamentos na área experimental	43
FIGURA 19 . Abertura das covas utilizando cilindro de madeira e régua perfurada	44

	xvi
FIGURA 20. Instalação do experimento	45
FIGURA 21. Diagrama de pressão-deformação do solo	51
FIGURA 22. Perfil do solo após a passagem da roda 1, para carga de 275 N.....	53
FIGURA 23. Perfil do solo após a passagem da roda 2, para carga de 275 N.....	53
FIGURA 24. Perfil do solo após a passagem da roda 3, para carga de 275 N.....	54
FIGURA 25. Marcha de emergência das plântulas de milho	67

LISTA DE APÊNDICES

	Página
Apêndice 1. Cronograma de realização dos ensaios.....	90
Apêndice 2. Perfis do solo após a passagem da roda 1	92
Apêndice 3. Perfis do solo após a passagem da roda 2.....	96
Apêndice 4. Perfis do solo após a passagem da roda 3.....	99

**EFEITO DE RODAS COMPACTADORAS SUBMETIDAS A CARGAS
VERTICAIS EM PROFUNDIDADES DE SEMEADURA NAS CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS DO MILHO (Zea Mays L.)**

RESUMO

Uma sementeira bem realizada é fundamental para o sucesso de implantação de uma cultura e, as rodas compactadoras utilizadas nesta operação, devem ser capazes de melhorar o contato solo-semente para promover boa emergência das plântulas.

O presente trabalho teve por objetivo estudar a influência de três modelos de roda compactadora, três profundidades de sementeira e três níveis de carga sobre a roda compactadora sobre a germinação e o desenvolvimento da cultura do milho, em uma pista de ensaios projetada para esta finalidade.

O trabalho foi desenvolvido no município de Uberaba, MG, em LATOSSOLO VERMELHO distrófico, textura média, preparado com enxada rotativa. O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas sub-sub-divididas, com 27 tratamentos e quatro repetições.

Os resultados obtidos evidenciaram que aumento da profundidade de sementeira não provocou alterações significativas no teor de água, mas provocou diminuição da temperatura do solo. A profundidade de sementeira foi o fator que mais afetou o desenvolvimento vegetativo da cultura do milho no estágio 2, enquanto que no estágio 4 nenhum dos fatores afetou as medidas de desenvolvimento da cultura.

PALAVRAS-CHAVES: Canal de solo, sementeira, emergência.

**EFFECT OF SUBMITTED PRESS WHEELS THE VERTICAL LOADS IN
DEPTHS OF SOWING IN AGRONOMICS CHARACTERISTICS OF THE CORN
(Zea Mays L.)**

ABSTRACT

The success of the establishment of a crop depend on several factors and the seeders press wheels should be capable to improve the contact soil-seed to promote good seed germination.

The present work had as objective to study the influence of three models of press wheel, three depths of sowing and three load levels on the press wheel on the germination and the initial and vegetative development of the culture of the corn, in a projected sowing assay lane for this purpose.

The experiment was carried in the municipal district of Uberaba, State of Minas Gerais, with split split plot array, 27 treatments and four replications, used to evaluate agronomic characteristics of the corn crop.

The results evidenced that the depth of sowing was the factor that more affected the vegetative development of the culture of the maize in the stadiums 2, while that in stadium 4 did not have significant differences in the measures of development of the culture.

KEYWORDS: Soil bin, sowing, emergence.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho possui um importante papel sócio-econômico no Brasil, ocupando uma área de aproximadamente 15 milhões de hectares. Para a cultura do milho, assim como nas demais culturas anuais, a operação de semeadura reveste-se de grande importância, pois possíveis erros durante esta etapa só poderão ser visualizados após a emergência. Perdas significativas podem ocorrer quando problemas que podem afetar a emergência das plântulas não são detectados pelos produtores. As rodas compactadoras são dispositivos que melhoram o contato solo-semente por meio da aplicação de uma pressão lateralmente e sobre a linha de semeadura, provocando uma leve compactação e deixando o solo diretamente sobre as sementes solto o suficiente para minimizar a formação de crostas e promover a emergência mais fácil das plântulas. Uma boa cobertura e uma boa compactação do solo sobre as sementes irão depender, entre outros fatores, dos mecanismos de cobertura e de compactação, do teor de água do solo e da profundidade de colocação das sementes. Outro fator a ser considerado em uma operação de semeadura é a profundidade de deposição das sementes, que é condicionada pela temperatura, teor de água e tipo de solo, dentre outros fatores. A semente deve ser depositada a uma profundidade que permita um bom contato com o solo úmido, resultando em uma boa germinação.

Várias pesquisas têm sido desenvolvidas visando elucidar o comportamento físico do solo no momento de implantação das culturas. Assim, este trabalho buscou contribuir para a realização de estudos relacionados às interações do sistema máquina-solo-planta durante a operação de semeadura. Para alcançar tais objetivos estudou-se o efeito de três rodas compactadoras, submetidas a três profundidades de semeadura e três níveis de cargas verticais, sobre a germinação e o desenvolvimento vegetativo da cultura do milho, utilizando canal de solo desenvolvido para a realização de ensaios de semeadura.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras têm por função em algumas máquinas, exercer o controle de profundidade e posicionar o solo sobre a semente. Entretanto, a influência dos diversos modelos de rodas compactadoras e sua pressão sobre o solo no desenvolvimento das culturas implantadas são fatores pouco conhecidos.

O projeto de uma máquina agrícola encontra um fator complicador por se realizar na interface de diferentes sistemas, que possuem variáveis que não podem ser matematicamente bem definidas. Desta forma, o projetista deve considerar as diversas interações entre os sistemas máquina-solo e máquina-solo-planta.

2.1 Interação máquina-solo

A elaboração de um projeto é uma combinação de princípios teóricos com indicações práticas, exigindo do projetista muito estudo, técnica e prática, que, de acordo com FAIRES (1986), são resultantes do bom senso e da experiência. LOSNACK (1992), relata que cada projeto tem sua própria história, com suas peculiaridades e seus problemas. Assim, no desenvolvimento de um projeto o importante é a observação do contínuo aperfeiçoamento. DOBROVOLSKI et al.

(1980) consideram que uma máquina projetada deve satisfazer, principalmente, as condições técnicas e a confiabilidade, enquanto que LOSNACK (1992), afirma que ao se projetar uma máquina é necessário cumprir alguns requisitos essenciais, tais como o esquema cinemático e as dimensões e formas dos elementos, além de simular a capacidade de trabalho com o máximo de fidelidade.

Devido ao grande número de variáveis envolvidas, a pesquisa de campo em máquinas agrícolas encontra grandes dificuldades quando se pretende relacionar a interação máquina-solo-planta. MORRISON JR. & GERIK (1985), avaliaram em campo a resposta das plantas a testes empíricos de controle de profundidade de semeadura, concluindo que este controle é necessário para minimizar a relação entre profundidade de semeadura e a variação do crescimento. SCHAFER et al. (1968), estudando implementos agrícolas, concluíram que a operacionalização de ensaios para interação máquina-solo em condições de campo é onerosa, difícil e demorada. Desta forma, os canais de solo ou caixas de solo, surgiram como uma ferramenta para facilitar o estudo da interação máquina-solo, como demonstram LEPORE NETO & STEFFEN JR. (1986a). WOOD & WELLS (1985) relatam a existência de dois tipos básicos de caixas de solo: as móveis, que são empregadas em testes com ferramentas fixas e as estacionárias, que possuem um sistema de ferramentas que se movimentam na superfície do solo. A utilização dos canais de solo possibilita o controle das variáveis do solo visando a obtenção das condições de teste desejadas. LEPORE NETO & STEFFEN JR. (1986-a), destacam que é fundamental, durante os ensaios, manter constantes as condições de teste quanto ao solo e operação do implemento. Entretanto os mesmos autores afirmam que não é tarefa fácil correlacionar os resultados obtidos em canais de solo com aqueles obtidos em ensaios de campo. GOMIDE & ROSA (1984), ressaltaram que a versatilidade do uso de canais de solo decorre das facilidades de controle das diversas variáveis envolvidas na mobilização de solos. De acordo com MAH (1980) o projeto de sistemas de tração para tratores tem forma experimental e não analítica, pois os

solos possuem natureza complexa, o que dificulta a classificação de suas propriedades com o grau de precisão exigido pela engenharia. O autor aponta a tensão de cisalhamento e a resistência ao rolamento como principais propriedades dinâmicas na interação máquina-solo.

CHANG et al. (1993) construíram uma caixa de solo com dimensões reduzidas para estudar esforços em implementos agrícolas, concluindo que o seu uso permite o controle das condições de solo com economia de tempo e dinheiro.

Segundo CLARCK & LILJEDHAL (1968), o uso de canais de solo tornou-se necessário e conveniente por vários fatores, dentre os quais pode-se destacar a possibilidade de controle de variáveis como o teor de água e o tipo do solo e a inclinação e rugosidade do terreno. CORRÊA (1990) ressalta ainda como vantagens para o uso de canais de solo a possibilidade de comparação de resultados de diferentes ferramentas, uma vez que os ensaios são realizados em condições semelhantes. TAVARES (1995) verificou a viabilidade de uso de um tanque de solo em Lavras (MG), para utilização em ensaios de interação máquina-solo, concluindo que o tanque testado torna-se mais viável quando o solo do mesmo torna-se mais compactado.

Vários autores têm utilizado canais de solo no estudo da interação máquina-solo. LOSNAK (1992) e GODWIN et al. (1980) construíram tanques de solo para testar ferramentas agrícolas em escala reduzida, utilizando técnicas de simulação. LÉPORE NETO & STEFFEN JR. (1986-b) também utilizaram modelos em escalas reduzidas em canal de solo para identificar o comportamento dinâmico do sistema máquina-solo. SATTLER & SVERZUT (1993), conduziram ensaios em um canal de solo para testar o controle automático da profundidade de semeadura. ENDRERUD (1999) utilizou um canal de solo para comparar o desempenho de sulcadores de discos e de enxadas e para analisar a dinâmica do sistema ferramenta-solo. MACHADO & CHANG (1993) utilizaram uma caixa de solo para analisar a influência da geometria da ponteira sobre as forças atuantes no solo, concluindo que a metodologia empregada na preparação da caixa de solo

mostrou-se eficaz e confiável, possibilitando o controle das variáveis do solo que poderiam influir na análise realizada.

STEFANUTTI (1979), desenvolveu um equipamento denominado “PISTA DE ENSAIO COM CARRINHO E RODA COMPACTADORA”, com o objetivo de realizar pesquisas relacionadas com a semeadura e desenvolvimento de plantas. O equipamento desenvolvido alia as vantagens dos canais de solo, facilitando o estudo da interação máquina-solo, com a possibilidade de o trabalho ser realizado a campo com condições controladas.

2.2 Interação máquina-solo-planta

O estabelecimento de uma cultura inicia-se com a semeadura e a subsequente germinação e emergência das plântulas. Nesta oportunidade, o comportamento físico do solo ao redor da semente assume grande importância para o bom desenvolvimento inicial da cultura, assegurando uma população adequada de plantas com o objetivo de alcançar a produtividade desejada.

BRAUNACK & DEXTER (1989) afirmam que o solo estará em condição ideal para semeadura quando apresentar agregados com tamanho médio de 0,5 a 1,0 mm, de modo que haja um ótimo contato solo-semente, enquanto que HADAS et al. (1978) relatam que o tamanho ideal dos agregados deve se situar entre 1/5 a 1/10 do tamanho da semente.

Segundo SILVA et al. (1993), a temperatura, a aeração e o teor de água do solo são os principais fatores físicos do ambiente do solo em torno da semente e são diretamente influenciados pelo tipo e profundidade de semeadura.

BEWLEY & BLACK (1994) afirmam que o processo de germinação começa com absorção de água pela semente – embebição, e termina com o início da elongação do eixo embrionário. COELHO (1979) esclarece que neste processo, o teor de água, a temperatura e o comportamento físico do solo são fatores primordiais para um bom desenvolvimento inicial de uma cultura, pois afetam a intensidade de embebição da semente.

Cada espécie possui sua temperatura ótima de germinação, mas uma boa germinação pode ocorrer em um largo intervalo de temperatura em torno do ótimo. ALESSI & POWER (1971) afirmam que a semente de milho depende diretamente da temperatura do solo e indiretamente da temperatura do ar para sobreviver, enquanto que CAL & OBENDORF (1972), estudando a diferença do crescimento do milho em função da temperatura do solo, constataram que o aumento desta ocasiona um aumento da área foliar do milho.

HELMS et al. (1997), estudando a influência da temperatura e do teor de água do solo, observaram que o desenvolvimento das plântulas de milho foi mais rápido em regimes de alta temperatura quando o teor inicial de água no solo esteve entre 7 e 9 %.

CHU et al. (1991) afirmam que a força de emergência da semente possui grande influência no rompimento da crosta superficial do solo. Em seu trabalho eles verificaram que, para a cultura do algodão, a força máxima de emergência variou quadraticamente com o aumento da temperatura e do teor de água no solo.

O vigor de sementes de milho influencia o desenvolvimento da cultura ao longo de sua vida e o estande final pode ser fortemente influenciado pelo método de semeadura, que pode alterar as condições do contato solo-semente (IQBAL et al., 1998). Vários autores sugerem que o sulcador e o dispositivo de cobertura da semente podem maximizar o contato solo-semente para proporcionar rápida difusão do teor de água do solo por meio da interface solo-semente (BAKER et al., 1979; CHAUDHRY & BAKER, 1980, 1981, 1982). Neste sentido, ROGERS & DUBETZ (1980) e SEPASKHAH & ARDEKANI (1978) afirmam que o aumento do contato solo-semente diminui o tempo e aumenta a porcentagem de germinação.

PERDOK & KOUWENHOVEN (1994) relatam que um leito de semeadura deve apresentar uma camada de agregados suficientemente finos e úmidos de forma a assegurar um bom contato com as sementes, garantindo a rápida germinação e emergência das plântulas.

ABREU (1993) afirma que para ocorrer a germinação é necessário que o teor de água do solo seja adequado e que a relação solo-água-semente seja favorável ao desencadeamento deste processo. BEWLEY & BLACK (1978) afirmam que a textura do solo influencia o grau de contato semente-água e a condutividade hidráulica, fazendo com que as repostas de germinação para um mesmo teor de água no solo sejam diferentes para solos argilosos ou arenosos.

De acordo com ORTOLANI et al. (1986), durante a germinação, três fatores são fundamentais e devem estar adequadamente presentes: calor; teor de água e oxigênio. Para a emergência, a profundidade de semeadura representa um quarto fator fundamental, pois mesmo havendo boa germinação, pode impedir uma boa emergência. Se a semente for colocada muito profunda e coberta com muita terra, a planta ao nascer terá uma camada muito espessa de terra para atravessar. Além disso, a profundidade de semeadura determina a situação em que as raízes primárias irão se desenvolver.

VIÉGAS & PEETEN (1987) relatam que as raízes que surgem das sementes de milho são temporárias, enquanto que as permanentes saem do colmo logo abaixo da superfície, estabelecendo-se praticamente à mesma profundidade, não importando a profundidade de semeadura. ROSOLEM (1995) afirma que, em função do mesocótilo, a profundidade de semeadura não apresenta grande relação com a profundidade do sistema radicular.

ERICKSON (1946) afirma que solos mais arenosos permitem maior profundidade de semeadura do que solos argilosos, podendo tais diferenças serem atribuídas ao maior tamanho de partículas nos solos arenosos. Segundo SCHNEIDER & GUPTA (1985), a medida que aumenta o tamanho das partículas no solo, diminui a área de contato semente-água do solo, limitando severamente a quantidade de água que chega até a superfície da semente, reduzindo a germinação e a emergência. Eles também detectaram que a taxa de emergência do milho foi afetada pelas propriedades físicas do solo na seguinte ordem:

temperatura do solo, potencial matricial do solo e distribuição do tamanho de agregados do solo.

IQBAL et al. (1998) relatam que dispositivos sulcadores do tipo disco duplo aplicam ao solo forças laterais que tendem a formar um sulco uniforme em forma de "V", assegurando uma profundidade uniforme de semeadura e um bom contato solo-semente. SILVA et al. (1985) verificaram que o sulcador tipo cinzel permitiu a maior profundidade de adubação e que os discos duplos garantem menor porcentagem de sementes descobertas, melhor uniformidade de distribuição de sementes dentro dos sulcos e melhor profundidade de semeadura de feijão.

Vários autores têm procurado estudar a relação máquina-solo-planta em ensaios de semeadura utilizando rodas compactadoras cilíndricas metálicas. FURLANI et al. (2001) combinando três profundidades de semeadura da cultura do milho com quatro níveis de compactação do solo sobre as sementes, não encontraram influência destes fatores sobre o número médio de dias para emergência das plântulas. Por outro lado a resistência mecânica do solo à penetração aumentou com a utilização de maiores cargas sobre a roda compactadora.

ORTOLANI et al. (1986), estudando a emergência e desenvolvimento do sorgo granífero verificaram que uma profundidade de semeadura igual a 4 cm e uma carga de 200 N, de uma roda compactadora cilíndrica, proporcionou melhores condições de emergência e desenvolvimento vegetativo de plantas, antecipando-se aos demais tratamentos.

COAN et al. (1986), trabalhando com a cultura do feijão, verificaram que aumentando a profundidade de semeadura houve uma diminuição e retardamento na emergência de plântulas. COAN (1996), estudando o efeito da profundidade de semeadura e da compactação do solo sobre a semente e no comportamento da aveia preta, verificou que a emergência, o desenvolvimento e a produção de matéria seca acumulada na parte aérea das plantas foram maiores para a

combinação da profundidade de 3 cm e aplicação de carga de 100 N, enquanto que a semeadura na profundidade de 1 cm sem compactação prejudicou o estande e o crescimento inicial das plantas. Por outro lado, a carga de 150 N foi prejudicial às plantas, alterando o comportamento físico do solo avaliado por meio da densidade do solo e do índice de cone.

FERNANDES & ORTOLANI (1988), estudando a emergência e desenvolvimento do sorgo sacarino não verificaram influência das profundidades de semeadura, tanto na ausência como na presença de compactação da linha de semeadura. Entretanto, os tratamentos que não receberam compactação apresentaram valores superiores aos compactados quanto a altura das plantas, velocidade de emergência das panículas e produção.

ABRECHT (1989) estudou o efeito da profundidade de semeadura e pressão da roda compactadora no estabelecimento de algumas culturas, em sistema de semeadura direta no norte da Austrália, não encontrando nenhum efeito da pressão da roda sobre a taxa de emergência, população de plantas ou no crescimento das plântulas. Também COELHO (1979), não encontrou diferenças significativas ao verificar a influência da profundidade de semeadura e da compressão do solo sobre as sementes, na emergência e desenvolvimento inicial da cultura de soja. Por outro lado, JUSTINO (1982), verificou a influência da profundidade de semeadura e intensidade de compactação do solo sobre as sementes, na emergência e crescimento inicial das plantas de amendoim. Seus resultados evidenciaram a interação entre profundidade e compactação no peso de matéria seca das partes aéreas das plantas.

