

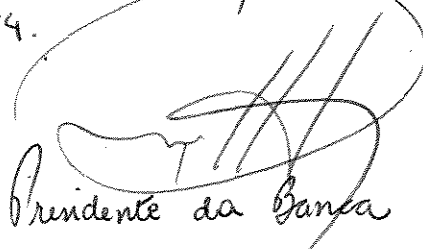
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM ARADO
DE DISCOS

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Roberto Cunha Mello e aprovada pela Comissão Julgadora em 17 de dezembro de 1993. Campinas, 12 de abril de 1994.

Por:
ROBERTO DA CUNHA MELLO


Presidente da Banca

CAMPINAS
1993

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM ARADO
DE DISCOS

Por:
ROBERTO DA CUNHA MELLO 489
Prof.Orientador:
Dr.PAULO S.G. MAGALHÃES †

Dissertação apresentada em cumprimento parcial aos requisitos para
obtenção do título de: Mestre em Engenharia Agrícola: Área de concentração:
Máquinas Agrícolas

CAMPINAS
1993

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de poder me dedicar à busca do conhecimento para aplicá-lo na sofisticação dos meios de produção agrícola.

Aos meus pais Januario da Cunha Mello Jr. e Eneida Frey Mello, pela educação e dedicação que me foi reservada.

A minha namorada Maria de Fátima P. Soares pelo carinho e paciência .

Ao meu orientador Dr. Paulo Sergio Graziano Magalhães pela confiança necessária para realização do presente trabalho.

Aos professores Dr. Luis Antonio Daniel, Dr. Inácio M. Dal Fabbro, Dr. Cheu Shang Chang pelo estímulo e admiração.

Aos colegas Pedro H. Weirich, Ednaldo C. Guimarães, João C. Santos, Ruy Casão Jr., Rosebel Nalesso, Paulo R. A. Figueiredo, Geraldo Ferreti, Moisés Storino e David Sohs, pela colaboração.

Aos amigos Rubens Dória, Edson Nalesso, Núria Vilafranca, Marcio Lopes, Rosilene R. Reis.

A todos os funcionários da FEAGRI.

A industria de implementos agricolas JAN pelo empréstimo do arado.

Ao Centro de Pesquisa Pluridisciplinar Químicas, Biológicas e Agrícolas da Universidade de Campinas por ceder o local da área experimental.

A Universidade de Alfenas pela liberação nas atividades de docente.

A CAPES pelo fomento à pesquisa no país.

Aos demais colegas e amigos que colaboraram para execução deste trabalho.

SUMARIO

AGRADECIMENTOS_	ii
SUMARIO_	iv
TABELAS_	vi
QUADROS_	viii
FIGURAS_	x
RESUMO_	xii
SUMMARY_	xiii
1 INTRODUÇÃO_	1
2 OBJETIVOS_	4
3 REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA_	5
3.1 PREPARO DO SOLO E SUAS CARACTERÍSTICAS	
FÍSICAS_	5
3.1.2 COBERTURA DO SOLO_	8
3.1.3 RUGOSIDADE SUPERFICIAL DO SOLO_	10
3.1.4 RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO_	13
3.1.5 DIÂMETRO MÉDIO GEOMÉTRICO_	15
3.2 ENSAIOS E TESTES DE MÁQUINAS DE PREPARO	
DO SOLO_	17
4 MATERIAIS E MÉTODOS_	24
4.1 MATERIAIS_	24
4.1.1 TRATORES_	24

4.1.2	ARADO	25
4.1.3	SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS	26
4.1.4	APARELHO MEDIDOR DO CONS. DE COMBUSTIVEL	26
4.1.5	OUTROS EQUIPAMENTOS E MATERIAIS	27
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO ENSAIO	27
4.3	MÉTODOS	29
4.3.1	INCORPORAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL	29
4.3.2	RUGOSIDADE SUPERFICIAL	30
4.3.3	RESITENCIA A PENETRAÇÃO	30
4.3.4	TEOR DE UMIDADE DO SOLO	31
4.3.5	DIÂMETRO MÉDIO GEOMÉTRICO	31
4.3.6	FORÇA DE TRACÇÃO	32
4.3.7	CONSUMO DE COMBUSTIVEL	32
4.3.8	POTENCIA ESPECÍFICA	33
4.3.9	RESISTENCIA ESPECIFICA	33
4.3.10	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1	RESISTENCIA ESPECIFICA	35
5.2	POTENCIA ESPECIFICA	41
5.3	CONSUMO DE COMBUSTIVEL	44
5.4	INCORPORAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL	48
5.5	RUGOSIDADE SUPERFICIAL	51
5.6	DIÂMETRO MÉDIO GEOMÉTRICO	54
6	CONCLUSÕES	60
7	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	62
8	ANEXOS	68

TABELAS

TABELA 1	Valores da densidade aparente(g/cm^3)	28
TABELA 2	Valores do teor de umidade do solo no dia da realização do ensaio (%)	28
TABELA 3	Análise granulométrica	28
TABELA 4	Valores da força de tração líquida (N)	35
TABELA 5	Valores das áreas em cm^2	36
TABELA 6	Valores da resistência específica (N/cm^2)	36
TABELA 7	Médias ajustadas pela equação de regressão para resistência específica (N/cm^2)	38
TABELA 8	Valores das velocidades (km/h)	42
TABELA 9	Valores da potência específica(W/cm^2)	42
TABELA 10	Médias ajustadas pela equação de regressão para potência específica (W/cm^2)	44
TABELA 11	Valores do consumo de combustível (l/m^3)	45
TABELA 12	Médias ajustadas pela equação de regressão para consumo de combustível (l/m^3)	46
TABELA 13	Valores da porcentagem da cobertura vegetal , antes da aração,	

após a aração e incorporação _ _ _ _ _	48
TABELA 14 Médias ajustadas pela equação de regressão para incorporação vegetal (%)_ _ _	51
TABELA 15 Valores dos índices de rugosidade superficial (mm)_ _ _ _ _	52
TABELA 16 Médias ajustadas pela equação de regressão para rugosidade superficial (mm)_ _ _	54
TABELA 17 Valores dos diâmetros médios geométricos (mm) _ _ _ _ _	55
TABELA 18 Médias ajustadas pela equação de regressão para diâmetro médio geométrico dentro dos níveis de velocidade (mm)_ _ _ _ _	56
TABELA 19 Médias ajustadas pela equação de regressão para diâmetro médio geométrico dentro dos níveis de largura de corte (mm)_ _ _ _ _	57

QUADROS

Quadro 1	Análise de variância para resistência específica	36
Quadro 2	Análise de variância da regressão polinomial para os níveis de velocidade	38
Quadro 3	Análise de variância para potencia específica	42
Quadro 4	Análise de variância da regressão polinomial para os níveis de velocidade	44
Quadro 5	Análise de variância para consumo de combustível	45
Quadro 6	Análise de variância da regressão polinomial para os níveis de velocidade	46
Quadro 7	Análise de variância para incorporação vegetal	49
Quadro 8	Análise de variância da regressão polinomial para os níveis de velocidade	49
Quadro 9	Análise de variância para rugosidade superficial	52
Quadro 10	Análise de variância da regressão polinomial para os níveis de largura	54

Quadro 11	Análise de variância para	
	diâmetros médios geométricos	55
Quadro 12	Análise de variância da regressão	
	polinomial para os níveis de velocidade	56
Quadro 13	Análise de variância da regressão	
	polinomial para os níveis de largura	57

FIGURAS

FIGURA 1	Variação da resistência específica em função da velocidade para um Latossolo roxo comparados com valores fornecidas pelo AGRICULTURAL ENGINEERS YEARBOOK_ _ _ _ _	39
FIGURA 2	Variação da resistência específica em função da largura de corte para um Latossolo roxo comparado com valores fornecidos por GODWIN _ _	40
FIGURA 3	Variação da potência específica em função da velocidade de deslocamento _ _ _	43
FIGURA 4	Variação do consumo de combustível em função da velocidade de deslocamento _ _ _	47
FIGURA 5	Variação da incorporação vegetal em função da velocidade de deslocamento_ _ _ _ _	50
FIGURA 6	Variação da rugosidade superficial em função da largura de corte _ _ _ _ _	53
FIGURA 7	Variação do diâmetro médio geométrico em função da velocidade de deslocamento _ _ _	57
FIGURA 8	Variação do diâmetro médio geométrico em função da largura de corte _ _ _ _ _	58
FIGURA 9	Aparelho medidor do consumo de	

combustível_ _ _ _ _	69
FIGURA 10 Vista do conjunto trator implemento a serem ensaiados_ _ _ _ _	73
FIGURA 11 Vista da área experimental_ _ _ _ _	73
FIGURA 12 Vista do comboio_ _ _ _ _	74
FIGURA 13 Vista da célula de carga_ _ _ _ _	74
FIGURA 14 Aparelho medidor do consumo de combustível_ _ _ _ _	75
FIGURA 15 Vista interna do aparelho medidor do consumo de combustível_ _ _ _ _	75
FIGURA 16 Regulagem do arado antes de coloca-lo em operação_ _ _ _ _	76
FIGURA 17 Vista do arado em operação_ _ _ _ _	76
FIGURA 18 Gravador para registro da componente longitudinal do esforço tratório_ _ _	77
Figura 19 Perfilômetro para determinação do perfil do solo e rugosidade superficial_ _ _	77
FIGURA 20 Trena para determinação da cobertura vegetal_ _ _ _ _	78
FIGURA 21 Caixa metálica para coleta de amostras para determinação do diâmetro médio geométrico_ _ _ _ _	78

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido em um Latossolo roxo, com o objetivo de avaliar o desempenho de um arado de discos, estabelecendo uma relação em função da velocidade de deslocamento e largura de corte caracterizados através da resistência específica, potência requerida, consumo de combustível, incorporação da cobertura vegetal, rugosidade superficial e do diâmetro médio geométrico. Os resultados mostram que a resistência específica aumentou com a velocidade e não variou com a largura de corte. A potência requerida não apresentou diferença com relação à largura de corte, mas houve um acréscimo com o aumento da velocidade. O consumo específico de combustível diminuiu com o aumento da velocidade, mas não variou em relação à largura de corte. A incorporação da cobertura vegetal, não apresentou diferença significativa com relação à largura de corte mas houve um acréscimo com o aumento da velocidade. O índice de rugosidade superficial não variou com a velocidade, mas aumentou com a largura de corte, e o diâmetro médio geométrico apresentou uma diminuição com o aumento na velocidade e largura de corte.

SUMMARY

This project was conducted in a Latossolo roxo with the object of evaluating a disc plow. The relationship in function of the travel speed and cut width was characterized by the specific resistance, power, fuel consumption, random roughness, and medium geometric diameter. These results showed that an increase in the travel speed produced an increase in the specific resistance. The power did not show any difference in relation to the cut width, but there was an increase related to the travel speed. The specific fuel consumption was reduced with increasing velocity but there was no variation in relation to the cut width. Turn over of the plant cover did not show any significant relation to the cut width but there was an increase with the travel speed. The random roughness was only related to the cut width, not to the travel speed. By increasing the cut width there was an increase in the random roughness. An increase in travel speed and cut width resulted in a reduction in the medium geometric diameter.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento da população humana, surge a necessidade do aumento da produção agrícola. Empenhado em resolver os problemas de alimentação da população, o homem vem expandindo a fronteira agrícola, sacrificando as matas e as reservas naturais.

O Brasil tem se caracterizado por possuir grandes áreas plantadas, com baixa produtividade. A diferença, comparada à dos países mais desenvolvidos, se dá ao fato de utilizarmos de maneira generalizada, uma tecnologia desenvolvida para países europeus e norte americanos, não estando adaptada para as diferentes regiões do país em função das condições edafoclimatológicas.

Os diferentes tipos de preparo do solo tem-se mostrado muito importante, entre os vários fatores estudados e que influenciam na produtividade e no custo da produção agrícola. Para se conseguir maiores produções sem aumentar a área cultivada, é necessário desenvolver máquinas mais adequadas, com uma racionalização do uso e conseqüente redução de gastos e uma melhor conservação do solo.

Segundo SOUSA(1972) a aração, uma fase do preparo do solo, consiste no corte, elevação e posterior inversão de uma fatia de solo denominada leiva. Visa-se com essa operação revolver o solo, arejar as camadas internas; incorporar ao solo restos de cultura, adubos, corretivos e controle de ervas daninhas; facilitar o uso de outras máquinas e tornar o solo um leito favorável à germinação e desenvolvimento das sementes.

Para BERNACKI et al (1972) os arados de disco são entre os implementos de preparo do solo, os mais apropriados para terras recém desbravadas e solos pedregosos, pois cortam as raízes mais facilmente e quando encontram algum obstáculo rolam por cima e continuam trabalhando. Nestas condições apresentam maiores vantagens que os arados de aiveca ou escarificadores.

GALETI (1981) cita que os arados de aiveca são pouco usados no Brasil. Estes realizam melhor trabalho que os arados de disco, mas para que isto aconteça, necessitam de condições especiais como adequação da aiveca ao tipo de solo, perfeitas regulagens e a peça ativa deve estar limpa e afiada.

A principal vantagem apresentada pelos arados de discos, quando comparados com os de aivecas, é o fato de que para executar sua função trabalham com movimento de rotação e, portanto, são menos suscetíveis a impactos. Ao encontrar um obstáculo, o disco rola sobre o mesmo, diminuindo a influência do impacto sobre a estrutura. Por

esse motivo tiveram grande penetração no país, uma vez que eram os arados ideais para o preparo do solo feitos na abertura de novas áreas destinadas à agricultura, onde a presença de tocos e raízes impediam ou dificultavam o funcionamento dos arados de aiveca. Essa é uma das razões pelas quais ainda predomina no país o uso dos arados de disco principalmente quando a tração é motorizada-
BALASTREIRE (1987).

JUSTINO (1990) cita que o preparo do solo quando feito com implementos de disco, induzem à formação de camadas compactadas abaixo da superfície do solo, sendo responsável pela redução da taxa de infiltração de água, reduzindo a produção e favorecendo a ocorrência de erosão.

Tendo em vista estes fatores, e a escassez de dados sobre este tipo de implemento agrícola, tão importante em nossa economia, é que surgiu a necessidade da execução deste trabalho. O interesse é obter dados que auxiliam o desenvolvimento e o aprimoramento do arado de discos, e também o seu uso de maneira eficiente.

2. OBJETIVOS:

OBJETIVO PRINCIPAL

- Avaliar o desempenho do arado de discos em função da velocidade de operação e largura de corte, caracterizados através da resistência específica, potência requerida, consumo de combustível, incorporação da cobertura vegetal e diâmetro médio geométrico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer melhor o produto através de dados obtidos de maneira racional , sob condições conhecidas.

- Comparar os resultados com a literatura existente.

Como trata-se de um estudo básico, levantando dados iniciais, não foi introduzida nenhuma alteração na forma ou característica do implemento, deixando claro que não se buscou apenas a avaliação operacional.

3. REVISÃO de BIBLIOGRAFIA

3.1 PREPARO DO SOLO E SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

3.1.1 INTRODUÇÃO

O preparo do solo, representa uma operação básica na agricultura; porém deve ser adaptada para uma cultura específica em uma sequência de produção distinta, pois influencia no desenvolvimento das plantas; uma vez que ele altera decisivamente as condições físicas do solo as quais são exigidas diferencialmente para cada cultura em intensidade e profundidade OUWERKERK e BOOME (1970)

O objetivo básico do preparo do solo para ORTOLANI (1977) é o de alcançar um estado tal que o mesmo forneça condições físicas, químicas e biológicas à germinação, crescimento e produção das plantas. Complementando GILL e VANDEMBERG(1968) esclareceram que além de soltar, desagregar e mudar as condições do solo, para um melhor aproveitamento pela semente ou planta, o preparo pode ainda ser utilizado para agilizar o processo de secagem ou aliviar as tensões internas do solo.

