

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRICOLA

CONTROLE AUTOMATICO DE PROFUNDIDADE DE SENEADURA
POR

ARCENIO SATTLER

Parecer

Este exemplar corresponde a redação
final da dissertação de Mestrado
defendida por Arcenio Sattler
e aprovada pela Comissão Jul-
gadora em 08 de julho de 1992.
Campinas, 15 de julho de 1992

Orientador:

CLAUDIO BIANOR SVERZUT

x 
Presidente da Banca

Dissertação apresentada em cumprimento parcial aos requisitos
para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola :
Area de concentração: Máquinas Agrícolas.

Campinas, SP

Julho de 1992

COMISSÃO JULGADORA

CONTROLE AUTOMÁTICO DE PROFUNDIDADE DE SEMEADURA

Autor: ARCENIO SATTLER

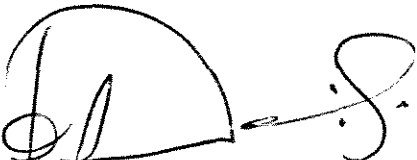
Examinadores:

Dr. Cláudio Bianor Sverzut, Universidade Estadual de Campinas
- Faculdade de Engenharia Agrícola.

Dr. Luiz Antonio Daniel, Universidade Estadual de Campinas -
Faculdade de Engenharia Agrícola.

Dr. Oscar Antonio Braunbeck, Universidade Estadual de
Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola.

Verificação final:



Dr. Luiz Antonio Daniel

A minha familia, esposa e filhos.

AGRADECIMENTOS

-A EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA, pela oportunidade consedida.

-Ao Prof. Dr. Cláudio Bianor Sverzut, pela orientação, amizade, apoio e incentivo.

-Ao Eng. Cláudio Kiyoshi Umezu pelo apoio técnico.

-Ao colega Angelo Vieira dos Reis, pela amizade, incentivo e colaboração.

-Aos amigos, Pedro Enrique Weirich e Nelson Luis Cappelli, pelo incentivo e solidariedade.

-Aos funcionários do Departamento de Máquinas Agrícolas da FEAGRI, pela amizade e colaboração prestada.

-A CAPES e CNPQ, pelo auxílio financeiro.

-A todos colegas da Pós-graduação-FEAGRI, pela amizade.

SUMARIO

	Página
PAGINA DE ROSTO.....	i
COMISSAO JULGADORA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMENTOS.....	iv
SUMARIO.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
3. REVISAO BIBLIOGRAFICA.....	6
4. MATERIAL E METODOS.....	20
4.1. Componentes do circuito pneumático e do sistema de controle.....	20
4.1.2. Conjunto de preparação de ar.....	21
4.1.3. Válvula direcional intermediária.....	22
4.1.4. Válvula direcional solenóide.....	22

4.1.5. Reservatório intermediário ar.....	24
4.1.6. Cilindro pneumático.....	24
4.1.7. Interruptor elétrico.....	25
4.1.8. Mecanismo sensor de posição.....	25
4.2. Equipamentos e instrumentação.....	27
4.2.1. Célula de carga e módulo condicionador.....	27
4.2.2. Transdutor de posição e módulo condicionador.....	29
4.2.3. Interface e microcomputador.....	32
4.2.4. Bancada de testes.....	33
4.3. Variáveis experimentais.....	35
4.3.1. Variável de resposta.....	35
4.3.2. Variáveis independentes.....	35
4.4. Delineamento experimental.....	38
4.5. Procedimento experimental.....	40
4.5.1. Variação da força exigida no atuador.....	40
4.5.2. Determinação dos tempos de resposta.....	42
4.6. Tratamento estatístico.....	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1. Comportamento geral do sistema de controle.....	45
5.2. Influência do reservatório intermediário de ar no tempo de resposta.....	51
5.3. Influência da posição no curso do atuador, sobre o tempo de resposta.....	52
5.4. Influência da massa no tempo de resposta.....	53
5.5. Influência do nível da variação da força no tempo de resposta.....	54

6. CONCLUSOES.....	55
7. SUGESTOES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	57
8. ANEXOS.....	58
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	79
10. ABSTRACT.....	83
APENDICES.....	84

LISTA DE FIGURAS

	Página
Fig.1. Circuito esquemático.....	20
Fig.2. Conjunto de preparação de ar.....	21
Fig.3. Válvulas solenóides.....	23
Fig.4. Mecanismo sensor de posição.....	26
Fig.5. Célula de carga e módulo condicionador.....	28
Fig.6. Transdutor de posição e módulo condicionador.....	30
Fig.7. Interface ISAAC micro APPLE II.....	32
Fig.8. Bancada de testes.....	34
Fig.9. Mecanismo para variar a exigência de força.....	41
Fig.10. Intervalo de tempo na subida, para força e deslocamento no tratamento ROP1M1F2.....	47
Fig.11. Intervalo de tempo na descida, para força e deslocamento no tratamento ROP1M1F2.....	48
Fig.12. Intervalo de tempo de resposta para o tratamento ROP2M1F1, com oscilação na posição de parada.....	50

LISTA DE TABELAS

	Página
-TABELA.1. Quadro de análise de variância para interação dos fatores. Experimento-1. Tempo de subida.....	59
-TABELA.2. Quadro de análise de variância para tratamentos. Experimento-1. Tempo de subida.....	60
-TABELA.3. Teste de tukey para médias de tratamento. Experimento-1. Tempo de subida.....	60
-TABELAS de teste de tukey para médias de reservatório dentro das interações com os outros fatores. Experimento-1. Tempo de subida.....	61
-TABELAS de teste de tukey para médias de posição dentro das interações com os outros fatores. Experimento-1. Tempo de subida.....	63
-TABELAS de teste de tukey para médias de massa dentro das interações com os outros fatores. Experimento-1. Tempo de subida.....	65

-TABELAS de teste de tukey para médias de força dentro das interações com os outros fatores. Experimento-1. Tempo de subida.....	67
-TABELA.4. Quadro de análise de variância para interação dos fatores. Experimento-2. Tempo de descida.....	68
-TABELA.5. Quadro de análise de variância para tratamento. Experimento-2. Tempo de descida.....	70
-TABELA.6. Teste de tukey para médias de tratamento. Experimento-2. Tempo de descida.....	70
-TABELAS de teste de tukey para médias de reservatório dentro das interações. Experimento-2. Tempo de descida....	71
-TABELAS de teste de tukey para médias de posição dentro das interações. Experimento-2. Tempo de descida.....	73
-TABELAS de teste de tukey para médias de massa dentro das interações. Experimento-2. Tempo de descida.....	75
-TABELAS de teste de tukey para médias de força dentro das interações. Experimento-2. Tempo de descida.....	77

RESUMO

Um mecanismo para controle da profundidade de semeadura foi desenvolvido, baseado no ajuste automático da força vertical necessária à penetração no solo. Um atuador pneumático foi empregado para transferir força vertical aos rompedores de solo. Experimentos, conduzidos em bancada, foram realizados para verificar os tempos requeridos pelo mecanismo de controle para ajustar a força no atuador. Os tempos de resposta foram registrados para variações simuladas nos parâmetros de força exigida do atuador, massa da linha de semeadura, posição no curso do atuador e reservatório intermediário de ar. O sistema pneumático com controle automático de ajuste na força do atuador, mostrou através dos testes em bancada, poder ser empregado nas de semeadura direta. O sistema pode substituir, os mecanismos de mola para transferir força aos sulcadores e as rodas utilizadas para controle de profundidade. O volume do reservatório intermediário de ar e a posição no curso do atuador, foram os parâmetros que mais significativamente influíram nos tempos de resposta registrados.

1. INTRODUÇÃO

O processo de produção agrícola está atualmente fundamentado em intensa mecanização, principalmente das culturas anuais como trigo, soja, milho, arroz, feijão e outras. A importância econômica destas culturas, a expansão da fronteira agrícola, a necessidade da utilização de melhores técnicas de produção com o uso de práticas conservacionistas adequadas, exigem das indústrias de máquinas e implementos agrícolas maiores investimentos e um aprimoramento constante, na busca de maior qualidade no desenvolvimento de novos produtos e tecnologias.

A utilização da técnica de plantio direto nos últimos anos, tem despertado um crescente interesse principalmente entre os produtores agrícolas da região sul do Brasil. A necessidade de semeadoras especiais para a implantação das culturas através deste sistema, constitui-se num dos fatores que tem impedido um crescimento mais acelerado de

sua adoção. Nas diversas marcas e modelos de semeadoras comercialmente existentes, várias combinações e arranjos de elementos rompedores são apresentados, visando atender às diferentes condições de solo, cultura e topografia.

A transferência de peso necessário para a penetração dos rompedores de solo na semeadura, a oscilação vertical independente dos mesmos e a uniformidade na profundidade de trabalho, são aspectos importantes, e que muitas vezes não são perfeitamente atendidos. Estes pontos estão intimamente correlacionados, por serem função de um sistema de mola helicoidal e de mecanismos limitadores de profundidade tradicionalmente empregados, fazendo com que, na maioria das vezes, não se consiga uma eficiente penetração dos rompedores e nem um perfeito controle da profundidade de trabalho.

O controle da profundidade de trabalho em ferramentas de rompimento de solo nas máquinas e implementos agrícolas, constitui-se num importante parâmetro a ser observado nas diferentes operações agrícolas, contribuindo com diferentes níveis de significância no resultado do trabalho realizado, considerando-se os aspectos qualitativos, econômicos e conservacionistas.

Nas máquinas de plantio e semeadura, a uniformidade da profundidade de deposição das sementes, constitui-se num dos principais fatores para o sucesso na germinação e no estabelecimento das culturas.

Nestas máquinas, a profundidade de trabalho do rompedor de solo está diretamente relacionado com a força vertical transferida aos mesmos. Nas atuais semeadoras para plantio direto, disponíveis no mercado nacional, a transferência de força vertical ao rompedor de solo é feita através de dispositivos que utilizam molas helicoidais, de compressão ou tração, procurando-se manter a profundidade com o uso de rodas seguidoras de superfície, montadas próximo e lateralmente ao rompedor. Estes mecanismos muitas vezes não conseguem um desempenho plenamente satisfatório, apresentando desvios considerados demasiadamente grandes para determinadas culturas. A oscilação vertical do rompedor devido às ondulações da superfície do solo, induz variações na magnitude da força transmitida pela mola, afetando a uniformidade da profundidade de trabalho.

Quando o rompedor de solo desloca-se sobre uma elevação na superfície do solo, a força da mola é aumentada, causando excesso de carga transferida ao rompedor, sendo que as rodas seguidoras muitas vezes não são suficientemente resistentes para suportar esta carga e nem para impedir que o

sulco seja mais profundo que o desejado. Por outro lado, quando o rompedor de solo encontra uma depressão na superfície, a força da mola é diminuída ou até zerada, não sendo suficiente para que o sulco seja aberto.

Além das variações de magnitude das forças, os atuais mecanismos das semeadoras exigem por parte do operador, quando em regime de trabalho, frequentes verificações e reajustes nos sistemas de regulação, devido as variações das condições físicas do solo, que ocorrem de uma área de cultivo para outra, e até dentro da mesma área.

Visando proporcionar um desempenho agronomicamente mais eficiente aos mecanismos de rompimento do solo das semeadoras de plantio direto, buscou-se no presente trabalho, a construção e avaliação de um sistema pneumático de transferência de força aos sulcadores, com controle da profundidade de semeadura através do ajuste automático da força vertical, utilizando-se dispositivos que, quando em regime de trabalho, autoregulam-se, atribuindo uma carga maior ao rompedor se a profundidade de trabalho não estiver sendo atingida, ou fazendo o alívio da carga se a profundidade for ultrapassada, procurando assim, manter constante a profundidade de trabalho selecionada em todo o percurso da máquina, independente das ondulações do terreno e da variação da resistência do solo à penetração.

2. OBJETIVOS

Considerando o estágio da técnica em relação aos mecanismos de controle de profundidade de semeadura atualmente empregados em semeadoras de plantio direto, objetivou-se:

- Empregando-se um sistema pneumático, desenvolver um sistema de controle automático de profundidade de semeadura através do ajuste na força vertical a ser transferida ao sulcador em função da variação na resistência à penetração oferecida pelo solo, das ondulações e microrelevos de sua superfície.

- Verificar a influência no tempo de resposta do mecanismo de controle, através de simulações em bancada, variando-se parâmetros de força, massa, reservatório intermediário de ar e posição do curso do atuador.

3. REVISAO BIBLIOGRAFICA

As perdas de solo por erosão estão relacionadas com a capacidade de infiltração de água dos solos. Segundo a SOCIEDADE DE AGRONOMIA DO RIO GRANDE DO SUL (1985), diferentes trabalhos que analisam as perdas de solo por erosão hídrica em áreas agrícolas, citam perdas de solo em torno de 24 ton/ha/ano em solos agrícolas classe 1, chegando até 96 ton/ha/ano em solos classe 3.

Na busca de alternativas para solução dos problemas de erosão hídrica do solo, devido principalmente à intensa mecanização nas lavouras de trigo e soja, teve início no Estado do Paraná em 1971, o uso do sistema de plantio direto. Dados de MONTROYA (1984), mostram a evolução da área em plantio direto no Brasil; inicialmente no ano de 1972 eram apenas 100 ha, em 1978 eram 54000 ha, passando para 244700 ha em 1981, podendo chegar a 500000 ha em 1985. Segundo

PORTELLA (1989), estimativas indicavam para o ano de 1989, uma área em torno de 1 milhão de hectares.

Semeadura direta, segundo PHILLIPS , YOUNG (1973), pode ser definida como a técnica de colocação de sementes e fertilizantes em solo não preparado, através do rompimento de uma estreita fenda ou faixa de solo, suficientemente larga e profunda de modo a propiciar o desenvolvimento da cultura semeada.