A pressão no solo sobre as sementes pode ser benéfica devido ao bom contato solo-semente proporcionado e restauração da capilaridade, permitindo o movimento ascendente de água até a semente em condições ideais do teor de água do solo (Flake & Brinkman, 1979, 1980, citados por WURR & FELLOWS, 1985). Estes autores afirmam que as semeadoras comerciais possuem rodas compactadoras que influem na uniformidade e a porcentagem de emergência.

Eles consideram importante examinar o efeito sobre a germinação, emergência e crescimento de plântulas, da profundidade de semeadura, sob diferentes condições ambientais, utilizando diferentes cargas sobre as rodas compactadoras de semeadoras.

Muitas são as variáveis presentes no projeto de uma semeadora e que, algumas delas como a pressão da roda compactadora e profundidade de plantio, além de outros fatores inerentes ao solo como o teor de água, podem ser limitantes para a obtenção de resultados de pesquisa. STOUT et al. (1961) relatam que vários são os fatores que podem afetar a emergência de plântulas e que não são facilmente controlados pela semeadora. Eles afirmam também que a compactação do solo pode ser controlada por dispositivos mecânicos como as rodas compactadoras e que, sua influência na emergência das plântulas pode se dar pela alteração da disponibilidade de água e oxigênio e da resistência mecânica do solo à penetração das raízes.

As rodas compactadoras têm a função de aumentar o contato das sementes com o solo, para melhorar a absorção de água, garantindo melhor germinação (PACHECO, 1994). Segundo BALASTREIRE (1990), em grande parte das semeadoras disponíveis no Brasil pode-se realizar o controle da compactação sobre a semente por meio das rodas compactadoras ou rodas de controle de profundidade. Este mesmo autor afirma que algumas rodas possuem um alívio central na linha de semeadura ou apresentam rodas duplas em “V”, para evitar a compactação excessiva sobre as sementes.

A ação das rodas compactadoras torna possível alterar o comportamento térmico do solo, buscando um ambiente mais favorável à planta. De acordo com Trouze (1971) citado por COELHO (1979), a compactação do solo melhora esse contato mas não assegura melhor transferência do teor de água deste para a semente.

BARLEY & GREACEN (1967) relatam que o efeito simultâneo do aumento da pressão de compactação e da redução de oxigênio reduziu pela metade o

crescimento de radículas de milho, enquanto que o estudo destes fatores separadamente não apontou nenhum efeito no crescimento das radículas.

O efeito da compactação do solo na emergência das plântulas varia com o teor de água do solo e com o local de aplicação da pressão. JOHNSON & BUCHELE (1961) e STOUT et al. (1961) constataram que a compactação da superfície do solo na região da semente altera o teor de água, o comportamento térmico, a resistência mecânica e o comportamento das plantas. STOUT et al. (1961), concluíram ainda que pressões aplicadas ao nível e não acima da semente, melhoram a emergência das plantas.

STEFANUTTI (1979), trabalhando com um único modelo de roda, mudando apenas as cargas de compactação, constatou a alteração de valores para densidade e temperatura do solo em relação à profundidade, comprovando que a modificação do comportamento físico proporcionado a semente e plântulas é provocada apenas pela regulagem de carga da roda compactadora sobre o solo.

HUMMEL et al. (1981), trabalhando com diferentes tipos de rodas compactadoras na semeadura de soja, afirmam que o desenho e a operação da roda compactadora apresentou considerável influência benéfica ou não sobre o ambiente do solo em torno da semente. Seu efeito dependerá do nível de pressão e desenho da roda, do teor de água e do tipo do solo e das condições climáticas no período entre a semeadura e a emergência.

SILVA (1990) realizou um estudo para verificar a influência de quatro diferentes modelos de rodas compactadoras sobre alguns parâmetros físicos do solo e também sobre o desenvolvimento das plantas na cultura do feijão, utilizando três níveis de compactação. Seus resultados mostraram que existe um comportamento distinto entre os tipos de rodas e cargas de compactação em relação ao desenvolvimento de plantas, a produção de grãos e alteração nas características físicas do solo. O autor concluiu que a emergência das plântulas foi retardada e diminuída quando do aumento das cargas de compactação para todas as rodas estudadas; aos 28 dias após a semeadura, os tratamentos menos

compactados apresentaram plantas mais desenvolvidas. Quanto ao comportamento físico do solo o autor verificou que após 4 dias sem irrigação, o tratamento mais compactado apresentou maior teor de água, maior densidade do solo e maior resistência à penetração. A densidade do solo e a resistência à penetração serviram como indicadores de que a compactação do solo sobre a linha de semeadura, muda de roda para roda e com a intensidade de carga, o que ocasiona mudanças no comportamento hídrico e térmico do solo.

2.3 Cultura do milho

A cultura do milho ocupa lugar de destaque não só pelo grande progresso dos conhecimentos técnico-científicos relacionados com essa espécie vegetal, mas também pelo imenso potencial produtivo que ela apresenta. Provavelmente, não existe nenhuma outra espécie de importância econômica que tenha sido alvo de tantas pesquisas cujos resultados tem contribuído, não só para o aperfeiçoamento do seu cultivo, mas também das técnicas empregadas. Devido a sua diversidade de aplicações na alimentação humana e animal, o milho assume relevante papel sócio-econômico, além de se constituir em indispensável matéria-prima impulsionadora de diversificados complexos agro-industriais (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000). Sua importância pode também ser verificada por meio da estimativa brasileira de produção para a safra 1999/2000, que segundo BRANDALIZZE (2000), foi de 32,8 milhões de toneladas para uma área de aproximadamente 15 milhões de hectares.

De acordo com FANCELLI & DOURADO NETO (2000), a profundidade de semeadura tem influência decisiva na duração do primeiro estágio de desenvolvimento da cultura do milho, sendo que as plântulas provenientes de semeaduras mais profundas emergem tardiamente. FORNASIERI FILHO (2001) afirma que a colocação das sementes em profundidade inadequada pode prejudicar ou até mesmo impedir a emergência das plântulas. Este autor

recomenda que em solos secos arenosos a profundidade de semeadura seja de 5 a 8 cm e que em solos argilosos seja de 4 cm.

O presente trabalho teve como objetivo verificar os efeitos de três modelos de roda compactadora, três profundidades de semeadura e três níveis de carga vertical sobre as rodas, na germinação e no desenvolvimento vegetativo da cultura do milho em uma pista de ensaios desenvolvida e avaliada para esta finalidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Pista de ensaios

3.1.1 Localização da área experimental

O trabalho foi desenvolvido na Área Experimental da FAZU - Faculdades Associadas de Uberaba localizada no município de Uberaba - MG, cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 19°44'13" S, Longitude: 47°57'27" W e Altitude de 780 m.

O solo da Área Experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico (EMBRAPA, 1999) e a pista é constituída de sete canais de solo nivelados, delimitados por trilhos, sobre os quais desliza um trole acionado por motor elétrico.

De acordo com Andrade citado por RANZANI (1969), o clima de Uberaba é classificado pelo método de Köppen como Aw, tropical quente úmido com inverno frio e seco. As médias anuais de precipitação e temperatura são de 1474 mm e 22,6° C, respectivamente.

3.1.2 Construção da pista

A pista para ensaios de semeadura da FAZU - Faculdades Associadas de Uberaba, foi construída tomando-se como modelo uma pista semelhante existente na FCAV/UNESP em Jaboticabal - SP, projetada por STEFANUTTI (1979).

Os principais fatores considerados para construção da pista de ensaios foram carga vertical máxima aplicada, orientação, largura e comprimento da mesma.

3.1.2.1 Carga máxima

Este fator é importante na seleção dos trilhos e seus suportes para evitar que os mesmos sofram deformações que possam vir a prejudicar o desempenho do trole porta-ferramentas.

A carga máxima refere-se à massa do trole e seus acessórios, sendo estabelecida em 600 kg, valor estipulado com base no material utilizado na construção dos trilhos.

3.1.2.2 Orientação

A orientação da pista é um fator importante quando se considera que as culturas a serem instaladas estarão diretamente sobre o efeito da incidência da radiação solar e que o sombreamento não deverá acarretar interferências nas parcelas. Entretanto, outros parâmetros também foram considerados na escolha da orientação, como por exemplo a facilidade de acesso para máquinas e implementos agrícolas e as áreas disponíveis para instalação da mesma dentro da fazenda experimental da FAZU.

De acordo com STEFANUTTI (1979), a localização do maior eixo da pista no sentido leste-oeste propicia um menor auto-sombreamento da cultura. Porém, entre as áreas disponíveis para instalação da pista, foi escolhida uma que, além de possibilitar um acesso rápido e fácil para as máquinas, implementos agrícolas e mão-de-obra, proporcionasse uma menor movimentação de terra, uma vez que os

canais da pista devem ser construídos em nível para facilitar o preparo do solo e o deslocamento do trole.

Considerando-se todas estas variáveis, definiu-se a instalação da pista com seu eixo longitudinal no sentido NW-SE, com rumo magnético de 75°SE.

3.1.2.3 Dimensões

Como o principal objetivo da pista é realizar ensaios de semeadura, a sua largura adquire importância fundamental, pois, além de garantir a facilidade de mobilização do solo durante o preparo, ela deverá ser propícia para a instalação de culturas diversas, com seus respectivos espaçamentos.

Considerando-se as principais culturas desenvolvidas na região de Uberaba, optou-se por estabelecer parcelas com largura de 2 m, para possibilitar a implantação de culturas que exijam um maior espaçamento entre linhas. Para evitar o pisoteio das parcelas experimentais foram providenciadas tábuas de madeira para serem colocadas sobre os trilhos quando das amostragens no centro das parcelas. O comprimento da pista foi estabelecido em 24 m, o que possibilita a sua divisão em sub-parcelas e permite a utilização de intervalos de 0,50 m entre as parcelas e nas cabeceiras, facilitando a execução dos ensaios. Portanto, cada canal foi construído nas dimensões de 24 x 2 m.

Para instalação da pista de ensaios foi realizada em 17 de abril de 2000, a terraplanagem da área de modo a tornar o solo plano e horizontal. Em seguida foram instalados pilares de concreto com 0,10 m de diâmetro, espaçados entre si de 2 m, sobre os quais foram montados os trilhos, que são constituídos de cantoneiras de aço SAE 1020, com seção em “L” de abas iguais de 50,8 x 50,8 x 6 mm. Os trilhos foram fixados aos pilares por meio de vínculos metálicos e parafusos. Nas Figuras 1 e 2 pode-se visualizar o esquema da pista de ensaios com seus pilares e trilhos.

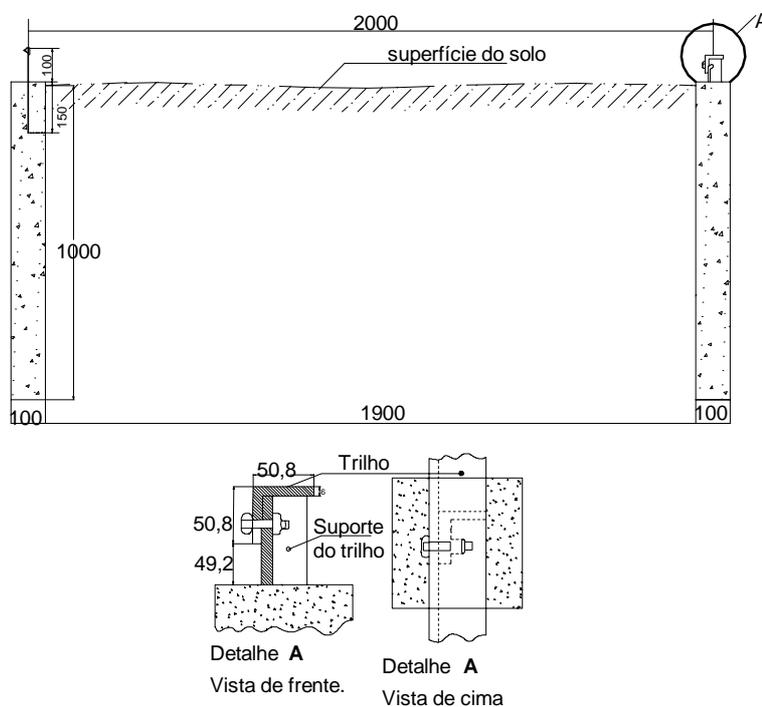


FIGURA 1. Esquema dos pilares e trilhos da pista de ensaio (mm)

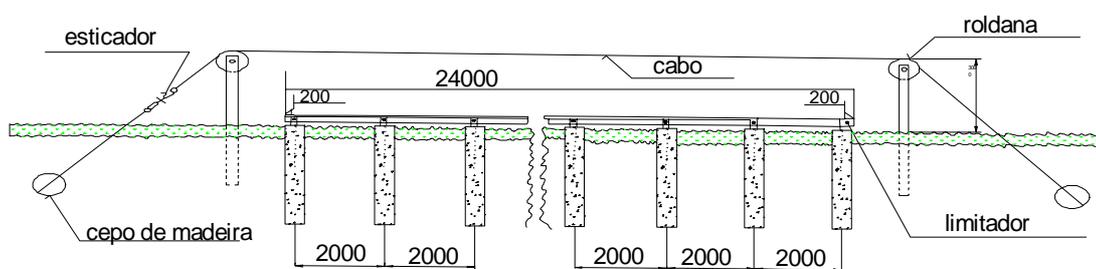


FIGURA 2. Esquema da pista de ensaio com sistema de sustentação do fio motor (mm)

Foram construídos sete canais de solo, sendo quatro para instalação de culturas (canais 1, 3, 5 e 7) e os demais (canais 2, 4 e 6) destinados para movimentação, inspeção e manutenção do sistema quando necessário

(FIGURA 3). Também foi construído um canal transversal que permite o deslocamento do trole porta-ferramentas entre os canais longitudinais. Nas extremidades dos canais longitudinais 2, 4 e 6 foram colocados postes de madeira de 3 m de altura para a instalação de cabos de aço sobre os quais correm trespasadas a correntes, a fiação elétrica para fornecimento de energia ao motor do trole. Na FIGURA 3 é apresentado um croquis da área experimental. A configuração final da pista de ensaios, mostrada na FIGURA 4, permite variações no delineamento experimental e maior número de repetições. Para mudança do trole de uma pista para outra e para acesso do mesmo ao abrigo, foi instalado um par de trilhos no sentido transversal, com dimensões de 20 x 0,80 m.

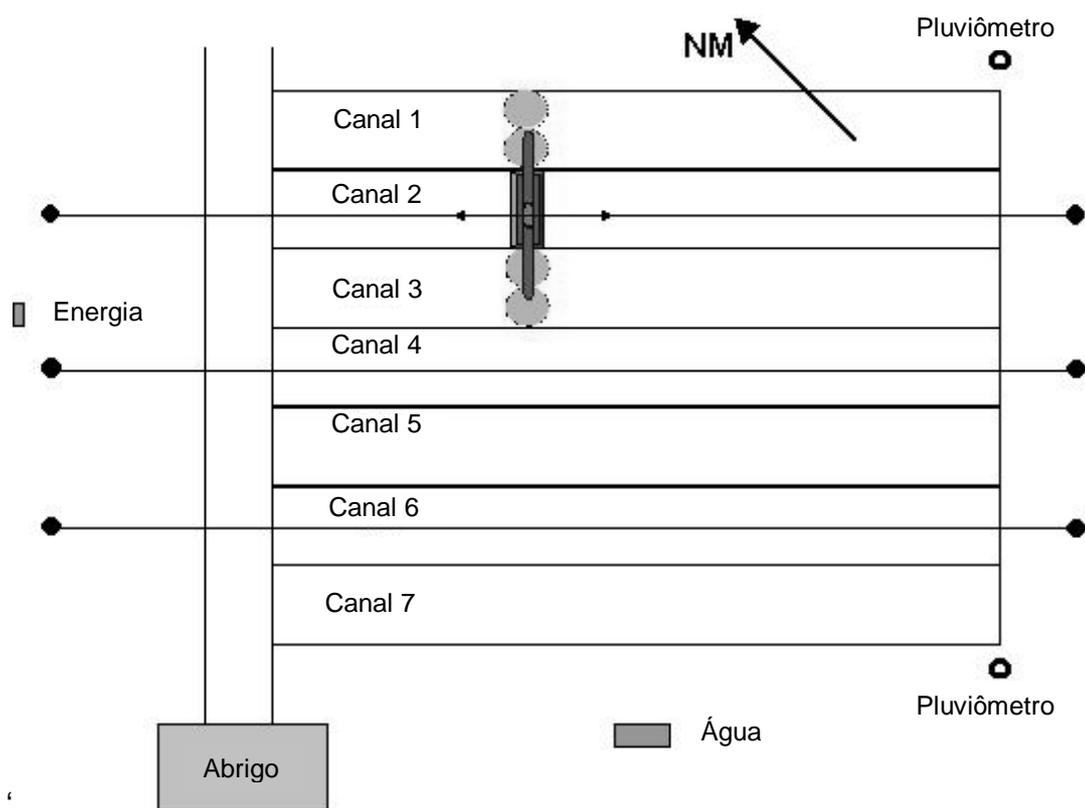


FIGURA 3. Croquis da área experimental



FIGURA 4. Vista da área experimental com os canais de solo

3.2 Trole porta-ferramentas

O trole porta-ferramentas foi projetado para receber em sua estrutura, acessórios diversos como plaina niveladora, sulcadores, suportes de rodas compactadoras, aspersores para irrigação e outros.

3.2.1 Estrutura

A estrutura do trole porta-ferramentas foi idealizada de modo que o mesmo se adequasse à largura estabelecida, proporcionando a estabilidade necessária durante a realização dos ensaios, devendo também ser capaz de suportar toda a estrutura projetada, incluindo motor, redutor, sistema elétrico e demais acessórios.

A estabilidade do conjunto foi garantida por meio da construção de uma base composta por quatro cantoneiras de aço SAE A-36, com seção em “L” de abas iguais de 50,8 x 50,8 x 6 mm. Nesta base construiu-se uma plataforma de barras de aço para suportar o sistema motor, como pode ser visto na FIGURA 5. Esta plataforma foi coberta com um tampo em chapa de aço SAE 1020 de espessura de 2,5 mm, material este que também foi utilizado para fazer a estrutura de proteção ao conjunto motor - redutor.