ORTIZ-CANAVETE(1984) define o preparo do solo como sendo um conjunto de operações, realizadas com equipamentos mecânicos destinados a se conseguir o melhor desenvolvimento das plantas.

Apesar de propiciar condições favoráveis ao crescimento e produção das plantas, o preparo intensivo do solo e a movimentação de veículos e máquinas, geralmente pesadas, ao longo da instalação das culturas, tem contribuído para a formação de camadas compactadas no solo, que, segundo GUELTNEY(1982) constituem-se num fator negativo à produtividade agrícola.

Por outro lado, BALASTREIRE(1987) afirma que modernas técnicas de semeadura direta, tem apresentado produtividade tão boas ou em alguns casos, até melhores em relação aos resultados obtidos com o preparo convencional, dependendo, é claro, do tipo de solo, clima e cultura.

Outro aspecto de relevante importância a ser considerado pelos agricultores é que o preparo inadequado que pode contribuir significativamente para o surgimento da erosão. LARSOM & OSBORNE (1982) relataram que as pesquisas e ensaios de campo tem mostrado ser o preparo do solo um dos maiores responsáveis pela deterioração de sua estrutura, sendo a erosão pela ação da chuva e do vento, uma das mais graves consequências. LINDSTROM et al (1981) concluíram que a erosão pode ser controlada a níveis aceitáveis, se fossem utilizados preparos conservacionistas ou sem preparo de solo como a semeadura direta. Como exemplo, os autores citam

resultados obtidos em um Dusky Red Latosol (Latosolo roxo), no cinturão do milho nos Estados Unidos da América, em três preparos de solo diferentes. No preparo convencional a perda de solo foi 21,5 t/ha ano. Preparando-se o solo com arado de escarificador a perda foi de 8,7 t/ha ano. E, na semeadura direta, caiu para 6,5 t/ha ano.

Estudos realizados por SOUZA et al (1987) na região do planalto do Rio Grande do Sul, registraram uma perda de até 90 t/ha durante as fortes chuvas do mês de novembro de 1978, sendo a enxurrada superficial a causa deste fenômeno. O autor concluiu que as camadas compactadas subsuperficiais, um dos fatores que afetam na conservação do solo, são de extrema importância. As diferenças de densidade global das camadas superficiais e das camadas internas compactadas provocam um aumento de escoamento superficial do solo.

MAGALHÃES (1992) Cita que os projetos de implementos de preparo do solo, fundamentados em teorias só passaram a ocorrer no início do século com o surgimento da "Teoria de Mecânica dos Solos (Terzaghi 1885-1963)" e sua aplicação na agricultura através da "Dinâmica dos Solos de GILL e VANDENBERG (1968)". O projeto de implementos de preparo do solo não apenas objetiva altas capacidades operacionais, mas principalmente a qualidade do preparo do solo.

3.1.2 COBERTURA DO SOLO

A existência de uma cobertura superficial protege o solo da dispersão e arraste pela água e pelo vento; minimizando o encrostamento e permitindo maior infiltração de água. A cobertura do solo, reduz também a velocidade de escoamento superficial e assim a capacidade de transporte de sedimentos pela água. A eficiência de qualquer método de preparo do solo para o controle da erosão depende da quantidade de resíduos de culturas deixados na superfície. Quanto maior a percentagem da superfície coberta com resíduos, maior a efetividade no controle da erosão. HAYES (1984).

A eficiência da cobertura no controle da erosão depende de fatores como o tipo e distribuição dos resíduos, intensidade e método de preparo, rugosidade superficial do solo, direção das linhas das culturas, comprimento do declive, facilidade de dispersão do solo e o efeito da folhagem das culturas. A quantidade de resíduos vegetais mantidos sobre o solo por um implemento, até 60 dias após o preparo, é o que influencia mais diretamente o controle da erosão, porque neste período podem ocorrer altas precipitações pluviométricas - MOLDENHAUER (1984). Esta quantidade é função do número de operações secundárias realizadas para nivelar o terreno e incorporar herbicidas. Além disto, os restos de trigo são mais eficientes que os restos de milho ou sorgo, sendo os de algodão e soja os

piores. Para iguais quantidades, os restos mais finos são melhores do que os grosseiros, quando bem distribuídos sobre o solo.

LOPES et al (1987), analisaram a eficácia relativa de diversas quantidades de resíduos culturais de milho, trigo e soja espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. Os resultados revelaram que para a mesma quantidade de massa, os resíduos culturais de trigo apresentaram um percentual de cobertura e da redução das perdas de solo superiores ao do milho que, por sua vez, foi superior a soja, porém, todos foram eficazes. Os autores concluem que no controle da erosão hídrica, a cobertura do solo com resíduos culturais mostrou-se uma prática conservacionista simples e eficaz.

MIRANDA (1986) estudou diferentes condições de preparo reduzido, empregando diversos tipos de implementos e concluiu que os percentuais de cobertura foram semelhantes para os implementos de hastes. A grade de dentes quando usada após os implementos de hastes, aumentou o percentual de cobertura, e nas mesmas condições a grade de discos diminuiu a cobertura.

LAFLEN et al (1981) compararam três métodos de determinação da porcentagem de cobertura do solo com dez tipos de resíduos culturais em dez campos com preparo conservacionista. Os métodos foram:

-Método fotográfico

-Método da régua

-Método da linha transversal (trena)

Os resultados indicaram que o método da linha transversal é o mais adequado e preciso para uso no campo e os autores recomendam cuidados nos treinamentos, para que a cobertura do solo não seja superestimada.

RICHARDS et al (1984) avaliaram a variação da cobertura do solo pelo método da linha transversal e concluíram que, para se obter resultados confiáveis, é mais importante ter múltiplas medidas do que múltiplos observadores.

3.1.3 RUGOSIDADE SUPERFICIAL DO SOLO

A rugosidade na superfície em um solo preparado influencia a quantidade de água que pode ficar retida nas depressões durante e após uma chuva. As pequenas depressões retêm por mais tempo a água empoçada na superfície, retardando o início do escoamento. Além disto, reduzem a velocidade e a energia cinética do escoamento, diminuindo assim o arraste e a dispersão de agregados pela enxurrada. A rugosidade e a porosidade tem grande influência no balanço de energia na superfície do solo. A rugosidade superficial é relacionada com a facilidade com que se formam crostas superficiais durante uma chuva, a resistência destas crostas e as trocas de calor entre o solo e a atmosfera ALMARAS et al (1966); SOUSA (1985).

Segundo ALMARAS et al (1966) dois tipos de rugosidade são produzidos por implementos de preparo do solo:

a) Rugosidade orientada, causada por sulcos ou camaleões e por ondulações no relevo como leivas da aração ou sulcos de cultivador.

b) Rugosidade aleatória, que é uma ocorrência casual de picos e depressões na superfície do solo, sem que se possa distinguir a direção em que a operação foi realizada.

Para LARSON (1964) o microrelevo dos solos e a quantidade de resíduos na superfície são muito afetados pelos métodos de preparo. Operações de preparo secundário como gradagens, cultivações e aplainamento reduzem a rugosidade e a cobertura do solo obtidas no preparo primário. A rugosidade superficial tende a decrescer naturalmente pelo impacto da chuva, secagem e umedecimento do solo, e pela erosão. Sulcamento, camaleões e preparo reduzido mantém a superfície do solo irregular, e são mais eficientes em manter taxas satisfatórias de infiltração de água no solo durante chuvas do que o preparo convencional.

ALMARAS et al (1966) estimaram a rugosidade superficial pelas medidas de elevação dos picos colocados sobre o solo em um perfilômetro. A rugosidade superficial foi tomada como o desvio padrão entre as leituras de elevações. Antes do desvio padrão ser calculado as elevações foram expressas de forma logaritmica, e a rugosidade superficial expressa como:

$$I = S \cdot X$$

I= índice de rugosidade superficial

S= desvio padrão dos logaritmos das elevações

X= média entre as elevações

ALMARAS et al (1967), constataram que a aração aumentou significativamente a rugosidade superficial e uma gradagem posterior com discos ou dentes, reduziu a rugosidade.

DALLMEYER et al (1989) avaliaram o efeito de doze diferentes tipos de preparo do solo em Latossolo Roxo álico, sobre sua rugosidade superficial, verificando que o aumento na intensidade de manipulação do solo induz a correspondente redução na rugosidade. Concluíram que:

a) O índice de rugosidade, conforme proposto por ALMARAS et al (1966), pode ser aplicado para os estudos das relações máquina-solo.

b) Os maiores índices de rugosidade ocorrem nos tratamentos com grade pesada e escarificadores, seguidos de arados de discos. Os menores índices ocorreram nos tratamentos com o uso mais intensivo das grades de discos (gradagem pesada e mais duas gradagens leves).

c) Diferentes ferramentas de manipulação do solo, podem trazer efeito similar na rugosidade superficial.

d) O teor de umidade do solo no momento da aração afeta significativamente a rugosidade superficial, aumentando pouco com baixos teores de umidade, e linearmente com o aumento da umidade acima do limite plástico inferior.

A porosidade inicial do solo também afeta a rugosidade superficial, de maneira inversamente proporcional. No entanto, maiores resistências do solo aumentaram a rugosidade quando o solo está com baixos teores de umidade no momento da operação - ALMARAS (1967). O autor notou uma proporcionalidade entre a resistência do solo ao cisalhamento e a rugosidade da superfície.

3.1.4 RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO

A resistência do solo à penetração é um parâmetro dinâmico composto que depende da densidade do solo, do teor de umidade e do tipo de solo. A análise dos valores da resistência à penetração ao longo do perfil do solo, antes e após o preparo, pode ser usada para: verificar o grau de mobilização do solo; identificar camadas de maior resistência (chamadas de camadas compactadas); determinar a eficiência residual de implementos de mobilização do solo; e avaliar o potencial para o desenvolvimento das raízes MIRANDA (1986).

Os penetrômetros tem sido usados para avaliar a resistência mecânica do solo, por serem de uso rápido e simples. Podem ser do tipo estático ou de impacto. O valor da resistência média tem sido denominado índice de cone GILL e VANDENBERG (1968). O penetrógrafo estático, tem sido o mais usado, o qual registra continuamente em gráfico a resistência a penetração em relação a profundidade HILLEL (1980). Os penetrógrafos são usados ainda para avaliar o

impedimento mecânico à emergência de plântulas, na estimativa da força de tração requerida para o preparo do solo, bem como para indicar a trafegabilidade do solo - CHANCELLOR (1977).

AYRES e PERUMPRAL (1982), citam que o valor máximo para o índice de cone é obtido a um teor de umidade específico para cada tipo de solo, sendo que este valor aumenta com o aumento no teor de argila do solo. Segundo CHANCELLOR (1977), o teor de umidade do solo pode mascarar diferenças de densidade, por isto não se pode usar dados de resistência à penetração sem conhecer o teor de umidade do solo.

O índice de cone é afetado pelo sistema de preparo, existindo variação em função do tipo de solo. Os métodos que apresentam maior mobilização, apresentam menor resistência à penetração e maior zona para desenvolvimento de raízes; a compactação de camadas subsuperficiais é um problema neste tipo de preparo além do aumento nas perdas de solo por erosão. A recompactação do solo depende do método de preparo, tipo de solo e tráfego de máquinas; mas a recompactação ocorre mesmo sob semeadura direta. O efeito residual dos diferentes métodos de preparo tem duração variável. Os resultados levaram os pesquisadores a recomendar uma rotação no tipo de preparo, mesmo quando sistemas de tráfego controlado de máquinas forem usados - LINDSTRON e ONSTAD (1984).

3.1.5 DIÂMETRO MÉDIO GEOMÉTRICO

A caracterização da condição do solo, baseada somente na descrição do sistema de preparo utilizado é vaga e confusa. GILL e VANDENBERG (1968) e COLVIN et al (1984) recomendam que o tipo de preparo não deve ser definido apenas pelo equipamento utilizado, mas sim por parâmetros que caracterizam a condição final da camada de solo mobilizada.

O dano físico do solo pode ser definido segundo SPOOR (1982), como qualquer variação no solo prejudicial ao desenvolvimento e a produção das culturas; dentre os fatores que mais causam dano ao solo o principal é a degradação da estrutura natural do solo devido ao preparo inadequado.

SCHAFFER et al (1985) consideram que a operação de preparo representa essencialmente o manejo da estrutura do solo, o qual, tem efeito marcante sobre o tamanho, a distribuição e a estabilidade dos agregados.

BAVER (1966) afirma que a estabilidade estrutural representa a resistência que os agregados do solo oferecem às influências de desintegração pela água e pela manipulação mecânica. Segundo NICHOLS & REAVES (1955) citado por GAMERO et al (1986) a modificação da estrutura do solo por um determinado equipamento de preparo dependerá em grande parte da frequência de utilização do mesmo e da consistência do solo; os benefícios ou danos decorrentes da operação de preparo dependerão fundamentalmente da estrutura

e da consistência do solo, tornando necessária a avaliação destas propriedades. A criação de uma condição favorável no solo é um dos principais objetivos do preparo, segundo HENDRICK & GILL (1971)

Para MIRANDA (1986) a quantificação da distribuição por tamanho dos agregados secos, após a operação de preparo do solo, permite avaliar o efeito do equipamento utilizado. Por outro lado, HAWKINS & BROWN (1963) afirmam que muitos pesquisadores têm avaliado parâmetros tais como a estabilidade e a distribuição por tamanho dos agregados, mas tem falhado em não mostrar relações consistentes entre estes e o desenvolvimento das plantas.

GISH & BROWNING (1948) relatam que existem vários fatores, além do sistema de preparo adotado, que influenciam o tamanho, a distribuição e a estabilidade dos agregados do solo. Entre esses fatores encontra-se o método de coleta e de manipulação da amostra, a época do ano, o teor de umidade do solo por ocasião da amostragem, as práticas anteriores de manejo do solo, o método de avaliação e a forma de expressar os dados de agregação.

BAVEL (1949) acrescenta que o diâmetro médio geométrico dos agregados, por ser um índice sensível ao estado de agregação do solo, pode ser utilizado em estudos estatísticos ou de correlação com produções das culturas e tratamentos de preparo do solo.

GAMERO (1986), sugere que o diâmetro médio geométrico pode ser usado como um índice para determinar a distribuição do tamanho dos agregados, e determiná-lo pelo método descrito por MAZURAK(1950) citado por MACIEL (1993)

$$DMG = \exp \left(\frac{\sum W_i \log d_i}{\sum W_i} \right)$$

W_i = peso retido em cada classe de tamanho

d_i = diâmetro médio da classe

3.2 ENSAIOS E TESTES DE MÁQUINAS DE PREPARO DO SOLO

SILVEIRA & KURACHI (1972) citam que o desenvolvimento da indústria de máquinas agrícolas, apresentou dificuldades técnicas resultante da sua complexidade. A mecanização da agricultura passou a ser aceita como uma necessidade dos tempos modernos; estas empresas lotaram os mercados com uma grande variedade de marcas e modelos, muitas delas apresentando graves defeitos técnicos ou revelando-se quase inoperantes. As consequências maléficas que o uso inadequado dessas máquinas provocam na economia rural passou a constituir motivo de preocupação para os governantes obrigando-os a instituírem medidas legislativas apoiadas tecnicamente, com o fim de obterem o controle de qualidade das máquinas destinadas a fins agrícolas.

Segundo DALLMEYER (1989) existem poucos países em que são realizados ensaios de campo de

equipamentos de preparo de solo não existindo normas de ensaio internacionais.

As normas tem seu lugar como forma moderna de transferência de tecnologia, paralelamente às modalidades mais usuais de literatura técnica.