A profundidade ótima de plantio varia largamente nas diferentes culturas e é influenciada pelas condições de umidade, temperatura, época do ano, etc. Algumas sementes um tanto sensíveis às condições ambientais requerem um cuidadoso controle de profundidade de plantio, enquanto outras podem tolerar uma classe considerável de condições, KEPNER,(1978).

Precisão na distribuição de sementes significa sua localização exata no sulco, segundo espaçamentos e quantidades regulares pré-determinadas, TOURINO (1986). Salienta ainda o autor, que a distribuição de sementes ao longo de uma fileira de semeadura, seja qual for o sistema adotado, bem como a exata colocação do adubo, são alguns aspectos dos mais importantes a serem considerados em relação às causas de baixas produtividades. A irregularidade de deposição das sementes no solo, no sentido profundidade,

também é considerada uma das grandes causas de perdas em produtividade.

Dentre as culturas anuais de expressão econômica no sul do Brasil, soja, milho e feijão, são algumas das quais, as sementes requerem uma distribuição adequada no solo no momento da semeadura, exigindo um controle correto em termos de profundidade, pois fatores importantes para uma boa germinação das sementes e que condicionam a profundidade de semeadura, como ar, umidade e temperatura, são muito variáveis de região para região e de um tipo de solo para outro. Dados mostrando a variabilidade de situações e a influência da profundidade de semeadura na emergência, desenvolvimento e produção destas culturas, são descritos em trabalhos de COSTA (1972); BARNI et al (1978a) e (1978b) e SILVA, VIANA (1982).

Segundo JANKE, ERBACH (1985), a adequada profundidade da semente é um fator importante na germinação e produção de muitas culturas, mas também um dos parâmetros mais difíceis de controlar na semeadura. No sistema de plantio direto a profundidade da semente é especialmente importante para assegurar as necessidades da semente em termos de umidade e calor, sendo que as condições do solo não são as mesmas comumente existentes sob plantio convencional, a presença de resíduos, as irregularidades da superfície e a

variação da resistência à penetração do solo, exigem uma demanda extra sobre os mecanismos de controle da profundidade.

Numa avaliação de quatro arranjos de mecanismos controladores de profundidade de semeadura, utilizando rodas limitadoras e trabalhando em duas condições diferentes de cobertura vegetal, em plantio direto, MORISON et al (1985), analisaram a profundidade de deposição das sementes e emergência de plântulas. Concluíram que: Resíduos culturais em diferentes frequências de ondulação da superfície do solo afetam a população final de plantas, devido a interação com os métodos de controle de profundidade. A posição das rodas limitadoras, em relação ao rompedor de solo das sementes, afetam a média e variação da profundidade de plantio. Rodas limitadoras localizadas ao lado do rompedor foram menos sensíveis ao tipo de resíduo, porém, requereram altos níveis de pressão para minimizar a variação de profundidade de semeadura.

BATEMAN (1972), estudando 32 semeadoras utilizadas por fazendeiros em Illinois (E.U.A.), encontrou uma média de desvio padrão de 11,4 mm quando a profundidade de plantio selecionada foi de 38,1 mm e a média atingida foi de 40,6mm. Para a profundidade selecionada de 76,2mm, o desvio padrão foi 15,0 mm e a média atingida foi de 71,1mm.

MANTOVANI , BERTAUX (1990), avaliando semeadoras adubadoras de milho disponíveis no mercado brasileiro, mostram que de uma maneira geral, os resultados de avaliação da profundidade de plantio indicam que os mecanismos de controle de profundidade não conseguem uma regularidade na profundidade da semente, mesmo dentro uma mesma velocidade. Em quase todas as semeadoras o sistema regulador de profundidade está montado em conjunto com a roda compactadora, atrás dos rompedores de sulco para a semente, dificultando a regularidade de plantio. Concluem os autores que os mecanismos de controle da profundidade de plantio não mostraram ser eficientes, pois de maneira geral, os dados de variância se apresentaram com valores muito altos, indicando desuniformidade de plantio; e é provável que o sistema de pantógrafo dos carrinhos com mecanismos de controle de profundidade próximos aos discos duplos para abertura do solo, melhore o desempenho das semeadoras na regularidade da profundidade de semeadura.

Segundo DALLMEYER (1986), o mecanismo rompedor de solo ou sulcador de semeadoras, é um ponto raramente avaliado. O autor comenta que existem no mercado nacional de semeadoras, uma grande combinação de mecanismos sulcadores, aparentemente visando adequá-las aos diversos tipos de solo e de cobertura vegetal em que devem operar, não se encontrando

uma referência definida com relação a melhor utilização para cada tipo de solo e resíduos culturais.

PORTELLA (1983) e BALASTREIRE (1987), mencionam que, são basicamente três os tipos de sulcadores para deposição de sementes e fertilizantes no solo: facas, discos simples e discos duplos.

PORTELLA (1985), numa apresentação dos rompedores de solo para semeadura direta de trigo, cita os seguintes:

- a) Enxada rotativa.
- b) Triplo disco, composto por um disco de corte com a função de efetuar o corte dos resíduos, acompanhado por um disco duplo atrás para colocação de semente e adubo.
- c) Disco duplo especial ou desencontrado, onde o corte da resteva e abertura do sulco para deposição da semente e adubo são feitos simultaneamente pelo conjunto.
- d) Faca com rotor de limpeza acionado pela TDP.
- e) Sistema múltiplo, composto por um disco diateiro de corte, uma faca para colocação de adubo e disco duplo para colocação das sementes atrás.

Os sulcadores das semeadoras tem comportamentos diferentes em termos de desempenho e demanda de energia quando comparados entre si. Segundo RIGHES (1984), num estudo de sulcadores empregados em semeadoras de plantio direto,

observou que, os sulcadores de discos duplos mobilizam menor volume de solo e conseqüentemente demandam menor energia. Pelas suas características exigem grande pressão para penetração e não são susceptíveis a embuchamento. Observou ainda que, o aumento na velocidade de deslocamento provocou uma diminuição na profundidade de semeadura motivada pelos sulcadores de discos duplos iguais, enquanto que, para os sulcadores de discos duplos desencontrados, a profundidade de semeadura apresentou tendência a aumentar.

Diversos trabalhos de avaliação da força vertical necessária para a penetração no solo foram realizados por pesquisadores, com diferentes tipos de rompedores e em diferentes condições de solo. KORONKA (1973), avaliou seis sistemas de sulcadores para semeadoras de plantio direto em solo franco argiloso, constatando uma média de 33,6 Kgf para penetrar a 2,54 cm e 68,8 Kgf para 5,08 cm de profundidade. Testando três sulcadores em solo argiloso, concluiu que eram necessários 80,1 e 200,3 Kgf de força vertical para penetrar a 2,54 e 5,08 cm de profundidade respectivamente.

GRAY , MACINTYRE (1983), testaram diferentes diâmetros de discos, 200 mm, 300 mm e 400 mm, onde procuraram relacionar diferentes forças verticais, diferentes bordas de discos e diferentes velocidades, avaliando a influência na penetração. Os resultados mostraram que com o aumento do

diâmetro do disco, a força necessária para a penetração aumentou, bem como, para uma dada força aplicada, a borda do disco teve um significativo efeito sobre a profundidade de trabalho. Concluíram que os discos de menores diâmetros com menores velocidades de deslocamento e bordas afiadas requereram menores forças para uma dada profundidade de penetração.

FAGANELLO (1989) avaliou forças em três rompedores de solo; uma faca rompedora, um sulcador tipo cinzel e um triplo disco defasado, operando num Latossolo Vermelho Distrófico, de textura argilosa, em profundidades de 50 mm, 100 mm e 150 mm, constatou que com o aumento da profundidade de trabalho, houve um incremento na força vertical em todos os sulcadores testados. Na profundidade de 50 mm a média da força vertical foi de 118,47 Kgf, sendo que o disco triplo defasado exigiu para esta profundidade uma força vertical 9,6 vezes maior.

Num estudo em canal de solo, KUSHWAHA et al(1986), mostram em histogramas que; a força vertical para um disco de 460 mm de diâmetro trabalhando a 50mm, 60mm, 70 mm de profundidade foi aproximadamente 20 Kgf, 23 Kgf e 63 Kgf respectivamente, enquanto que o disco de 600 mm exigiu aproximadamente 30 Kgf, 33 kgf e 66 kgf para as mesmas profundidades. Avaliando o efeito da palha nas forças

verticais e horizontais, trabalhando com diâmetros de discos de 360 mm, 460 mm e 600 mm, observaram que a força vertical e horizontal aumentam com presença de palha, sendo que o aumento da força vertical foi mais significativa, e que a mesma aumentou com o aumento da profundidade de trabalho, do tamanho do disco e da densidade de palha. Os autores mencionam ainda, que o corte da palha e as forças nos discos, são influenciados pelo tamanho do disco e profundidade de penetração, pelo índice de cone e umidade do solo, e pela densidade e umidade da palha.

CHANG (1986), trabalhando com discos simples e duplos, na profundidade de 50 mm, estudou a relação entre as forças verticais, horizontais e índice de cone. Duas equações experimentais foram desenvolvidas para prever a força vertical, usando como parâmetros básicos o índice de cone, profundidade de trabalho e geometria do disco:

1. Para discos simples (plano)

$$F_{v1} = 2,9 [t\sqrt{2RD-D^2}]^{1,66} (CI)^{0,45} \quad (1)$$

2. Para discos duplos

$$F_{v2} = 7,1 [(4/3)\sqrt{2RD-D^2} (D\tan\theta + t)]^{0,66} (CI)^{0,25} \quad (2)$$

Onde:

F_v^1 e F_v^2 = força vertical em um disco simples e duplo, respectivamente, em Kgf

θ = $1/2$ do ângulo de junção dos discos

R = raio do disco em cm

D = profundidade de penetração em cm

t = espessura do disco (um só) em cm

CI = Índice de cone em Kg/cm², média dos valores para 5 cm de profundidade

Conclui o autor que as equações podem ajudar a estimar a força vertical requerida em operações de campo para diferentes discos, a partir do índice de cone.

Transferência de força vertical ao rompedor de solo e o controle da profundidade de semeadura, são aspectos que estão intimamente correlacionados, por serem função do sistema de mola helicoidal e dos mecanismos limitadores de profundidade tradicionalmente empregados nas semeadoras para plantio direto. Uma eficiente transferência de carga aos rompedores de solo e um adequado controle da profundidade de semeadura não é alcançado com os sistemas atualmente empregados, pois sua regulagem é manual, permanecendo constante no decorrer do trabalho de semeadura, sendo necessário um acompanhamento contínuo do operador, para verificar se a condição de semeadura estabelecida está sendo

atendida, MORISSON (1988a). Segundo o mesmo autor também verifica-se uma variação da carga transmitida aos sulcadores, devido a variação do peso total da máquina em função do nível de adubo e semente variar no decorrer do percurso, e a carga linear da mola também variar em função da oscilação vertical das linhas de semeadura, pois a força transmitida obedece a seguinte equação:

$$F = K * X$$

onde:

F = força da mola

K = constante de mola

X = deflexão da mola

Sendo portanto difícil de se obter um funcionamento adequado do sistema rompedor de solo como um todo, justamente pela variação na deflexão da mola em função das ondulações do terreno.

Trabalhos de pesquisa estão sendo realizados na área de mecanização agrícola, buscando melhorar o desempenho dos mecanismos de rompimento do solo das semeadoras. SATTLER (1990), adaptando uma semeadora experimental convencional para operar em semeadura direta, utilizou cilindros pneumáticos em substituição às molas helicoidais para transferir força vertical aos discos rompedores. A semeadora com cilindros pneumáticos vem sendo utilizada com sucesso desde o ano de 1987 na instalação de parcelas experimentais

em semeadura direta. Observações a campo mostraram um bom desempenho dos mecanismos, no entanto, melhorias em termos do controle da carga transferida aos sulcadores e aperfeiçoamento nos mecanismos de controle de profundidade, necessitam ser pesquisados. O sistema pneumático de transferência de força vertical aos sulcadores demonstrou boas perspectivas quanto a sua viabilização em semeadoras comerciais.

MORRISON (1988a), utilizou um sistema hidráulico de pressão para transferir peso às linhas de semeadura de uma semeadora direta, utilizando para cada linha um atuador hidráulico conectado a uma estrutura tubular da própria semeadora. A pressão gerada pela ondulação do terreno era transmitida e redistribuída entre as demais linhas.

Em outro trabalho, MORRISON (1988b), usou atuadores pneumáticos automotivos, que substituíram as molas helicoidais, conectados a um sistema sob pressão e com controle do fluxo de ar gerado por um compressor, exerce força vertical sobre os rompedores. Concluiu que, o mecanismo pode substituir o sistema de pressão através de molas.

Buscando uma melhor eficiência no controle da profundidade, DYCK (1975) já descrevia um sistema para controle de profundidade de semeadura, composto basicamente

por um cilindro atuado pelo circuito hidráulico do trator, onde o fluxo e pressão são controlados por uma válvula de compensação. Instalado junto ao rompedor de solo e interligando dois seguidores de superfície, uma roda e um esqui, mantém ajustada a distância destes a ponta do sulcador. Os seguidores de superfície absorvem o excesso de força que possa vir a ser transferido ao rompedor, fazendo assim o controle da profundidade. Comparando este sistema com um controle normal empregado em semeadoras, a uma velocidade de deslocamento de 5,9 Km/h, o novo mecanismo mostrou uma variação na profundidade em torno de 8,9 mm, enquanto que o mecanismo normal variou em torno de 44,5 mm.

GUNDERSON e DYCK (1981), compararam três mecanismos sensores de superfície do solo, para uso no controle de trabalho em equipamentos de preparo de solo e semeadoras. Um sensor de ultrassom foi individualmente comparado a outros dois sensores mecânicos, roda-esqui e simplesmente esqui. Notaram que a precisão do sistema de ultrassom depende da intensidade do sinal em cada pulso. Testes conduzidos em canal de solo, mostraram que o sinal de retorno é afetado por cinco parâmetros: superfície de reflexão, ângulo de incidência de cada pulso, área da superfície refletida, forma da área e absorção da área.