Na FIGURA 6 é apresentada uma vista frontal do trole, onde se observa a face vertical destinada a receber os acessórios, denominada face porta-ferramentas, que é constituída por cantoneiras e barras de aço longitudinais e transversais. A união entre a base e a face porta-ferramentas resultou em uma estrutura metálica em formato de “L”, como pode ser observado na FIGURA 7.

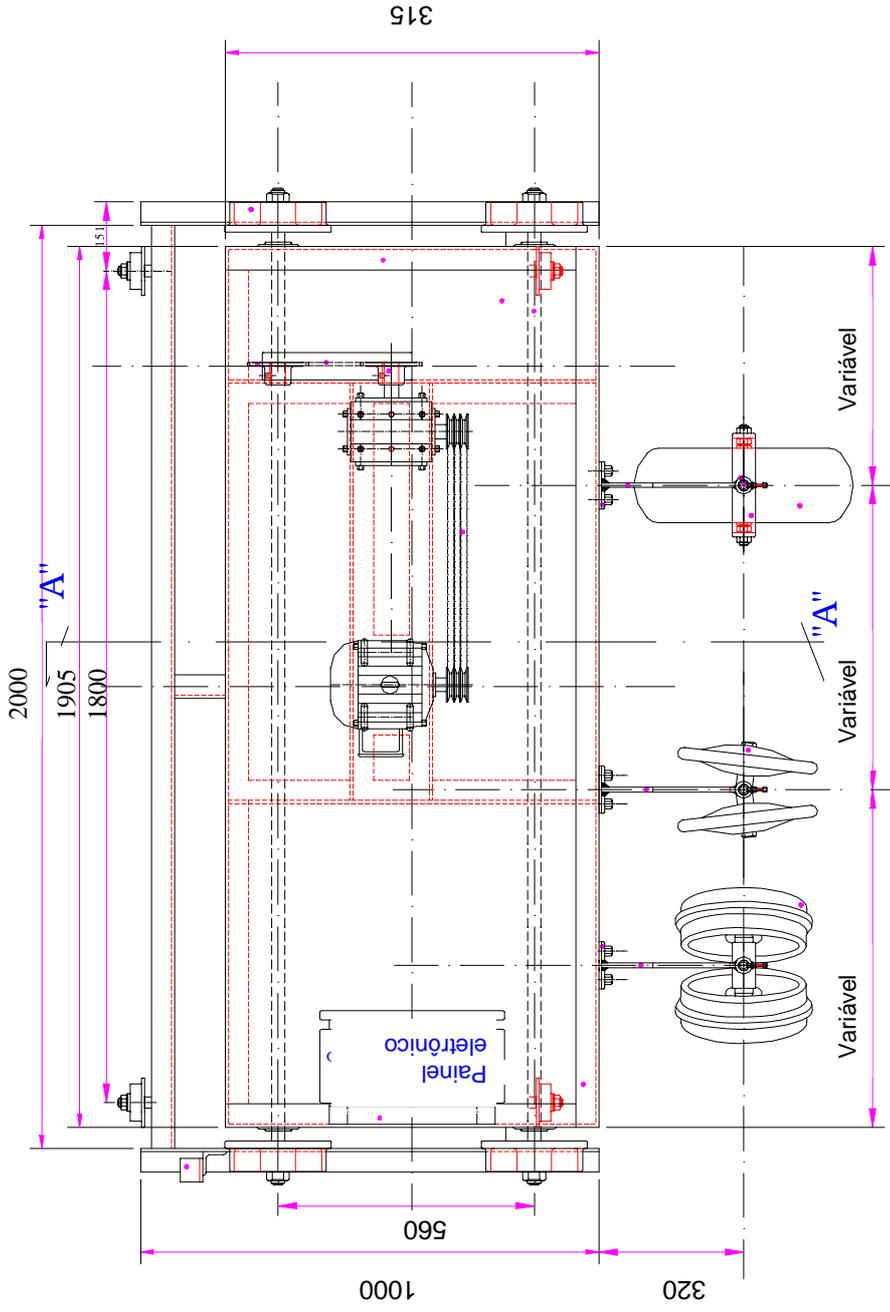


FIGURA 5. Planta baixa do trole porta-ferramentas (mm)

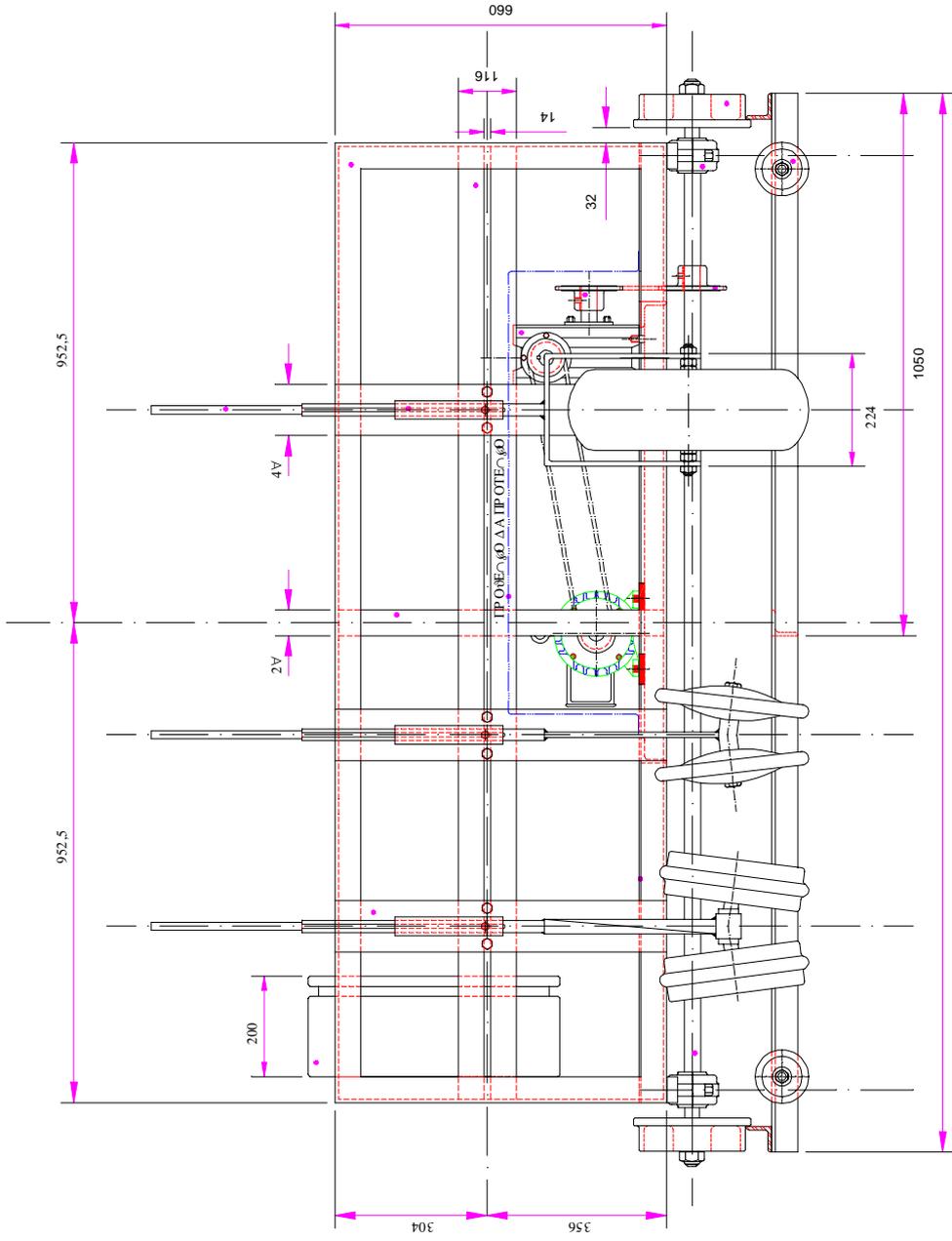


FIGURA 6. Vista frontal do trole porta-ferramentas (mm)

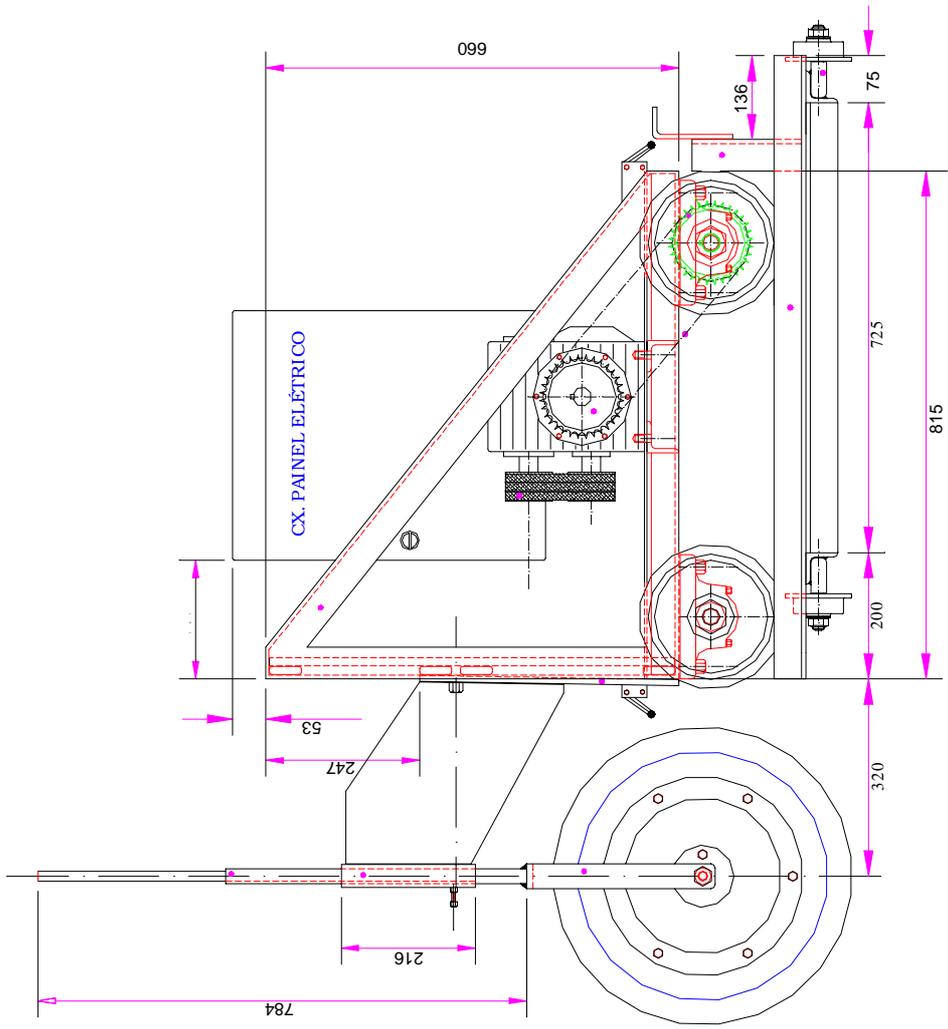


FIGURA 7. Vista lateral do trole porta-ferramentas (mm)

Esta estrutura foi ligada por uma cantoneira transversal formando a gaiola principal do trole. No lado direito da gaiola foi posicionada uma caixa com painel eletrônico de controle para permitir o acionamento do trole em caso de emergência ou falha do painel principal.

Inicialmente dimensionou-se para o centro da estrutura um mastro giratório com um dispositivo de rolamento para permitir que a fiação do motor elétrico se desloque sempre no centro da pista de ensaio. Desta forma, foi eliminada a colocação de vários mastros com cabos de aço na pista de ensaios, evitando-se a necessidade de deslocamento da fiação para uma nova posição a cada canal trabalhado. Assim, ao girar-se o mastro em 180° , sua alavanca de posicionamento se deslocaria sempre abaixo do cabo de aço central. Esta alavanca tem movimento livre proporcionado por rolamentos colocados no interior da haste superior do mastro. Após a manobra, o mastro poderia ser travado por meio de um pino de segurança. A FIGURA 8 permite a visualização do trole com o mastro giratório.



FIGURA 8. Vista do trole com mastro giratório

Entretanto, a adição deste mastro à estrutura do trole provocou um aumento excessivo em sua massa, prejudicando o deslocamento devido à deformação dos trilhos e aumento da patinação das rodas do trole. Em virtude desta ação optou-se pela retirada do mastro giratório e instalação dos cabos de aço mostrados na FIGURA 3.

3.2.2 Sistema locomotor

Um sistema locomotor ideal para utilização em ensaios de semeadura seria aquele que possibilitasse a variação da velocidade de deslocamento permitindo a simulação da operação de semeadoras convencionais. Entretanto, para fins de redução de custos, optou-se pela instalação de um sistema locomotor eletro-mecânico com velocidade de deslocamento constante. Todavia este sistema pode ser usado em outras velocidades de deslocamento, bastando para isso alterar a relação de transmissão do mesmo.

Para acionamento do trole foi utilizado um motor elétrico trifásico que apresenta as características mostradas na Tabela 1. A transmissão de potência entre o motor e o redutor é feita por meio de um sistema de polias e correias como pode ser visto na FIGURA 9. Foram selecionadas polias trapezoidais múltiplas e correias trapezoidais, pois as mesmas, praticamente, não apresentam deslizamento, ruídos e choques. A relação de transmissão desse sistema foi estabelecida em 1:1, sendo o redutor utilizado do tipo sem fim com relação de redução de 1:62.

Tabela 1. Características do motor elétrico.

Frequência	60 Hz
Potência	1,5 kW
Rotação	1720 rpm
Tensões de funcionamento	220 / 380 V
Regime	Intermitente



FIGURA 9. Vista do motor e do redutor

A transmissão de potência entre o eixo do redutor e o eixo da roda motriz é realizada por meio de corrente e engrenagens, apresentando uma relação de transmissão de 1:1.

A seleção do redutor e das relações de transmissão foi definida a partir da potência do motor e da velocidade de deslocamento desejada, que foi estabelecida como sendo de $1,33 \text{ km.h}^{-1}$. Com base nas características Tabela 1, na velocidade escolhida, na largura da pista de rolamento e utilizando relações de velocidade angular e tangencial, dimensionou-se as rodas motrizes e movidas, cujas dimensões podem ser vistas nas Figuras 5, 6 e 7.

As rodas motrizes são fixadas ao eixo por meio de chavetas e as movidas são apoiadas aos seus semi-eixos por meio de mancais de rolamento. Os eixos motores e movidos são confeccionados em aço SAE-1045, enquanto que as rodas motoras e movidas são de aço SAE-1020. A engrenagem motora encontra-se fixada no eixo motor por meio de engrenagem colante.

O eixo motor tem 35 mm de diâmetro e comprimento de 1,91 m encontrando-se apoiado em dois mancais de rolamento auto compensadores.

3.2.3 Sistema elétrico

O fornecimento de energia elétrica ao motor é feito por meio uma caixa de distribuição, onde encontra-se o painel de controle principal que contém uma chave elétrica trifásica com botões que permitem o acionamento, parada e reversão do motor.

A transmissão de energia para o motor do trole porta-ferramentas se dá por meio de fiação até o painel de controle elétrico secundário, passando pela haste central. Uma corrente presa à fiação elétrica permite o deslocamento do trole, conforme descrito no item 3.2.1.3.

No lado direito do trole foram posicionadas duas chaves elétricas de fim de curso que permitem o acionamento do mecanismo de reversão quando o trole atinge o final do canal e o desligamento quando o mesmo retorna ao início do canal. Na FIGURA 10 pode-se observar o modelo de chave de fim de curso utilizado.



FIGURA 10 . Chave elétrica de fim de curso

3.2.4 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação projetado possui os seguintes equipamentos e características:

- conjunto moto-bomba com potência de 0,74 kW, com manômetro e válvula de retenção de 25 mm;

- reservatório de água com capacidade de 1 m³;
- mangueiras flexíveis de alta pressão, com diâmetro de 25 mm;
- uma barra irrigadora de aço, com diâmetro de 25 mm;
- microaspersores com bocal difusor de grande alcance de 1,1 mm;

Na FIGURA 11 é apresentado um croquis da barra irrigadora com suas dimensões e no detalhe, o microaspersor utilizado.

O sistema de irrigação projetado tem capacidade para aplicar a cada passada uma lâmina d'água de 0,25 a 0,40 mm e possui regulagem de altura para a faixa de 600 a 2000 mm. Esta regulagem é feita por meio de borboletas fixadoras que prendem a barra irrigadora ao suporte colocado na face vertical do trole.

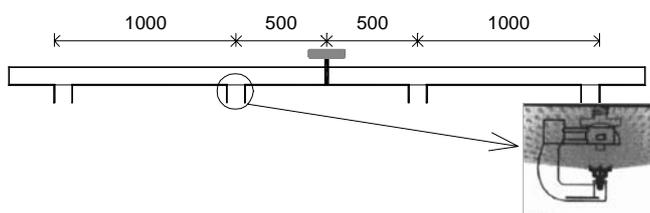


FIGURA 11 . Croquis da barra irrigadora (mm)

3.2.5 Chassi de transferência do trole porta-ferramentas

Este chassi de transferência, mostrado na FIGURA 12, foi projetado para correr sobre os trilhos transversais da pista, visando promover a mudança do trole de um canal para outro, bem como possibilitar o seu transporte até o abrigo. É constituído de aço SAE-1020 nas dimensões de 2 x 0,815 m, possuindo uma barra transversal e duas barras diagonais que garantem a sua estabilidade. Apresenta em sua extremidade final dois batentes formados por cantoneiras que têm por finalidade o acionamento da chave elétrica de fim de curso. A fixação do

chassi de transferência na posição correta em relação aos trilhos do canal de solo é obtida com um pino de trava colocado em sua lateral que possui encaixe no trilho transversal.



FIGURA 12. Chassi de transferência do trole porta-ferramentas

3.2.6 Acessórios

Os acessórios foram selecionados e/ou adaptados para funcionar no trole porta-ferramentas, visando propiciar condições adequadas para a realização da simulação do processo de semeadura.

3.2.6.1 Plaina niveladora

O objetivo de construção de uma plaina niveladora é garantir que a semeadura possa ser feita em um terreno plano para que as profundidades de colocação das sementes sejam aquelas estabelecidas no delineamento experimental. Assim, dimensionou-se uma plaina de madeira com suportes metálicos para ser acoplada na face vertical do trole. Os suportes possuem regulagem de altura facilitando a operação de nivelamento do solo.

3.2.6.2 Sulcador

Para fazer os sulcos de semeadura ou de adubação quando necessário adaptou-se uma enxada de sulcador a uma haste de dimensões de 850 x 30 mm.

Este conjunto pode ser acoplado no trole porta-ferramentas e possui uma rosca de transmissão acionada por uma alavanca, possibilitando a regulagem da profundidade do sulco por meio de uma escala graduada, como pode ser visto na FIGURA 13.