As Normas Brasileiras são resultantes de um processo de consenso nos diferentes fóruns do sistema, cujo universo abrange o governo, o setor produtivo, o comércio e os consumidores. As Normas Brasileiras em suas prescrições visam obter:

- a) defesa dos interesses nacionais
- b) racionalização na fabricação ou na produção e na troca de bens e serviços, através de operações sistemáticas e repetitivas
- c) proteção dos interesses dos consumidores
- d) segurança de pessoas e bens
- e) uniformidade dos meios de expressão e comunicação

Segundo o CB-12 (Comitê Brasileiro de Agricultura, Pecuária e Implementos) da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a Comissão de Estudos de Máquinas e Implementos para Preparo de Solo, já definiu normas, algumas em fase de registro e outras já registradas, do tipo classificação e terminologia para arado, grade de discos, grade de dentes, escarificador, subsolador, enxada rotativa e cultivador; sendo que o único método de ensaio em fase de elaboração é para grade de discos.

No Brasil já se realizaram alguns ensaios de campo de equipamentos de preparo de solo. No Centro de Mecânica Agrícola, Jundiaí (1968) foram ensaiados os implementos IMASA avaliando os seguintes itens :

- Largura de corte
- Profundidade de trabalho
- Área da seção trabalhada
- Capacidade efetiva de trabalho
- Força de tração requerida

SOUSA (1972) estudou o "Efeito da velocidade de operação do arado de discos de arrasto, na componente longitudinal do esforço traçador". e concluiu que o aumento na velocidade de deslocamento do arado provoca um conseqüente acréscimo na exigência da força específica média, o que, representa um aumento na componente longitudinal do esforço traçador.

SILVEIRA (1977) realizou um estudo experimental de máquinas de movimentação do solo, e concluiu que a força líquida necessária para a aração foi maior no arado semimontado em relação aos de arrasto e montado; e quanto à potência os arados de arrasto e semimontado foram mais exigentes do que o acoplado.

Ainda SOUSA (1980) analisou o efeito da umidade, inclinação do disco e velocidade de aração sobre algumas características físicas de um Latossolo roxo utilizando um arado de discos.

A Divisão de Engenharia Agrícola do Instituto Agrônômico de Campinas (DEA-IAC) analisou o efeito da velocidade de deslocamento e profundidade de operação sobre a força de tração, potência e tração específica de um arado de seis discos e os efeitos da velocidade de deslocamento e ângulo de abertura entre as seções sobre a força de tração e potência exigida para uma grade de 24 discos. Os ensaios dinamométricos foram realizados em terreno predominantemente arenoso e a variação na tração específica não ocorreu de maneira linear.

No Centro Nacional de Engenharia Agrícola (CENEA) foi elaborado um "Método de Ensaio" para Grade Agrícola de Disco e um Procedimento para Ensaio de Campo para Arados de Aiveca, tendo sido ensaiados os arados da marca Maschieto modelo A-4 e A-6.

O Centro de Máquinas Agrícolas da Universidade Federal de Pelotas (CEMA-UFPel) avalia :

- Análise do grau de desagregação do solo
- Análise do grau de descompactação do solo
- Potência necessária

Alguns trabalhos de pesquisa realizados na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) indicam alguns parâmetros úteis na avaliação de equipamentos de preparo de solo a campo. MIRANDA(1986) avaliou:

- Distribuição do tamanho de agregados
- Cobertura do solo
- Rugosidade superficial

- Infiltração de água no solo

Já LANÇAS (1988), avaliando subsoladores, estudou-os em termos de :

- Parâmetros relacionados com força e potência na barra de tração
- Relacionados com os resultados operacionais
- Resistência à penetração do solo

Na Eidg Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Suíça (1989), é utilizado o "implemento padrão", isto é, ao invés do equipamento em ensaio necessitar alcançar condições mínimas prescritas (condições padrão), ele é comparado a outro implemento indicado e seu comportamento relatado. Segundo DALLMEYER (1989) pode surgir como interessante alternativa aos ensaios especificamente os comparativos, evitando a preocupação exagerada por vezes com fixação de condições padrão dos ensaios, nem sempre alcançáveis ou disponíveis em função das disparidades regionais.

Também na Deutsche Landwirtschaft Gesellschaftm (DLG), Alemanha (1984) é utilizada o princípio do implemento padrão; no equipamento em avaliação são verificados condições construtivas e dados técnicos, além de acessórios eventualmente disponíveis. No ensaio em si são emitidos pareceres sobre :

- Adequação do equipamento à tarefa
- Qualidade do trabalho
- Condições operacionais extremas

- Incorporação de resíduos
- Segurança contra obstáculos
- Capacidade operacional
- Trator (potência) necessária para o acionamento do equipamento
- Segurança de operação
- Durabilidade
- Montagem do equipamento
- Manutenção

GODWIN et al. (1987) compararam um modelo teórico desenvolvido por HETTIARATCHI et al (1966) com dados experimentais de campo, para estimar a força de tração e resistência específica nos discos de arados em função do aumento no ângulo horizontal e determinaram a curva apresentada na figura 2.

$$P = (\gamma d^2 N_\gamma + cdN_c + qdN_q)l \quad \text{onde}$$

P = força de tração

d = profundidade do disco

γ = densidade do solo

c = coesão

q = aumento da força em função do aumento no ângulo de ataque horizontal $q = (R - d)\gamma \tan \epsilon$; onde R é o raio do disco e ϵ o ângulo de ataque horizontal.

l = largura de corte

N_γ, N_c, N_q números dimensionais fornecidos por HETTIARATCHI et al. (1966) ou HETTIARATCHI e REECE (1974)

OMETO (1988) desenvolveu um "Estudo Dinamométrico em Máquinas de Preparo do Solo" visando determinar o efeito de diferentes velocidades operacionais no esforço de tração e potência para algumas máquinas de preparo em solo de textura argilosa, e registrou nos tratamentos um aumento significativo da tração correspondente a um aumento da velocidade no caso do arado de discos.

4. MATERIAIS e MÉTODOS:

4.1. MATERIAIS

Na realização do presente trabalho, foram utilizados os seguintes materiais :

4.1.1 TRATORES

Para tracionar o arado, foi utilizado um sistema denominado "comboio". Este conjunto consta de dois tratores, sendo um onde é acoplado o implemento e o outro para tracioná-lo. Entre os dois tratores foi instalada uma célula de carga (Figuras 12 e 13 nos ANEXOS).

Foi utilizado para tração um trator de rodas pneumáticas, 4X2, da marca Massey Ferguson, modelo MF 290 com motor Diesel de 4 cilindros e uma potência máxima de 66,24 kW; tracionando outro trator da marca CBT, modelo 8240 com motor Diesel de 4 cilindros, potência máxima de 64,00 kW, equipado com controle remoto associado ao sistema hidráulico para reversão do implemento.

As diferentes velocidades foram obtidas através de prévia seleção nas marchas do trator utilizado para tração, trabalhando sempre na mesma rotação (1800rpm). Para a velocidade denominada de V1, correspondente a uma

média de 2.5 km/h utilizou-se 2º reduzida; V2, correspondente à 4.9 km/h, utilizou-se 4º reduzida e V3 correspondente à 6.0 km/h utilizou-se 1º simples.

4.1.2 ARADO

Foi utilizado um arado de 3 discos, montado, reversível, da marca JAM, modelo AR 330, nº de série 001, com as seguintes características:

a) Diâmetro dos discos 30 polegadas (760mm) com afiação interna.

b) Concavidade dos discos 6,52

c) Diâmetro da roda guia 550mm

d) Espaçamento entre discos 585mm

e) Altura da torre 345mm

f) Comprimento da viga principal (apo) 1430mm

O sistema de reversão é feito por um cilindro hidráulico de dupla ação, com válvulas de retenção que impedem a reversão espontânea dos discos durante a operação e acionado pela alavanca de controle remoto.

A roda guia se desloca no momento da reversão, posicionado-se sempre junto ao último disco do arado, proporcionando estabilidade durante a operação.

A profundidade de corte é controlada, basicamente, pela alavanca de profundidade do sistema hidráulico do trator, e deve-se regular a pressão da mola da roda guia.

O ângulo horizontal dos discos é regulado através de um cursor e uma chapa vasada posicionada entre o chassi e a viga principal. Deslocando-se o cursor para frente o ângulo de corte dos discos é aumentado em todos os discos simultaneamente. Para realização do ensaio, os discos apresentaram uma angulação de: $L1=35^\circ$, e corresponde a uma largura de corte de 84,0 cm ; $L2=43^\circ$ e corresponde a uma largura de corte de 92,5 cm ; $L3=52^\circ$ e corresponde a uma largura de corte de 105 cm.

O ângulo vertical dos discos não apresenta regulagens e possui 22° de inclinação.

O arado é acoplado ao trator pelo sistema de engate de três pontos (Figura 10 nos ANEXOS).

4.1.3. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Para medição e registro dos valores da componente longitudinal do esforço tratório, os dados obtidos foram enviados a um condicionador de sinais e registrados em um gravador marca Kyowa, modelo RTP 510B (Figura 18 nos ANEXOS). Para conversão dos sinais digitais foi utilizado um conversor AD ISAAC acoplado a um computador Apple IIe

4.1.4 APARELHO MEDIDOR DO CONSUMO DE COMBUSTIVEL

Para medir o consumo de combustível foi desenhado e construído um aparelho descrito por GAMERO(1986) composto por uma caixa de alumínio, uma proveta de 500ml e

duas válvulas solenóides de três vias para controle automático do fluxo, com acionamento elétrico conectado à bateria de 12 V do trator. Na base da proveta se encontram a saída do combustível e a entrada do retorno da injetora e dos bicos (Figuras 14 e 15 e ANEXO 2).

4.1.5 OUTROS EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

Além dos já citados, outros equipamentos e materiais foram empregados para complementação dos ensaios e para caracterização do solo, tais como: penetrômetro para determinação da resistência à penetração; perfilômetro para determinação da rugosidade superficial e perfil do solo; caixa metálica e jogo de peneiras para análise granulométrica, trena de 20m para determinação da cobertura vegetal (Figuras 19, 20 e 21); anel volumétrico, balança, estufa, cronômetro e vidrarias diversas.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO ENSAIO

O ensaio foi realizado em Latossolo roxo, no campo experimental da Universidade de Campinas na unidade do Centro de Pesquisa Pluridisciplinar Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA). Croqui da área experimental é apresentado no (ANEXO 1)

Foram coletadas amostras a 15cm de profundidade para determinação da densidade aparente e

umidade do solo; e seus valores mostrados nas Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1: Valores da densidade aparente (g/cm²).

PARCELA	* V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
BLOCO 1	1,28	1,21	1,10	1,12	1,22	1,23	1,33	1,13	1,20
BLOCO 2	1,33	1,33	1,25	1,31	1,29	1,23	1,16	1,26	1,22
BLOCO 3	1,32	1,40	1,31	1,34	1,27	1,15	1,21	1,21	1,28

* V1 corresponde à velocidade 1; L1 corresponde à largura 1 (vide pg 24 e 26) e B1 corresponde ao Bloco 1

Tabela 2: Valores do teor de umidade no dia do ensaio (%).

PARCELA	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
BLOCO 1	18,4	21,4	18,9	19,5	19,2	19,9	20,5	20,6	15,4
BLOCO 2	20,9	22,8	22,5	21,7	19,5	19,8	26,1	19,7	19,0
BLOCO 3	18,6	20,6	22,0	19,0	22,2	21,2	20,4	19,4	21,4

Os valores da análise granulométrica são mostrados na Tabela 3

Tabela 3: Análise granulométrica (%).

AMOSTRA	ARGILA	SILTE	AREIA TOTAL
1	60	16	24
2	59	15	26
3	63	12	25

Os valores da resistência à penetração se encontram no anexo 4.

A coesão do solo tem valor médio de 0,32 kpa e o ângulo de atrito interno 20°.

O terreno apresenta uma declividade de 0,3% e se encontrava coberto por ervas daninhas de pequeno porte, em sua maioria do tipo Picão preto (Bidens pilosa L), Carrapicho (Acanthoespermun hispidiun) e Capim (Rhynchelitrun roseum).

4.3. METODOS

Antes de se iniciar o ensaio propriamente dito, foram feitos alguns testes preliminares, onde foram levantadas as características dimensionais e ponderais, apresentadas no item 4.1.2, e também foram realizados alguns testes de campo a fim de regular o implemento corretamente, e observar possíveis falhas durante o ensaio.

Nos dias 11 e 12 de fevereiro de 1992, foi realizado o ensaio. A área havia sido previamente demarcada e com um sulco aberto, pelo próprio arado, ao longo das parcelas para que os tratores se deslocassem com as rodas de um dos lados dentro do sulco.

4.3.1 INCORPORAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL

Para determinação da incorporação da cobertura vegetal, foi utilizado o método da trena LAFLEN et al (1981), que consiste em esticar uma trena de 20m de comprimento sobre a superfície do terreno no sentido diagonal dentro da parcela experimental. A cada 10 cm foi

feita a leitura dos pontos que coincidiram com restos vegetais, totalizando 200 leituras por parcela que divididas por 2 dá a porcentagem de cobertura da superfície do terreno com restos vegetais. Foram feitas leituras antes da passagem do implemento e após; por diferença estima-se a incorporação da cobertura vegetal. (Figura 20 nos ANEXOS)

4.3.2 RUGOSIDADE SUPERFICIAL

A rugosidade superficial foi determinada com o uso do perfilômetro (Figura 19 nos ANEXOS) contendo 40 hastes espaçadas de 35 mm e graduadas de 5 em 5 mm, montado sobre uma base previamente nivelada. O equipamento foi deslocado em 300 mm no sentido longitudinal por duas vezes, totalizando três leituras, correspondente a 120 pontos após a passagem do implemento.

O índice de rugosidade foi calculado pelo método proposto por ALLMARAS et al (1966), descrito no item 3.1.5 do capítulo anterior.

O cálculo dos índices de rugosidade foram feitos em planilha eletrônica.

4.3.3 RESISTENCIA A PENETRAÇÃO

Para se determinar o valor médio da resistência à penetração, foram realizadas três leituras por parcela. As leituras foram acompanhadas por amostragem de solo para determinação do teor de umidade. Para obtenção da resistência à penetração foi utilizado um gabarito impresso

sobre uma transparência o qual apresenta a resistência à penetração (N) versus a profundidade (cm).

Os valores da resistência à penetração se encontram no ANEXO 4.

4.3.4 TEOR DE UMIDADE DO SOLO

Foram coletadas amostras a 15 cm de profundidade por ocasião das tomadas de resistência à penetração e aração. A coleta foi feita em latas de alumínio, lacradas com fita adesiva para impermeabilização e seus valores determinados pelo método gravimétrico após secagem em estufa a 105° C por 24h.

Os valores do teor de umidade se encontram na Tabela 2.

4.3.5 DIÂMETRO MÉDIO GEOMÉTRICO

Após a execução de cada tratamento, no centro da parcela, foi cravada a caixa metálica, (Figura 21 nos ANEXOS), até alcançar a profundidade de preparo. Após a retirada do solo das laterais externas da caixa com o auxílio de uma enxada, foi introduzida uma chapa de aço que lhe serviu de fundo, e o material colocado em caixa de papelão e lacrado imediatamente com fita colante.

Uma vez coletadas as amostras em todas as parcelas as caixas foram transportadas para o laboratório, abertas e secas em estufa a 105° por 24h com o objetivo de

eliminar a umidade existente e conferir resistência aos agregados durante o peneiramento.

Após a retirada de cada amostra da estufa, foram resfriadas e passadas em jogo de peneiras com as seguintes aberturas de malhas em mm: 101,60; 76,20; 30,80; 25,40; 19,05; 12,70; 5,35; 6,36; 1,68. Dessa maneira obteve-se o peso de agregados retidos em cada classe de tamanho.

De posse dos pesos retidos em cada peneira foi possível determinar o diâmetro médio geométrico pelo método descrito anteriormente por MAZURAK (1950)

Os cálculos dos diâmetros médios geométricos foram feitos com auxílio de calculadora eletrônica programável.

4.3.6 FORÇA DE TRAÇÃO

Para obtenção da força de tração foi utilizado o sistema descrito nos itens 4.1.1 e 4.1.3.