Nos testes a campo, os três mecanismos mostraram-se bastante úteis para medidas de profundidade. Os três foram lineares e parecem ser bastante precisos.

Em outro trabalho, DYCK et al (1985) relatam o desempenho de dois sistemas automáticos de controle de profundidade de semeadura, que foram instalados em uma semeadora comercial de plantio direto. Um sistema denominado "DEPTH MASTER CONTROLLER", com três componentes básicos: Rodas sensoras de profundidade (normalmente 3), painel de controle e uma válvula servo eletro-hidráulica de controle proporcional. Outro sistema denominado "SENSTEK DCM-2 CONTROL SYSTEM", com quatro componentes básicos: sensor de ultrassom para profundidade, módulo de implementação, painel de controle e válvula hidráulica.

Quando operando em solo firme e uniforme, pequenas diferenças nas médias de profundidade foram notadas nos dois sistemas. Quando as condições de resistência a penetração no solo variaram, os sistemas foram efetivos no controle da profundidade. Concluem os autores que sistemas automáticos de controle podem melhorar significativamente a performance de cultivadores e semeadoras.

4. MATERIAL E METODOS

4.1. Componentes do circuito pneumático e do sistema de controle.

Baseado no ajuste da força vertical a ser transferida ao rompedor de solo, um circuito pneumático foi montado. O arranjo e disposição dos componentes é mostrado esquematicamente na Fig.1.

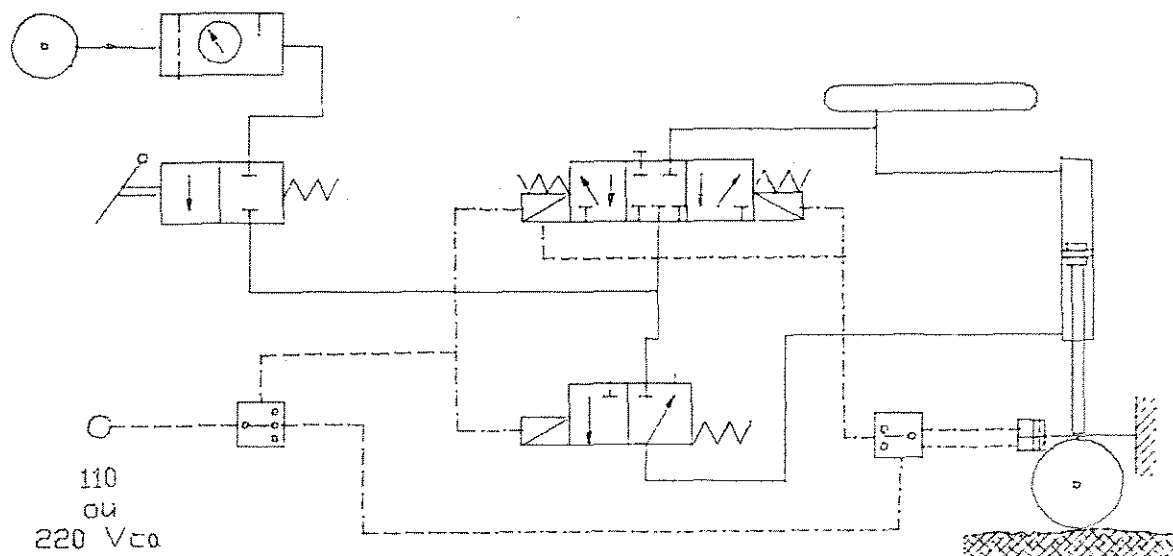


Fig.1. Circuito esquemático (pelas normas de simbologia)

4.1.2. Conjunto de preparação de ar

Um conjunto compacto de preparação de ar , Fig.2, foi montado na tomada de pressão de ar, com objetivo de filtrar o ar, regular a pressão de trabalho e lubrificar o sistema.

Características básicas do conjunto:

- Pressão máxima de entrada: 10.5 Kgf/cm²
- Faixa de regulagem de pressão: 0.3 à 8.7 Kgf/cm²

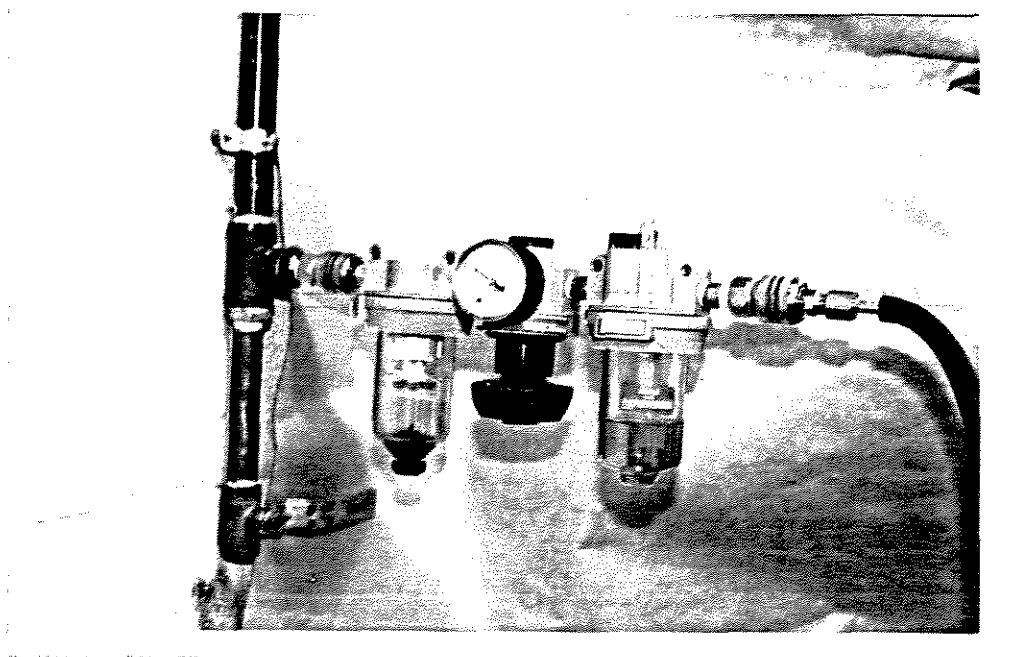


Fig.2. Conjunto de preparação de ar

4.1.3. Válvula direcional intermediária

Uma válvula direcional intermediária, rosca 1/4" NPT, acionamento manual por alavanca com trava, duas vias e duas posições, normalmente fechada, foi utilizada como dispositivo de segurança, localizada entre o conjunto de preparação de ar e as válvulas solenóides.

Características da Válvula:

- Pressão de trabalho até 13,8 bar
- Vazão: 1,56 m³/min (a 7,03 Kgf/cm²), Cv: 1,02

4.1.4. Válvula direcional solenóide

Duas válvulas ligadas em paralelo, mostradas na Fig.3, foram utilizadas para direcionar o fluxo de ar e controlar a pressão no cilindro pneumático.

Uma válvula duplo solenóide, de cinco vias e três posições, centro fechado e centrada por mola, comandada pelo mecanismo sensor de posição, realiza o controle da pressão exercida no cilindro. Um silenciador, com regulagem de restrição, foi conectado à via aberta para a atmosfera. O silenciador foi usado para diminuir o ruído e evitar a queda brusca da pressão no atuador, quando do alívio da carga.

Uma válvula simples solenóide, três vias e duas posições, centro fechado negativo e retorno por mola, foi empregada para direcionar o fluxo de ar ao lado inferior do cilindro (lado da haste). Quando acionada, efetua o retorno do cilindro à posição zero. Esta válvula, quando na posição normal, mantém o lado inferior do cilindro aberto à pressão atmosférica.

Características das válvulas:

- Válvula NI, conexão 1/4 NPT
- Pressão de trabalho: 150 PSI
- Vazão : 1,56 m³/min CV: 1,02 (a 100 PSI)
- Tensão nominal: 120 V - 60 HZ

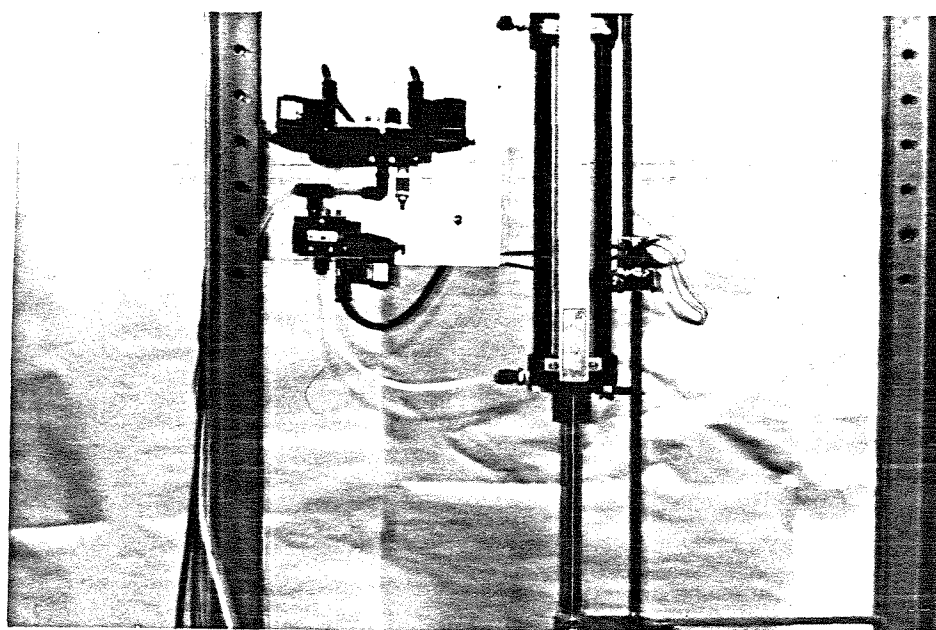


Fig.3. Válvulas solenóides

4.1.5. Reservatório intermediário de ar

Instalado na linha de pressão, entre a válvula duplo solenóide e o cilindro pneumático, com o objetivo de aumentar o amortecimento do sistema.

Foi utilizado como reservatório intermediário, um cilindro idêntico ao cilindro atuador.

Através de um mecanismo de trava, o volume de ar do reservatório pode ser regulado, variado de zero até 1605 cm³.

4.1.6. Cilindro pneumático

Para transferência da força vertical foi usado, um cilindro pneumático, com as seguintes características:

- dupla ação e duplo amortecimento - padrão ISO
- Pressão máxima de trabalho: 10 bar
- Diâmetro interno do tubo: 82,5 mm
- Diâmetro da haste: 25,4 mm
- Curso: 300 mm

Para seleção do cilindro com estes dados dimensionais, foi considerado que para uma pressão normal de

trabalho de 4.92 Kgf/cm² (70 PSI), resulte numa força efetiva em torno de 200 Kgf.

4.1.7. Interruptor elétrico

Um microinterruptor de três posições foi empregado. A posição neutra, interrompe a passagem de corrente, desligando o sistema. Na posição 1, é dada passagem de corrente elétrica para o funcionamento do mecanismo sensor de posição. Na posição 2, a corrente elétrica é direcionada simultaneamente para as duas válvulas solenóides, liberando para a atmosfera a pressão de ar no lado anterior do cilindro e abrindo a entrada de pressão para o lado oposto.

4.1.8. Mecanismo sensor de posição

O mecanismo sensor de posição, mostrado na Fig.4, comanda a atuação da válvula duplo solenóide. O mecanismo é constituído por dois pares de diodos infra-vermelho (emissor e receptor), instalados lateralmente ao cilindro pneumático. Sua fixação permite regulagem para qualquer posição de parada (posição de equilíbrio) ao longo do curso do cilindro. Os diodos estão ligados a um circuito lógico, tecnologia CMOS, que através de dois relés fazem o acionamento da válvula duplo solenóide, para uma ou outra posição, respectivamente.

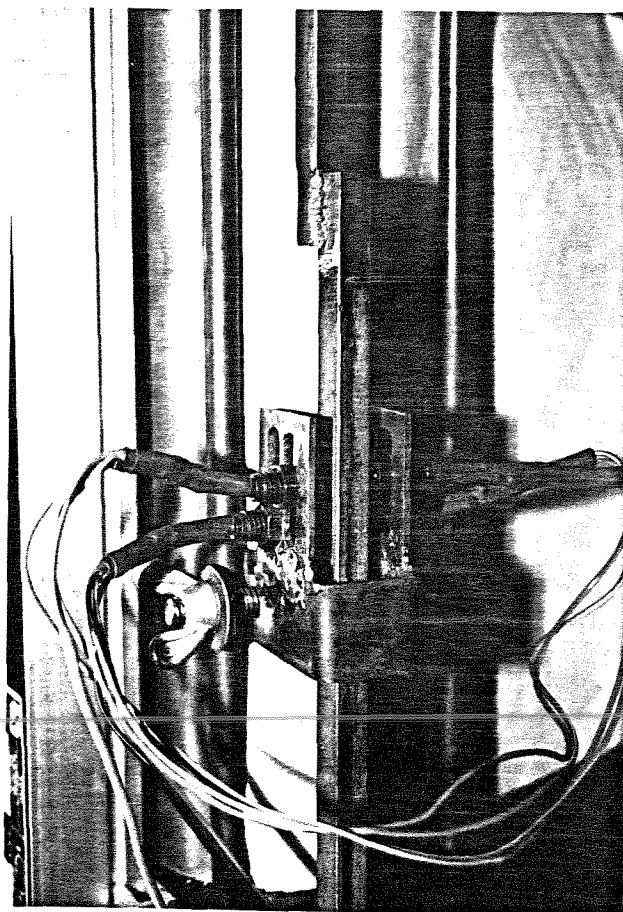


Fig.4. Mecanismo sensor de posição

Uma haste metálica de acionamento, ligada a extremidade da haste do atuador, interrompe a passagem de sinal em ambos receptores quando a posição de parada é atingida. Quando a posição de equilíbrio está aquém, um par de sensores dá passagem de sinal e automaticamente a válvula solenóide é acionada para aumentar a carga no atuador. Quando a posição de equilíbrio é ultrapassada, o outro par de sensores dá passagem de sinal, abrindo a válvula solenóide para alívio da carga no atuador.