FIGURA 13 . Sulcador

3.2.6.3 Rodas compactadoras

Foi desenvolvido um suporte de fixação para permitir o acoplamento das rodas compactadoras ao trole porta-ferramentas, com duas plataformas para cargas estáticas. Uma delas, com o centro no plano vertical contendo o eixo da roda, que recebe a carga efetiva da roda sobre o solo. A outra plataforma, localizada na extremidade oposta, recebe as cargas para neutralizar o peso próprio da roda. Desta forma o suporte de fixação não oferece restrições ao deslocamento vertical da roda mas impõe restrição ao movimento de rotação horizontal, fazendo com que a roda possa deslocar-se em linha reta acompanhando possíveis irregularidades no terreno.

O acoplamento é realizado então por meio de um eixo vertical deslizante com chaveta, projetado para que cada conjunto roda + eixo tivesse o mesmo peso próprio, assegurando efeitos iguais de compactação quando usadas cargas estáticas semelhantes. Este tipo de acoplamento pode ser realizado de forma

rápida e apresenta a possibilidade de deslocamento lateral para que a roda possa ser posicionada de acordo com o espaçamento da cultura a ser implantada.

Outro fator considerado no dimensionamento do sistema de suporte das rodas compactadoras foi o deslocamento horizontal do mesmo na face vertical do trole, possibilitando a variação de posição das rodas de acordo com espaçamento adotado para a cultura.

Para início dos ensaios da pista foram escolhidos três modelos de rodas disponíveis na FAZU, classificadas de acordo com a ASAE (1995) em:

- Roda 1: roda duplo-angulada, constituída por duas rodas cilíndricas em “V”, revestidas com borracha maciça, normalmente usada para plantio direto;
- Roda 2: roda convexa larga, revestida com borracha deformável, tipo câmara de ar;
- Roda 3: roda dupla com nervura simples, constituída por duas rodas cilíndricas revestidas com borracha maciça, com nervura central. Por possuir eixos inclinados, essa roda acompanha a forma de um “V”.

Na FIGURA 14 são mostrados os modelos de roda utilizadas.



FIGURA 14. Modelos de rodas compactadoras

3.2.6.4 Lastros

Os lastros são constituídos por massas cilíndricas de chumbo com um orifício central e têm a função de permitir a variação da carga estática sobre as rodas. O orifício central possibilita o acoplamento dos lastros à guia existente na parte superior do suporte da roda compactadora. Para possibilitar uma combinação de cargas estáticas foram projetados lastros com espessura de 5 cm, nos seguintes diâmetros e massas:

- 15 lastros de 1 kg, com diâmetro de 0,060 m;
- 3 lastros de 5 kg, com diâmetro de 0,13 m;
- 3 lastros de 10 kg, com diâmetro de 0,18 m.

3.3 Caracterização da área

Após a construção da pista foram realizados ensaios com o objetivo de verificar o desempenho do trole porta-ferramentas e seus acessórios e a possibilidade de seu uso em ensaios de semeadura. Também foram avaliadas as condições físicas iniciais do solo da Pista de Ensaios.

3.3.1 Avaliações realizadas antes do preparo do solo

As variáveis a serem determinadas antes do preparo do solo devem permitir identificar para uma determinada cultura, clima e tipo de solo, qual o comportamento físico do solo para que se possa proceder ao preparo adequado, visando propiciar melhores condições para a semeadura e desenvolvimento das plantas. Desta forma, trinta dias antes do preparo do solo foram determinados, nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm, as seguintes variáveis:

3.3.1.1 Teor de água no solo

Para a avaliação deste parâmetro utilizou-se o método gravimétrico (EMBRAPA, 1997), retirando-se três amostras em cada canal de solo com anéis volumétricos. Estas amostras permitiram a caracterização do teor de água do solo

para verificar possíveis interferências desta variável na resistência mecânica do solo à penetração. Os resultados encontrados indicaram que não houve diferença significativa para os valores médios de teor de água do solo ao longo das camadas analisadas

3.3.1.2 Densidade do solo

Determinada pelo método do anel volumétrico com bordas cortantes e volume conhecido (KIEHL, 1979). Os resultados encontrados indicaram que não houve diferença significativa para os valores médios de densidade do solo ao longo das camadas analisadas.

3.3.1.3 Resistência mecânica do solo à penetração

determinada em três pontos de cada canal, utilizando um penetrômetro de impacto, cuja haste é provida de um cone confeccionado em aço INOX AISI 416 com inclinação de 30° e diâmetro de 20,27 mm ou 12,83 m (DANIEL & MARETTI, 1990). Na FIGURA 15 podem ser observados os dados relativos à resistência mecânica do solo à penetração obtidos 30 dias antes do preparo do solo.

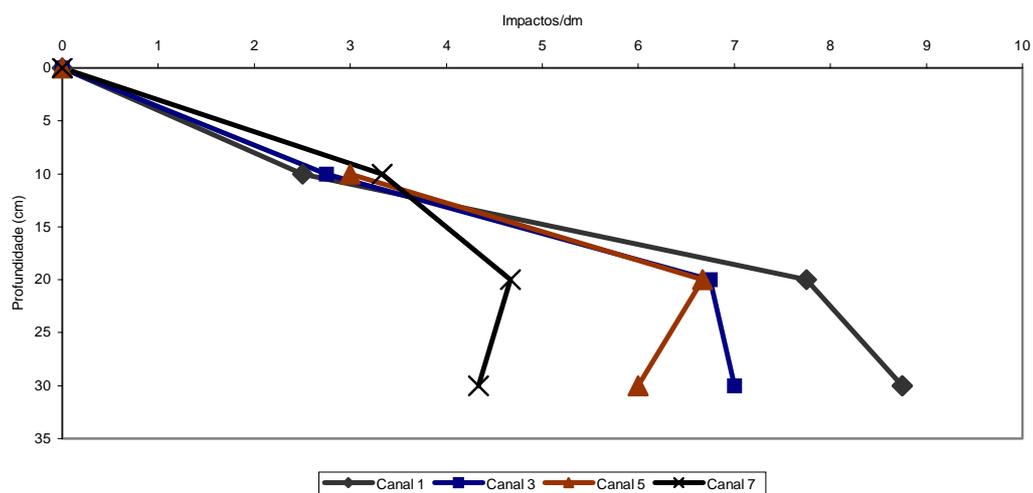


FIGURA 15. Valores médios de resistência mecânica do solo à penetração

Entretanto, analisando-se os valores de resistência mecânica do solo à penetração pode-se observar a presença de uma camada de impedimento a uma profundidade média de 20 cm, que pode ser creditada à operação de terraplanagem, quando foi necessária a realização de um aterro na pista de ensaios para torna-la plana e horizontal.

3.3.2 Preparo do solo

Antes da realização dos ensaios aplicou-se de forma manual uma lâmina de irrigação de 5 mm por dois dias consecutivos. As determinações relativas ao solo foram fundamentais para definição do tipo de preparo a ser realizado, pois se o preparo tivesse sido realizado somente com a enxada rotativa como previsto inicialmente, a camada de impedimento detectada poderia prejudicar o bom desenvolvimento do sistema radicular da cultura, afetando o seu crescimento. Por este motivo optou-se pelo preparo do solo com um escarificador para romper as camadas de impedimento. Foi utilizado um escarificador de três hastes curvas, com ponteiros sem asas e espaçamento de 25 cm, tracionado por um trator 4x2, de 47,7 kW, a uma profundidade de 30 cm. Na FIGURA 16 é mostrado o aspecto do solo após a escarificação. Em seguida utilizou-se para uniformização do solo nos canais, uma enxada rotativa equipada com lâminas tipo veloz de 6 flanges, com largura útil de 1,30 m, operando com profundidade média de 15 cm, tracionada por um microtrator de 10,8 kW.



FIGURA 16. Aspecto do preparo do solo com escarificador

Com o objetivo de caracterizar o preparo do solo com relação ao tamanho de agregados foram retiradas após o preparo quatro amostras até a profundidade de preparo, segundo metodologia proposta por GAMERO & BENEZ (1990). As amostras foram então levadas a uma estufa a 105 °C, com circulação de ar forçada, para retirada do teor de água e propiciar resistência do solo ao peneiramento. A análise da desagregação do solo foi realizada com um conjunto de peneiras manuais, com malhas entre 1,68 e 101,60 mm, foi analisada por meio das variáveis: porcentagem de agregados retidos por classe e tamanho, módulo de finura e diâmetro médio geométrico .

Na distribuição de agregados do solo após o preparo com escarificador seguido de enxada rotativa, houve a predominância de agregados pequenos. Esta característica fica evidenciada pela presença na camada mobilizada, de 65,09% de agregados com classe de tamanho menor que 1,18 mm e pelo Diâmetro Médio Geométrico encontrado, que foi de 0,931 mm. Estes resultados demonstram que o solo após o preparo adquiriu uma condição adequada para a semeadura, conforme HADAS et al. (1978) e BRAUNACK & DEXTER (1989). O teor médio de água do solo no momento do preparo foi de 13,9 %.

3.3.3 Plaina niveladora

Após a passagem da enxada rotativa, montou-se a plaina no trole porta-ferramentas e procedeu-se ao nivelamento do solo nos canais 2, 4 e 6, os quais foram utilizados para os testes de profundidades da plaina, com regulagens de 5 a 10 mm.

3.3.4 Sulcador

Este ensaio constou da passagem do sulcador montado no trole porta-ferramentas, com seu órgão ativo colocado às profundidades de 30, 50 e 100 mm, observando o seu comportamento com relação à profundidade final e estabilidade lateral do sulco.

3.3.5 Rodas compactadoras

Com o solo dos canais 2, 4 e 6 nivelados, realizou-se o ensaio das três rodas, compactando-se faixas de 2 m de comprimento, separadas por um intervalo de 0,5 m. As cargas estáticas foram variadas a cada 2 m, de 75 a 425 N, em intervalos de 50 N. Neste ensaio procurou-se verificar a estabilidade das rodas e o perfil da linha de compactação. Foram realizadas para cada modelo de roda compactadora, três observações por faixa de 2 m.

Em seguida, utilizando-se as entre-faixas de 0,50 m, aplicou-se novamente as cargas de 75 a 425 N em intervalos de 50 N, em ensaios estáticos, com o objetivo de se determinar o perfil do solo para cada roda e o diagrama de pressão-deformação do solo. A seção transversal do solo foi avaliada por meio da utilização de um mini-perfilômetro, após a aplicação de cada carga.

A determinação da pressão exercida pelas rodas compactadoras ocorreu a partir da Equação 1, descrita por MIALHE (1980) para cálculo da área de contato pneu-solo em condições de deslocamento:

$$S = 1,005.r.b \quad (1)$$

em que,

r: raio da roda

b: largura da roda

Conhecendo-se a carga estática aplicada e a área de contato entre a roda e o solo determinou-se a pressão exercida pelos três modelos de rodas compactadoras sobre o solo. Por meio de uma regressão potencial para os diagramas pressão-deformação, obteve-se então, as equações que relacionam para cada roda, a pressão exercida sobre o solo com a máxima deformação provocada. As equações foram obtidas a partir da expressão empírica desenvolvida por Bernstein e modificada por BEKKER (1959):

$$P_{\max} = k \cdot z^n \quad (2)$$

em que,

- k:** coeficiente de proporcionalidade
- z:** máxima deformação do solo (mm)
- n:** coeficiente de deformação do solo

De acordo com VIEIRA (1982), os valores de **k** e **n** podem ser estimados por regressão linear ou não linear, sendo que com esta última se obtém melhores resultados.

3.3.6 Velocidade de deslocamento do trole

A determinação da velocidade de deslocamento foi realizada tomando-se três faixas de 8 m nos canais de solo 2, 4 e 6, e medindo-se por meio de um cronômetro digital, o tempo necessário para que o trole percorresse esta distância. O esquema mostrado na FIGURA 17 ilustra o ensaio realizado. A velocidade foi determinada por meio da média aritmética da relação entre a distância percorrida e o tempo consumido. O ensaio foi realizado para seis situações distintas:

- a) trole sem as rodas compactadoras,
- b) trole com roda compactadora 1, com carga de 425 N,
- c) trole com roda compactadora 2, com carga de 425 N,
- d) trole com roda compactadora 3, com carga de 425 N,
- e) trole com os três modelos de rodas compactadoras, com carga de 425 N.

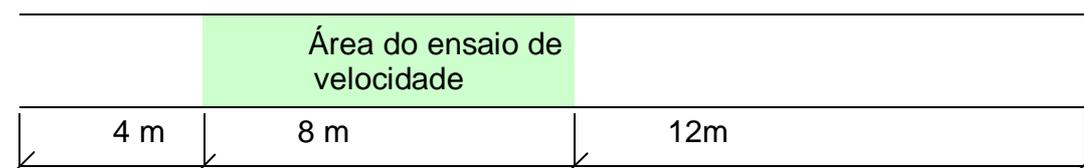


FIGURA 17. Esquema do ensaio de velocidade do trole porta-ferramentas

3.4 Realização dos ensaios

Para avaliar viabilidade do trole porta-ferramentas e da Pista para realização de ensaios com culturas anuais, realizou-se um experimento com a cultura de milho (*Zea mays* L.), escolhida por sua importância econômica para a região de Uberaba. Após o preparo do solo foi realizado o nivelamento do terreno utilizando-se a plaina acoplada ao trole de modo a deixar o solo dos canais em condições de receber as sementes.

Após a análise química do solo, foi realizada a correção do solo com a aplicação de calcário. A classe textural foi determinada por meio do sistema de classificação proposto pelo USDA e adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (PREVEDELLO, 1996), sendo o solo classificado como franco argilo arenoso.

3.4.1 Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos por meio da combinação de três modelos de rodas compactadoras (FIGURA 14) com três níveis de carga e três profundidades de semeadura, totalizando 27 tratamentos (Tabela 2)

O delineamento estatístico adotado foi o de sub-sub-parcelas, com quatro repetições. As parcelas foram instaladas ao longo das linhas de semeadura, sendo caracterizadas pelo modelo da roda compactadora. As sub-parcelas foram compostas pelas profundidades de semeadura e as sub-sub-parcelas pelos níveis de carga. Na FIGURA 18 é apresentado o croquis da área com o delineamento experimental utilizado.

Tabela 2. Relação e designação dos tratamentos.

Tratamentos	Modelo de roda	Profundidade (cm)	Carga (N)
R1P1C1:	Roda 1	3	50
R1P1C2:	Roda 1	3	100
R1P1C3:	Roda 1	3	150
R1P2C1:	Roda 1	5	50
R1P2C2:	Roda 1	5	100
R1P2C3:	Roda 1	5	150
R1P3C1:	Roda 1	7	50
R1P3C2:	Roda 1	7	100
R1P3C3:	Roda 1	7	150
R2P1C1:	Roda 2	3	50
R2P1C2:	Roda 2	3	100
R2P1C3:	Roda 2	3	150
R2P2C1:	Roda 2	5	50
R2P2C2:	Roda 2	5	100
R2P2C3:	Roda 2	5	150
R2P3C1:	Roda 2	7	50
R2P3C2:	Roda 2	7	100
R2P3C3:	Roda 2	7	150
R3P1C1:	Roda 3	3	50
R3P1C2:	Roda 3	3	100
R3P1C3:	Roda 3	3	150
R3P2C1:	Roda 3	5	50
R3P2C2:	Roda 3	5	100
R3P2C3:	Roda 3	5	150
R3P3C1:	Roda 3	7	50
R3P3C2:	Roda 3	7	100
R3P3C3:	Roda 3	7	150

R1P3C3	R1P3C2	R1P3C1	R1P1C1	R1P1C3	R1P1C1	R1P2C3	R1P2C1	R1P2C2
R3P3C2	R3P3C1	R3P3C3	R3P1C2	R3P1C1	R3P1C3	R3P2C3	R3P2C2	R3P2C1
R2P2C3	R2P2C1	R2P2C2	R2P3C3	R2P3C2	R2P3C1	R2P1C1	R2P1C2	R2P1C3
R2P1C1	R2P1C3	R2P1C2	R2P3C3	R2P3C1	R2P3C2	R2P2C1	R2P2C2	R2P2C3
R1P1C1	R1P1C2	R1P1C3	R1P2C3	R1P2C2	R1P2C1	R1P3C2	R1P3C1	R1P3C3
R3P2C2	R3P2C1	R3P2C3	R3P3C1	R3P3C3	R3P3C2	R3P1C1	R3P1C2	R3P1C3
R3P1C1	R3P1C3	R3P1C2	R3P3C1	R3P3C3	R3P3C2	R3P2C2	R3P2C1	R3P2C3
R1P1C3	R1P1C2	R1P1C1	R1P3C3	R1P3C2	R1P3C1	R1P2C1	R1P2C3	R1P2C2
R2P1C1	R2P1C3	R2P1C2	R2P3C3	R2P3C1	R2P3C2	R2P2C3	R2P2C2	R2P2C1
R1P1C2	R1P1C1	R1P1C3	R1P2C3	R1P2C1	R1P2C2	R1P3C1	R1P3C2	R1P3C3
R2P2C1	R2P2C2	R2P2C3	R2P3C3	R2P3C2	R2P3C1	R2P1C1	R2P1C3	R2P1C2
R3P2C3	R3P2C2	R3P2C1	R3P1C3	R3P1C1	R3P1C2	R3P3C2	R3P3C2	R3P3C1

FIGURA 18. Disposição dos tratamentos na área experimental

3.4.2 Cultura

Foi utilizada a cultivar de milho híbrido simples, Aventis A-2288, super precoce, com pureza mínima de 98%, germinação mínima de 85%. Esta cultivar possui características adequadas para exploração na Zona Macro-agroecológica do Cerrado do Brasil Central, conforme classificação de MONTEIRO et al. (1992).

3.4.3 Semeadura

A aplicação dos tratamentos ocorreu no dia 12 de setembro de 2000, obedecendo às seguintes etapas:

- Deslocou-se um sulcador acoplado ao trole porta-ferramentas para riscar levemente o solo e marcar o alinhamento para a sementeira;
- O comprimento das parcelas foi estabelecido em 2 m em toda a largura da pista, com três fileiras espaçadas de 0,75 m, nas quais foram depositadas duas sementes a cada 20 cm, que resultaram em 70.000 plantas por hectare após o desbaste.
- A sementeira foi realizada de forma manual, abrindo-se pequenas covas com o auxílio de cilindros de madeira posicionados sobre uma régua de madeira com furos no espaçamento desejado. Os cilindros, com comprimento nas profundidades desejadas e diâmetro de 15 mm, foram comprimidos contra o solo até encostar na régua (FIGURA 19).
- Logo após a sementeira as rodas foram fixadas ao suporte e este à face vertical do trole porta-ferramentas, sendo então posicionadas de modo que a linha de sementeira ficasse exatamente no centro do plano vertical das rodas compactadoras (FIGURA 20).