Foi determinada uma força, denominada tara, necessária para tracionar o trator de acoplamento. Por diferença entre a força de tração e a tara obteve-se a componente longitudinal do esforço tratório.

4.3.7 CONSUMO DE COMBUSTIVEL

O consumo de combustível, foi determinado através do aparelho medidor de consumo de combustível (Figuras 14 e 15 e ANEXO 2). Quando o aparelho se encontra com os solenóides desligados, o trator funciona com o

combustível do tanque e o retorno volta para o tanque. Energizando-se apenas a solenóide de retorno, o combustível sai do tanque e o retorno vai para a proveta carregando-a automaticamente. Quando as solenóides estão ligadas o aparelho se encontra em funcionamento ou seja: o combustível é retirado da proveta e o retorno volta para a proveta, marcando o consumo durante a operação.

4.3.8 POTENCIA REQUERIDA

Para cada tiro do trator, foi medido o tempo do percurso, para posterior cálculo da velocidade e da potência requerida.

4.3.9 RESISTENCIA ESPECIFICA

A resistência específica é o quociente entre a força de tração e a área trabalhada.

A área foi determinada pela diferença entre o perfil inicial do solo e o perfil final do sulco, medidos com o auxílio do perfilômetro. O solo mobilizado foi retirado com o cuidado necessário para não afetar a área não mobilizada.

4.3.10 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento utilizado foi: Blocos casualizados em esquema fatorial - GOMES (1987). Procurando analisar o efeito do arado de disco, trabalhando em três

velocidades, e três larguras de corte; considerando três repetições (blocos).

Será estabelecida uma interação entre as parcelas para analisar o trabalho executado em determinadas condições conhecidas e os dados comparados, através da análise de variância, por programa computacional SANEST.

As médias foram comparadas através do teste de Tukey e foi realizada uma regressão polinomial para ajustar os dados a um modelo matemático.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante levantamento de dados deste experimento, houve dificuldade em manter a profundidade de corte dos discos do arado com valores constantes, isto inviabiliza a análise da variação da força de tração isoladamente em função da velocidade ou largura de corte.

Os resultados portanto são discutidos em função da resistência específica, e nas condições em que foi realizado o ensaio apresentaram os seguintes valores:

5.1 RESISTENCIA ESPECÍFICA

Para determinação da resistência específica, são mostrados nas tabelas 4 e 5, os valores da força de tração e da área trabalhada.

Tabela 4: Valores da força de tração líquida em kN.

PAR	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
B 1	10,19	12,24	14,38	10,93	11,21	13,34	08,57	11,31	14,79
B 2	11,56	12,64	12,94	09,78	14,21	14,48	12,96	10,85	14,37
B 3	08,38	12,43	13,23	09,07	12,71	15,97	09,39	12,60	12,50

Tabela 5: Valores das áreas da seção trabalhada em cm^2 .

PARCELA	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
BLOCO 1	1499	2079	2096	1302	1837	1823	1354	1928	1424
BLOCO 2	1792	2037	2058	2047	2138	2016	1501	1872	1496
BLOCO 3	1298	1797	2411	0987	1809	2215	1659	1946	1997

Os resultados da relação entre força de tração/área trabalhada, são mostradas na Tabela 6, e pelos resultados da análise de variância mostrados no Quadro 1, pode-se observar que a resistência específica não apresentou diferença significativa com relação à variação da largura de corte, tendo contudo um aumento significativo em relação à variação da velocidade.

Tabela 6: Valores da resistência específica em N/cm^2 .

PARCELA	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
BLOCO 1	6,79	5,88	6,86	8,39	6,10	7,32	6,33	5,86	10,39
BLOCO 2	6,45	6,20	6,29	4,78	6,45	7,18	8,67	5,78	9,60
BLOCO 3	6,37	6,95	5,39	9,11	6,95	7,15	5,58	6,64	6,26

Quadro 1: Análise de variância para resistência específica.

CAUSAS VAR	GL	SQ	QM	VALOR DE F	Pbb>F
VELOCIDADE	2	3,4638	1,7319	1,5652	0,04834
LARGURA	2	4,7721	2,3860	1,0872	0,36204
VELOC*LARG	4	7,1112	1,7778	0,8100	0,53839
BLOCO	2	1,1446	0,5773	0,2630	0,77474
RESIDUO	16	35,1164	2,1947		
TOTAL	26	51,6182			

A resistência específica apresentou um valor médio de 6,84 N/cm² e um coeficiente de variação de 21,63%.

Com o aumento da velocidade ocorreu um aumento significativo, sendo que V1 apresentou a menor média com valor de 6,34 N/cm² seguido por V2 com valor médio de 7,03 N/cm² e V3 com valor médio de 7,16 N/cm².

Estes resultados estão de acordo com McKIBBEN e REED (1952), que apresentam dados de um grande número de ensaios de implementos de preparo do solo em 13 solos diferentes e afirmam ser evidente o aumento da componente longitudinal do esforço tratorio quando se aumenta a velocidade.

Resultados semelhantes são apresentados por SOUSA (1972) em ensaio realizado com arado de disco de arrasto, e concluiu que o aumento da velocidade provoca um acréscimo na componente longitudinal do esforço tratorio. MOREIRA et al(1984) ensaiando arados de discos concluíram que a variação da força de tração com o aumento da velocidade, não foi linear.

KAWAMURA (1985) estudou a força de tração e a resistência específica em função da velocidade e ângulo horizontal para discos de arados, e concluiu que a variação foi linear para os ângulos de 22° e 30° e confirma os resultados obtidos no presente trabalho .

Pelos valores mostrados no Quadro 2, podemos observar que houve uma variação linear e ajustar os dados

segundo a equação ($Y = 5,859 + 0,231 \cdot X$) e pela equação da regressão pode-se ajustar as médias mostradas na Tabela 7.

Quadro 2: Análise de variância da regressão polinomial para os níveis de velocidade.

CAUSA DA VAR	GL	SQ	QM	VALOR DE F	Pbb>F
REGRES LINEAR	1	3,4353162	3,4353162	1,56522	0,04834
REGRES QUADR	1	0,0285259	0,0285259	0,01300	0,90670
RESIDUO	16	35,1164927	2,1947808		

Tabela 7: Médias ajustadas pela equação de regressão.

VELOCIDADES (km/h)	MÉDIAS OBSERVADAS (N/cm ²)	MÉDIAS CALCULADAS (N/cm ²)
2,16	6,3482	6,3592
4,89	7,0342	6,9901
5,79	7,1649	7,1981
COEF DETERMINAÇÃO	0,9918	

Os resultados podem ser melhor visualizados na Figura 1, onde estão também mostrados os valores estimados pela equação apresentada no AGRICULTURAL ENGINEERS YEARBOOK (1979), para um disco de 26 polegadas, e um solo argiloso ($Y = 5,2 + 0,039 \cdot X^2$).

Apesar dos valores obtidos pela resistência específica apresentarem uma variação linear, pode-se observar através da Figura 1, que houve uma grande aproximação com os valores fornecidos pela equação acima.

GODWIN et al. (1987) realizaram estudos experimentais da resistência específica em função do ângulo

RESISTÊNCIA ESPECÍFICA

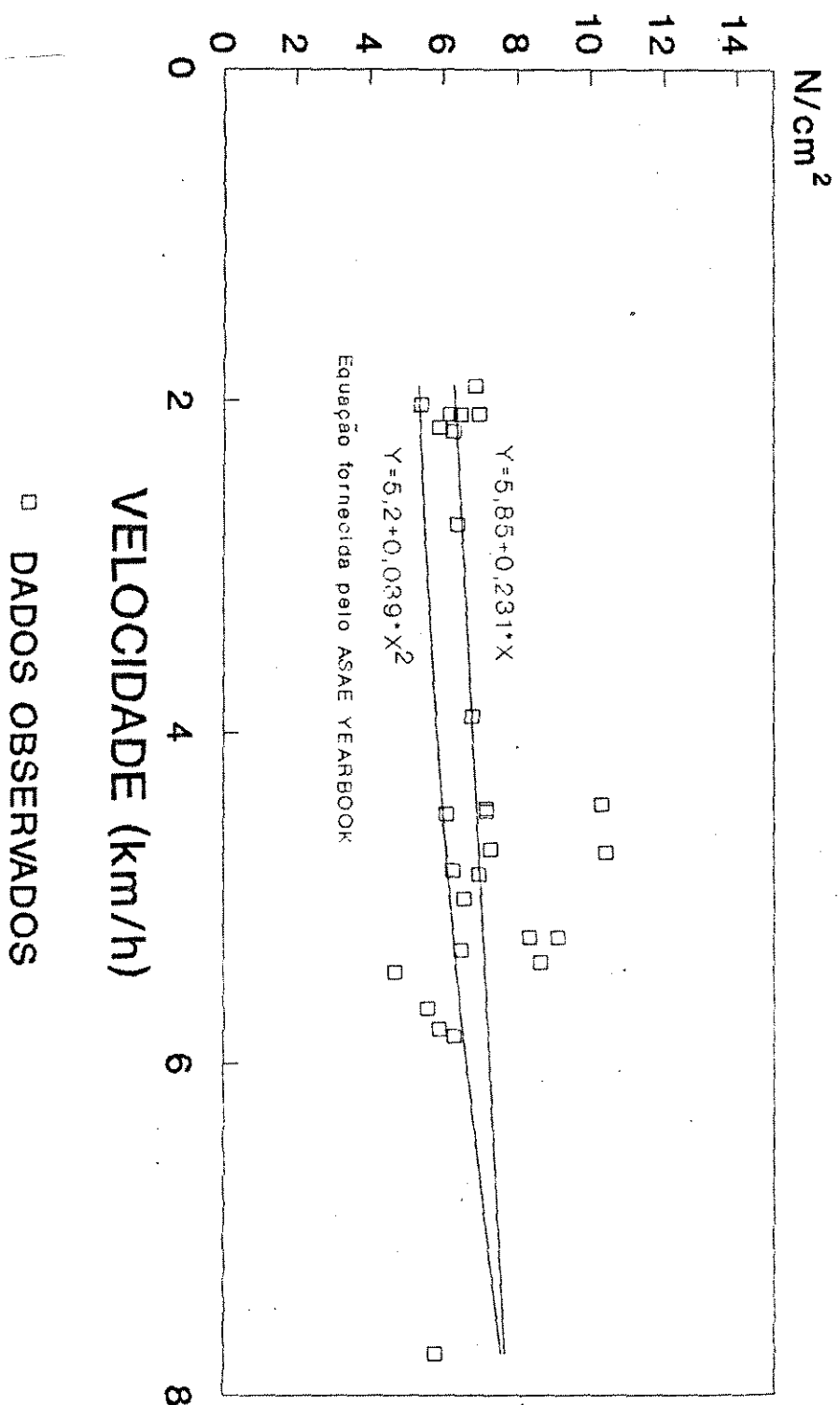


Figura 1 Variação da resistência específica em função da velocidade para um Latossolo roxo comparado com valores fornecidos pelo ASAE YEARBOOK.

RESISTÊNCIA ESPECÍFICA

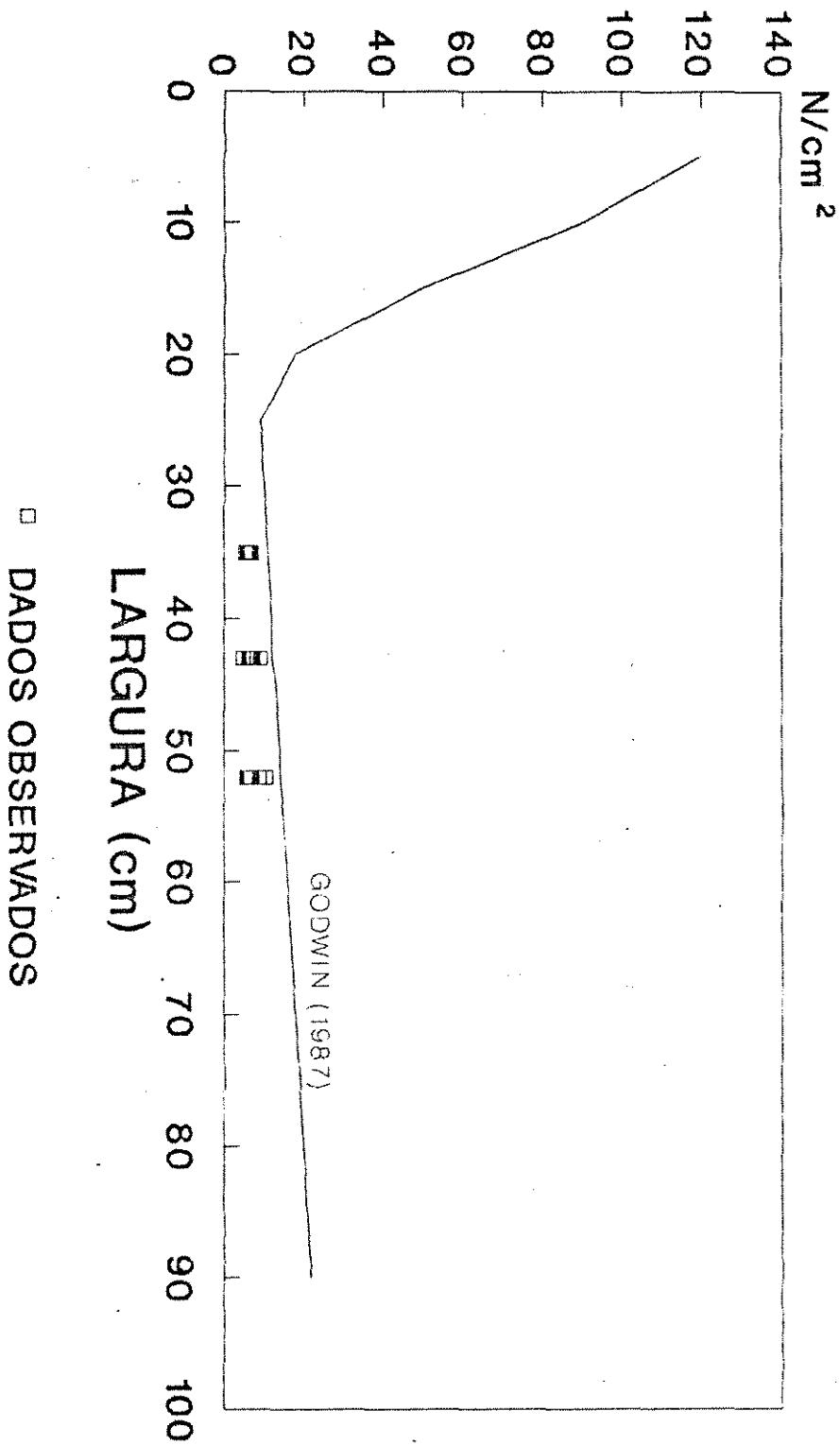


Figura 2 Variação da resistência específica em função do ângulo de ataque horizontal para um Latossolo roxo comparado com valores fornecidos por GODWIN.

de ataque horizontal (largura de corte) em canal de solo, com discos de arados tracionados por um carró dinamométrico, e concluiu que os mínimos valores da força de tração e resistência específica ocorrem entre os ângulos de 20° a 30°. Os autores apresentam também uma equação descrita no item 3.2, cujos resultados são plotados na Figura 2, juntamente com os obtidos experimentalmente neste trabalho, onde pode-se observar que apesar dos dados experimentais não apresentarem variação significativa, estão bem próximos dos calculados.

5.2 POTÊNCIA ESPECÍFICA

Os valores das velocidades e das potências, são mostrados nas Tabelas 8 e 9. Pelos resultados da análise de de variância mostrados no Quadro 3, pode-se observar que a potência específica não variou com a largura de corte.

O aumento na largura de corte não alterou os valores da potência específica; apesar da resistência específica manter-se constante, e a velocidade apresentar uma pequena redução devido ao fato de não variar as rotações do motor, isto não ocasionou diferença significativa nos valores da potência.