Através do posicionamento dos diodos, a tolerância para posição de equilíbrio pode ser regulada. Para os experimentos realizados, estabeleceu-se uma tolerância de 3 mm de deslocamento do atuador, sem que os sensores dessem passagem de sinal para ativar a válvula solenóide.

O circuito eletrônico permite ainda, através do uso de um capacitor, retardar o sinal enviado para o acionamento da válvula solenóide. O tempo de retardo é diretamente proporcional a capacitância do capacitor empregado. O dispositivo de retardo é empregado para evitar que, alterações instantâneas da posição de equilíbrio atuem desnecessariamente a válvula solenóide. No experimento foi empregado um capacitor de 100 microFarads, que causa neste circuito lógico um retardo em torno de 15 milisegundos.

4.2. Equipamentos e Instrumentação

4.2.1. Célula de carga e módulo condicionador

Um conjunto, composto por uma célula de carga e módulo condicionador, (Fig.5), foi empregado com o objetivo de monitorar e registrar as forças verticais desenvolvidas pelo cilindro durante os testes.

A célula de carga foi instalada entre a extremidade da haste do atuador e a base intermediária móvel da bancada de testes.

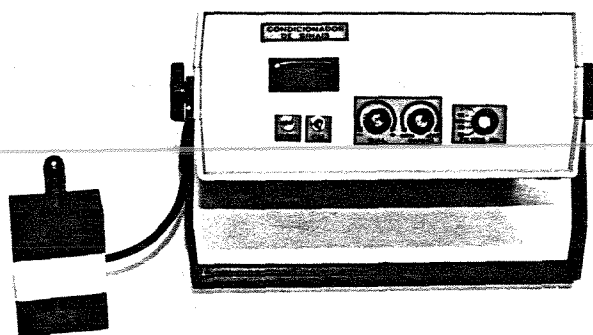


Fig.5. Célula de carga e módulo condicionador

a) Características da célula de carga:

- capacidade nominal: 200 Kgf
- coeficiente de segurança: 1,5 da capac. nominal
- sobrecarga de ruptura: 3 vezes da capac. nominal
- sensibilidade : 2 mV/V
- alimentação: 5 Vcc

- impedância: 120 ohms
- fixação por rosca

b) Características do módulo condicionador:

Componentes: módulo de alimentação; amplificador diferencial de CC; filtro selecionável por chave para frequências de corte de 10 Hz, 30 Hz, 100 Hz, 1 kHz E LIVRE; buffer isolador de saída e regulador para alimentação da ponte.

- Alimentação da ponte: $5 V_{cc} \pm 2 \%$
- saída analógica: -2 à +2Vcc
- ajuste de ganho : para células de 0,4 à 4 mV/V
- ajuste de zero : 4 mV
- frequência de resposta: 5 KHz
- mostrador digital de saída : 3 1/2 dígitos

4.2.2. Transdutor de posição e módulo condicionador

O conjunto transdutor e condicionador mostrado na Fig.6, foi utilizado para monitorar e registrar as amplitudes dos deslocamentos e posição de parada do cilindro durante os testes de bancada.

O transdutor foi fixado através de sua base na lateral do cilindro, com a extremidade de sua haste pivotada a uma chapa metálica fixada à ponta da haste do cilindro.

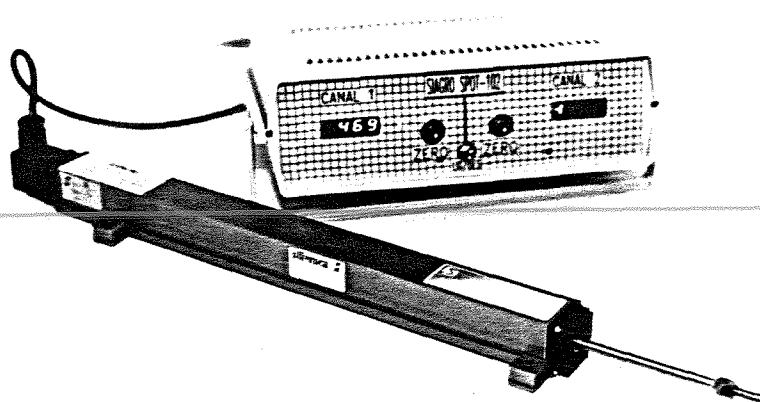


Fig.6. Transdutor de posição e módulo condicionador

a) Características do transdutor de posição:

- transdutor linear de posição resistivo (potenciométrico)
- linearidade: $\pm 0,1 \%$
- resolução: até 0,01 mm
- curso elétrico: 450 mm
- velocidade de acionamento: até 5 m/s

- máxima tensão de alimentação: 60 Vcc
- fixação: através de grampos móveis

b) Características do módulo condicionador:

Condicionador para transdutor potenciométrico linear ou angular. Alimentação de até dois transdutores, com saída analógica individual e diferencial. Balanceamento de zero e ajuste de ganho individual.

Composto pelos módulos:

- ponte para alimentação do transdutor e balanceamento de zero
- amplificador diferencial CC
- mostrador digital 3 1/2 dígitos
- fundo de escala 2 Vcc
- alimentação: 127/220 Vca ou 12 Vcc
- saída analógica de -2 à +2 Vcc

4.2.3. Interface e microcomputador

Uma interface e um microcomputador foram empregados para conversão automática do sinal analógico, enviado pelos condicionadores, em digital, simultaneamente à realização de cada ensaio. Uma interface, ISAAC (Integrated System for Automated Acquisition and Control) projetada para ser usada com microcomputador APPLE II foi usada. O conjunto é mostrado na Fig.7.



Fig.7. Interface ISAAC e micro APPLE II

Características da interface:

- modelo 91 A
- resolução 12 bits

- 16 canais de entrada absolutos ou 8 diferenciais
- impedância de entrada indutiva: < 150 picofarads
- impedância de entrada resistiva: > 100 megaohms
- tensão de entrada: ± 10 X a tensão de referência
- configuração para tensão de entrada usada: $\pm 2,5V$
- precisão: ± 1 bit
- tempo de conversão entre leituras: 2 ms

4.2.4. Bancada para testes

Foi desenvolvida e construída uma bancada em aço (perfil cantoneira e plano) para realização do experimento. A forma construtiva da bancada permitia diversas regulagens de posicionamento dos componentes e mecanismos envolvidos. A Fig.8, é mostrada a bancada com os componentes ativos do circuito pneumático e de controle, juntamente com a célula de carga e transdutor de posição.

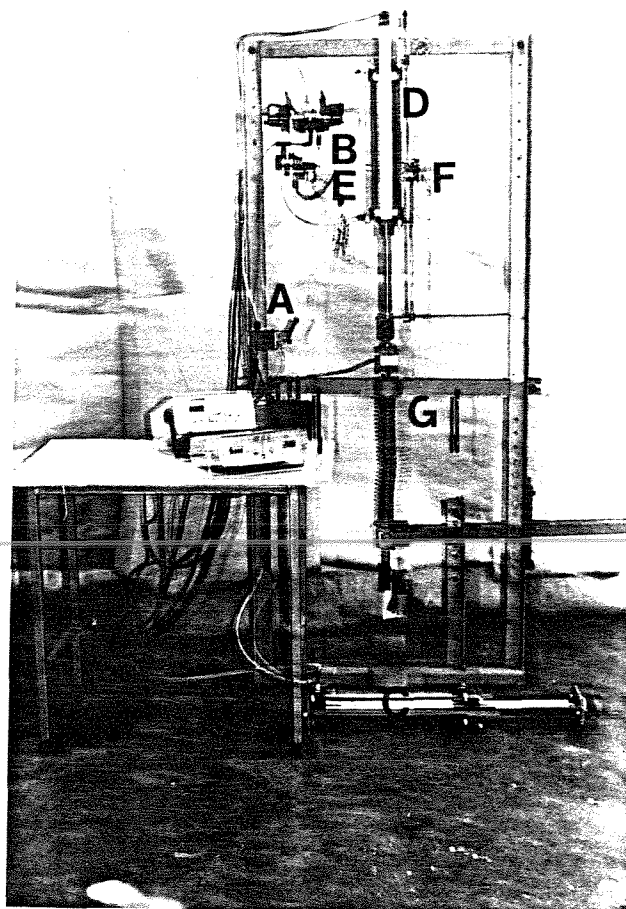


Fig.8. Bancada de testes: A) válvula intermediária
B) Válvulas solenóides C) reservatório intermediário D)
cilindro atuado E) interruptor elétrico F) mecanismo sensor
de posição G) base intermediária móvel.

4.3. Variáveis experimentais

4.3.1. Variável de resposta

Estabeleceu-se como variável dependente (variável de resposta), o tempo de resposta do mecanismo de controle. Considerou-se o tempo efetivo gasto pelo sistema pneumático, atuando com uma pressão de entrada de 4.92 Kgf/cm², para voltar pela primeira vez a posição de equilíbrio após uma variação instantânea na força aplicada em sentido contrário ao cilindro atuador.

Com a variação da força aplicada em sentido contrário ao atuador, a posição no curso do mesmo era alterada, exigindo-se do sistema pneumático um novo nível de carga para retornar a posição inicial.

4.3.2. Variáveis independentes

Elegeu-se para verificar a influência no tempo de resposta do sistema, neste estudo, quatro fatores: reservatório intermediário de ar, posição do curso do atuador, massa e força.

a) Reservatório intermediário de ar.

Foi incorporado ao circuito pneumático um reservatório intermediário de ar, para funcionar como câmara de compensação e amortecimento. Foram empregados dois níveis de volume de ar no reservatório intermediário:

R0 - volume zero;

R1 - volume de 1605 cm³.

b) Posição no curso do atuador.

Dois níveis de posição foram empregados: uma primeira posição atuando no terço superior, e outra, atuando no terço inferior, onde:

P1 - posição de equilíbrio no terço superior do atuador;

P2 - posição de equilíbrio no terço inferior.

As posições de equilíbrio ou de parada foram ajustadas através do posicionamento do sensor de posição.

A variável posição foi considerada no estudo, pelo fato de que, para a linha de sementeira poder acompanhar as ondulações da superfície do solo, o cilindro deverá trabalhar atuando em diferentes posições de seu curso. Isto ocorre

devido a variação da distância da superfície do solo em relação ao chassi da máquina semeadora.

c) Massa.

Dois níveis de massa foram considerados:

M0 - massa zero;

M1 - massa de 40 kg.

Para simular um peso médio do conjunto de uma linha de semeadura utilizada em máquinas semeadoras diretas, dois pesos de 20 Kg eram instalados na base intermediária móvel da bancada.

d) Força.

Para simular a exigência de força vertical para penetração no solo, em semeadura direta, dois níveis de variação na força exigida do atuador foram estudados:

F1 - variação na força com amplitude de aproximadamente 50Kgf, na faixa de 50 Kgf a 110 Kgf;

F2 - variação na força com amplitude de aproximadamente 50Kgf, na faixa de 100 Kgf a 160 Kgf;

As faixas de forças nas quais a variação na força exigida do atuador foi simulada neste estudo, foram selecionadas em função de exigências de força vertical

mencionadas em citações da literatura e num estudo preliminar de previsão de força vertical, realizado para seis condições de áreas em plantio direto. Para previsão da força vertical foi empregando a equação (2) de CHANG (1986). Os dados de índice de cone e a previsão de força vertical são mostrados no apêndice-1.

4.4. Delineamento experimental

Empregou-se um delineamento inteiramente casualizado, onde a combinação dos quatro fatores, reservatório, posição, massa e força, com dois níveis cada um, representaram dezesseis tratamentos, onde:

- ROP1MOF1 - reservatório com volume zero, posição 1, massa zero e variação de força 1;
- ROP1MOF2 - reservatório com volume zero, posição 1, massa zero e variação de força 2;
- ROP1M1F1 - reservatório com volume zero, posição 1, massa 40 Kg e variação de força 1;
- ROP1M1F2 - reservatório com volume zero, posição 1, massa 40 Kg e variação de força 2;
- ROP2MOF1 - reservatório com volume zero, posição 2, massa zero e variação de força 1;
- ROP2MOF2 - reservatório com volume zero, posição 2, massa zero e variação de força 2;

- ROP2M1F1 - reservatório com volume zero, posição 2, massa 40 Kg e variação de força 1;
- ROP2M1F2 - reservatório com volume zero, posição 2, massa 40 Kg e variação de força 2;
- R1P1MOF1 - reservatório com volume de 1605 cm³, posição 1, massa zero e variação de força 1;
- R1P1MOF2 - reservatório com volume de 1605 cm³, posição 1, massa zero e variação de força 2;
- R1P1M1F1 - reservatório com volume de 1605 cm³, posição 1, massa 40 Kg e variação de força 1;
- R1P1M1F2 - reservatório com volume de 1605 cm³, posição 1, massa 40Kg e variação de força 2;
- R1P2MOF1 - reservatório com volume de 1605 cm³, posição 2, massa zero e variação de força 1;
- R1P2MOF2 - reservatório com volume de 1605 cm³, posição 2, massa zero e variação de força 2;
- R1P2M1F1 - reservatório com volume de 1605 cm³, posição 2, massa 40 Kg e variação de força 1;

R1P2M1F2 - reservatório com volume de 1605 cm³,
posição 2, massa 40 Kg e variação de
força 2;

4.5. Procedimento experimental

Com três repetições para cada um dos tratamentos, dois experimentos foram conduzidos.

a) Experimento-1: Onde a variável de resposta, aqui denominada de tempo de subida, foi registrada quando a variação na força exigida do atuador foi positiva. Isto é, quando exigiu-se do atuador uma força de aproximadamente mais 50 Kgf para manter a posição de equilíbrio.

a) Experimento-2: Onde a variável de resposta, aqui denominada de tempo de descida, foi registrada quando a variação na força exigida do atuador foi negativa. Isto é, quando exigiu-se o alívio de aproximadamente 50 Kgf na força do atuador para manter a posição de equilíbrio.