FIGURA 19 . Abertura das covas utilizando cilindro de madeira e régua perfurada

- As rodas foram posicionadas no centro das entre-faixas e as cargas estáticas correspondentes a cada tratamento foram colocadas cuidadosamente sobre o eixo vertical das rodas, evitando-se impactos sobre o solo.

- O trole foi acionado até início da próxima entre-faixa, quando as cargas foram então alteradas de acordo com o tratamento a ser aplicado. Este procedimento foi repetido até o fim do canal, quando então o trole foi mudado de canal por meio do chassi de transferência.



FIGURA 20. Instalação do experimento

3.4.4 Tratos culturais

Após a semeadura realizou-se a irrigação de todas as parcelas. Durante a fase de desenvolvimento da cultura foram realizadas irrigações a cada 3 dias sempre às 17 horas, de forma manual.

Vinte e um dias após a semeadura foi efetuado um desbaste eliminando-se uma planta em cada cova e deixando 14 plantas/linha; na mesma data realizou-se uma adubação manual em cobertura com uréia granulada, na dosagem de 100 kg.ha⁻¹, aplicada em sulco raso, no lado direito da planta, seguida de irrigação.

No dia do desbaste também foram realizadas operações para manter o ensaio livre de plantas daninhas e pragas. O controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi realizado por meio da aplicação em jato dirigido do inseticida concentrado emulsionável Lannate (Methomyl), classe toxicológica 1, na dosagem de 0,6 l/ha. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual até o final do ciclo da cultura. Devido à grande incidência da lagarta

do cartucho na cultura, realizou-se nova aplicação com mesma dosagem de Lannate, aos 36 dias após a semeadura.

3.4.5 Determinações relativas ao solo

As determinações do teor de água e temperatura do solo foram realizadas diariamente durante a fase de germinação e emergência da cultura, no período compreendido entre a semeadura e o desbaste.

3.4.5.1 Teor de água do solo

A avaliação do teor de água do solo foi feita pelo método gravimétrico (EMBRAPA, 1997) em função da relação entre a massa de água e a massa do solo seco em estufa a 105 °C. Para esta determinação foram retiradas quatro amostras em cada tratamento, com auxílio de um calador. As amostras foram retiradas na profundidade de semeadura de cada parcela, sempre às 09:00 horas.

3.4.5.2 Temperatura do solo

A temperatura do solo foi determinada em cada tratamento, nas profundidades de semeadura utilizando-se geotermômetros de mercúrio, com precisão de leitura de 0,2 °C, instalados entre duas plantas consecutivas na linha de semeadura, em cada sub-sub-parcela. As leituras foram realizadas às 09:00 horas.

3.4.6 Determinações relativas à cultura

Estas determinações foram realizadas em duas etapas distintas, seguindo a metodologia apresentada por BENINCASA (1988). A primeira etapa ocorreu durante a fase de desenvolvimento inicial da cultura, onde se avaliou a emergência das plântulas. Em um segundo momento que compreendeu todo o período de crescimento das plantas, determinou-se a massa de matéria seca, altura das plantas e altura de inserção da primeira espiga.

3.4.6.1 Número médio de dias para emergência das plântulas

Para a avaliação da emergência das plântulas procedeu-se à contagem diária de todas as plântulas emergidas em cada tratamento. Cada plântula foi considerada emergida a partir do instante em que a mesma rompeu o solo e pôde ser vista a olho nu, de algum ângulo qualquer. A contagem foi realizada até que o número total de plântulas se tornasse repetitivo em cada tratamento por três dias consecutivos. A partir destas contagens, expressou-se o número médio de dias para emergência das plântulas, de acordo com a equação proposta por Edmond & Drapala, citados por SIQUEIRA (1999):

$$M = \frac{[(N_1 \cdot G_1) + (N_2 \cdot G_2) + \dots + (N_n \cdot G_n)]}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)} \quad (3)$$

em que,

M = Número médio de dias para emergência das plântulas de milho;

N1 = Número de dias decorridos entre a semeadura e a primeira contagem de plântulas;

G1 = Número de plântulas emergidas na primeira contagem;

N2 = Número de dias decorridos entre a semeadura e a segunda contagem de plântulas;

G2 = Número de plântulas emergidas entre a primeira e a segunda contagem;

Nn = Número de dias decorridos entre a semeadura e a última contagem de plântulas;

Gn = Número de plântulas emergidas entre a penúltima e a última contagem;

3.4.6.2 Massa seca da parte aérea

A massa seca total da parte aérea das plantas foi medida aos vinte e um dias após a semeadura, utilizando-se cinco plantas de cada sub-sub-parcela, que foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa a 70°C, até massa constante.

3.4.6.3 Altura das plantas

As avaliações referentes à altura de plantas foram realizadas semanalmente, iniciando-se sete dias após o desbaste, com auxílio de uma régua graduada em centímetros, nas três plantas centrais de cada tratamento, medindo-se a altura do solo até o ponto de inflexão da folha mais alta da planta.

3.4.6.4 Altura de inserção da primeira espiga

A altura de inserção da primeira espiga foi determinada aos 100 dias após a semeadura, com o auxílio de uma trena de aço, nas três plantas centrais de cada tratamento. As medidas foram tomadas por meio da distância entre o solo e o internódio de inserção da primeira espiga.

3.4.7 Tratamento de dados e análises estatísticas

Os resultados obtidos foram tabulados e submetidos a análise de variância, utilizando-se o programa SANEST. Quando o valor do teste F mostrou-se significativo em um nível de 5% de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey para comparação entre as médias, conforme recomendação de PIMENTEL GOMES (1987) e BANZATTO & KRONKA (1995). Para as interações significativas a 5% de probabilidade, realizou-se o desdobramento da análise de variância, considerando-se os fatores profundidade e carga isoladamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados segue a ordem cronológica dos ensaios realizados, que pode ser vista no apêndice 01.

4.1 Plaina niveladora

A plaina niveladora apresentou melhor desempenho quando foi regulada para realizar o nivelamento do solo em sucessivas passadas com intervalos de profundidade de 5 mm. Regulagens de profundidade no intervalo de 6 a 10mm provocaram uma grande movimentação do solo, acumulando-o à frente da plaina e levando o trole a patinar, devido ao aumento do peso à sua frente. Resultados semelhantes foram encontrados por STEFANUTTI (1979), que observou um melhor comportamento da plaina quando o nivelamento se processou em passadas sucessivas a pequenas profundidades. Entretanto, o intervalo de profundidades por ele indicado foi inferior a 5 mm, o que aumenta o tempo necessário para o nivelamento do solo.

Uma deficiência verificada no projeto da plaina deve-se ao fato de a mesma não ser angulável, o que também provoca o acúmulo de solo à frente do trole, exigindo, portanto, maior esforço para realização da operação.

4.2 Sulcador

O ensaio realizado com o sulcador acoplado ao trole porta-ferramentas evidenciou que os melhores desempenhos foram obtidos para regulagens a profundidades entre 30 e 50 mm. Para profundidades superiores a 50 mm observou-se que os sulcos realizados não conservaram a profundidade desejada, ocorrendo desmoronamento em suas laterais. Isto pode ser explicado pela baixa velocidade de deslocamento do trole, o que provoca um menor arremesso das partículas do solo.

4.3 Rodas compactadoras

O ensaio dinâmico com as rodas compactadoras mostrou que as mesmas apresentaram boa estabilidade lateral, com pequenas oscilações que não chegaram a comprometer a direção da compactação sobre a linha de semeadura

4.3.1 Diagrama de pressão-deformação do solo

Os diagramas pressão-deformação para os três modelos de rodas compactadoras, obtidos por meio de ensaio estático, são apresentados na FIGURA 21. Este ensaio foi realizado com o solo apresentando um teor médio de água de 13,9%.

Comparando-se as equações de regressão obtidas para os dados experimentais com a expressão proposta por Bernstein e modificada por BEKKER (1956), pode-se determinar os coeficientes proporcionalidade (**k**) e de deformação do solo (**n**) para a pista de ensaios. O resultado pode ser visto na Tabela 3, onde observa-se que as equações obtidas representam melhor a deformação do solo para as rodas 1 e 2, apresentando coeficientes de correlação bastante elevados. Já para a roda 3 o coeficiente de correlação obtido foi menor que os demais.

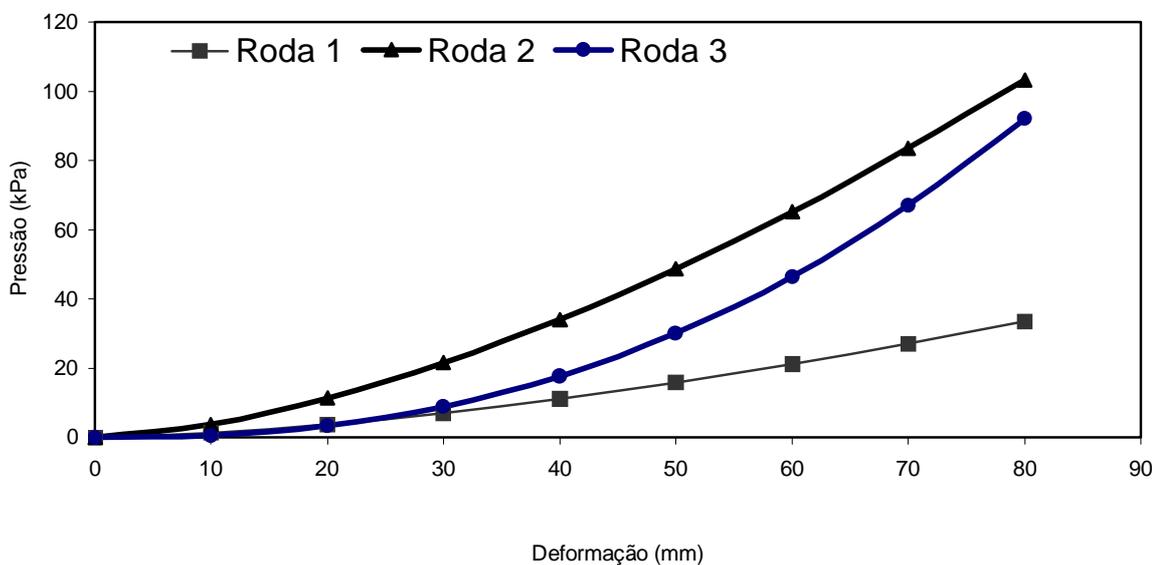


FIGURA 21. Diagrama de pressão-deformação do solo

Tabela 3. Valores médios dos coeficientes de proporcionalidade (**k**) e de deformação (**n**) para um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, com teor de água no solo de 13,9%.

Tipo de roda	BEKKER (1956)	k	n	r ²
Roda1		0,0321	1,5867	0,9446
Roda 2	$P = k.z^n$	0,0943	1,5974	0,9902
Roda 3		0,0027	2,3819	0,8459

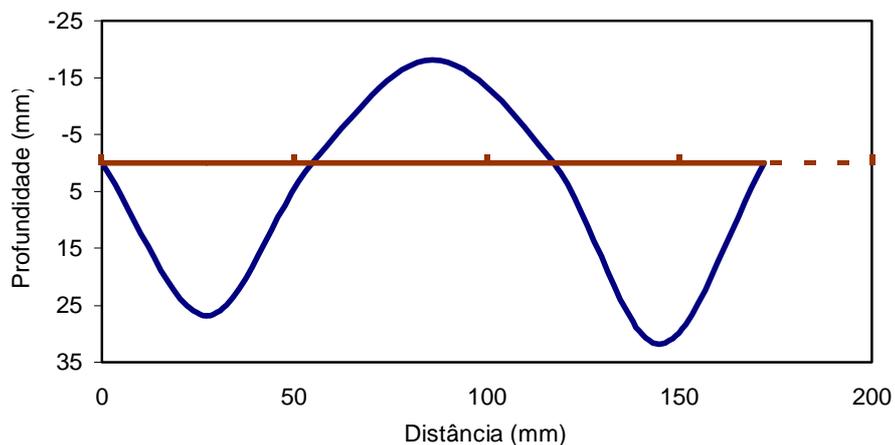
BEKKER (1956), que determinou os coeficientes **k** e **n** a partir de uma placa plana rígida de área retangular conhecida, aplicando cargas verticais conhecidas e progressivas, afirma que os coeficientes de proporcionalidade e de deformação de um solo dependem, dentre outros fatores, do tamanho da placa utilizada. Os resultados obtidos por meio da utilização das próprias rodas compactadoras em ensaio estático sugerem que os coeficientes determinados

dependem fortemente da área de contato entre o solo e a roda e também do formato da roda compactadora. O fato de a roda 2 ter apresentado maior coeficiente de correlação pode ser justificado pela maior aproximação da área de contato deste modelo com a área da placa utilizada por BEKKER (1956) em seus ensaios. Por outro lado, a roda 3 é a que mais se afasta do modelo de BEKKER, apresentando um baixo coeficiente de correlação.

Bernstein citado por HARRIS (1971) afirmou que o parâmetro n apresenta valores entre 0 (zero) e 1 (um) para a maioria dos solos agricultáveis. Por outro lado MAH (1980), obteve valores de n menores que 1 (um) para um solo arenoso de Janaúba e maiores que 1 (um) para um solo argiloso de Viçosa. Conforme ASHIBURNER & SIM (1984), a resistência de um solo e a sua deformação por compressão ou por cisalhamento, é determinada pelas resistências coesiva e friccional. Eles afirmam ainda que esses parâmetros podem sofrer variações consideráveis devido ao teor de água do solo e tamanho de agregados. Logo, diferentes valores dos coeficientes k e n podem ser encontrados devido aos vários fatores que afetam estes parâmetros como, por exemplo, a granulometria e o teor de água do solo.

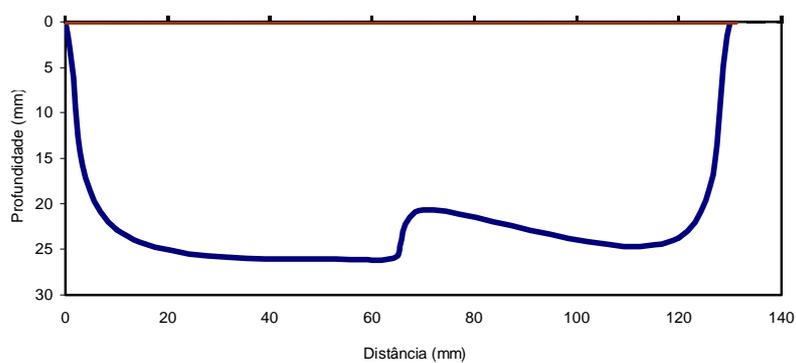
4.3.2 Perfis do solo após a passagem das rodas compactadoras

RAINBOW (2000) afirma que o perfil ideal de rodas compactadoras sempre estará por ser comercializado e que, geralmente, rodas em forma de U ou V fornecem a pressão necessária com um mínimo de peso. Nas Figuras 25, 26 e 27 são apresentados, respectivamente, os perfis do solo após a passagem das rodas 1, 2 e 3, para uma carga estática de 275 N, com o solo apresentando um teor médio de água de 13,9%. Nos apêndices 02, 03 e 04 são apresentados os demais perfis obtidos para cada modelo de roda.



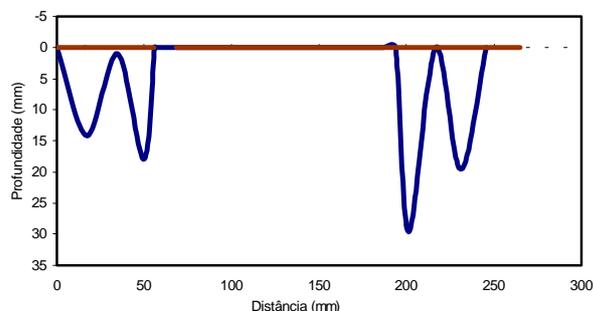
— Superfície da linha de semeadura para carga de 275 N
 — Superfície natural do solo

FIGURA 22. Perfil do solo após a passagem da roda 1, para carga de 275 N



— Superfície sobre a linha de semeadura para a carga = 275 N
 — Superfície natural

FIGURA 23. Perfil do solo após a passagem da roda 2, para carga de 275 N



— Superfície sobre a linha de semeadura para a carga = 275 N
 — Superfície natural

FIGURA 24. Perfil do solo após a passagem da roda 3, para carga de 275 N

Os perfis obtidos demonstram que as rodas 1 e 3 proporcionaram uma compactação lateral do solo, enquanto que a roda 2 exerceu uma pressão de forma mais direta sobre a linha de semeadura. Os resultados obtidos demonstram também que, para a roda 1, houve uma elevação central do solo na linha de semeadura, alterando portanto a profundidade de semeadura em relação àquela inicialmente idealizada. Este efeito pôde ser observado quando da aplicação de cargas estáticas no intervalo de 75 a 325 N. Para cargas acima de 325 N observou-se uma tendência de redução da elevação central até a ocorrência de uma compactação direta sobre a linha de semeadura, como pode se verificar na Tabela 4.

VIEIRA (1982) afirma que, a mesma pressão aplicada a solos de diferentes naturezas e teores de água, provoca diferentes deformações. MAH (1980) aponta o teor de água do solo como sendo o fator que mais influi no comportamento mecânico do solo. Assim, o perfil do solo encontrado após os ensaios com a roda 1 pode se justificar por meio de três hipóteses: a regulação inadequada da abertura entre as rodas ou o teor de água e tipo do solo.

Tabela 4. Valores médios da elevação do solo sobre a linha de semeadura, obtidos no tratamento com a roda 1.

Carga (N)	Elevação central (mm)
75	10,0
125	13,0
175	16,1
225	20,2
275	18,1
325	24,4
375	0,0
425	0,0
475	-28,3

O modelo utilizado de roda compactadora além de não possuir regulagem de abertura das rodas, foi devidamente averiguado antes e após o uso, não se constatando nenhuma alteração da abertura entre as rodas. Portanto, pode-se atribuir o efeito de elevação central do perfil provocado por este modelo de roda, ao teor de água e ao tipo do solo. O teor de água do solo durante a realização dos ensaios foi de 13,9%, sendo a textura do solo da pista de ensaios franco argilo arenoso. Em razão da natureza complexa e variável dos solos, suas propriedades não são classificadas com o grau de precisão requerido pelos materiais utilizados na engenharia, o que dificulta uma explicação mais detalhada do comportamento mecânico do mesmo.