A potência específica apresentou um valor médio de 11,12 W/cm² e um coeficiente de variação de 13,334%

Tabela 8: Valores das velocidades em km/h em que se realizou o ensaio.

PARCELA	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
BLOCO 1	3,90	2,16	1,91	5,23	4,89	4,70	5,83	5,79	4,72
BLOCO 2	2,08	2,08	2,18	5,44	5,00	4,47	5,38	7,74	4,43
BLOCO 3	2,74	2,08	2,02	5,23	4,85	4,45	5,66	5,31	4,83

Tabela 9: Valores da potência específica em W/cm².

PARCELA	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
BLOCO 1	10,0	04,7	04,9	16,5	11,3	13,0	13,9	12,8	18,5
BLOCO 2	05,1	04,8	05,1	09,8	12,5	12,1	17,5	16,9	16,1
BLOCO 3	05,5	05,2	04,1	17,4	12,4	11,3	12,3	13,2	12,7

Quadro 3: Análise de variância para potência específica.

CAUSAS VAR	GL	SQ	QM	VALOR DE F	Pbb>F
VELOCIDADE	2	441,65	220,82	40,6076	0,00001
LARGURA	2	11,87	5,93	1,0917	0,36055
VEL*LARG	4	12,19	3,04	0,5605	0,69708
BLOCO	2	7,50	3,75	0,6897	0,51995
RESÍDUO	16	87,00	5,43		
TOTAL	26	560,21			

Com o aumento da velocidade de operação, houve um acréscimo na demanda de potência específica; sendo que V3 apresentou a maior média com valor de 14,89 W/cm², seguida por V2 com valor médio de 12,94 W/cm² e V1 com valor médio de 5,51 W/cm².

Pela análise de variância da regressão polinomial dentro dos níveis de velocidade, Quadro 4, pode-

POTÊNCIA ESPECÍFICA

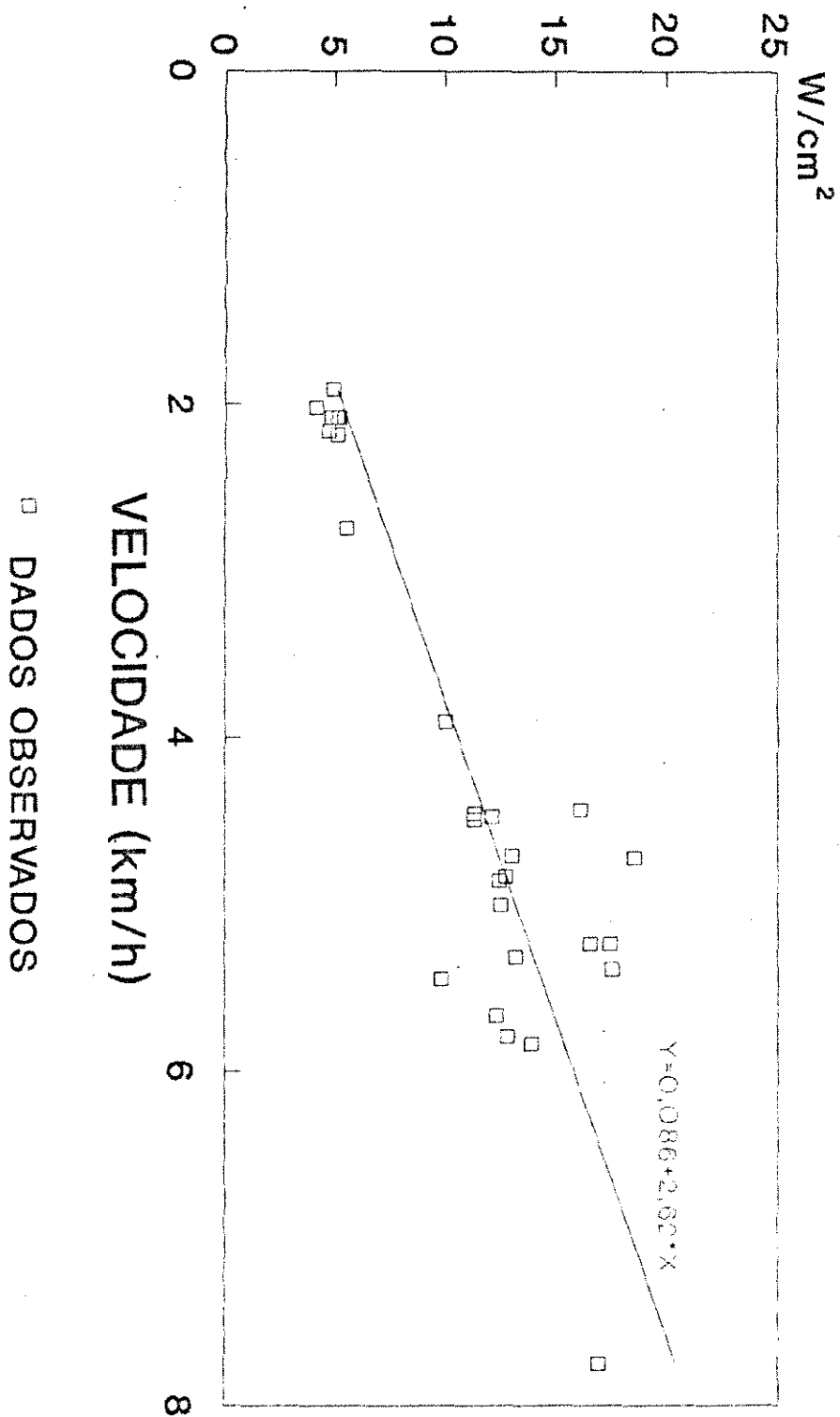


Figura 3 Variação da potência específica em função da velocidade de deslocamento.

-se observar que os dados apresentam uma variação linear, e ajustá-los segundo a equação $Y = -0,086 + 2,62 \cdot X$.

Quadro 4: Análise de variância da regressão polinomial para os níveis de velocidade.

CAUSAS VAR	GL	SQ	QM	VALOR F	Pbb>f
REGRES LINEAR	1	440,8759	440,8759	81,07279	0,00001
REGRES QUADR	1	0,7745	0,7745	0,14244	0,71140
RESIDUO	16	87,0084	5,4380		

Os resultados podem ser melhor visualizados na Figura 3, e pela equação de regressão podemos ajustar as médias mostradas na Tabela 10

Tabela 10: Médias ajustadas pela equação de regressão.

VELOCIDADES (km/h)	MÉDIAS OBSERVADAS (W/cm ²)	MÉDIAS CALCULADAS (W/cm ²)
2,16	5,51	5,56
4,89	12,94	12,71
5,79	14,89	15,07
COEF DETERMINAÇÃO		0,9923

5.3 CONSUMO DE COMBUSTIVEL

Os valores do consumo de combustível são mostrados na Tabela 11. Pelos resultados da análise de variância apresentados no Quadro 5, pode-se observar que o consumo de combustível variou com o aumento da velocidade, mas não apresentou diferença significativa em relação à largura de corte.

Tabela 11: Valores do consumo de combustível em ml/m³.

PARCELA	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
BLOCO 1	9,02	9,30	9,41	7,06	7,55	7,07	5,85	6,71	6,41
BLOCO 2	8,70	9,13	8,21	7,28	7,04	7,13	5,72	6,89	5,87
BLOCO 3	9,54	9,27	8,87	7,15	7,47	7,07	6,72	5,66	5,73

Quadro 5: Análise de variância para consumo de combustível.

CAUSAS VAR	GL	SQ	QM	VALOR F	Pbb>F
VELOCIDADE	2	38,32250	19,1612	116,064	0,00001
LARGURA	2	0,58458	0,292	1,7705	0,20092
VEL*LAR	4	0,04857	0,121	0,0736	0,98637
BLOCO	2	0,33840	0,169	1,0247	0,38299
RESIDUO	16	2,64146	0,165		
TOTAL	26	41,93546			

O consumo de combustível apresentou um valor médio de 7,47ml/m³, e um coeficiente de variação 5,436 %.

Com o aumento da velocidade houve uma redução no consumo de combustível, sendo que V1 apresentou a maior média com valor de 9,05 ml/m³, seguida de V2 com valor médio de 7,20 ml/m³, e V3 com valor médio de 6,17 ml/m³.

Pode-se atribuir tal fato a uma melhor eficiência do conjunto trator-arado, que segundo CAPPELLI (1990) o aumento da velocidade ocasionou um aumento na demanda de potência, aumentando também o torque devido à mudança na relação de transmissão, alterando a posição nas curvas de isoconsumo.

Segundo dados de relatório de ensaios desenvolvidos no CENEA para o trator MF 290, lastrado,

trabalhando à máxima potência na barra de tração apresenta um consumo de 270 g/kWh, sendo inferior aos consumos apresentados o que confirma a conclusão acima.

Para efeito de comparação os valores do consumo de combustivel, dentro das velocidades desenvolvidas durante o ensaio apresentaram os seguintes valores: $V_3 = 286$ g/kWh; $V_2 = 338$ g/kWh; e $V_1 = 388$ g/kWh.

Pela análise de variância da regressão polinomial dentro dos níveis de velocidade, Quadro 6, podemos observar que os dados apresentam uma variação linear e ajustá-los segundo a equação $Y = 10,75 - 0,76 \cdot X$.

Quadro 6: Análise de variância da regressão polinomial para os níveis de velocidade.

CAUSAS VAR	GL	SQ	QM	VALOR F	Pbb>F
REGRES LINEAR	2	37,762	37,762	1,97078	0,02961
REGRES QUADR	2	0,559	0,559	0,02922	0,87349
RESÍDUO	16	38,322			

Os resultados podem ser visualizados na Figura 4, e pela equação de regressão podemos ajustar as médias que são mostradas na Tabela 12.

Tabela 12: Médias ajustadas pela equação de regressão.

VELOCIDADES (km/h)	MÉDIAS OBSERVADAS (l/m ³)	MÉDIAS CALCULADAS (l/m ³)
2,16	9,05	9,09
4,89	7,20	7,00
5,79	6,17	6,31
COEF DETERMINAÇÃO		0,9854

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

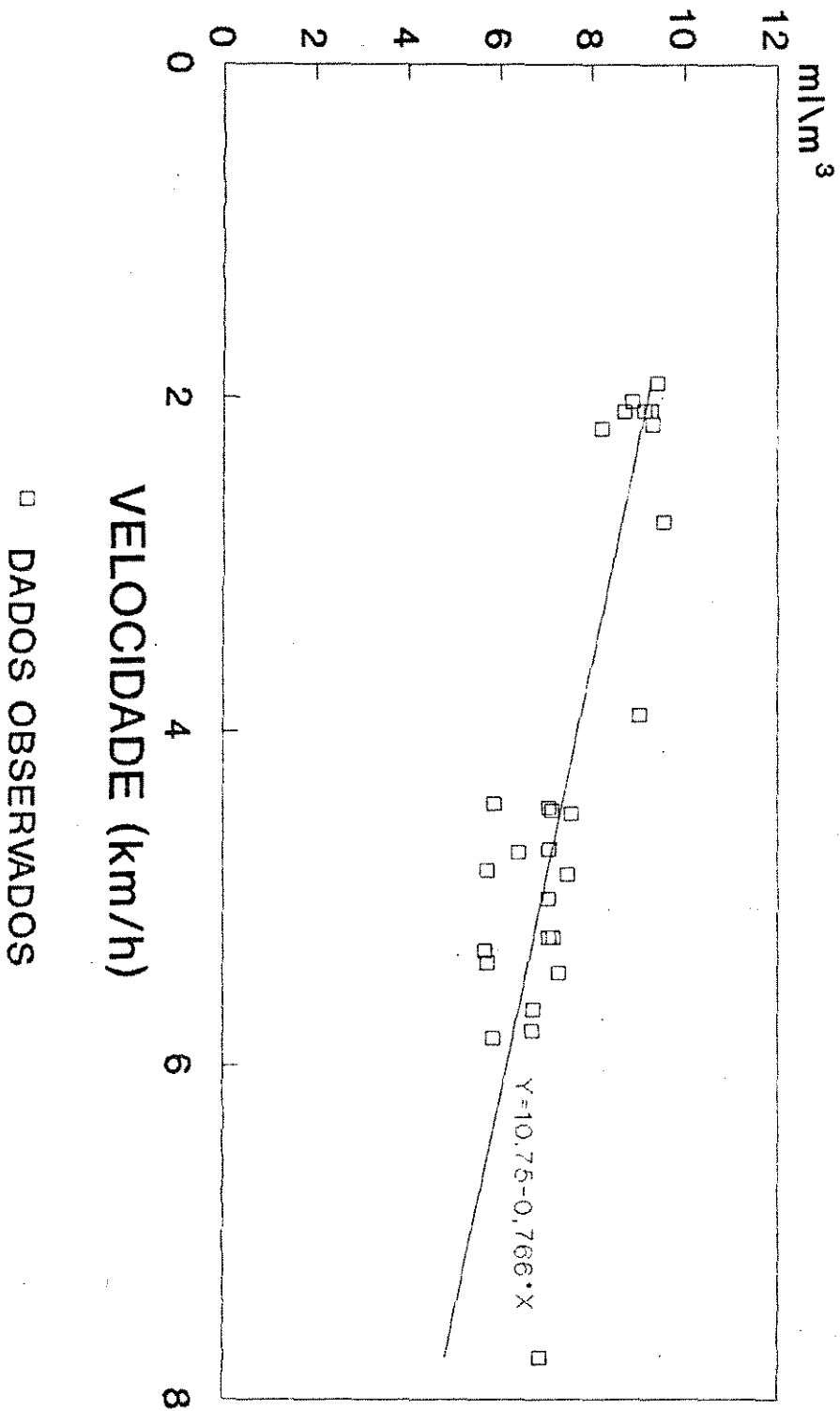


Figura 4 Variação do consumo de combustivel em função da velocidade de deslocamento.

5.4 INCORPORAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL

Os valores dos percentuais da cobertura vegetal, são apresentados na Tabela 13. Pelos resultados da análise da variância mostrados no Quadro 7, pode-se observar que as menores médias ocorreram nas baixas velocidades, e que a largura de corte não influenciou na incorporação da cobertura vegetal.

Tabela 13: Valores da porcentagem da cobertura vegetal antes da aração, após a aração e incorporação.

TRATAMENTO	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3	
B1	ANTES	86,5	89,0	84,0	82,0	92,5	93,0	94,0	90,5	84,5
	DEPOIS	22,5	32,5	21,0	22,0	13,5	19,5	08,5	12,0	06,5
	INCORP	64,0	56,5	63,0	60,0	79,0	73,5	85,5	78,5	78,5
B2	ANTES	95,0	94,5	90,0	94,0	92,0	96,0	95,0	97,0	89,0
	DEPOIS	30,0	34,0	29,0	22,5	38,0	23,0	20,0	21,5	14,5
	INCORP	65,0	60,5	61,0	71,5	54,0	73,0	75,0	75,5	74,5
B3	ANTES	92,0	98,0	91,5	96,0	92,0	84,0	98,0	88,0	99,0
	DEPOIS	21,0	39,0	14,0	20,0	17,0	23,0	21,0	15,5	14,0
	INCORP	71,0	59,0	77,5	76,0	75,0	61,0	77,0	72,5	85,0

A incorporação vegetal apresentou um valor médio de 70,46% e um coeficiente de variação de 10,17%.

Como aumento da velocidade houve um aumento significativo na incorporação dos restos vegetais.

A velocidade V1, apresentou a menor média tendo o valor de 64,16% de incorporação, seguida por V2 que apresentou um valor médio de 69,22%. Ambos diferem a nível de 1% de significância de V3 que apresentou um valor médio de 78,00% de incorporação da cobertura vegetal.

Quadro 7: Análise de variância para incorporação vegetal.