4.5.1. Variação da força exigida no atuador

Para simular a variação na força vertical necessária para a penetração do rompedor no solo, um mecanismo de alavanca com trava para diversas posições e uma

mola helicoidal, Fig.9, montados na parte inferior da bancada, foi empregado.

Características da mola: Mola de compressão helicoidal cilíndrica de seção circular; comprimento 450 mm; diâmetro externo de 40 mm; diâmetro do arame, 6,5 mm; flexa total, 231 mm; número de espiras, 34.

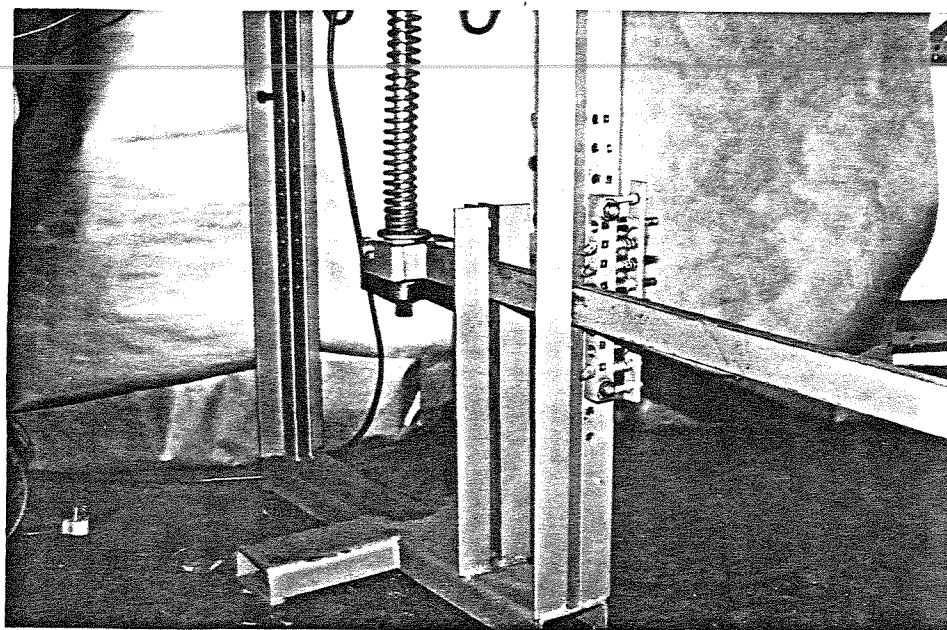


Fig.9. Mecanismo para variar a exigência de força

Com uma mudança rápida na posição da alavanca, comprimindo ou descomprimindo a mola instalada entre a extremidade da alavanca e a base intermediária móvel da

bancada, provocava-se a variação da força aplicada contra o atuador. Com isto, imediatamente uma maior ou menor força de reação era exigida do atuador, para manter a posição inicial de equilíbrio. Conseqüentemente ocorria um deslocamento vertical da base intermediária móvel da bancada, com o sistema saindo da posição de equilíbrio.

As posições de travamento da alavanca, para que o atuador desenvolvesse as forças estabelecidas para os tratamentos, foram determinadas em testes preliminares.

4.5.2. Determinação dos tempos de resposta

Na realização dos experimentos, para cada uma das repetições, uma planilha de números representando os sinais analógicos de força e deslocamento era impressa.

Uma sub-rotina, acrescentada a um "software" específico para o equipamento utilizado, foi desenvolvida para gerenciar a aquisição e impressão dos dados. O programa da sub-rotina é mostrada no apêndice-2.

Na sub-rotina estabeleceu-se o número de dados a serem registrados para cada canal de leitura, bem como a taxa de aquisição (velocidade). Em função do número de leituras e

da taxa de aquisição estabelecidas, determinou-se o tempo total de aquisição.

Estabeleceu-se então, um total de 400 pontos de leitura para cada canal, com uma taxa de aquisição de 5 milisegundos por ponto de leitura. Com estes parâmetros, tem-se um tempo total de aquisição de 4 segundos e um intervalo entre as leituras de cada canal de 10 milisegundos.

Os tempos de resposta para cada repetição foram determinados, localizando-se nas planilhas, na coluna de dados de deslocamento, dois pontos: Um quando o sinal de deslocamento deixou de ser constante (saiu da posição de equilíbrio); outro, quando o sinal voltou a mostrar a mesma posição inicial (voltou a posição de equilíbrio).

Com o número de leituras entre os dois pontos, multiplicado pelo intervalo de tempo entre cada leitura, tem-se o tempo total para o tratamento.

Um exemplo da planilha de saída de dados é mostrado no apêndice-2. Os números que ali representam a força e o deslocamento estão em função da resolução da interface (12 bits).

Considerando-se a calibração dos instrumentos, célula de carga e transdutor de posição, bem como a resolução da interface, podemos transformar os respectivos números das leituras em força desenvolvida pelo atuador e na posição no curso do mesmo, através das equações:

$$\text{Força (kgf)} = [(5x / 4095) - 2,5] * 100$$

$$\text{Desl. (mm)} = [(5y / 4095) - 2,5] * 250$$

onde:

x - número do sinal de força da planilha;

y - número do sinal de deslocamento da planilha.

4.6. Tratamento estatístico

Para os dois experimentos, os dados de tempo de resposta, foram analisados estatisticamente empregando-se o pacote estatístico SANEST, com dois procedimentos estatísticos usados:

- Análise fatorial 2^4 e teste de tukey, onde analisou-se o efeito da interação dos quatro fatores: reservatório intermediário, posição no curso do atuador, massa e força; com dois níveis cada um deles.

- Análise de médias e teste de tukey para os 16 tratamentos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Comportamento geral do sistema de controle

O ajuste na força desenvolvida pelo cilindro ~~pneumático, constitui-se no princípio fundamental do~~ mecanismo de controle de profundidade de semeadura, desenvolvido e analisado neste estudo. Tal ajuste fundamentalmente é requerido em função das ondulações da superfície do solo e de sua resistência à penetração.

Considerando-se a velocidade de deslocamento de uma semeadora, quanto menor o tempo requerido para o ajuste da força vertical a ser transferida ao rompedor de solo, menor será a distância percorrida fora da profundidade de semeadura selecionada. Por exemplo, para uma velocidade de 6 Km/h e um tempo de reação de 1 s, a distância teórica percorrida fora da profundidade desejada seria de 1,67 metro.

Assim sendo, o tempo requerido para o ajuste na força do atuador, neste sistema, pode ser considerado como fundamental para o bom controle da profundidade de semeadura.

A combinação dos parâmetros considerados neste estudo, mostraram interferir diferentemente nos tempos de resposta do mecanismo de controle. Os dados de análise de variância e testes de comparativos de médias, são mostrados nos anexos, nas páginas 59 à 78.

Interpretando-se as tabelas 1, 4 e dos quadros de análise de variância, páginas 59, e 69, observa-se que: para os tempos de resposta de subida (Experimento-1) e para os tempos de descida (Experimento-2), todas as interações entre os quatro fatores (reservatório intermediário de ar, posição no curso do atuador, massa e força) foram significativas a 5% de nível de significância (n. s.).

Analisando-se os dados de médias, dos tempos de resposta nos dois experimentos, nas tabelas 3 e 6 das páginas 60 e 70 respectivamente, observa-se que para todos os tratamentos, os tempos de resposta de descida foram maiores quando comparados com os respectivos tempos de resposta de subida.

Os tempos de resposta maiores no experimento de descida, para todos os tratamentos, pode ser atribuído ao

nível de pressão do ar no atuador e a restrição de fluxo imposto pelo silenciador à válvula no alívio da carga.

Verificou-se em todos os tratamentos, uma defasagem de tempo variando na faixa de 100 a 200 ms, entre o instante da alteração da força aplicada em sentido contrário ao atuador e o início do deslocamento do mesmo.

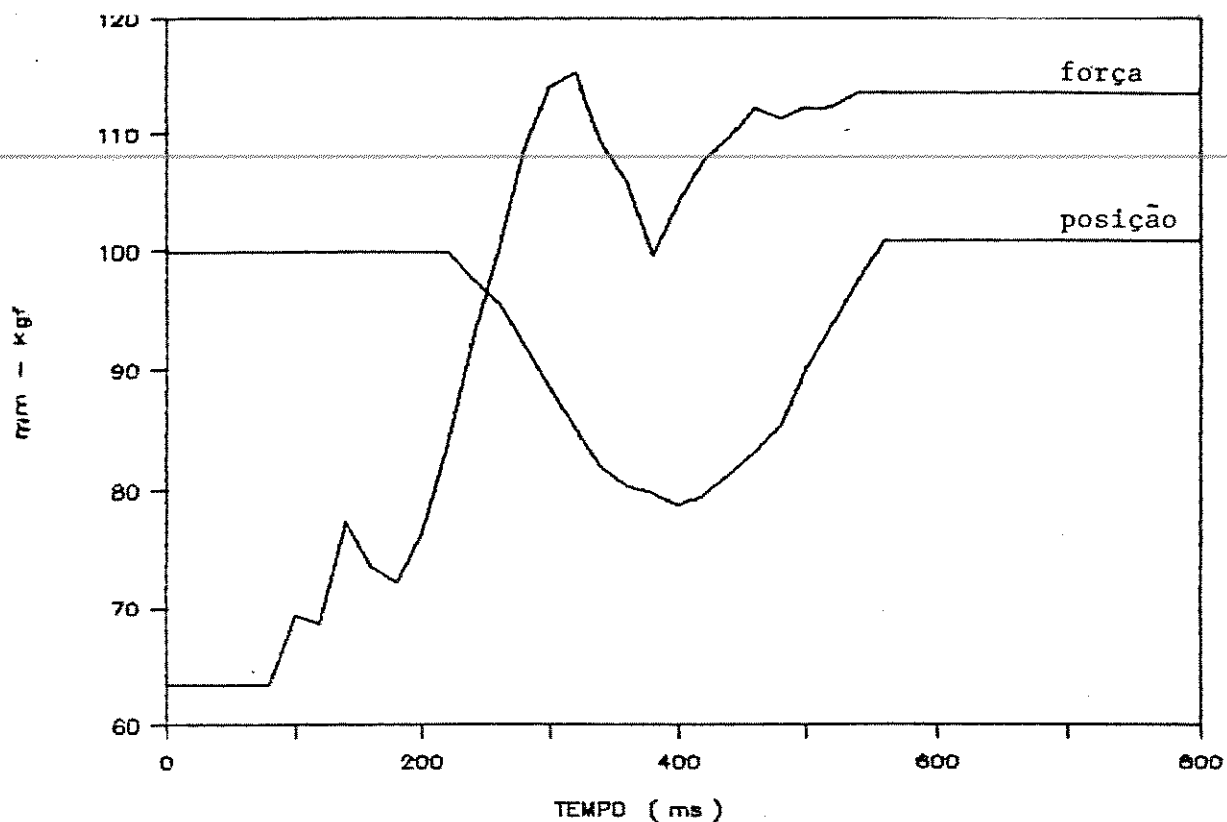


Fig.10. Intervalos de tempo na subida em ms, para força e deslocamento no tratamento ROP1M1F2.

Nas Fig.10 e Fig.11, pode-se observar este comportamento para um dos tratamentos, quando graficados simultaneamente os sinais de força e de deslocamento.

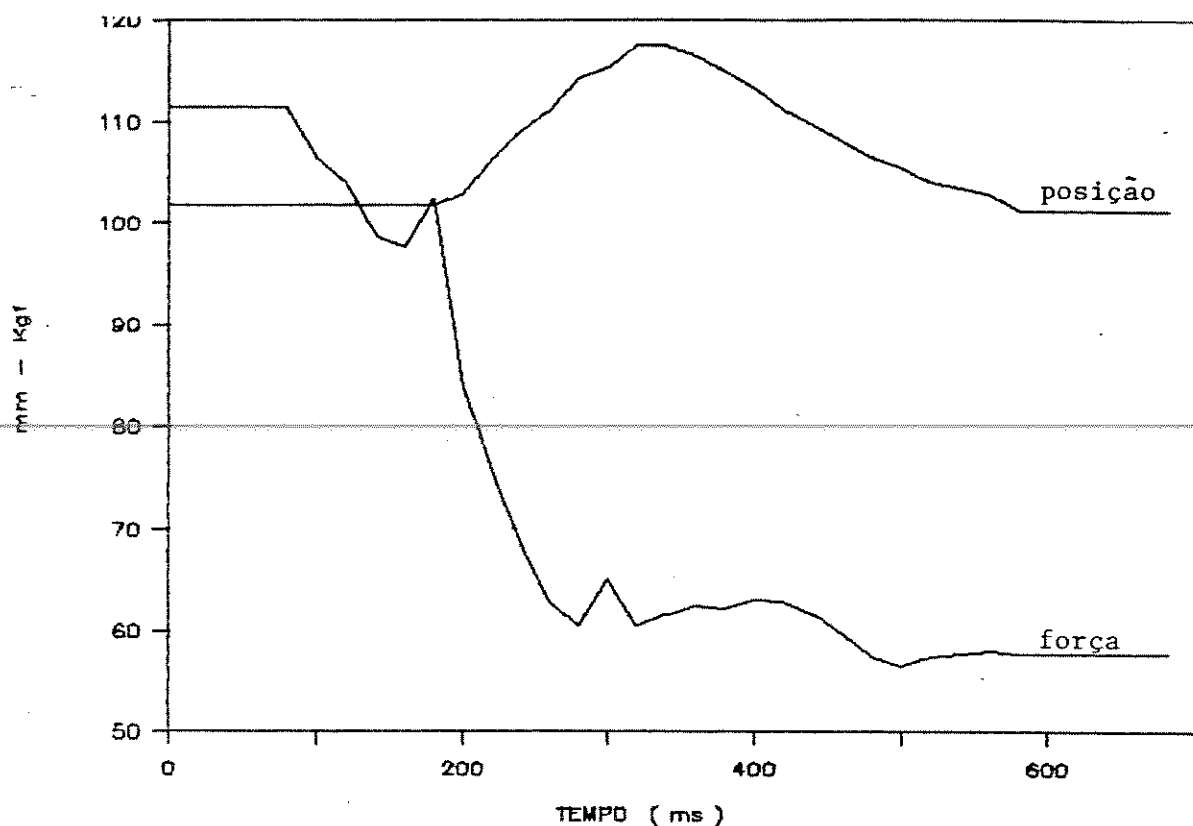


Fig.11. Intervalos de tempo na descida em ms, para força e deslocamento no tratamento ROP1M1F2.