4.4 Velocidade de deslocamento do trole

Na Tabela 5 são apresentados os resultados médios obtidos na determinação da velocidade de deslocamento do trole porta-ferramentas. As variações encontradas podem ser justificadas pelo deslizamento das rodas

motoras ou variações na corrente elétrica. A velocidade média de deslocamento do trole porta-ferramentas foi de 1,333 km. h⁻¹. Este valor atende às especificações propostas inicialmente e encontra-se em níveis próximos daqueles encontrados por STEFANUTTI (1979) em seu trabalho.

Tabela 5. Valores médios do tempo necessário para o trole percorrer 8m e da velocidade correspondente.

Ensaio do trole	Tempo (s)	Velocidade (km.h-1)
Sem as rodas compactadoras	21,4	1,345
Com a roda 1, com carga de 425 N	21,5	1,337
Com a roda 2, com carga de 425 N	21,5	1,338
Com a roda 3, com carga de 425 N	21,5	1,334
Com as rodas 1, 2 e 3 (carga de 425 N)	21,7	1,325
Média	21,6	1,333

TESTE F

Velocidade	2,563 NS
C.V. Velocidade (%)	0,586

*: significativo a 5% de probabilidade

NS: não significativo

CV: coeficiente de variação

4.5 Avaliação da pista

Dentre as principais características do sistema desenvolvido pode-se destacar as seguintes vantagens:

- a) Possibilidade de instalação de culturas com maior espaçamento entre linhas devido à largura da pista;

- b) Possibilidade de condução de culturas irrigadas de porte elevado até o fim do ciclo para avaliar a produção, propiciando a instalação de experimentos em épocas de seca;
- c) Automatização do retorno do trole ao início da pista, diminuindo o uso de mão de obra durante a irrigação da cultura;
- d) Possibilidade de uso da pista para ensaios de uniformidade de lâminas de irrigação, aplicação de defensivos e outros;
- e) Número e tamanho dos canais suficientes para possibilitar a repetição de tratamentos.

Como principal desvantagem a Pista de Ensaio apresenta localização longitudinal deslocada em relação ao sentido N-S, o que pode provocar o sombreamento da cultura.

4.6 Teor de água e temperatura do solo

Para respaldar as discussões são apresentadas as análises de variância para os valores médios de temperatura e de teor de água do solo, obtidos durante a fase de germinação e emergência da cultura, compreendida entre os dias 13 a 26 de setembro de 2000.

A análise de variância demonstrou que a 5% de probabilidade, o teor de água do solo foi afetado pelo modelo de roda compactadora (R) e pelo nível de carga aplicado (C). As interações entre modelo de roda e nível de carga (RxC) e entre profundidade de semeadura e nível de carga (PxC), também foram significativas a 5% de probabilidade (Tabela 6). As rodas 3 e 2 não diferiram estatisticamente entre si e proporcionaram maiores valores para o teor médio de água do solo quando comparadas com a roda 1. SILVA (1990) também não obteve diferenças significativas para as médias de teor de água do solo entre os modelos de roda 2 e 3.

Tabela 6. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores médios do teor de água (U) e temperatura do solo (T) no período de germinação e emergência das plântulas.

Fator	U (%)		T(°C)	
Roda 1	12,57	b	28,46	c
Roda 2	13,96	a	28,97	a
Roda 3	14,12	a	28,65	b
Profundidade 1	13,48		29,03	a
Profundidade 2	13,51		28,72	b
Profundidade 3	13,66		28,34	c
Carga 1	13,60	a b	28,66	
Carga 2	13,66	a	28,71	
Carga 3	13,38	b	28,71	
TESTE F				
Rodas (R)	231,42	*	3,96	*
Profundidades (P)	1,36	NS	109,22	*
R x P	2,05	NS	6,56	*
Carga	4,16	*	1,90	NS
R X C	6,06	*	7,79	*
P X C	3,84	*	1,74	NS
R X P X C	1,88	NS	7,95	*
C.V. Roda (%)	0,82		0,90	
C.V. Profundidade (%)	2,05		0,40	
C.V. Carga (%)	3,19		0,41	

*: significativo a 5% de probabilidade

NS: não significativo

CV: coeficiente de variação

Com relação ao nível de carga aplicado, observa-se que a aplicação da carga de 100 N (C2) proporcionou um valor mais elevado para o teor de água do solo do que a carga de 150 N (C3) (Tabela 6). Estes resultados divergem dos resultados obtidos por SILVA (1990), que encontrou maiores teores de água do solo para tratamentos que receberam maiores cargas de compactação.

Por outro lado, a temperatura do solo foi afetada pelo modelo de roda, pela profundidade de semeadura e pelas interações entre modelo de roda e profundidade (RxP), modelo de roda e nível de carga (RxC) e entre os três fatores (RxPxC) (Tabela 6). Entretanto é conveniente ressaltar que todos os fatores analisados proporcionaram temperaturas médias situadas no intervalo entre 20 e 30 °C, o que de acordo com POPINIGIS (1985), é considerado ideal para que ocorra a germinação.

O maior valor de temperatura média do solo na região da semente foi observado para o modelo de roda 2 quando comparado aos modelos 3 e 1 (Tabela 6). SILVA (1990), também encontrou para este modelo de roda, um comportamento diferente, com registro de temperatura mais elevada que as demais. Os resultados nos permitem observar que, sementes colocadas a profundidade de 3 cm (P1) encontraram um ambiente com temperatura do solo mais alta do que aquelas semeadas em profundidades de 5 (P2) e 7 cm (P3).

Com relação à carga de compactação os resultados obtidos são condizentes com os verificados por SILVA (1990), que também não identificou diferenças significativas entre os valores de temperatura para os tratamentos com diferentes cargas de compactação (Tabela 6).

4.6.1 Desdobramento das interações significativas

Para as interações que se mostraram significativas foi realizado o desdobramento de seus graus de liberdade para estudar os efeitos de cada fator dentro de cada nível dos demais fatores.

4.6.1.1 Interação Roda x Profundidade

O teste de médias indica que, em todas as profundidades estudadas, o modelo de roda 2 proporcionou maiores valores de temperatura do solo (Tabela 7). Para a profundidade de 3 cm (P1) não houve diferença significativa entre os modelos de roda 1 e 3, enquanto que para as profundidades de 5 (P2) e 7 cm

(P3) os tratamentos com roda 1 apresentaram as menores médias para a temperatura do solo (Tabela 7).

Tabela 7. Médias dos valores de temperatura do solo (T), medidos no período de 13 a 26/09/2000, para estudo do efeito do fator roda dentro do fator profundidade.

Efeito	Fator	T(°C)	
Roda dentro de Profundidade 1	Roda 1	28,77	b
	Roda 2	29,48	a
	Roda 3	28,83	b
Roda dentro de Profundidade 2	Roda 1	28,49	c
	Roda 2	28,89	a
	Roda 3	28,77	b
Roda dentro de Profundidade 3	Roda 1	28,12	c
	Roda 2	28,53	a
	Roda 3	28,36	b

- Em cada coluna, para cada efeito, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.6.1.2 Interação Roda x Carga

Quando analisado o efeito dos modelos de roda em cada nível de carga, observa-se que as rodas 2 e 3 foram estatisticamente semelhantes e apresentaram maiores teores de água no solo para os níveis de carga 1 (50 N) e 2 (100N), enquanto que para o nível de carga 3 (150 N) os tratamentos se diferenciaram entre si, apresentando maiores teores de água no solo com a roda 3, 2 e 1, nessa seqüência (Tabela 8).

Tabela 8. Médias dos valores do teor de água (U) e da temperatura do solo (T), medidos no período de 13 a 26/09/2000, para estudo do efeito do fator roda dentro do fator carga.

Efeito	Fator	U (%)	T (°C)
Roda dentro de Carga 1	Roda 1	12,37 b	28,46 b
	Roda 2	14,25 a	29,01 a
	Roda 3	14,18 a	28,52 b
Roda dentro de Carga 2	Roda 1	12,70 b	28,40 c
	Roda 2	14,20 a	29,00 a
	Roda 3	14,09 a	28,72 b
Roda dentro de Carga 3	Roda 1	12,65 c	28,52 c
	Roda 2	13,42 b	28,72 b
	Roda 3	14,08 a	28,90 a

- Em cada coluna, para cada efeito, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à temperatura do solo, a roda 2 foi a que proporcionou as maiores médias encontradas dentro de cada nível de carga (Tabela 8), exceto para o nível de carga 3.

4.6.1.3 Interação Profundidade x Carga

O efeito da profundidade dentro de cada nível de carga apresentou diferença significativa somente para a carga de 150 N (C3), sendo que os maiores valores do teor de água do solo ocorreram para as profundidades de 7 (P3) e 5 cm (P2) (Tabela 9).

Tabela 9. Médias do teor de água do solo (U), medidos no período de 13 a 26/09/2000, para estudo do efeito do fator profundidade dentro do fator carga.

Efeito	Fator	U (%)	
Profundidade dentro de Carga 1	P1	13,75	
	P2	13,58	
	P3	13,47	
Profundidade dentro De Carga 2	P1	13,65	
	P2	13,53	
	P3	13,81	
Profundidade dentro De Carga 3	P1	13,05	b
	P2	13,42	a b
	P3	13,69	a

- Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.6.1.4 Interação Roda x Profundidade x Carga

A interação entre os fatores roda, profundidade e carga para a variável temperatura do solo é apresentada nas Tabelas 14, 15 e 16.

O efeito do fator roda dentro de todas as combinações de profundidade e carga foram significativamente diferentes a 5% de probabilidade. Em todas as combinações, o modelo de roda 2 foi o que proporcionou as maiores médias de temperatura do solo (Tabela 10). Nas interações com P2C2, P2C3 e P3C3 os valores da temperatura não diferiram entre si para os modelos de roda 2 e 3 (Tabela 10).

Quando verificado o efeito da profundidade de semeadura dentro da combinação de roda e carga, verificou-se que as maiores médias de temperatura do solo ocorreram para a profundidade de 3 cm (P1), enquanto as menores médias ocorreram para a profundidade de 7 cm (P3) (Tabela 11).

Tabela 10. Médias dos valores de temperatura do solo (T), medidos no período de 13 a 26/09/2000, para estudo do efeito do fator roda dentro dos fatores profundidade e carga.

Efeito	Fator	T (°C)	
Roda dentro de Profundidade 1 e Carga 1	Roda 1	28,92	b
	Roda 2	29,38	a
	Roda 3	28,65	c
Roda dentro de Profundidade 1 e Carga 2	Roda 1	28,50	C
	Roda 2	29,55	a
	Roda 3	29,05	b
Roda dentro de Profundidade 1 e Carga 3	Roda 1	28,88	b
	Roda 2	29,52	a
	Roda 3	28,80	b
Roda dentro de Profundidade 2 e Carga 1	Roda 1	28,45	c
	Roda 2	29,08	a
	Roda 3	28,68	b
Roda dentro de Profundidade 2 e Carga 2	Roda 1	28,52	b
	Roda 2	28,90	a
	Roda 3	28,78	a
Roda dentro de Profundidade 2 e Carga 3	Roda 1	28,50	b
	Roda 2	28,70	a
	Roda 3	28,85	a
Roda dentro de Profundidade 3 e Carga 1	Roda 1	28,00	c
	Roda 2	28,58	a
	Roda 3	28,25	b
Roda dentro de Profundidade 3 e Carga 2	Roda 1	28,18	b
	Roda 2	28,55	a
	Roda 3	28,32	b
Roda dentro de Profundidade 3 e Carga 3	Roda 1	28,20	b
	Roda 2	28,48	a
	Roda 3	28,50	a

- Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 11. Médias dos valores de temperatura do solo (T), medidos no período de 13 a 26/09/2000, para estudo do efeito do fator profundidade dentro dos fatores roda e carga.

Efeito	Fator	T (°C)	
Profundidade dentro de Roda 1 e Carga 1	P 1	29,92	a
	P 2	28,45	b
	P 3	28,00	c
Profundidade dentro de Roda 1 e Carga 2	P 1	28,50	a
	P 2	28,52	a
	P 3	28,18	b
Profundidade dentro de Roda 1 e Carga 3	P 1	28,88	a
	P 2	28,50	b
	P 3	28,20	c
Profundidade dentro de Roda 2 e Carga 1	P 1	29,38	a
	P 2	29,08	b
	P 3	28,58	c
Profundidade dentro de Roda 2 e Carga 2	P 1	29,55	a
	P 2	28,90	b
	P 3	28,55	c
Profundidade dentro de Roda 2 e Carga 3	P 1	29,52	a
	P 2	28,70	b
	P 3	28,48	c
Profundidade dentro de Roda 3 e Carga 1	P 1	28,65	a
	P 2	28,68	a
	P 3	28,25	b
Profundidade dentro de Roda 3 e Carga 2	P 1	29,05	a
	P 2	28,78	b
	P 3	28,32	c
Profundidade dentro de Roda 3 e Carga 3	P 1	28,80	a
	P 2	28,85	a
	P 3	28,50	b

- Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.6.2 Considerações finais sobre temperatura e teor de água do solo

A análise dos resultados obtidos para as variáveis do solo revelou que o nível de carga aplicado ao solo pelas rodas compactadoras, a geometria das rodas e a profundidade de semeadura podem provocar pequenas alterações no ambiente físico do solo, que, apesar de serem de difícil detecção, ajudam na compreensão da relação máquina-solo.

As rodas com maior área de contato com o solo (roda 2, 3 e 1, na seqüência) proporcionaram maiores valores do teor médio de água e da temperatura do solo. Comportamento semelhante ocorre quando se avalia o efeito do modelo de roda em cada carga e, para a variável temperatura do solo quando avaliados os modelos de roda em cada profundidade e na combinação de profundidade e carga.

O nível de carga não alterou a temperatura e o teor de água do solo, embora este último tenha sofrido um decréscimo quando a carga aplicada foi de 150 N.

O aumento da profundidade de semeadura não provocou alterações significativas no teor de água, mas provocou diminuição da temperatura do solo. Porém, o efeito da profundidade dentro de cada nível de carga proporcionou um aumento do teor médio de água do solo para a carga de 150 N (C3), em ordem direta com o aumento da profundidade. Esta característica também se observou dentro da combinação de roda e carga.

4.7 Número médio de dias para emergência das plântulas

Pode-se observar que dentre todos os fatores e interações estudados, apenas a profundidade de semeadura afetou de forma significativa a emergência do milho (Tabela 12).

Tabela 12. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores do número de dias para emergência das plântulas de milho.

Fator	Número Médio de Dias para Emergência	
Roda 1	8,86	
Roda 2	8,83	
Roda 3	8,79	
Profundidade 1	8,60	c
Profundidade 2	8,84	b
Profundidade 3	9,03	a
Carga 1	8,86	
Carga 2	8,83	
Carga 3	8,78	
Rodas (R)	0,36	NS
Profundidades (P)	39,23	*
R x P	1,12	NS
Carga	1,37	NS
R X C	0,99	NS
P X C	0,96	NS
R X P X C	0,54	NS
C.V. Roda (%)	1,26	
C.V. Profundidade (%)	1,34	
C.V. Carga (%)	2,46	

*: significativo a 5% de probabilidade

NS: não significativo

CV: coeficiente de variação

As sementes colocadas a profundidades de 3 cm (P1) necessitaram de menos dias para emergência e apresentaram maior porcentagem de emergência do que aquelas colocadas em profundidades de 5 (P2) e 7 cm (P3), como pode ser observado na FIGURA 25, onde pode-se constatar que aproximadamente 50% das sementes colocadas à profundidade de 3 cm emergiram aos 4 dias após a semeadura, enquanto na mesma data, somente 19% e 13% das sementes colocadas às profundidades de 5 e 7 cm respectivamente, atingiram a emergência.

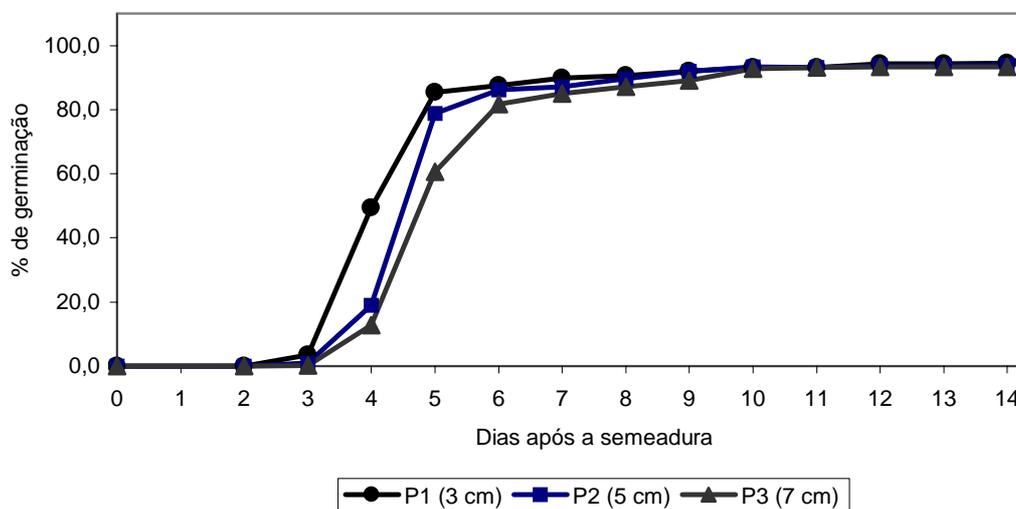


FIGURA 25. Marcha de emergência das plântulas de milho

Os resultados aqui apresentados concordam com o de RAMOS (2001), que concluiu que a profundidade afetou de forma significativa a emergência do milho, e com a afirmação de FANCELLI & DOURADO NETO (2000), de que uma semeadura muito profunda atua como fator de estresse para a semente, levando à emergência tardia das plântulas.

Como o solo foi mantido sob irrigação durante a condução do experimento, o fato do nível de carga e suas interações não terem afetado a emergência das plântulas de milho pode ser explicado pelo teor de água do solo. JOHNSON & BUCHELE (1961), afirmam que um solo seco e compactado oferece resistência considerável na emergência das plântulas de milho, enquanto que JOHNSON & HENRY (1964), observaram que a carga do solo atrasou ou impediu a emergência do milho, exceto para o caso da zona compactada ser mantida com alto teor de água no solo, o que diminuiria a força de resistência do mesmo.

4.2.2.1. Massa de matéria seca

Os resultados obtidos revelam que a massa de matéria seca não diferiu significativamente para os fatores analisados e suas interações. Desta forma, pode-se assegurar que no momento do desbaste, todos os tratamentos alcançaram produções de matéria seca estatisticamente semelhantes (Tabela 13).

Tabela 13. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores médios da massa de matéria seca (MS).