CAUSAS VAR	GL	SQ	QM	VALOR F	Pbb>F
VELOCIDADE	2	881,907	440,953	8,5867	0,00322
LARGURA	2	93,574	46,787	0,9111	0,57535
VEL*LARG	4	71,148	17,787	0,3464	0,84315
BLOCO	2	110,685	55,342	1,0777	0,36513
RESIDUO	16	821,648	51,353		
TOTAL	26	1978,962			

Pela análise de variância da regressão polinomial dentro dos níveis de velocidade, quadro 8, pode-se observar que os dados apresentam uma variação linear, e ajustá-los segundo a equação $Y = 56,106 + 3.354*X$

Quadro 8: Análise de variância da regressão polinomial para os níveis de velocidade.

CAUSA VAR	GL	SQ	QM	VALOR F	Pbb>F
REGRES LINEAR	1	723,701	723,701	14,09268	0,00202
REGRES QUADR	1	158,205	158,205	3,08075	0,09522
RESIDUO	16	821,648			

Os resultados podem ser melhor visualizados na Figura 5, e pela equação de regressão podemos ajustar as médias que são mostradas na Tabela 14.

INCORPORAÇÃO VEGETAL

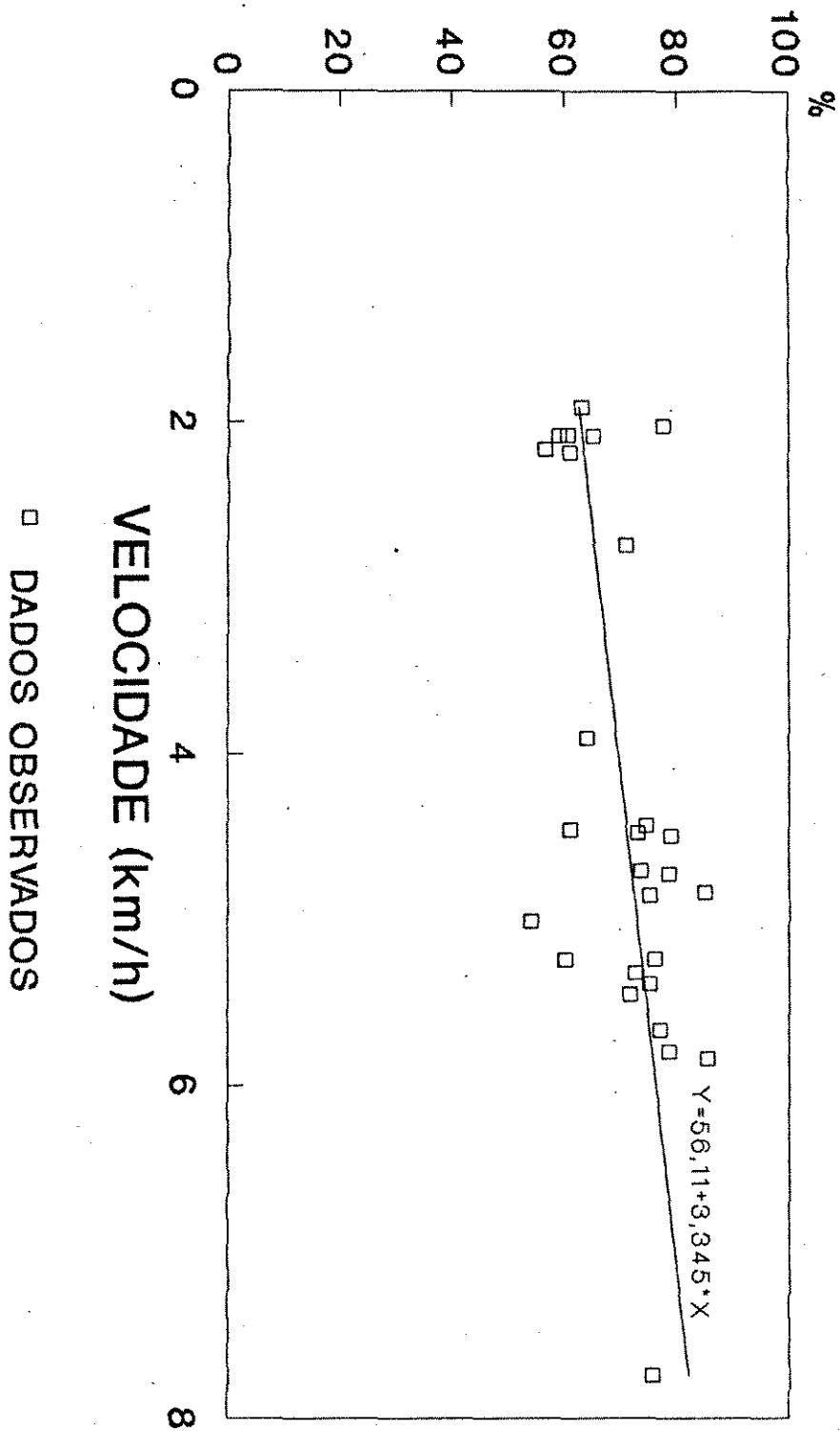


Figura 5 Variação da incorporação da cobertura vegetal em função da velocidade de deslocamento.

Tabela 14: Médias ajustadas pela equação de regressão.

VELOCIDADES (km/h)	MÉDIAS OBSERVADAS (%)	MÉDIAS CALCULADAS (%)
2,16	64,16	63,35
4,89	69,22	72,50
5,79	78,00	75,52
COEF DETERMINAÇÃO		0,8206

Esses valores mostram que mesmo trabalhando a baixas velocidades o arado de discos apresenta um alto percentual de incorporação da cobertura vegetal.

Para CASÃO Jr. et al(1991), não houve diferença significativa na incorporação vegetal com a variação da umidade e velocidade de trabalho, onde foi efetuada uma avaliação visual da porcentagem de cobertura exposta após a operação. O arado de discos deixou o solo com 7,2% de cobertura vegetal, o arado de aiveca 10,4% e o escarificador com 37,6%.

5.5 RUGOSIDADE SUPERFICIAL

Os valores dos índices de rugosidade superficial são mostrados na Tabela 15, e pelos resultados da análise de variância apresentados no quadro 9, pode-se observar que a rugosidade superficial variou apenas com a largura de corte, não apresentando diferenças significativas em relação à velocidade.

Tabela 15: índices de rugosidade superficial em mm.

PARCELA	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
BLOCO 1	3,44	4,16	4,59	3,21	4,83	5,77	4,37	5,36	4,90
BLOCO 2	4,81	3,66	3,95	5,47	4,81	5,75	3,62	5,30	4,78
BLOCO 3	3,64	4,96	6,26	3,22	5,91	5,57	4,82	6,13	6,71

Quadro 9: Análise de variância para rugosidade superficial.

CAUSAS VAR	GL	SQ	QM	VALOR F	Pbb>F
VELOCIDADE	2	2,6043	1,3021	2,1125	0,15212
LARGURA	2	8,1110	4,0552	6,5792	0,00831
VEL*LARG	4	1,3097	0,3274	0,5312	0,71701
BLOCO	2	2,6460	1,3230	2,1463	0,1407
RESIDUO	16	9,8626	0,6164		
TOTAL	26	24,5338			

A rugosidade superficial apresentou um valor médio de 4,81 mm e um coeficiente de variação de 16,306%.

Com o aumento na largura de corte ocorreu um aumento nas médias dos índices da rugosidade superficial; sendo que L3 apresentou o maior índice com valor médio de 5,36 mm e este não variou significativamente de L2 com valor médio de 5,01 mm. Ambos diferem de L1 com nível de significância de 1%, e este apresentou índice médio de 4,06mm.

Pela análise de variância da regressão polinomial dentro dos níveis de largura de corte, Quadro 10, pode-se observar que os dados apresentam uma variação linear, e ajustá-los segundo a equação $Y = -0,7477 + 0,0592 \cdot X$

RUGOSIDADE SUPERFICIAL

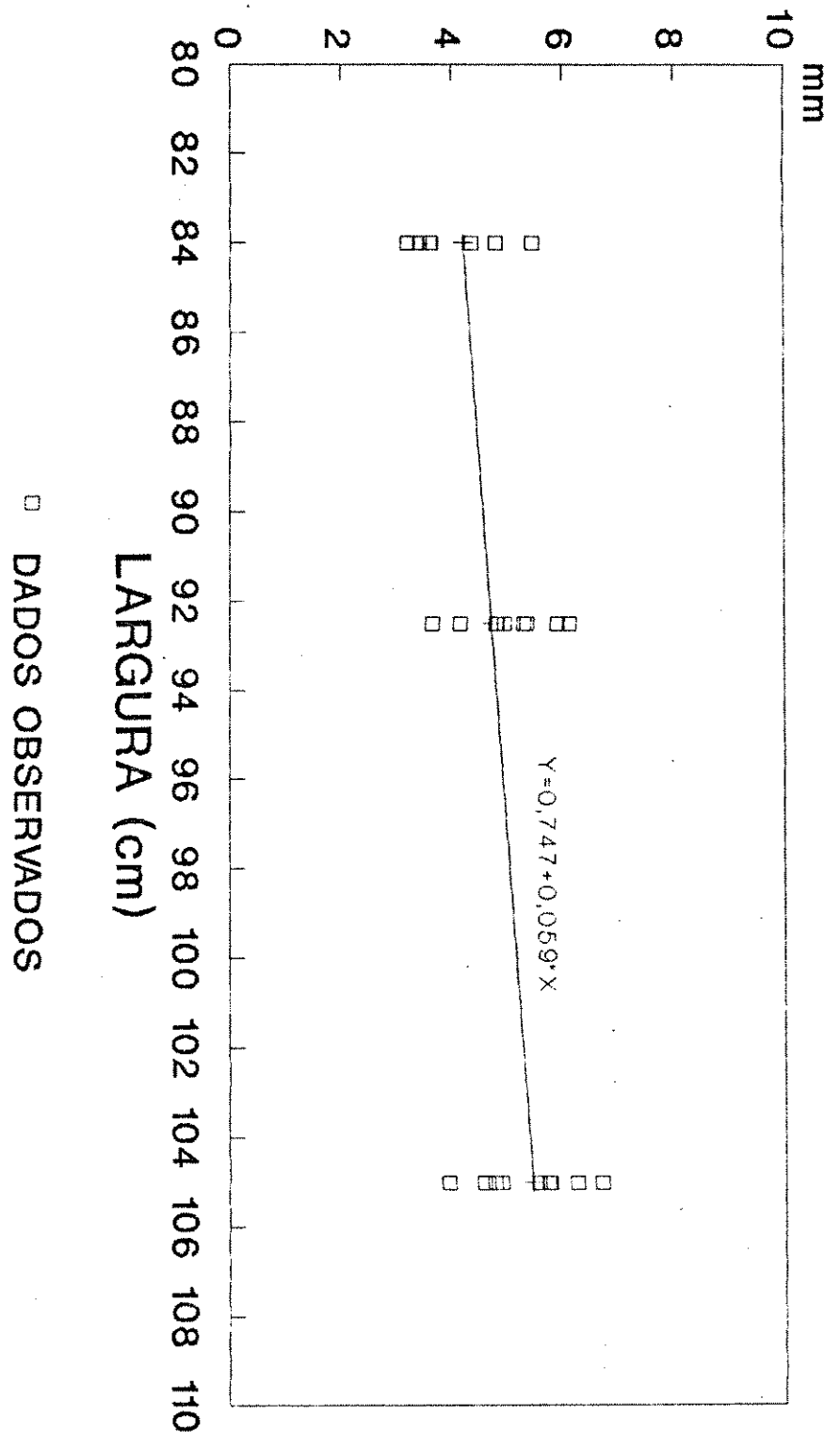


Figura 6 Variação da rugosidade superficial em função da largura de corte.

Quadro 10: Análise de variância da regressão polinomial para os níveis de largura.

CAUSAS VAR	GL	SQ	QM	VALOR F	Pbb>F
REGRES LINEAR	1	7,0584	7,0684	11,45082	0,00399
REGRES QUADR	1	1,0526	1,0526	1,70764	0,20766
RESIDUO	16	9,8626	0,6164		

Os resultados podem ser melhor visualizados no Figura 6, e pela equação de regressão pode-se ajustar as médias que são mostradas no Tabela 16.

Tabela 16: Médias ajustadas pela equação de regressão.

LARGURAS (cm)	MÉDIAS OBSERVADAS (mm)	MÉDIAS CALCULADAS (mm)
84,00	4,0667	4,2319
92,50	5,0133	4,7358
105,00	5,3644	5,4768
COEF DETERMINAÇÃO		0,8702

5.6 DIÂMETRO MÉDIO GEOMÉTRICO

Os valores dos diâmetros médios geométricos, são mostrados na Tabela 17, e pelos resultados da análise de variância mostradas no Quadro 11, pode-se observar que houve diferenças significativas em relação à velocidade de deslocamento e também com a largura de corte.

Os valores obtidos segundo cada classe de diâmetro das peneiras, são apresentados no ANEXO 5.

Tabela 17: Valores dos diâmetros médios geométricos em mm.

PARCELA	V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
BLOCO 1	14,4	14,2	06,1	06,1	10,7	02,8	03,1	07,1	01,9
BLOCO 2	21,1	06,7	06,6	10,8	10,3	04,6	06,1	12,2	02,8
BLOCO 3	28,1	10,9	13,6	16,4	15,7	03,0	04,9	04,0	05,1

Quadro 11: Análise de variância para os diâmetros médios geométricos.

CAUSAS VAR	GL	SQ	QM	VALOR F	Pbb>F
VELOCIDADE	2	423,628	211,814	6,6711	0,00792
LARGURA	2	410,092	205,046	6,4579	0,00885
VEL*LARG	4	497,329	124,332	3,9158	0,02090
BLOCO	2	125,181	62,590	1,9713	0,17044
RESIDUO	16	508,016	31,751		
TOTAL	26	1964,248			

O diâmetro médio geométrico apresentou um valor médio de 10,3529 mm e um coeficiente de variação 54,427%.

Com o aumento da velocidade, houve uma diminuição nas médias; sendo que V3 apresentou a menor média 6,35 mm, seguida de V2 com valor médio de 8,65 mm, e V1 tendo a maior média 15,75 mm.

Com o aumento nas larguras de corte, houve uma diminuição nas médias dos diâmetros médios geométricos. A maior média dentro das larguras foi L1 com valor de 15,47mm, seguida por L2 com valor médio de 11,31mm e L3 com valor médio de 5,17mm.

Quadro 12: Análise de variância da regressão polinomial para os níveis de velocidade.

CAUSAS VAR	GL	SQ	QM	VALOR F	Pbb>F
REGRES LINEAR	1	423,244	423,244	13,33011	0,00243
REGRES QUADR	1	0,383	0,383	0,01208	0,91013
RESIDUO	16	508,016			

Pela análise de variância da regressão polinomial dentro dos níveis de velocidade, Quadro 12, pode-se observar que os dados apresentam uma variação linear, e ajustá-los segundo a equação $Y = 21,332 - 2,565 * X$

Os resultados podem ser melhor visualizados na Figura 7, e pela equação de regressão pode-se ajustar as médias que são mostrados na Tabela 18.

Pela análise de variância da regressão polinomial dentro dos níveis de largura, Quadro 13, pode-se observar que os dados apresentam uma variação linear, e ajusta-los segundo a equação $Y = 52,659 - 0,451 * X$

Tabela 18: Médias ajustadas pela equação de regressão.

VELOCIDADES (km/h)	MÉDIAS OBSERVADAS (mm)	MÉDIAS CALCULADAS (mm)
2,16	15,7511	15,7912
4,89	8,9500	8,7882
5,79	6,3578	6,4795
COEF DETERMINAÇÃO	0,991	

Os resultados podem ser melhor visualizados na Figura 8, e pela equação de regressão pode-se ajustar as médias que são mostrados na Tabela 19.