A defasagem entre o instante da mudança da força aplicada contra o atuador e o início do deslocamento, pode ser atribuído à inércia de todo sistema. Esta defasagem, em condições de trabalho no campo, pode ser interpretada como positiva no controle da profundidade de semeadura,

significando que, uma variação instantânea na força exigida para o rompimento do solo, não altera a profundidade de semeadura. Assim, uma defasagem de 150 ms, numa velocidade de deslocamento da semeadora de 6 Km/h, significa um espaço percorrido de 0,25 m.

Na posição de equilíbrio, quando deslocamentos instantâneos na base intermediária móvel da bancada eram simulados, observou-se que a válvula de ajuste da força no atuador não era acionada. Isto deve-se ao tempo de retardo do sinal imposto pelo capacitor. Significando que, para condições de campo, alterações instantâneas de curta duração, na distância relativa entre o solo e o chassi da máquina não sejam sentidas pelo mecanismo de controle.

Em alguns tratamentos sem reservatório intermediário de ar (RO), foram observadas oscilações de deslocamentos, com pequenas amplitudes, em torno da posição de parada. Na Figura 12 é mostrado um tratamento, onde a oscilação em torno da posição de parada pode ser observada. Estas oscilações são decorrentes de situações de ressonância que devem ter ocorrido, pois o conjunto da bancada com seus componentes deve ser considerado como um sistema massa-mola-amortecedor, e portanto, sujeito a vibrações. Provavelmente em condições de campo, estas oscilações, poderão ser

amenizadas, pelo fato do solo apresentar-se como um meio plástico agindo favoravelmente ao amortecimento do sistema.

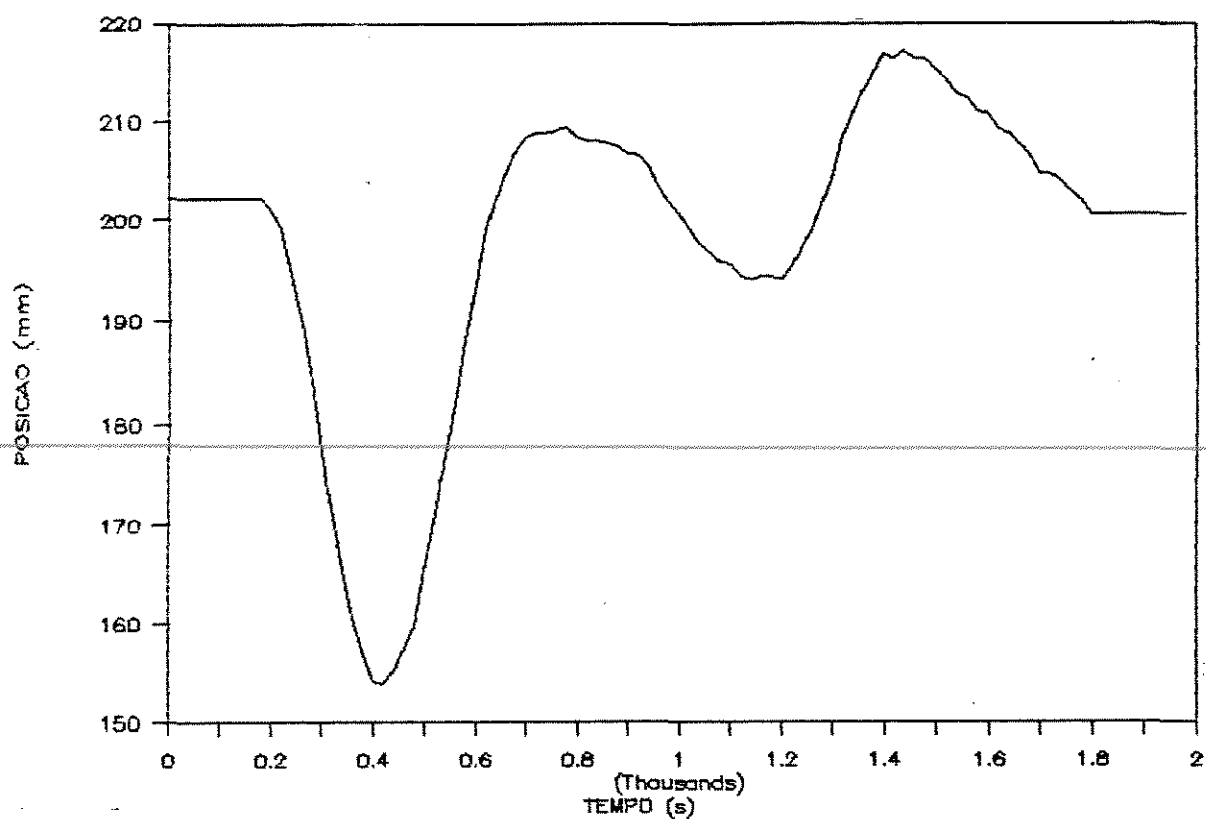


Fig.12. Intervalo de tempo de resposta para o trat. ROP2M1F1, com oscilação na posição de parada.

Ajustes na restrição de saída do ar, na válvula solenóide, poderão melhorar o amortecimento do sistema. Bem como, ajustes na tolerância dada entre os pares de diodos sensores de posição, poderão amenizar as oscilações observadas.

5.2. Influência do reservatório intermediário de ar no tempo de resposta

Dentre os quatro parâmetros estudados, o volume do reservatório intermediário de ar mostrou ser o fator que mais influenciou no tempo de resposta do sistema.

Analisando-se as tabelas de testes comparativos de médias, das páginas 61, 62, 71 e 72 dos anexos, pode-se verificar que o fator reservatório mostrou-se, em ambos os experimentos, significativo ao nível de 1% de significância, na interação com os demais fatores. Pode ser notado ainda dentro de cada uma das interações, que o nível zero de reservatório intermediário de ar, apresentou sempre as menores médias para o tempo de resposta.

A nítida influência do nível zero de reservatório intermediário, pode ser notado nas tabelas 3 e 6 dos testes comparativos de médias para tratamentos, nas páginas 60 e 70 respectivamente, onde os tratamentos sem reservatório intermediário de ar (R0), aparecem agrupados na parte inferior das tabelas, com os menores tempos médios registrados, com exceção do tratamento ROP2M1F1 no experimento-2 (Tempo de descida). Observa-se ainda que, as médias dos tempos de resposta nos tratamentos sem reservatório intermediário,

praticamente não diferem entre si ao nível de 5% de significância.

A análise estatística apresentada sugere que o arranjo dos componentes do sistema pneumático sem reservatório intermediário de ar, é o mais indicado para conseguir-se menores tempos no ajuste da força do atuador.

5.3. Influência da posição no curso do atuador sobre o tempo de resposta.

O fator posição também mostrou interferir significativamente nos tempos de resposta em cada um dos experimentos, sendo que, das dezesseis interações, somente quatro mostraram não diferir a 5% de n.s.. Este comportamento pode ser observado nos testes comparativos de médias, nas páginas 63, 64, 73 e 74 dos anexos.

No experimento-1 (Tempo de subida), das interações com os demais fatores, o fator posição não teve interação significativa a 5% de nível de significância apenas dentro dos níveis de : Reservatório zero, massa-1 e força-1. Mostrando-se significativa ao nível de 1% para as demais interações.

Por outro lado, no experimento-2 (Tempo de descida), das oito interações com os demais fatores, cinco foram significativas a 1% e três interações mostraram-se não significativas a 1% de n.s.

5.4. Influência da massa no tempo de resposta

Observando-se as tabelas de testes comparativos de médias, nas páginas 65 e 66, nota-se, para o experimento-1, que nas interações, em 50% dos casos a 5% de n. s. e em 62,5% dos casos a 1% de n. s., a massa não interagiu significativamente. Os dados apontam ainda que, a variação da massa não interferiu significativamente a 5% de n. s., no tempo de resposta do mecanismo de controle, quando das interações sem reservatório intermediário de ar. Cabe lembrar que, os tratamentos sem reservatório intermediário de ar apresentaram os menores tempos de resposta.

No experimento-2, das oito interações nos testes comparativos de médias mostrados nas páginas 75 e 76, em três delas a massa mostrou-se não significativa ao nível de 5%. Das interações significativas a 5%, duas foram registradas dentro do nível 1 de reservatório intermediário de ar e três dentro do nível zero de reservatório intermediário de ar.

5.5. Influência do nível da variação da força no tempo de resposta.

Interpretando-se os dados constantes das tabelas de testes comparativos de médias, nas páginas 67, 68 e 77, 78, experimento-1 e 2 respectivamente, pode-se observar que os níveis de variação da força impostos contra o cilindro atuador, foi o fator que menos interferiu nos tempos de resposta.

No experimento-1 (Tempo de subida), das oito interações, 50% delas a 5% e 87,5% delas a 1% de n. s., mostraram que a força não foi significativa. O fator força não foi significativo dentro do nível zero de reservatório (R0) à 5% de n. s.. Enquanto que, dentro do nível com reservatório (R1), foi significativo a 5% de nível de significância, porém, somente foi significativo a 1% quando da interação com a posição-2 e massa zero.

No experimento-2 (Tempo de descida), a variação do nível da força apresentou cinco interações significativas a 1% de n. s., mostrando interferir mais significativamente sobre os tempos de resposta neste experimento do que no experimento-1.

6. CONCLUSOES

Considerando-se os objetivos propostos, os materiais e equipamentos utilizados e os métodos empregados, conclui-se:

- Os fatores que mais significativamente interferiram sobre os tempos de resposta do sistema foram o volume do reservatório intermediário de ar e a posição no curso do cilindro pneumático;

- A massa que simulava o peso da linha de semeadura, mostrou ter pouca influência sobre os tempos de resposta do sistema pneumático de transferência de força e controle de profundidade;

- Os níveis de variação da força exigida do atuador, não interferem significativamente nos tempos de resposta dos mecanismos;

- O mecanismo de controle desenvolvido mostrou ser eficaz no ajuste da força exercida pelo atuador, para os níveis de variação na força impostos ao mesmo;

- Nas semeadoras para plantio direto, os sistemas de molas helicoidais para transferência de força vertical aos rompedores de solo, podem ser substituídos por atuadores pneumáticos;

- A profundidade de semeadura em plantio direto poderá ser controlada através do uso conjunto de um sistema pneumático, sensor de superfície de solo e o mecanismo de ajuste automático da força exercida pelo atuador.

7. SUGESTOES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Estudar, volumes de reservatórios intermediários de ar entre zero e 1605 cm³, buscando otimizar o tamanho ideal em função das medidas dimensionais do cilindro atuador.

- Instalando o sistema pneumático de transferência de força vertical com o controle automático de profundidade, em uma linha de semeadura, compará-lo em canal de solo com uma linha convencional atualmente empregada em semeadoras para plantio direto.

- Otimizar através de testes de campo, para diferentes tipos de restevas em plantio direto, o tempo de retardo no sinal de acionamento da válvula solenóide do sistema pneumático.

Avaliação comparativa a campo, da eficiência na abertura de sulco e deposição de sementes, com semeadoras equipadas com o sistema convencional e com o novo mecanismo.

8. ANEXOS

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: DIC

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES	
FATOR	NOME
A	RESERVAT
B	POSICAD
C	MASSA
D	FORÇA

Tabela.1. Quadro de análise de variância para interação dos fatores. Experimento-1. Tempo de subida.

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
RESERVAT	1	2698008.33333333	2698008.33333333	1440.5384	0.00001
POSICAD	1	316875.00000000	316875.00000000	169.1880	0.00001
MASSA	1	95408.33333333	95408.33333333	50.9410	0.00001
FORÇA	1	83333.33333333	83333.33333333	44.4939	0.00001
RES*POS	1	38533.33333333	38533.33333333	20.5740	0.00020
RES*MAS	1	36300.00000000	36300.00000000	19.3815	0.00026
RES*FOR	1	27075.00000000	27075.00000000	14.4561	0.00090
POS*MAS	1	7500.00000000	7500.00000000	4.0044	0.05114
POS*FOR	1	14008.33333333	14008.33333333	7.4794	0.00982
MAS*FOR	1	12675.00000000	12675.00000000	6.7675	0.01335
RES*POS*MAS	1	408.33333333	408.33333333	0.2180	0.64840
RES*POS*FOR	1	1200.00000000	1200.00000000	0.6407	0.56506
RES*MAS*FOR	1	3333.33333333	3333.33333333	1.7798	0.18878
POS*MAS*FOR	1	2700.00000000	2700.00000000	1.4416	0.23704
RES*POS*MAS*FOR	1	9075.00000000	9075.00000000	4.8454	0.03306
RESIDUO	32	59933.33333333	1872.91666667		
TOTAL	47	3406366.66666667			

MÉDIA GERAL = 659.166690

COEFICIENTE DE VARIACAO = 6.565 %

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: IC

OBSERVAÇÕES NAO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR NOME

A TRAT

Tabela.2. Quadro de análise de variância para tratamentos. Experimento-1. Tempo de subida.