Fator	MS (g)	
Roda 1	7,54	
Roda 2	7,46	
Roda 3	7,06	
Profundidade 1	7,47	
Profundidade 2	7,35	
Profundidade 3	7,23	
Carga 1	7,48	
Carga 2	7,46	
Carga 3	7,11	
Rodas (R)	3,63	NS
Profundidades (P)	0,24	NS
R x P	0,52	NS
Carga	0,93	NS
R X C	1,36	NS
P X C	0,36	NS
R X P X C	0,94	NS
C.V. Roda (%)	3,65	
C.V. Profundidade (%)	11,23	
C.V. Carga (%)	17,32	

*: significativo a 5% de probabilidade

NS: não significativo

CV: coeficiente de variação

Minami, citado por TILMANN et al. (1994), afirmou que em semeaduras mais rasas normalmente as sementes ficam mais sujeitas às variações ambientais, podendo originar plântulas fracas e pequenas. Neste trabalho as sementes colocadas à profundidade de 3 cm (P1) apresentaram as maiores porcentagens de germinação (FIGURA 25), mas os resultados da avaliação da massa de matéria seca indicam que estas sementes não resultaram em plântulas mais fracas.

4.2.2.2. Altura das plantas

O desenvolvimento das alturas das plantas em função dos modelos de roda compactadora, da profundidade de semeadura e do nível de carga da roda compactadora apresentou pequena diferença entre as alturas das plantas nos diversos estádios foi muito em todos os tratamentos.

Vários autores afirmam que à medida que a planta se aproxima do estágio reprodutivo, se o ambiente for propício, a tendência é de todas as plantas se igualarem, pois a conformação final da planta é determinada geneticamente. Isto fica evidente ao se observar que a profundidade de semeadura e a interação entre profundidade de semeadura e carga (PxC) alteraram significativamente a altura média das plantas no estágio 2 (Tabela 14). No estágio 3 (Tabela 15) a altura média das plantas foi alterada pela interação entre profundidade e carga (PxC), enquanto que no estágio 4 nenhum dos fatores ou interação entre eles proporcionou diferenças significativas na altura das plantas (Tabela 16).

Tabela 14. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores médios de altura das plantas, no estágio 2, aos 28 dias após a emergência.

Fator	Altura (cm)	
Roda 1	52,62	
Roda 2	52,16	
Roda 3	53,02	
Profundidade 1	54,77	a
Profundidade 2	52,79	a b
Profundidade 3	50,25	b
Carga 1	52,74	
Carga 2	52,62	
Carga 3	52,44	
Rodas (R)	0,10	NS
Profundidades (P)	8,13	*
R x P	2,28	NS
Carga	0,03	NS
R X C	1,05	NS
P X C	3,24	*
R X P X C	0,87	NS
C.V. Roda (%)	5,28	
C.V. Profundidade (%)	5,23	
C.V. Carga (%)	10,42	

*: significativo a 5% de probabilidade

NS: não significativo

CV: coeficiente de variação

Tabela 15. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores médios de altura das plantas, no estágio 3, aos 42 dias após a emergência.

Fator	Altura (cm)	
Roda 1	80,60	
Roda 2	78,79	
Roda 3	81,90	
Profundidade 1	82,18	
Profundidade 2	79,44	
Profundidade 3	79,67	
Carga 1	79,12	
Carga 2	81,04	
Carga 3	81,12	
Rodas (R)	0,67	NS
Profundidades (P)	0,95	NS
R x P	0,66	NS
Carga	0,80	NS
R X C	0,55	NS
P X C	4,75	*
R X P X C	1,20	NS
C.V. Roda (%)	4,76	
C.V. Profundidade (%)	6,72	
C.V. Carga (%)	9,44	

*: significativo a 5% de probabilidade

NS: não significativo

CV: coeficiente de variação

Tabela 16. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores médios de altura das plantas, no estágio 4, aos 56 dias após a emergência.

Fator	Altura (cm)	
Roda 1	108,97	
Roda 2	105,51	
Roda 3	110,81	
Profundidade 1	108,06	
Profundidade 2	107,91	
Profundidade 3	109,32	
Carga 1	106,04	
Carga 2	108,80	
Carga 3	110,45	
Rodas (R)	1,40	NS
Profundidades (P)	0,12	NS
R x P	2,17	NS
Carga	1,23	NS
R X C	0,54	NS
P X C	1,59	NS
R X P X C	0,82	NS
C.V. Roda (%)	4,19	
C.V. Profundidade (%)	7,03	
C.V. Carga (%)	11,07	

*: significativo a 5% de probabilidade

NS: não significativo

CV: coeficiente de variação

Verificou-se durante o estágio 2 que as profundidades de semeaduras mais superficiais favoreceram o crescimento das plantas (Tabela 14), tendência

esta também observada para o efeito da profundidade dentro do nível de carga 2 (Tabela 17), onde a profundidade de 3 cm (P1) apresentou maior altura das plantas do que a profundidade de 7 cm (P3). Os efeitos da profundidade nos níveis de carga 1 e 3 não foram significativamente diferentes entre si, como pode ser observado na Tabela 17.

Tabela 17. Valores médios de altura das plantas, no estágio 2, aos 28 dias após a emergência, para estudo do efeito do fator profundidade dentro do fator carga.

Efeito	Fator	Altura (cm)	
Profundidade dentro de Carga 1	P1	53,05	
	P2	55,17	
	P3	50,02	
Profundidade dentro de Carga 2	P1	57,42	a
	P2	52,48	a b
	P3	47,95	b
Profundidade dentro de Carga 3	P1	53,82	
	P2	50,72	
	P3	52,78	

- Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No estágio 3 verificou-se que as interações de profundidade dentro de carga 2 e 3 alteraram significativamente as médias das alturas das plantas (Tabela 18). As maiores médias para esta variável foram encontradas para as profundidades de 7cm (P3) e 3 cm (P1) dentro do nível de carga 3 (150 N), e para as profundidades de 3cm (P1) e 5 cm (P2) dentro do nível de carga 2 (100 N).

Tabela 18. Valores médios de altura das plantas, no estágio 3, aos 42 dias após a emergência, para estudo do efeito do fator profundidade dentro do fator carga.

Efeito	Fator	Altura (cm)	
Profundidade dentro de Carga 1	P1	77,12	
	P2	83,05	
	P3	77,20	
Profundidade dentro de Carga 2	P1	86,01	a
	P2	79,49	a b
	P3	77,62	b
Profundidade dentro de Carga 3	P1	83,40	a
	P2	75,78	b
	P3	84,18	a

- Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação do segundo estágio as profundidades mais superficiais (3 e 5 cm) levaram a um desenvolvimento de plantas com alturas semelhantes e a semeadura mais profunda (7 cm) levou a um menor crescimento em altura. Este resultado concorda com a afirmação de FANCELLI & DOURADO NETO (2000) de que as plântulas provenientes de semeaduras mais profundas emergem tardiamente. Porém, durante o desenvolvimento da planta a maior profundidade de semeadura não afetou de forma significativa a altura das plantas, sendo que no estágio 4, a altura das plantas foi estatisticamente igual. Resultados semelhantes também foram obtidos por RAMOS (2001).

4.2.2.3. Altura de inserção da primeira espiga - AIPE

A análise estatística demonstrou que não houve alteração significativa desta variável em função dos tratamentos propostos (Tabela 19). Estes resultados divergem dos resultados obtidos por RAMOS (2001), que encontrou maior média na altura de inserção da primeira espiga para sementes colocadas a 3cm, seguidas pelas profundidades de 1cm e 7 cm .

Tabela 19. Síntese da análise de variância e do teste de médias para os valores médios da altura de inserção da primeira espiga.

Fator	AIPE (cm)	
Roda 1	46,78	
Roda 2	46,81	
Roda 3	48,35	
Profundidade 1	46,71	
Profundidade 2	48,39	
Profundidade 3	45,81	
Carga 1	46,93	
Carga 2	47,21	
Carga 3	47,79	
Rodas (R)	0,38	NS
Profundidades (P)	2,59	NS
R x P	0,68	NS
Carga	0,49	NS
R X C	1,58	NS
P X C	1,42	NS
R X P X C	1,13	NS
C.V. Roda (%)	6,16	
C.V. Profundidade (%)	7,28	
C.V. Carga (%)	7,93	

*: significativo a 5% de probabilidade

NS: não significativo

CV: coeficiente de variação

5 CONCLUSÕES

- O modelo de roda convexa larga revestida com borracha deformável, resulta em maiores valores de temperatura e teor de água do solo.

- A profundidade de semeadura foi o fator que mais influenciou a emergência e o desenvolvimento vegetativo da cultura do milho.

- Nenhum dos fatores analisados influenciou a altura de inserção da primeira espiga e a altura das plantas no estádio.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRECHT, D.G. No –till crop establishment on red earth soils at Katherine, Northern Territory: effect of sowing depth and firming wheel pressure on the establishment of cowpea, mung bean, soybean and maize. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 29, n.3, p. 397-402. 1989.

ABREU, J.G. **Influência da profundidade de semeadura e da pressão de compactação do solo sobre a emergência de Brachiaria brizantha Stapf cv. Marandu**. 1993. 65 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola (Mecanização Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ALESSI, J.; POWER, J.F. Corn emergence in relation to soil temperature and seeding depth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, p. 717-9. 1971.

ASAE - American Society of Agricultural Engineers. 1995. ASAE standard: ASAE S477Terminology for soil-engaging components for conservation-tillage planters, drills and seeders. In: **Agricultural engineers yearbook of standards**. ASAE, St. Joseph, MI., p. 312-7. 1995.

ASHIBURNER, J.E.; SIM, B.G. **Elementos de diseño de labranza**. São José: IICA, 1984. 473 p.

BALASTREIRE, L.A. Semeadura convencional. In: _____. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. cap. 5, p. 146-207.

BAKER, C.J.; BADGER, E.M.; McDONALD, J.H. Developments with seed drill coulters for direct drilling. I. Trash holding properties of coulters. **New Zealand Journal Agricultural Research**, Wellington, v. 22, n. 2, 175-84. 1979

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247 p.

BARLEY, K.P.; GREACEN, E.L. Mechanical resistance as a soil factor influencing the growth of underground shoots. **Advances in Agronomy**, Michigan, v. 19, p. 1-43. 1967.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

BEKKER, C.F. Soil compaction pressures under rolling press wheels. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 2, n. 1, p. 63-4. 1956.

BEWLEY, J.D.; M. BLACK. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. New York: Spring-Verlag, 1978. 305 p.

BEWLEY, J.D.; M. BLACK. **Seeds physiology of development and germination**. New York: Plenum Press. 1994.

BRANDALIZZE, V. Milho no contexto mundial. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23. 2000, Uberlândia. **Palestra...** Sete Lagoas: ABMS/Embrapa, 2000. (CD ROM).

BRAUNACK, M.V; DEXTER, A.R. Soil aggregation in the seedbed: a review II – effect of aggregate sizes on plant growth. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.14, p.291-8. 1989

CAL, J.P.; OBENDORF, R.L. Differential growth of corn (Zea mays L.) hybrids seeded at cold root zone temperature. **Crop Science**, Madison, v. 12, p. 572-5. 1972.

CHANG, C.S.; MACHADO, A.L.T.; WEIRICH NETO, P.H. Desenvolvimento de uma micro caixa-de-solo para estudos de preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22. 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA, 1993. v. 3, p. 2103-12.

CHAUDHRY, M.A.; BAKER, C.J. Physical effects of direct drilling equipment on undisturbed soils. I Wheat seedling emergence under controlled climates. **New Zealand Journal Agricultural Research**, Wellington, v. 23, n. 4, 489-96. 1980.

_____. Physical effects of direct drilling equipment on undisturbed soils. III Wheat seedling performance and in-groove micro environment in a dry soil. **New Zealand Journal Agricultural Research.**, Wellington, v. 24, n.2, p.189-95. 1981.

_____. Effects of drill coulter design on soil moisture status on emergence of wheat seedlings. **Soil & Tillage Res.**, Amsterdam, v. 2, n.2, p. 131-42. 1982

CHU, Y.N.; COBLE C.G.; JORDAN, W.R. Cotton emergence force as affected by soil temperature, moisture, and compression. **Crop Sciences**, Madison, v. 31, p. 405-9, 1991.

CLARCK, S.J.; LILJEDHAL, J.B. Soil bins: artificial soils and scale models testing. **Transactions of the ASAE**, St. Paul, v.11, n.2, p.198-202, 1968.

COAN, O.; ORTOLANI, A.F.; PELLICER, C.A.P. Influência da profundidade de semeadura e compactação do solo sobre a semente na emergência, desenvolvimento inicial e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA 15., 1986, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBEA, 1986. p. 76-83.

COAN, R.M. **Efeito da profundidade de semeadura e da compactação do solo sobre a semente no comportamento da aveia preta (*Avena strigosa*, Schreb).** 1996. 68 p. Trabalho de graduação - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

COELHO, F.C. **Influência da profundidade de semeadura e compressão do solo, na emergência e desenvolvimento inicial da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivar UFV-1.** 1979. 71 p. Trabalho de Graduação - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

CORRÊA, A.A.M. **Canais de Solo.** (Apostila). Piracicaba: ESALQ, 1990. 25 p.

DANIEL, L. A. e MARETTI, H.J. Avaliação de camada de solo compactado e análise de crescimento de plantas. In: SILVEIRA, G.M. (Coord.). **IV Ciclo de estudos sobre Mecanização Agrícola.** Campinas: Fundação Cargill, 1990. p. 22-38.

DOBROVOLSK, V. ZABLONSKI, K.; RADCHIL, A.; ERLIJ, L. **Elementos de máquinas**. Moscou: Mir, 1980. 583p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: 1997. 212 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: 1999. 412 p.

ENDRERUD, H.C. Dynamics performance of drill coulters in a soil bin. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 74, p. 391-401, 1999.

ERICKSON, L.A. The effect of alfalfa seed size and depth of seedling upon the subsequent of stand. **Journal of American Agronomy**, Madison, v. 38, p. 964-73, 1946.

FAIRES, V. **Elementos orgânicos de máquinas**. Livro Técnico e Científico S.A.: Rio de Janeiro, 1986. 350 p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A.L. (Ed). **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FERNANDES, E.J.; ORTOLANI, A.F. Influência da profundidade de semeadura e compactação do solo sobre a emergência, desenvolvimento e produtividade do sorgo sacarino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17., 1988, Iperó. **Anais...** Iperó: SBEA, 1988. v. 2, p. 415-24.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273 p.
Engenharia na Agricultura. Viçosa, v.9, n.3, p. 147-33.2001.

FURLANI, C.E.A.; LOPES, A.; REZENDE, L.C.; SOUZA E SILVA, S.S; LEITE, M.A.S. Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 9, n. 3, p. 147-53. 2001.

GAMERO, C.A.; BENEZ, S.H. Avaliação da condição do solo após a operação de preparo. In: SILVEIRA, G.M. (Coord.). **IV Ciclo de estudos sobre Mecanização Agrícola**. Campinas: Fundação Cargill, 1990. p. 12-21.

GOMIDE, H.A.; ROSA, C.A. Simulação da interação solo-ferramentas agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 7., 1984, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 1984. p. 257-69.

GODWIN, R.J., SPOOR, G. & KILGOUR, J. The design and operation of a simple low cost soil bin. **Journal Agricultural Engineering Research**, London, v. 25, p. 99-104. 1980.

HADAS, S.A.; WOLF, D.; MEIRSON, I. Tillage implements: soil structure relationships and their effects on crop stands. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 42, n. 4, p. 632-7. 1978.

HARRIS, W.L. The soil compaction process. In: Barnes, K.K. (ed.) **Compaction of Agricultural Soils**. Michigan, ASAE, 1971. p. 9-44.

HELMS, T.C; DECKARD, E.L.; GREGOIRE, P.A. Corn, sunflower and soybean emergence influenced by soil temperature and soil water content. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 59-63. 1997.

HUMMEL, J.W.; GRAY, L.E.; NAVE, W.R. Soybean emergence from field seedbed environments, **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.4, p. 872-8, 1981.

IQBAL, M; MARLEY, S.J.; ERBACH, D.C.; KASPAR, T.C. An evaluation of seed furrow smearing. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.41, n.5, p. 1243-8. 1998.

JOHNSON, W.J.; BUCHELE, W.F. Influence of soil granule size and compaction on rate of soil drying and emergence of corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.4, n.2, p.170-4.1961.

JOHNSON, W.J.; HENRY, J.E. Influence of simulated row compaction on seedling emergence and soil drying rates. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.7, n.3, p.252-5.1964.

JUSTINO, A. **Influência da profundidade de semeadura e compressão sobre o solo, na emergência e desenvolvimento inicial do amendoim (*Arachis hipogaea* L.) variedade Tatu**. 1982. 71 p. Trabalho de graduação - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

LEPORE NETO., .F.P.; STEFFEN JR., V. Experimental field-testing device for agricultural tools. **Experimental Techniques**. Bethel, v. 10, n.8, p. 24-25.1986-a.

LEPORE NETO, .F.P.; STEFFEN JR., V. Vibrating subsoilers: a way to reduce power and draft forces in soil preparation. **Revista Brasileira de Mecânica**. Rio de Janeiro, v.8, n.1, p. 5-13.1986-b.

LOSNAK, C. **Construção de um tanque de solo e ensaio de ferramentas agrícolas em escala reduzida**. 1992. 99 p. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômica, Botucatu.

MACHADO, A.L.T.; CHANG, C.S. Influência do formato da borda de corte no desempenho das ponteiros de escarificadores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22. 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA, 1993. v. 3, p. 1594-608.

MAH, M.M. **Parâmetros físicos (Kc, Kf, n) referentes à resistência ao rolamento e suas relações com a umidade, em dois solos**. 1980. 52 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola (Mecanização Agrícola)., Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MIALHE, L.G. Rodado e sistema de direção. In: _____. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: EPU, 1980. cap. 13, p. 189-196. v. 2.

MONTEIRO, J.A.; CRUZ, J.C.; SANS, L.M.A.; BAHIA, F.G.T.C.; SANTANA, D.P.; GARCIA, J.C.; BAHIA FILHO, A.F.C. Produção de milho no Brasil: realidade e perspectiva. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19, 1992, Porto Alegre. **Conferências...** Porto Alegre: SAA/SCT/ABMS/EMATER-RS/CNPMS-EMBRAPA/CIENTEC, 1992. p.81-126.

MORRISON JR., J.E.; GERIK, T.J. Planter depth control: II. Empirical testing and plant responses. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.28, n.6, p.1744-8. 1985.

ORTOLANI, A.F.; BANZATTO, D.A.; BORTOLI, N.M. Influência da profundidade de semeadura e da compactação do solo, na emergência e desenvolvimento do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., 1986, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBEA, 1986. p.27-39.

PACHECO, E.P. **Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão com modificações no tubo condutor de sementes.** 1994. 61 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola (Mecanização Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PERDOK, U.D.; KOUWENHOVEN, J.K. Soil-tool interactions and field performance of implements. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 30, n. 2-4. p. 283-326, 1994.