DIÂMETRO MÉDIO GEOMÉTRICO

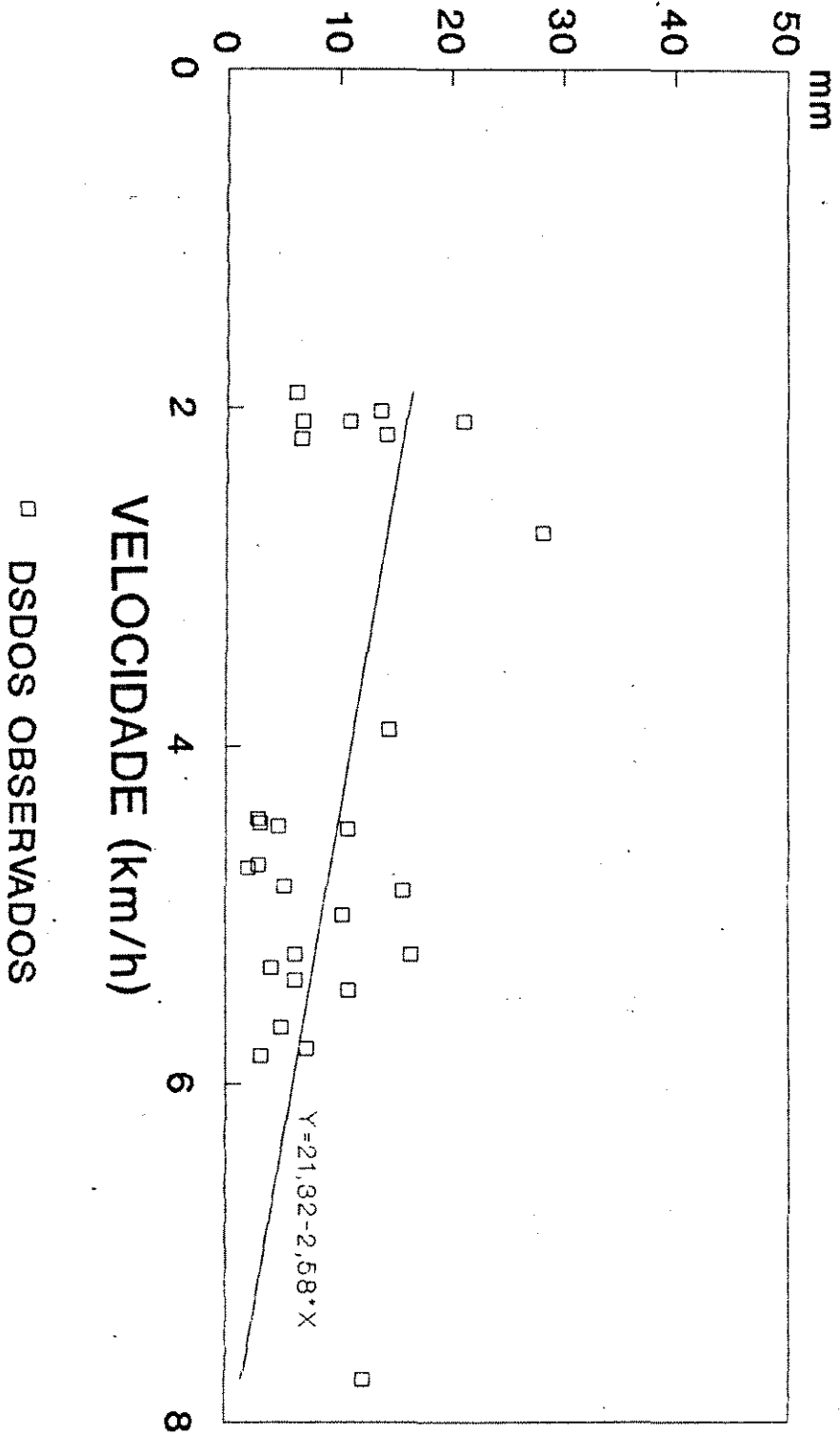


Figura 7 Variação do diâmetro médio geométrico em função da velocidade de deslocamento.

DIÂMETRO MÉDIO GEOMÉTRICO

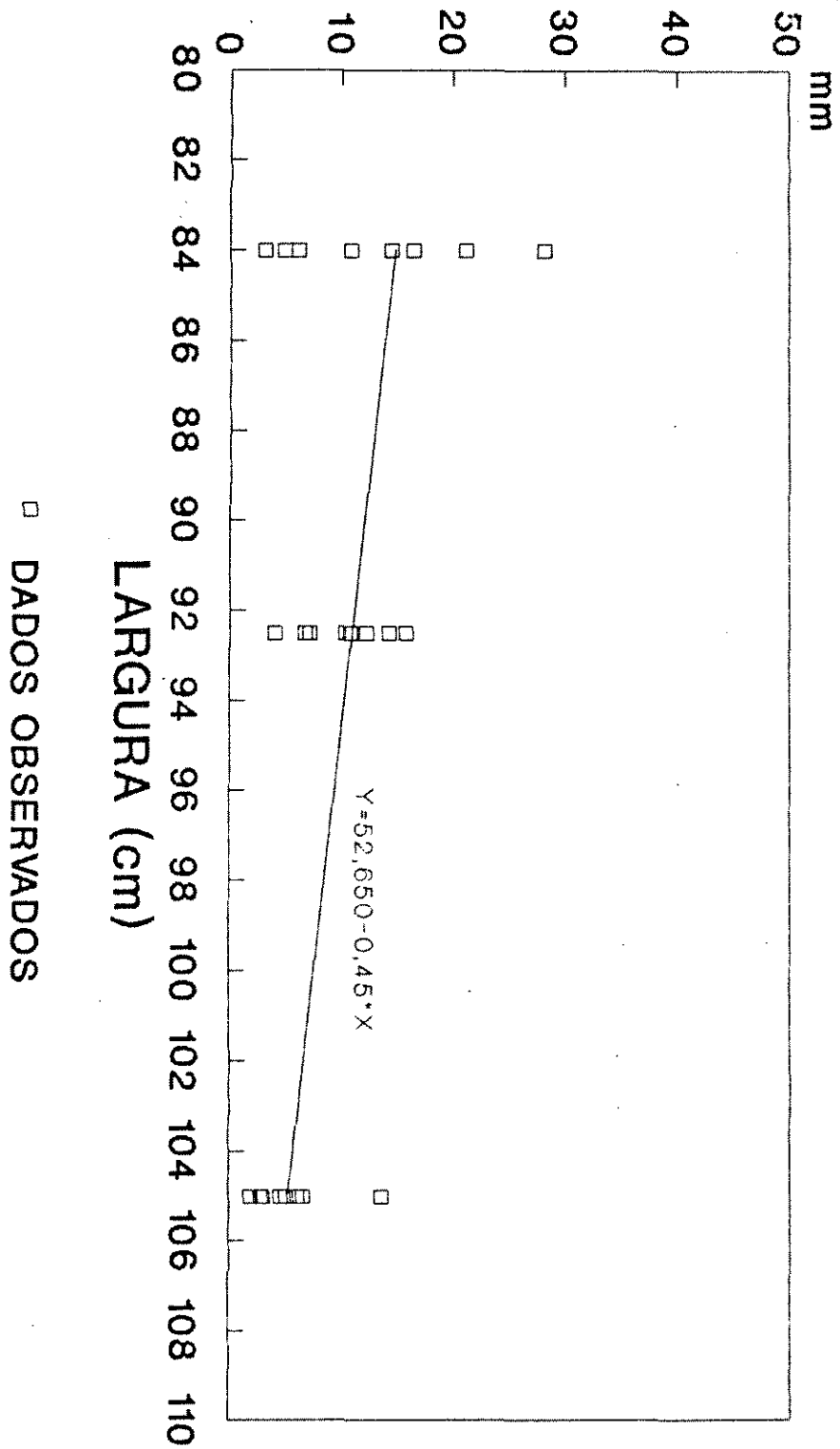


Figura 8 Variação do diâmetro médio geométrico em função da largura de corte.

Quadro 13: Análise de variância da regressão polinomial para o níveis de largura.

CAUSAS VAR	GL	SQ	QM	VALOR F	Pbb>F
REGRES LINEAR	1	408,285	408,285	12,85897	0,00274
REGRES QUADR	1	1,806	1,806	0,05691	0,80911
RESIDUO	16	508,016	31,751		

Tabela 19: Médias ajustadas pela equação de regressão.

LARGURAS (cm)	MÉDIAS OBSERVADAS (mm)	MÉDIAS CALCULADAS (mm)
84,00	14,5700	14,7865
92,50	11,3178	10,9541
105,00	5,1711	5,3183
COEF DETERMINAÇÃO		0,9956

Observou-se que a regressão linear foi a que melhor se ajustou em todos os casos dando valores altamente significativos e coeficientes de determinação elevados em todos os tratamentos.

6 CONCLUSÕES

Para as condições em que o ensaio foi desenvolvido, e com os resultados obtidos após uma análise e interpretação estatística, permitiram chegar às seguintes conclusões:

A resistência específica apresentou aumento significativo, linear, em relação à velocidade, mas não variou com a largura de corte, isto pode ter ocorrido, devido à heterogeneidade das condições no campo experimental.

A potência específica não variou significativamente com a largura de corte, variando apenas com a velocidade. Com o aumento da velocidade houve um aumento na demanda de potência.

O consumo de combustível, apresentou diferença significativa em relação à velocidade, mas não variou com a largura de corte.

A incorporação da cobertura vegetal, não apresentou diferença significativa com relação à largura de corte, mas variou em relação à velocidade. Com o aumento da

velocidade observou-se um acréscimo na incorporação da cobertura vegetal.

O índice de rugosidade superficial do solo, não apresentou diferenças em relação à velocidade, mas variou com a largura de corte. O aumento na largura de corte, ocasionou um aumento nos índices de rugosidade superficial do solo.

O diâmetro médio geométrico apresentou diferenças significativas em função da velocidade de deslocamento e da largura de corte. Com o aumento da velocidade de operação e da largura de corte, houve uma diminuição nos valores médios dos diâmetros médios geométricos.

O arado ensaiado apresentou um comportamento satisfatório em relação à literatura consultada, e podemos usar tais resultados como fonte de dados.

Além das conclusões descritas acima, foram verificadas durante o ensaio algumas falhas de projeto como: na largura de corte L1, a roda guia não se posicionou no fundo do sulco, prejudicando a estabilidade do conjunto trator-implemento; e os limpadores encostaram nos discos impedindo sua rotação, portanto foram retirados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGRICULTURAL ENGINEERS YEARBOOK, 1979/80. Agricultural machinery - Management data. Section 4 Draft and power requeriments, item 4.112, 4.114, 251, 1979
- ALLMARAS, R.R.; BURWELL, R.E.; LARSON, W.E. Total porosity and rondon roungnes of the interrow zone as influenced by tillage. Washington: Department of Agriculture, 41p (Research Report, 7) 1966
- ALLMARAS, R.R.; BURWELL, R.E.; HOLT, R.F. Plow layer porosity and surface roungnes fron tillage as affected by porosity and soil moisture at tillage time. Proc Soil Sci Soc Am Madison, 31 550-556 1969
- AYERS, P.P.; PERUMPRAL, J.V. Moisture and density effect on cone index. Transactions of the ASAE St Josef, 35 1982.
- BALASTREIRE, L.A. Máquinas Agrícolas. São Paulo. Manole 207p. 1987
- BAVEL, C.H.M. Mean weight-diameter of soil aggregate as a statistical index of aggregation. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 14, 20-23, 1949
- BERNACKI, H., HAMAN, J., KANAFOJSKI, Cz. Agricultural Machines, Teory and Construction US Department of Agriculture and the National Science foundation, Washington, D.C. 1972.
- CAPPELLI, N. L. Sistema de informação ao operador do trator agrícola. Campinas: UNICAMP, 1990 133p (Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas 1990
- CASÃO Jr, R. HENKLAIN, J.C.; LADEIRA, A. S.; MORENO, E. C.; Efeito de diferentes implementos na resistência à tração e qualidade de preparo do solo. Formulário para trabalho técnico, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina 1991

- CEMA Centro de Máquinas Agrícolas Universidade Federal de Pelotas, Boletim informativo, Síntese de relatório de ensaio III (1) Pelotas 1988.
- CENEA Centro Nacional de Engenharia Agrícola, Grade Agrícola de disco método de ensaio projeto 12: 02.05-009 Sorocaba 1987
- CENTRO DE MECÂNICA AGRÍCOLA, Secretaria da Agricultura, Divisão de Mecanização Agrícola, Subdivisão de Análises e Ensaio de Máquinas Agrícolas, Relatório n. 04/68, Ensaio de Implementos IMASA, Jundiaí 1968.
- CHANCELOR, W.J. Compaction of soil by agricultural equipment Division of Agricultural Sciences. Univ. California, . 53p. 1977
- COLVIN, T.S.; ERBACH, D.C.; BUCHELE, W.F. et al Tillage index based on created soil conditions . Trans. ASAE St Josef, 27, 370-371, 1984
- DALLMEYER, A.U.; GAMERO, C.A.; DANIEL, L.A.; CASTRO O.M. de Preparo do Solo : Metodologia empregada para quantificar e qualificar o trabalho In: IV SESMA, Anais: Semana de Estudos Sobre Mecanização Agrícola, Jundiaí 1989.
- DALLMEYER, A.U.; SAVADOR, N.; LAGE, G. et al Avaliação da rugosidade do solo sobre doze tipos de preparo em latossolo roxo álico In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 18, 1989, Recife. Anais Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola
- DLG Prufbericht 3372 KRONE - Volldrechpflugl mustang 140/4u 140/3 Gross-Umstadt (RF Alemanha), Deutsche Lanulirschafts gesellschaft. 9p. 1984
- FAT Berichte, Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und dandtechnik FAT Zinkenrotoren in Vergleich 360 12p Tonikon Suíça 1989
- GALETI, P.A. Mecanização Agrícola Preparo do Solo Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1981.
- GAMERO, C.A.; BENEZ, S.H.; FURLANI JUNIOR, J.A. Análise do consumo de combustível e da capacidade de campo de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 16 1986 São Paulo. Anais ... São Paulo Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola 1-9 1986
- GAMERO, C.A.; BENEZ, S.H. FURLANI JUNIOR, J.A. Estabilidade de agregados sob diferentes tipos de preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 16 1986

- São Paulo. Anais ... São Paulo, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola 46-54 1986
- GILL, W.R. & VANDEN BERG, G.E. Soil Dynamics in Tillage and Traction. Agriculture Hand Book 316. 1968
- GISH, R.E.; BROWNING, G.M. Factors affecting the stability of soil aggregates. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 13, 51-55, 1948
- GODWIN, R.J., SEIG, D.A. e ALLOT, M., Soil failure and force prediction for soil engaging discs. Soil Use and Management. 3 (3) 109-114 1987
- GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental 12 Ed São Paulo Livraria Nobel 1987.
- GUELTNEY, L. Effects of subsoil compaction on corn fields Transaction of ASAE 25 (3) 563-569, 575 1982
- HAWKINS, J.C.; BROWN, N.J. Tillage practices and mechanization. Neth J. Agric. Sci., Wageningen, 27, 140-146, 1963
- HAYES, W.A. Conservation tillage systems and equipment requirements. In: Preliminary proceedings for a system approach to conservation tillage. Hickory Corners, Michigan, 1984
- HENDRICK, J.G.; GILL, W.R. Rotary tillage design parameters. Depth of tillage. Trns. ASAE St Josef 14, 675-678 1971.
- HETTIARATCHI, D.R.P., WITNEY, D.B. e REECE, A.R., The calculation of passive pressure in two dimensional soil failure. Journal of Agricultural Engineering Research 11, 89-107 1966
- HETTIARATCHI, D.R.P., e REECE, A.R., The calculation of passive soil resistance. Geotechnique 24, 289-310 1974
- HILLEL, D. Fundamentals of soil physics New York, Academic Press, 413p 1980
- JUSTINO, A. Desenvolvimento e avaliação de alguns parâmetros operacionais de um protótipo de máquina de preparo mínimo do solo. Campinas: UNICAMP, 1990 114p (Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas 1990
- KAWAMURA, N. Soil dynamics and its application to tillage machineries. International Conference on Soil Dynamics. Proceedings. 2, 179-191, Auburn, Alabana. 1985