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
TRAT	15	3346433.3333333	223095.5555556	119.1166	0.00001
RESIDUO	32	59933.3333333	1872.9166667		
TOTAL	47	3406366.6666667			

MEDIA GERAL = 659.166690

COEFICIENTE DE VARIACAO = 6.565 %

Tabela.3. Teste de tukey para médias de tratamento. Experimento-1. Tempo de subida

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	14	R1P2M0F2	3	1226.666667	1226.666667	a	A
2	13	R1P2M0F1	3	960.000000	960.000000	b	B
3	16	R1P2M1F2	3	960.000000	960.000000	b	B
4	10	R1P1M0F2	3	890.000000	890.000000	bc	BC
5	15	R1P2M1F1	3	876.666667	876.666667	bc	BC
6	9	R1P1M0F1	3	796.666667	796.666667	cd	CD
7	12	R1P1M1F2	3	770.000000	770.000000	cd	CD
8	11	R1P1M1F1	3	690.000000	690.000000	d	D
9	6	R0P2M0F2	3	533.333333	533.333333	e	E
10	8	R0P2M1F2	3	476.666667	476.666667	ef	EF
11	5	R0P2M0F1	3	470.000000	470.000000	ef	EF
12	7	R0P2M1F1	3	420.000000	420.000000	ef	EF
13	2	R0P1M0F2	3	396.666667	396.666667	f	EF
14	3	R0P1M1F1	3	370.000000	370.000000	f	F
15	1	R0P1M0F1	3	356.666667	356.666667	f	F
16	4	R0P1M1F2	3	353.333333	353.333333	f	F

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 131.12709 - D.M.S. 1% = 154.01437

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 1 DO FATOR POSICAO, 0 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	796.666667	796.666667	a	A
2	1	0	3	356.666667	356.666667	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 1 DO FATOR POSICAO, 0 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	890.000000	890.000000	a	A
2	1	0	3	396.666667	396.666667	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 1 DO FATOR POSICAO, 1 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	690.000000	690.000000	a	A
2	1	0	3	370.000000	370.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 1 DO FATOR POSICAO, 1 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	770.000000	770.000000	a	A
2	1	0	3	353.333333	353.333333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 2 DO FATOR POSICAO, 0 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	960.000000	960.000000	a	A
2	1	0	3	470.000000	470.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 2 DO FATOR POSICAO, 0 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	1226.666667	1226.666667	a	A
2	1	0	3	533.333333	533.333333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 2 DO FATOR POSICAO, 1 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	876.666667	876.666667	a	A
2	1	0	3	420.000000	420.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 2 DO FATOR POSICAO, 1 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	960.000000	960.000000	a	A
2	1	0	3	476.666667	476.666667	b	B

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 72.05993 - D.M.S. 1% = 96.84615

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 0 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	470.000000	470.000000	a	A
2	1	1	3	356.666667	356.666667	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 0 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	533.333333	533.333333	a	A
2	1	1	3	396.666667	396.666667	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	420.000000	420.000000	a	A
2	1	1	3	370.000000	370.000000	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	476.666667	476.666667	a	A
2	1	1	3	353.333333	353.333333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 0 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	960.000000	960.000000	a	A
2	1	1	3	796.666667	796.666667	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 0 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	1226.666667	1226.666667	a	A
2	1	1	3	890.000000	890.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	876.666667	876.666667	a	A
2	1	1	3	690.000000	690.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	960.000000	960.000000	a	A
2	1	1	3	770.000000	770.000000	b	B

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 72.05993 - D.M.S. 1% = 96.84615

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	370.000000	370.000000	a	A
2	1	0	3	356.666667	356.666667	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	0	3	396.666667	396.666667	a	A
2	2	1	3	353.333333	353.333333	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	0	3	470.000000	470.000000	a	A
2	2	1	3	420.000000	420.000000	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	0	3	533.333333	533.333333	a	A
2	2	1	3	476.666667	476.666667	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	0	3	796.666667	796.666667	a	A
2	2	1	3	690.000000	690.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	0	3	890.000000	890.000000	a	A
2	2	1	3	770.000000	770.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	0	3	960.000000	960.000000	a	A
2	2	1	3	876.666667	876.666667	b	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	0	3	1226.666667	1226.666667	a	A
2	2	1	3	960.000000	960.000000	b	B

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 72.05993 - D.M.S. 1% = 96.84615

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
0 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	396.666667	396.666667	a	A
2	1	1	3	356.666667	356.666667	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	1	3	370.000000	370.000000	a	A
2	2	2	3	353.333333	353.333333	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
0 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	533.333333	533.333333	a	A
2	1	1	3	470.000000	470.000000	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	476.666667	476.666667	a	A
2	1	1	3	420.000000	420.000000	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
0 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	890.000000	890.000000	a	A
2	1	1	3	796.666667	796.666667	b	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	770.000000	770.000000	a	A
2	1	1	3	690.000000	690.000000	b	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
0 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	1226.666667	1226.666667	a	A
2	1	1	3	960.000000	960.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	960.000000	960.000000	a	A
2	1	1	3	876.666667	876.666667	b	A

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 72.05993 - D.M.S. 1% = 96.84615

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: DIC

OBSERVAÇÕES NAO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	RESERVAT
B	POSICAO
C	MASSA
D	FORCA

Tabela.4. Quadro de análise de variância para interação dos fatores. Experimento-2. Tempo de descida.

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
RESERVAT	1	10350918.7500000	10350918.7500000	845.6921	0.00001
POSICAO	1	1303502.0833333	1303502.0833333	106.4989	0.00001
MASSA	1	3177552.0833333	3177552.0833333	259.6128	0.00001
FORCA	1	4077502.0833333	4077502.0833333	333.1406	0.00001
RES*POS	1	40252.0833333	40252.0833333	3.2887	0.07576
RES*MAS	1	387002.0833333	387002.0833333	31.6189	0.00003
RES*FOR	1	688802.0833333	688802.0833333	56.2766	0.00001
POS*MAS	1	7752.0833333	7752.0833333	0.6334	0.56234
POS*FOR	1	2852.0833333	2852.0833333	0.2330	0.63770
MAS*FOR	1	1956168.7500000	1956168.7500000	159.8231	0.00001
RES*POS*MAS	1	196352.0833333	196352.0833333	16.0424	0.00059
RES*POS*FOR	1	103602.0833333	103602.0833333	8.4645	0.00657
POS*MAS*FOR	1	8802.0833333	8802.0833333	0.7191	0.59266
RES*MAS*FOR	1	369252.0833333	369252.0833333	30.1687	0.00004
RES*POS*MAS*FOR	1	84168.7500000	84168.7500000	6.8768	0.01273
RESIDUO	32	391666.6666667	12239.5833333		
TOTAL	47	23146147.9166667			

MEDIA GERAL = 1116.041630

COEFICIENTE DE VARIACAO = 9.913 %

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: IC

OBSERVACOES NAO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR NOME

A TRAT

Tabela.5. Quadro de análise de variância para tratamento. Experimento-2. Tempo de descida.

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.G.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
TRAT	15	22754481.2500000	1516965.4166667	123.9393	0.00001
RESIDUO	32	391666.6666667	12239.5833333		
TOTAL	47	23146147.9166667			

MEDIA GERAL = 1116.041630

COEFICIENTE DE VARIACAO = 9.913 %

Tabela.6. Teste de tukey para médias de tratamento. Experimento-2. Tempo de descida.

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	15	R1P2M1F1	3	2676.666667	2676.666667	a	A
2	11	R1P1M1F1	3	2580.000000	2580.000000	a	A
3	13	R1P2M0F1	3	1616.666667	1616.666667	b	B
4	16	R1P2M1F2	3	1463.333333	1463.333333	b	BC
5	7	R0P2M1F1	3	1400.000000	1400.000000	bc	BC
6	14	R1P2M0F2	3	1340.000000	1340.000000	bc	BCD
7	9	R1P1M0F1	3	1093.333333	1093.333333	cd	CDE
8	12	R1P1M1F2	3	990.000000	990.000000	de	DEF
9	10	R1P1M0F2	3	883.333333	883.333333	def	EF
10	3	R0P1M1F1	3	810.000000	810.000000	def	EF6
11	8	R0P2M1F2	3	663.333333	663.333333	efg	FGH
12	5	R0P2M0F1	3	626.666667	626.666667	fg	FGH
13	6	R0P2M0F2	3	460.000000	460.000000	g	GH
14	1	R0P1M0F1	3	456.666667	456.666667	g	GH
15	4	R0P1M1F2	3	403.333333	403.333333	g	H
16	2	R0P1M0F2	3	393.333333	393.333333	g	H

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO

D.M.S. 5% = 335.20965 - D.M.S. 1% = 393.71804

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 1 DO FATOR POSICAO, 0 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	1093.333333	1093.333333	a	A
2	1	0	3	456.666667	456.666667	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 1 DO FATOR POSICAO, 0 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	883.333333	883.333333	a	A
2	1	0	3	393.333333	393.333333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 1 DO FATOR POSICAO, 1 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	2580.000000	2580.000000	a	A
2	1	0	3	810.000000	810.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 1 DO FATOR POSICAO, 1 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	990.000000	990.000000	a	A
2	1	0	3	403.333333	403.333333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 2 DO FATOR POSICAO, 0 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	1616.666667	1616.666667	a	A
2	1	0	3	626.666667	626.666667	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 2 DO FATOR POSICAO, 0 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	1340.000000	1340.000000	a	A
2	1	0	3	460.000000	460.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 2 DO FATOR POSICAO, 1 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	2676.666667	2676.666667	a	A
2	1	0	3	1400.000000	1400.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESERVAT
DENTRO DE 2 DO FATOR POSICAO, 1 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	1463.333333	1463.333333	a	A
2	1	0	3	663.333333	663.333333	b	B

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 184.21201 - D.M.S. 1% = 247.57481

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 0 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	626.666667	626.666667	a	A
2	1	1	3	456.666667	456.666667	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 0 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	460.000000	460.000000	a	A
2	1	1	3	393.333333	393.333333	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	1400.000000	1400.000000	a	A
2	1	1	3	810.000000	810.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	663.333333	663.333333	a	A
2	1	1	3	403.333333	403.333333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 0 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	1616.666667	1616.666667	a	A
2	1	1	3	1093.333333	1093.333333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 0 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	1340.000000	1340.000000	a	A
2	1	1	3	883.333333	883.333333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR MASSA E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	2676.666667	2676.666667	a	A
2	1	1	3	2580.000000	2580.000000	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE POSICAO
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR MASSA E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	2	3	1463.333333	1463.333333	a	A
2	1	1	3	990.000000	990.000000	b	B

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 184.21201 - D.M.S. 1% = 247.57481

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	810.000000	810.000000	a	A
2	1	0	3	456.666667	456.666667	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	403.333333	403.333333	a	A
2	1	0	3	393.333333	393.333333	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	1400.000000	1400.000000	a	A
2	1	0	3	626.666667	626.666667	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	663.333333	663.333333	a	A
2	1	0	3	460.000000	460.000000	b	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	2580.000000	2580.000000	a	A
2	1	0	3	1093.333333	1093.333333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	990.000000	990.000000	a	A
2	1	0	3	883.333333	883.333333	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	2676.666667	2676.666667	a	A
2	1	0	3	1616.666667	1616.666667	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE MASSA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
2 DO FATOR FORCA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	1	3	1463.333333	1463.333333	a	A
2	1	0	3	1340.000000	1340.000000	a	A

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 184.21201 - D.M.S. 1% = 247.57481

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
0 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	1	3	456.666667	456.666667	a	A
2	2	2	3	393.333333	393.333333	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	1	3	810.000000	810.000000	a	A
2	2	2	3	403.333333	403.333333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
0 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	1	3	626.666667	626.666667	a	A
2	2	2	3	460.000000	460.000000	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 0 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	1	3	1400.000000	1400.000000	a	A
2	2	2	3	663.333333	663.333333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
0 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	1	3	1093.333333	1093.333333	a	A
2	2	2	3	883.333333	883.333333	b	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 1 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	1	3	2580.000000	2580.000000	a	A
2	2	2	3	990.000000	990.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
0 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	1	3	1616.666667	1616.666667	a	A
2	2	2	3	1340.000000	1340.000000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE FORÇA
DENTRO DE 1 DO FATOR RESERVAT, 2 DO FATOR POSICAO E
1 DO FATOR MASSA

NUM.ORDEN	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	1	3	2676.666667	2676.666667	a	A
2	2	2	3	1463.333333	1463.333333	b	B

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 184.21201 - D.M.S. 1% = 247.57481

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BALASTREIRE, Luiz Antônio. Máquinas agrícolas. São Paulo : Manole, 1987. 307 p.

BARNI, Nidio Antônio, TRAGNAGO, José Luiz, BERTON, Onófre, et al. Estudo sobre tamanho de semente, fertilidade do solo, densidade de semeadura, profundidade de semeadura e cultivares de soja. In: INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONOMICAS (IPAGRO), Porto Alegre, RS. Resultados de pesquisa com soja: ano agrícola 1977/1978. Porto Alegre, 1978. p. 22-25.

____ ; ____ ; GOMES, J. Edil da Silva, GONÇALVES, Joel Children. Profundidade de semeadura e tamanho de semente como fatores de uniformidade de lavoura. IPAGRO Informa, Porto Alegre, v. 21, p. 12-16, 1978.

BATEMAN, H. P. Planter metering, soil and plant factors affecting corn ear populations. Trans. ASAE, St. Joseph, MI, v. 15. n. 6, p. 1013-1020, 1972.

CHANG, Cheu-Chang. A study of penetration an rolling resistance of coulter. In: ASIAN-PACIFIC CONFERENCE OF INTERNATIONAL SOCIETY FOR TERRAN-VEHICLE SYSTEMS, 1, 1986, Beijing-China. Proceedings... Beinjing-China : China Academic Publishers, 1986. p. 851-863.

COSTA, A. V. Efeito da profundidade de plantio e o tamanho da semente na emergência e algumas características agrônômicas da soja (glicine max (L.). Merrill. Viçosa : Univ. Federal de Viçosa, 1972. 40 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Univ. Federal de Viçosa, 1972.