PIMENTEL GOMES, F. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. 3. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do fosfato, 1987. 162 p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** Brasília: Abrates, 1985. 286 p.

PREVEDELLO, C.L. **Física do solo com problemas resolvidos.** Curitiba: Ed. SAEAFS, 1996. cap. 2, p. 9-12. ISBN 86-86289-01-9.

RAINBOW, R. Press wheels and their use in seedling. **South Australian Research and Development Institute.** 2000. Disponível em <http://www.sardi.sa.gov.au/crops/farmsys/f_tillag.htm>. Acesso em 25/06/2000.

RAMOS, N.P. **Efeitos do tamanho de sementes de milho doce e comum (Zea mays L.) sobre seu desempenho vegetativo e produtivo, sob condições de estresse por profundidade de semeadura.** 2001. 81 p. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Produção e Tecnologia de Sementes). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

RANZANI, G. **Manual de levantamento de solos.** São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 1969. 167 p.

ROGERS, R. B.; DUBETZ, S. Effect of soil –seed contact on seed imbibition. **Canadian Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 22, n.1, p. 89-92. 1980.

ROSOLEM, C.A. **Relações solo-planta na cultura do milho.** Jaboticabal: Funep, 1995. 53 p.

SATTLER, A.; SVERZUT, C.B. Controle automático de profundidade de semeadura II: teste dinâmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22. 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA, 1993. v. 3, p. 1959-67.

SCHAFER, R.L.; BOKHOP, C.W.; LOWELY, W.G. Prototype studies of tillage implements. **Transactions of the ASAE**, St. Paul, v. 11, n.5, p.661-64. 1968.

SCHNEIDER, E.C.; GUPTA, S. Germination corn emergence as influenced by soil temperature, matric potential and aggregate size distribution. **Soil Science Society of America Journal**, Chicago, v. 49, n. 2, p. 415-22, 1985.

SEPASKHAH, A.R.; ARDEKANI, E.R. Effect of soil matric potential and seeding depth on emergence of barley. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, n.5, p.728-31. 1978.

SILVA, J.G.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; FONSECA, J.R.; VIEIRA, E.H.N.; VIEIRA, N.R.A.; FREIRE, M.S. **Desempenho de semeadeiras no plantio de feijão em monocultura e consorciado com milho**. 1985. 23p. Circular técnica, 19, Embrapa-CNPAF, Goiânia.

SILVA, F.M. **Influência do tipo de rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras no condicionamento físico do solo e no desenvolvimento de plantas**. 1990. 131 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola (Máquinas Agrícolas), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, F.M.; COAN, O.; NATALE, W. Influência da profundidade de semeadura com e sem uso de sulcador na cultura de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22. 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA, 1993. v. 3, p. 1438-52.

SIQUEIRA, R. **Sistemas de preparo em diferentes tipos de coberturas vegetais do solo**. 1999. 191 p. Tese de Doutorado em Agronomia (Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

STEFANUTTI, R. **Desenvolvimento de uma pista de ensaio e carrinho com rodas compactadoras para estudos relacionados com emergência de plântulas**. 1979. 60 p. Trabalho de graduação - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

STOUT, B.A.; BUCHELE, W.F.; SNYDER, F.W. Effect of soil compaction on seedling emergence under simulated field conditions. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 42, p. 68-71. 1961.

TAVARES, G. **Avaliação da caixa-de-solos do DEG-UFLA como local para análise da interação ferramenta-solo**. 1995. 36 p. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TILMANN, M. A. A.; PIANA, Z.; CAVAIANI, C.; MINAMI, K. Efeito da profundidade de semeadura na emergência de plântulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 2, p.260-3. 1994.

VIÉGAS, G. P.; PEETEN, H. Sistemas de Produção. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Editores). **Melhoramento e produção do milho**. Capinas: Fundação Cargill, 1987. p. 453-538.

VIEIRA, L.B. **Parâmetros físicos (k_c , k_ϕ , n) referentes à resistência ao rolamento em nove solos sob duas condições de umidade**. 1982. 45 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola (Mecanização Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

WOOD, R.K.; WELLS, L.G. Characterizing deformation by direct measurement within the profile. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 6, p.1754-8. 1985.

WURR, D.C.E.; FELLOWS, J.R. The influence of sowing depth and seed press wheel weighting on seedling emergence of crisp lettuce. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.104, n. 3, p.631-6, 1985.

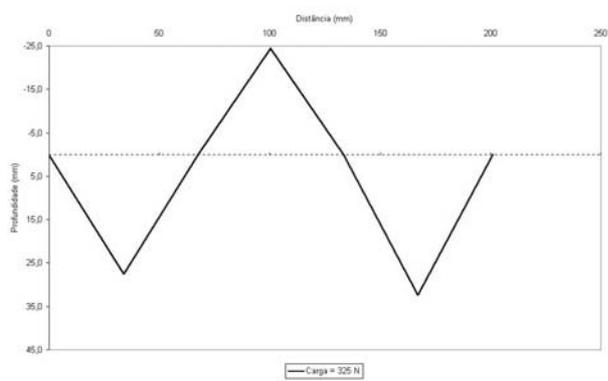
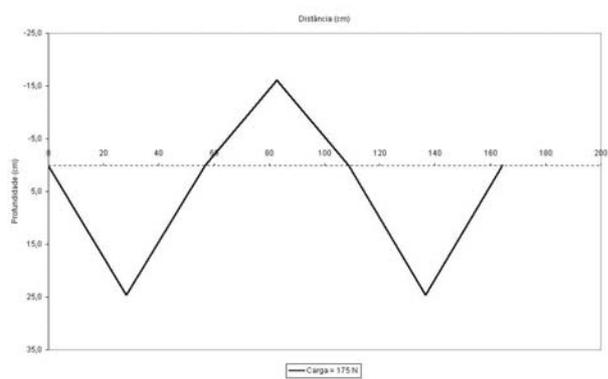
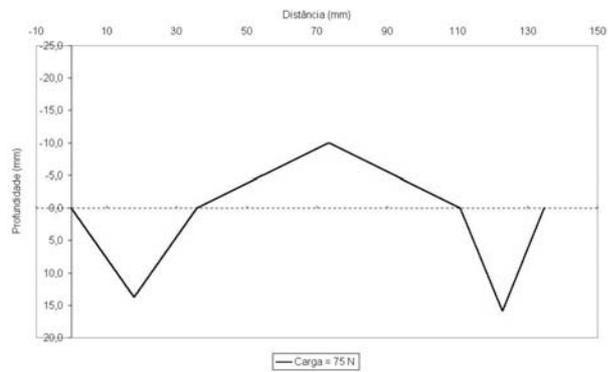
APÉNDICE

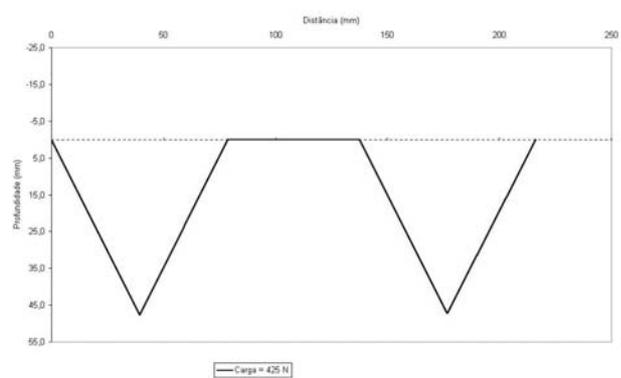
Apêndice 1. Cronograma de realização dos ensaios

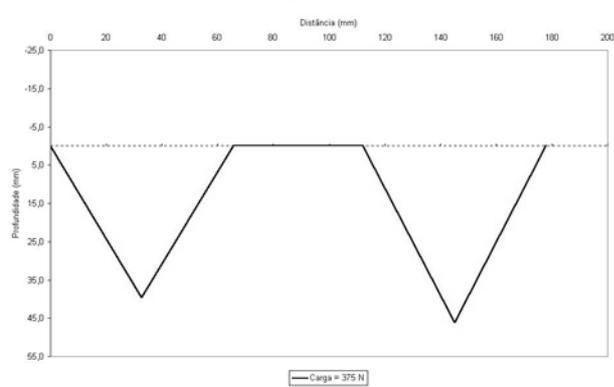
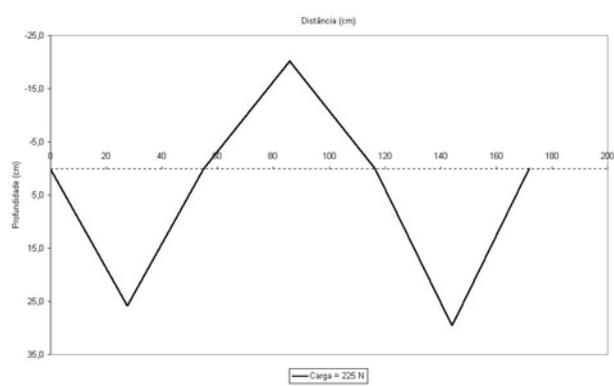
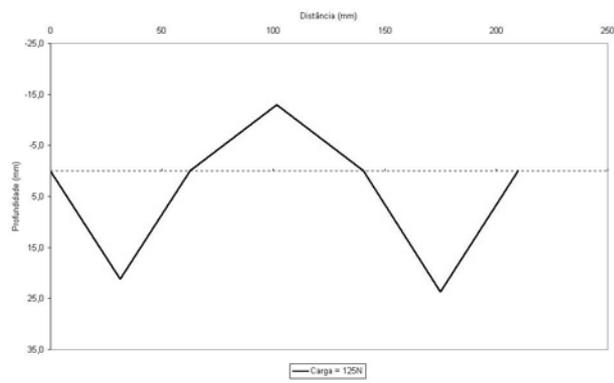
Data	Evento	DAS	DAE
17/Abr	Terraplanagem.	-	-
15/Mai	Construção dos pilares.	-	-
22/Jun	Instalação dos trilhos.	-	-
12/Jun	Análise química do solo.	-	-
08/Ago	Determinação do Teor de água no solo, Densidade e Resistência do solo à penetração.	-	-
10/Ago	Análise granulométrica (textura).	-	-
11/Ago	Escarificação mecânica.	-	-
11/Ago	Ensaio de velocidade	-	-
11/Ago	Calagem e incorporação, com enxada rotativa.	-	-
25/Ago	Instalação das placas e pintura dos trilhos para identificar os tratamentos.	-	-
05/Set	Preparo do solo com escarificador e enxada rotativa.	-	-
05/Set	Determinação dos perfis do solo.	-	-
05/Set	Determinação da % de agregados.	-	-
10/Set	Nivelamento do solo.	0	-
10/Set	Sulcamento para adubação.		-
11/Set	Adubação de plantio.	0	-
12/Set	Nivelamento do solo.	0	-
12/Set	Semeadura	0	-
12/Set	Passagem das rodas compactadoras.		-
12/Set	Determinação do teor de água do solo.	0	-
12/Set	Irrigação.	0	-
13/Set a 27/Set	Determinação da temperatura e teor de água do solo diariamente.	1 a 15	-

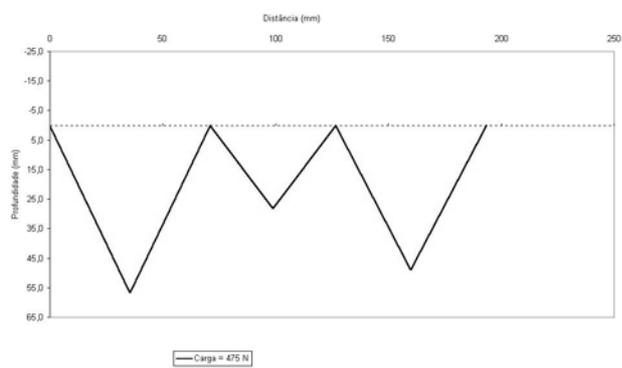
Data	Evento	DAS	DAE
14/Set a 27/Set	Análise de emergência.	2 a 15	-
03/Out	Desbaste.	21	17
03/Out	Massa de matéria seca	21	17
04/Out	Adubação de cobertura.	22	18
04/Out	Aplicação de defensivo.	22	18
11/Out a 15/Nov	Análise da altura das plantas (semanalmente).	29 a 64	25 a 60
25/Out	Adubação de cobertura.	43	39
10/Nov	Adubação de cobertura.	59	55
15/Nov	Aplicação de formicida.	64	60
15/Nov	Verificação do pendoamento.	64	60
21/Dez	Colheita manual.	100	96

Apêndice 2. Perfis do solo após a passagem da roda 1

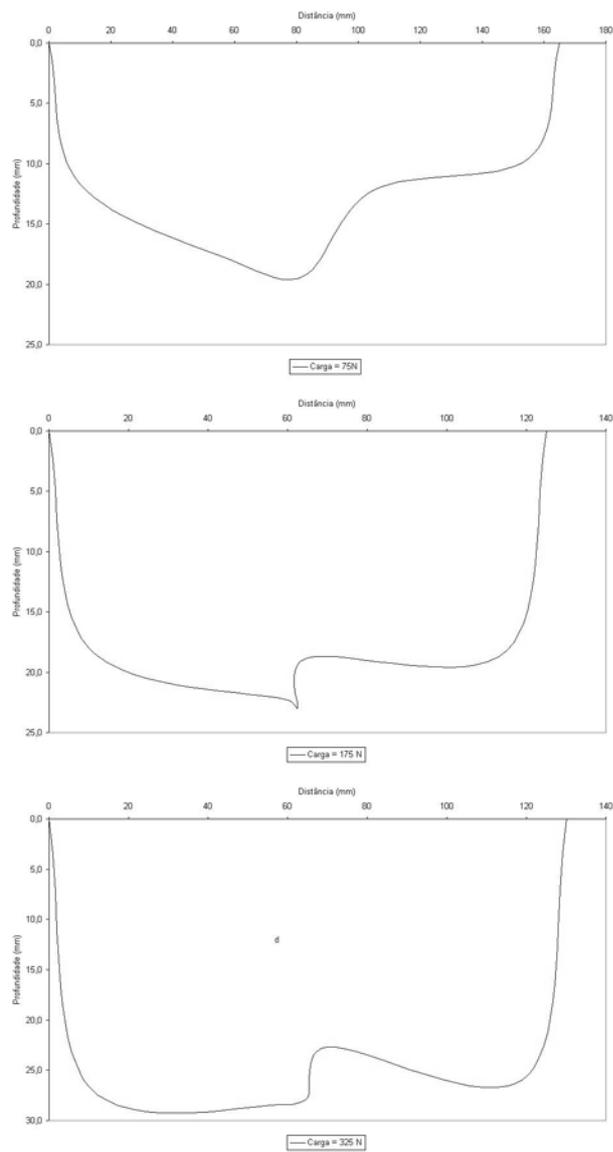


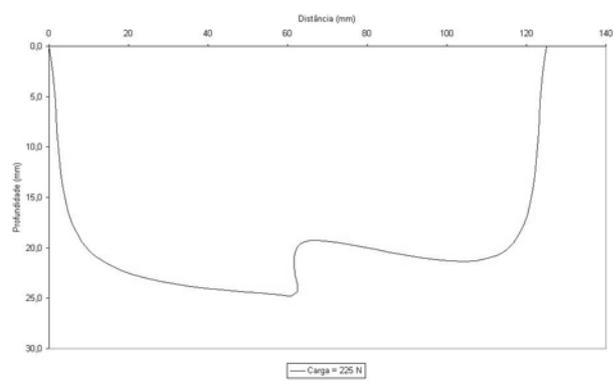
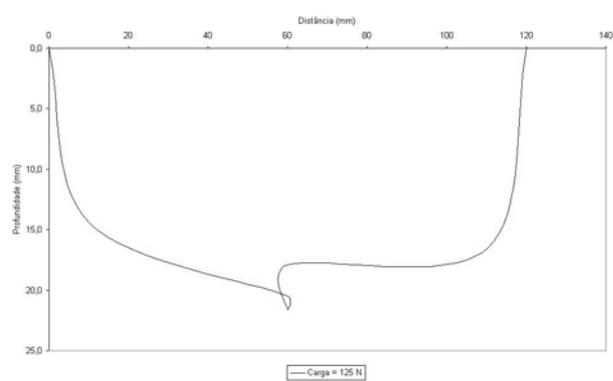
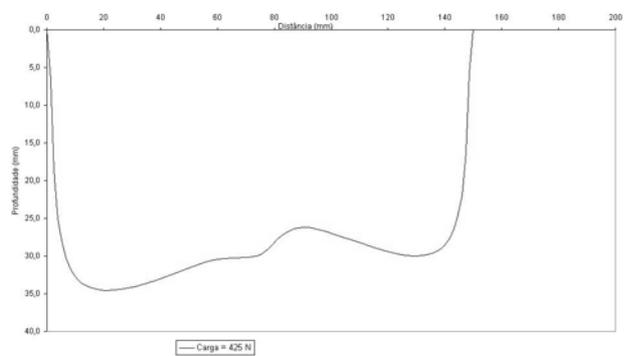


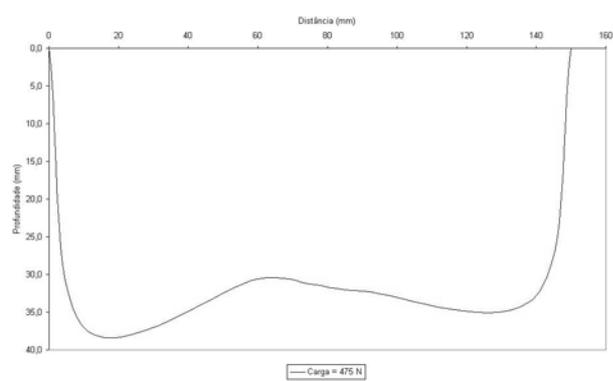
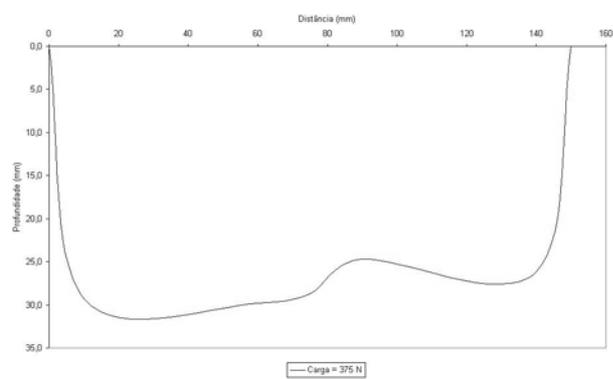




Apêndice 3. Perfis do solo após a passagem da roda 2







Apêndice 4. Perfis do solo após a passagem da roda 3