DALLMEYER, Arno Udo. Máquinas para semeadura direta: uma optica diferente. Maquinaria Agric., v. 1, n. 4, p. 1-2, 1986.

DYCK, F. Ben. Automatic depth control for a discer. CANIDIAN AGRICULTURAL ENGINEERING, v. 17, n. 1, p. 47-49. 1975.

_____, WU, W. K., LESKO, R. Automactic depth control for cultivators and seeders developed under the air program. In: CONFERENCE & EXPOSICION, 1985, St. Paul. Proceedings... St. Paul : ASAE/Society of Manufacturing Engineers, 1985. p. 265-276.

FAGANELLO, Antônio. Avaliação de sulcadores para semeadura direta. Santa Maria : UNFSM, 1989. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Univ. Fed. de Santa Maria, 1989.

GRAY, A. G. , MacINTYRE, D. Soil penetration by disc coulters of direct drills. Agric. Eng., Silsoe, v. 38, n. 4, p. 106-110, 1983.

GUNDERSON, D. G., DYCK, F. Ben. A comparison of ultrasonic, ski, and ski-vheel systems for tillage depth measurement. St. Joseph, MI : ASAE, 1981. 15 p. Paper n. 81-1602.

JANKE, J. Seed depth distribution in no-till and strip till. St. Joseph, MI : ASAE, 1985. 12 p. Paper ASAE, n.85- 1013.

KEPNER, R. A., BAINER, R., BARGER, E. L. Crop planting. In: Principles of farm machinery. 3.ed. Westport : Connecticut, AVI, 1982. Cap.10, p. 220-221.

KORONKA, P. Machinery development for direct drilling. Outlook on Agric., Berkshire, v. 7, n. 4, p. 190-195, 1983.

KUSHWAHA, R. L., VAISHHNAV, A. S., ZOERB, G. R. Soil bin evaluation of disc coulters under no-till crop residue conditions. Trans. ASAE, St. Joseph, MI, v. 29, n.1, p. 40-44, 1986.

MANTOVANI, Evandro Chartuni, BERTAUX, Serge. Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho no campo. Sete Lagoas, MG : EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO/ ABIMAQ-SINDIMAQ, 1990. 49p.

MONTOYA, L. J. Aspectos de economicidade do solo em plantio direto. Informes da Pesquisa IAPAR, Londrina, n.54, 1984. 20p.

MORRISON Jr, John E., GERIC, Thomas J. Planter depth control: II. empirical testing and plant responses. Trans. ASAE, St. Joseph, MI, V. 28, N. 6, P. 1744-1748, 1985.

MORRISON Jr, John E. Hidraulic dowpressure system for conservation planting machines. Trans. ASAE, St. Joseph, MI, v. 31, n. 1, p. 19-23, 1988a.

_____. Interative planter depth control and pneumátic down-pressure system. Trans. ASAE, St. Joseph, MI, v. 31, n.1, p. 14-18, 1988b.

PHILLIPS, S. H., YOUNG, H. M. No-tillage Farming. Milwaukee : Reiman Associates, 1973. 224 p.

PORTELLA, José Antônio. Um estudo preliminar das forças atuantes em elementos rompedores de semeadoras diretas comerciais. Campinas : UNICAMP, 1983. 69 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola - Univ. Estadual de Campinas, 1983.

_____. Máquinas para plantio direto. In: FANCELLI, Antônio Luiz. Atualização em plantio direto. Campinas : Fundação Cargill, 1985. Cap. 15, p. 273-287.

_____. Máquinas e implementos para plantio direto e preparo mínimo. In: FANCELLI, Antônio Luiz (coord.). Plantio

direto no Estado de São Paulo. Piracicaba : FEALQ/ESALQ/USP, 1989. 190 p. p. 143-155.

RIGHES, Afrânio Almir (coord). Inovação tecnológica de mecanismos para semeadura direta. Santa Maria : Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciência Campus da Univ. Fed. de Santa Maria, 1984. 87 p. (MIC; STI; Contrato de Compr. de Coop. Téc. e Fin. n.002/83; Projeto STI-FUNAT, cód. 111. 00.555.457; FATEC, cód. 30603). Relatório técnico final.

SANEST : Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores. Versão 2.1. Categoria A.

SATTLER, Arcenio. Self-propelled seeder for experimental plots in no-tillage. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 2, 1990, Passo Fundo. Proceedings of de second... México, D. F. : CIMMYT, 1991. 725 p. p. 580-582.

SILVA, A. F. , VIANA, A. C. Semeadura do milho. In: Recomendações técnicas para o cultivo do milho. 2.ed. Sete Lagoas, MG : EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO, 1982. Circular Técnica n. 004, p. 5-6.

SOCIEDADE DE AGRONOMIA DO RIO GRANDE DO SUL. A conservação do solo e o futuro da agricultura no Rio Grande do Sul: Documento preliminar para discussão. Porto Alegre, 1985. 34p.

TOURINO, M. C. C. A semente no lugar certo. A GRANJA, Porto Alegre, v. 42, n. 461, p. 36-40, jun., 1986.

10. ABSTRACT

A mechanism for controlling the depth of seeding based on the automatic adjust of the vertical force necessary to drill the soil was developed. A pneumatic cylinder was used to transfer vertical force to the furrow openers. Tests in laboratory were conducted to verify the time required by the mechanism to adjust the force in the cylinder rod. The time responses for simulated variations in the force parameters in the cylinder, such the mass of the drilling line, position of the cylinder rod and an intermediate air reservoir were registered. The pneumatic system with automatic control of the force in the cylinder rod has indicated, through laboratory tests, the possibility of being used in no-till seeders. The system developed can replace the spring devices in the function of carrying down load to the furrow opener, and eliminate the depth control wheels. The air reservoir volume and the position of the cylinder rod had the greater effect on the time responses measured.

APENDICES

APENDICE-1.

PREVISAO DE FORÇA VERTICAL PARA DISCOS

DUPLOS EM PLANTIO DIRETO

A previsão de força vertical foi baseada na equação (2) de CHANG (1986). Considerando-se os índices de cone em Kgf/cm² (CI), profundidade de trabalho de 7 cm (D) e um disco duplo com as seguintes características:

1/2 do ângulo de junção = θ = 9°;

raio do disco = R = 19,05 cm;

espessura do disco = t = 0,3 cm;

Os dados são mostrados na Tabela 1.

$$F_{v2} = 7,1 \left[\left(\frac{4}{3} \sqrt{2RD - D^2} \right) (D \tan \theta + t) \right]^{0,66} (CI)^{0,25}$$

Tabela 1. Dados de classe textural do solo, umidade (%), anos de cultivo em plantio direto, índice de cone em Kgf/cm² para a profundidade de 0 à 70 mm, e previsão de força vertical em Kgf. Dados coletados em maio de 1991.

CLASSE DE SOLO	ANOS EM PLANTIO DIRETO	INDICE DE CONE				PREVISAO DE FORÇA VERTICAL
		1R	2R	3R	MEDIA	
Argiloso	5	15	19	23	19	50,49
	6	21	21	24	22	52,37
Franco Arg. arenoso	8	8	14	21	14,3	47,00
	8*	15	19	25	19,6	50,90
Argilo arenoso	13	15	22	26	21	51,80
	15	15	18	25	19,3	50,70

* IC coletado no rasto do pulverizador.

APENDICE-2.

SUB-ROTINA PARA AQUISIÇÃO DE DADOS

```
1000 REM FORÇA E DESLOCAMENTO
1001 DIM V%(1,399)
1002 INPUT "PARCELA = ";A$
1003 PR# 1
1004 PRINT CHR$ (27); CHR$ (81); CHR$ (80)
1005 PR# 0
1015 & BEEP
1017 & ANAFMT = 0,1
1020 & @AIN,(AV) = V%,(RT) = 5
1030 & BEEP
1035 PR# 1
1038 PRINT "PARCELA -> ";A$
1039 J = 0
1040 FOR I = 0 TO 399
1041 J = J + 1
1042 X% = V%(0,I):Y% = V%(1,I)
1050 PRINT X%;" ";Y%" ";
1055 IF J < 8 THEN 1060
1057 J = 0: PRINT
1060 NEXT I
1065 PR# 0
1070 INPUT "OUTRA PARCELA" (S/N) -> ";B$
1080 IF B$ = "S" GOTO 1002
1090 END
```

APENDICE-3.

	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
(CELA -> ROP1MOF2-D-2REP															
17	2374	3216	2373	3217	2374	3216	2372	3217	2371	3216	2373	3215	2375	3218	237
17	2373	3221	2373	3222	2373	3221	2376	3224	2372	3225	2371	3232	2372	3241	237
53	2375	3266	2369	3269	2372	3277	2372	3282	2369	3292	2373	3299	2373	3305	237
60	2373	3299	2374	3289	2373	3288	2373	3283	2372	3285	2371	3288	2372	3296	237
64	2370	3307	2369	3309	2368	3309	2364	3284	2361	3250	2365	3249	2365	3237	236
24	2365	3207	2365	3191	2367	3165	2368	3162	2369	3163	2369	3164	2372	3160	237
51	2373	3141	2376	3133	2376	3120	2377	3114	2375	3105	2381	3096	2384	3080	238
57	2387	3059	2385	3036	2389	3001	2391	2981	2391	2961	2391	2953	2394	2957	239
32	2397	2906	2397	2897	2394	2887	2393	2880	2397	2865	2399	2893	2399	2876	240
53	2397	2863	2395	2868	2393	2837	2393	2845	2388	2841	2385	2862	2385	2872	238
58	2383	2832	2381	2856	2374	2861	2376	2852	2377	2861	2379	2856	2377	2856	237
55	2377	2863	2376	2860	2376	2864	2377	2864	2373	2860	2375	2861	2375	2860	237
57	2376	2857	2373	2855	2374	2860	2372	2864	2373	2863	2375	2867	2373	2868	237
55	2373	2871	2374	2869	2376	2872	2380	2869	2373	2869	2373	2869	2375	2869	237
57	2376	2869	2372	2868	2376	2868	2373	2869	2375	2868	2376	2868	2373	2865	237
55	2375	2869	2375	2868	2377	2869	2373	2871	2374	2869	2375	2871	2375	2869	237
57	2375	2869	2372	2868	2376	2868	2373	2868	2375	2866	2373	2865	2374	2865	237
55	2375	2869	2376	2868	2376	2872	2372	2872	2374	2869	2375	2871	2375	2871	237
59	2373	2871	2374	2870	2376	2872	2373	2872	2375	2869	2375	2870	2373	2868	237
45	2375	2871	2369	2869	2375	2872	2373	2872	2375	2869	2375	2870	2378	2872	237
59	2375	2871	2375	2871	2376	2873	2373	2871	2371	2869	2373	2870	2376	2868	237
59	2376	2869	2375	2869	2376	2872	2373	2871	2374	2869	2375	2872	2373	2869	237
72	2376	2873	2373	2872	2373	2872	2373	2871	2375	2870	2376	2872	2376	2869	237
73	2373	2874	2373	2872	2373	2873	2374	2869	2377	2871	2375	2875	2374	2872	237
73	2376	2873	2376	2873	2369	2874	2371	2872	2375	2872	2376	2872	2376	2873	237
76	2373	2876	2376	2873	2376	2873	2373	2872	2375	2871	2375	2875	2374	2873	237
74	2373	2874	2372	2872	2372	2873	2371	2872	2375	2873	2376	2873	2376	2873	237
75	2374	2876	2376	2872	2376	2873	2375	2873	2374	2872	2375	2876	2376	2873	237
73	2375	2873	2372	2872	2372	2875	2373	2873	2375	2873	2376	2876	2373	2873	237
73	2375	2876	2376	2873	2377	2875	2374	2873	2373	2874	2375	2877	2375	2873	237
74	2374	2874	2376	2873	2375	2874	2373	2875	2376	2876	2373	2875	2374	2873	237
76	2376	2873	2373	2873	2372	2873	2372	2873	2375	2877	2376	2877	2376	2873	237
74	2374	2874	2376	2875	2373	2876	2375	2876	2376	2876	2376	2877	2375	2875	237
77	2374	2876	2373	2875	2372	2877	2374	2873	2375	2877	2376	2877	2373	2873	237
76	2376	2875	2376	2876	2376	2877	2375	2875	2375	2876	2376	2876	2376	2873	237
78	2373	2876	2376	2877	2375	2877	2373	2877	2375	2877	2374	2877	2375	2875	237
76	2373	2876	2376	2878	2369	2879	2373	2877	2373	2878	2376	2876	2376	2873	237
77	2372	2877	2374	2877	2376	2877	2373	2876	2376	2877	2375	2877	2375	2876	237
77	2372	2877	2371	2879	2375	2879	2375	2878	2376	2876	2376	2873	2374	2877	237
79	2376	2877	2375	2880	2377	2880	2374	2877	2374	2880	2376	2877	2375	2876	237
79	2376	2879	2373	2880	2373	2879	2375	2878	2376	2877	2373	2877	2373	2879	237
81	2376	2877	2375	2881	2371	2880	2373	2877	2375	2881	2375	2879	2376	2878	237
80	2372	2879	2376	2881	2375	2880	2373	2877	2373	2880	2373	2877	2376	2881	237
84	2373	2879	2375	2881	2372	2880	2375	2880	2375	2881	2375	2880	2375	2880	237
82	2376	2880	2376	2881	2375	2880	2375	2879	2373	2880	2376	2880	2376	2881	237
83	2376	2879	2377	2881	2373	2881	2374	2880	2375	2881	2375	2881	2375	2882	237
83	2373	2881	2375	2881	2376	2881	2373	2880	2377	2881	2375	2880	2375	2884	237
81	2376	2881	2373	2880	2375	2881	2375	2882	2377	2883	2375	2882	2372	2881	237
80	2376	2880	2373	2881	2375	2881	2375	2884	2373	2883	2373	2880	2375	2882	237
81	2376	2881	2376	2884	2373	2881	2372	2882	2375	2881	2375	2878	2377	2881	237

Tempo= 340 ms