- LAFLEN, J.M. AMEMIYA,A.; HINTZ,E.A. Measuring crop residue cover. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, Iowa, 36 (6) 341-343, 1981.
- LANÇAS, K.P. Subsolador : Desempenho em função de formas geométricas de hastes tipos de ponteiros e número de hastes. Botucatu: UNESP,1988 138p (Tese Doutorado) Faculdade de Ciências Agrônômicas Universidade Estadual Paulista, 1988.
- LARSON,W.E. Soil parameters for evaluating tillage needs and operations. Proc Soil Sci Soc Am Madison, 29, 118-122 1964.
- LARSON, W.E. OSBORNEE, G.J. Tillage accomplishments and potential Predicting tillage effects on soil Physical properties and process. ASAE Special Publication 44 1-12 1982
- LINDSTRON,M.J.;VOORHEES,W.B.; RANDAL,G.W. Long term tillage effects on interrow runoff and infiltration Soil Sci. Soc Am., Madison, 45, 945-948, 1981
- LINDSTRON, M.J.; ONSTAD,C.A. Influence of tillage systems on soil physical parameters and infiltration after planting. Journal of Soil and Water Conservation Ankey, Iowa 39 (2) 149-152 1984.
- LOPES,P.R.C.; COGO,N.P.; LEVIEN,R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. R. bras. Ci. Solo, 11 (1) 71-75, Campinas, 1987.
- MACIEL, A.J.S. Requerimento energético e efeito na camada mobilizada do solo da enxada rotativa com diferentes lâminas. Botucatu: UNESP, 1993. 139p (Tese Doutorado em Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1993.
- MAGALHÃES,P.S.G. Interação Máquina-Solo. In: Introdução à Engenharia Agrícola. 3 191-204 Editora da Universidade de Campinas. Campinas 1992
- MAZURAK, A.P. Effect of gaseous phase on water-stable synthetic aggregates. Soil Sci. 69 135-148 1950
- McKIBBEM, E.G.; REED,,I.F. The influence of speed on the performance characteristics of implements. Paper presented at SAE National Tractor Meeting Milwaukee, Wisconsin, 1952
- MELLO, L.M.M. Efeitos de tipos de preparo sobre características de soja (Glycine max (L) MERRIL).

- Botucatu: Botucatu UNESP, 1987, 98p (Dissertação Mestrado) Faculdade de Ciências Agrônômicas Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" 1987.
- MIRANDA, N.O. Alterações físicas nos solos podsólico vermelho amarelo e latossolo vermelho escuro submetidos a diferentes condições de preparo reduzido, Santa Maria: UFSM, 1986, 64p (Dissertação Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, 1986.
- MOLDENHAUER, W.C. A comparisom of conservation tillage systems for reducing soil erosion. In: Preliminari proceedings for a system approach to conservation tillage Hickory Corners, Michigam, 1984.
- MOREIRA, C.A.; COSTA, J.A.S.; MORAES, R.A.D.M. Exigencias de tração de arados e grades de disco de arrasto. Boletim técnico nº 86 .Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas 1984
- OMETO, D.A. Estudo dinamométrico em máquinas de preparo do solo, Piracicaba: ESALQ, 1988 93p (Tese Livre Docente), Universidade de São Paulo, 1988
- ORTIZ - CANAVETE. J. Las máquinas agrícolas e su aplicacion Mundi-Prensa , 492p. 1984
- ORTOLANI, A.F. Efeito de diferentes tipos de preparo do solo sobre o comportamento do sistema solo-cultura de milho (Zea mays L.) Jaboticabal: UNESP, 1977. 100p (Tese Livre Docência) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1977
- OUWERKERK, C.; BOOME, F.R. Soil-physical aspects of zero-tillage experiments. Neth J. Agric. Sci Wageningen 18, 247-261, 1970
- RNAM Regional Network for Agricultural machinery, Test. Codes & Produces for Farm Machinery, Tecnical Series 12, 1983.
- RICHARDS, B.K.; WALTER, M.F. MUCH, R.E. Variation in line transect measuriments of crop residue cover. Journal of soil and water conservation, Ankey Iowa 39 (1) 60-61 1984.
- SCHAFER, R.L.; JOHNSON, C.E.; ELKINS, C.B. Prescription tillage: the concept and examples. J. Agric. Eng. Res. Londres 32 123-129, 1985.
- SILVEIRA, G.M. e KURACHI, S.A.H. Ensaios de máquinas agrícolas. Engenharia Agricola I (1) 42-46 1972

- SILVEIRA, G.M. Estudo experimental de máquinas de movimentação do solo. Divisão de Engenharia Agrícola, Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas 1977
- SOUSA, A.P. Efeito da velocidade de operação do arado de disco de arrasto na componente longitudinal do esforço tratorio. Piracicaba: ESALQ, 1972 54p (Tese de Mestrado) Universidade de São Paulo, 1972, .
- SOUSA, A.P. Efeito da umidade , inclinação do disco e velocidade de aração sobre algumas características físicas de um latossolo roxo. Piracicaba: ESALQ, 1980 83p (Tese Doutorado) Universidade de São Paulo, 1980, .
- SOUSA, M.D. Infiltração de água em latossolo roxo distrófico submetido à diferentes manejos. Porto Alegre: UFRGS 1985 98p (Tese Mestrado) Universidade Federal Rio Grande do Sul, 1985 .
- SOUSA, F.L.C. TREIN, C.R. & CAMPANI, D.B. Determinação do perfil do solo mobilizado pela ação do subsolador. In: CONGRESSO BRASILEIRO de ENGENHARIA AGRICOLA, 16, Jundiaí, 1987. Anais Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 329-336. 1988
- SPOOR, G. The causes and nature of soil damage Agric Eng, StJosef 37 4-7 1982.

ANEXO 1

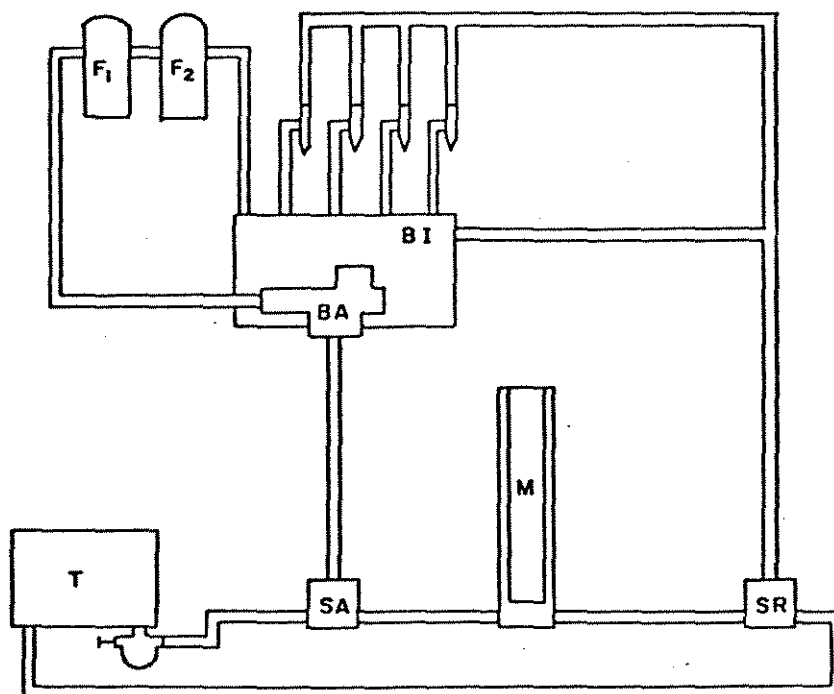
CROQUI DA AREA EXPERIMENTAL

V3L3B1	V2L1B1
V1L3B1	B3L1B1
V3L2B1	V2L2B1
V1L1B1	V1L2B1
V2L3B2	V3L3B1
V1L2B2	V1L3B2
V3L2B2	V2L1B2
V3L1B2	V2L2B2
V2L3B2	V1L1B2
V3L2B3	B3L1B2
V2L1B3	V1L1B3
V3L3B3	V1L3B3
V2L3B3	V1L2B3
V2L3B3	

Dimensões: 25m de comprimento pela largura de corte do tratamento.

ANEXO 2

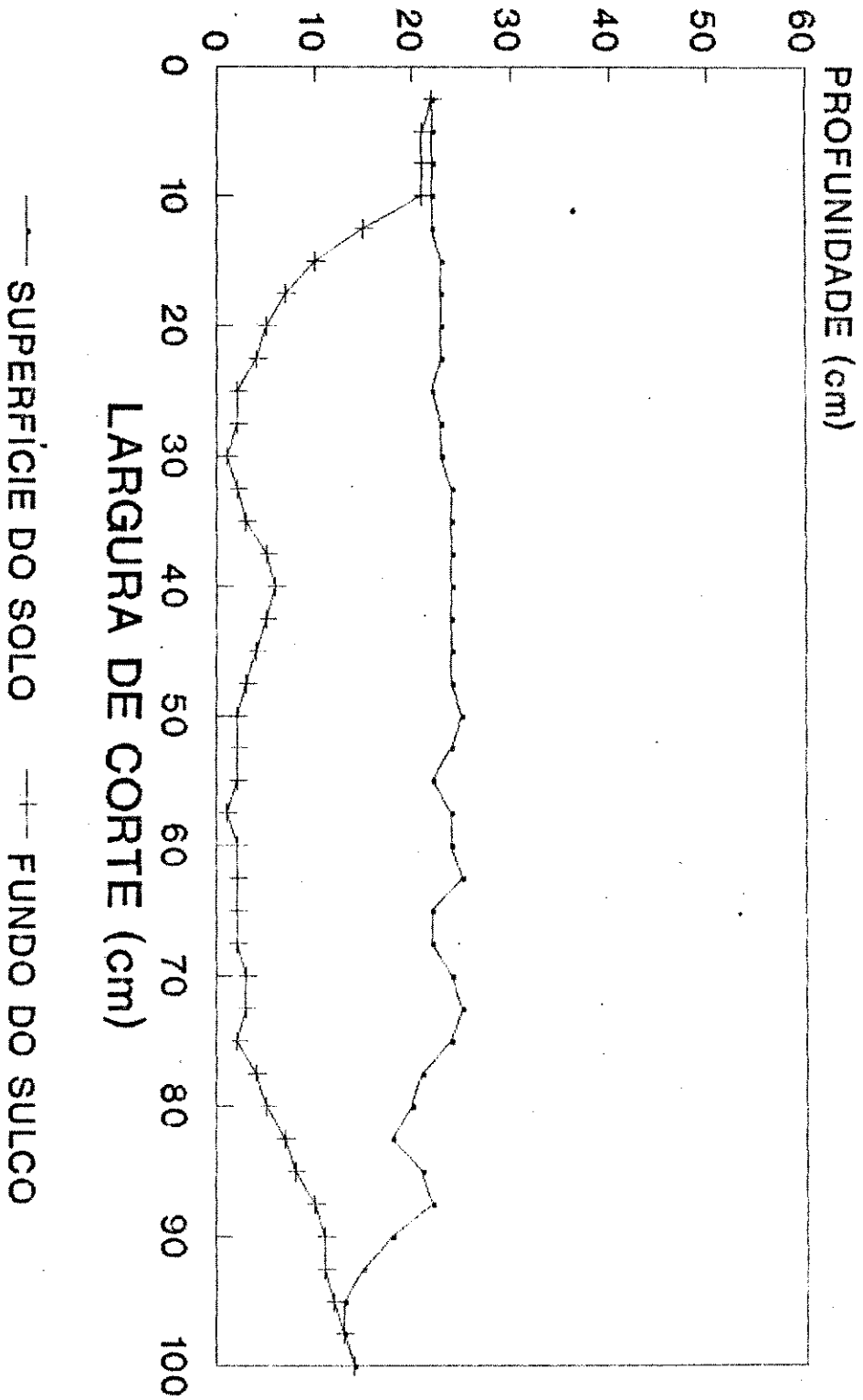
ESQUEMA DO APARELHO MEDIDOR DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



- M = Medidor de combustível
- SA = Solenóide de alimentação
- SR = Solenóide de retorno
- T = Tanque de combustível
- BA = Bomba alimentadora
- BI = Bomba injetora
- F1 e F2 = Filtros de combustível

PERFIL DA ÁREA MOBILIZADA

Parcela V1L2B1



ANEXO 4

TABELA Resistência à penetração em N/cm²

PROF (cm)		V1L1	V1L2	V1L3	V2L1	V2L2	V2L3	V3L1	V3L2	V3L3
B1	10	313	232	362	196	205	232	313	196	362
	15	450	294	431	274	294	362	313	284	411
	20	529	411	431	362	232	411	205	205	431
	25	568	490	519	232	232	362	470	196	313
B2	10	232	568	274	232	196	232	215	284	205
	15	232	617	352	362	294	274	274	313	232
	20	362	617	372	392	372	313	274	294	215
	25	411	411	392	372	411	362	147	294	196
B3	10	617	274	362	232	078	156	313	372	205
	15	744	313	617	372	232	313	352	431	232
	20	744	274	744	392	232	232	411	411	078
	25	744	205	744	313	205	196	352	362	274

onde: V = velocidade; L = largura; B = bloco

FIGURA 10: Vista do conjunto trator-implemento a serem ensaiados



FIGURA 11: Vista da área experimental



FIGURA 12: Vista do comboio



FIGURA 13: Vista da célula de carga

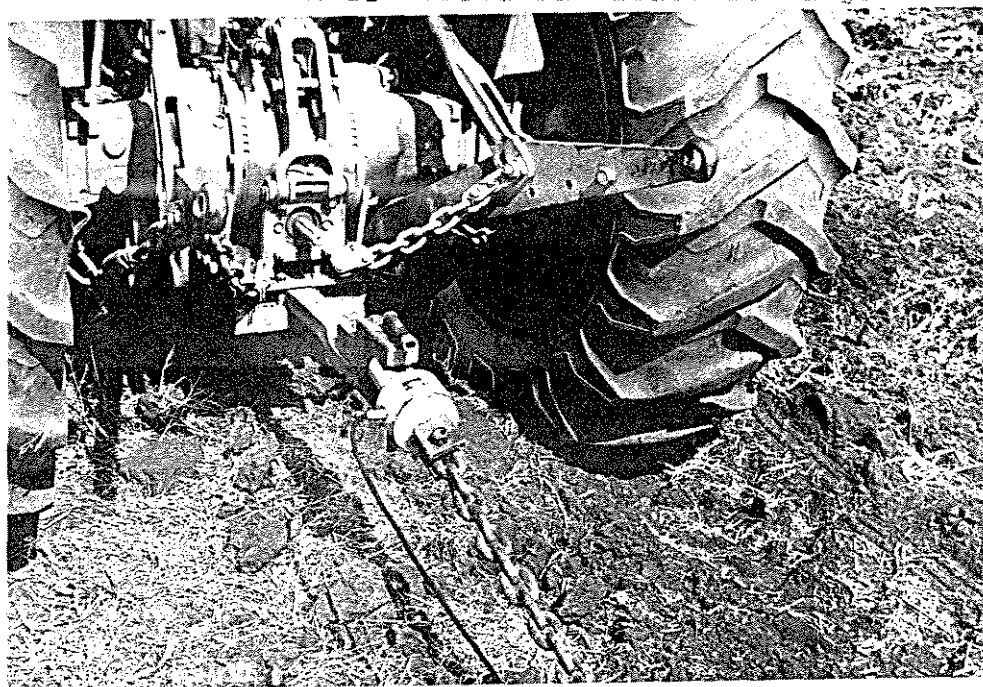


FIGURA 14: Aparelho medidor do consumo de combustível

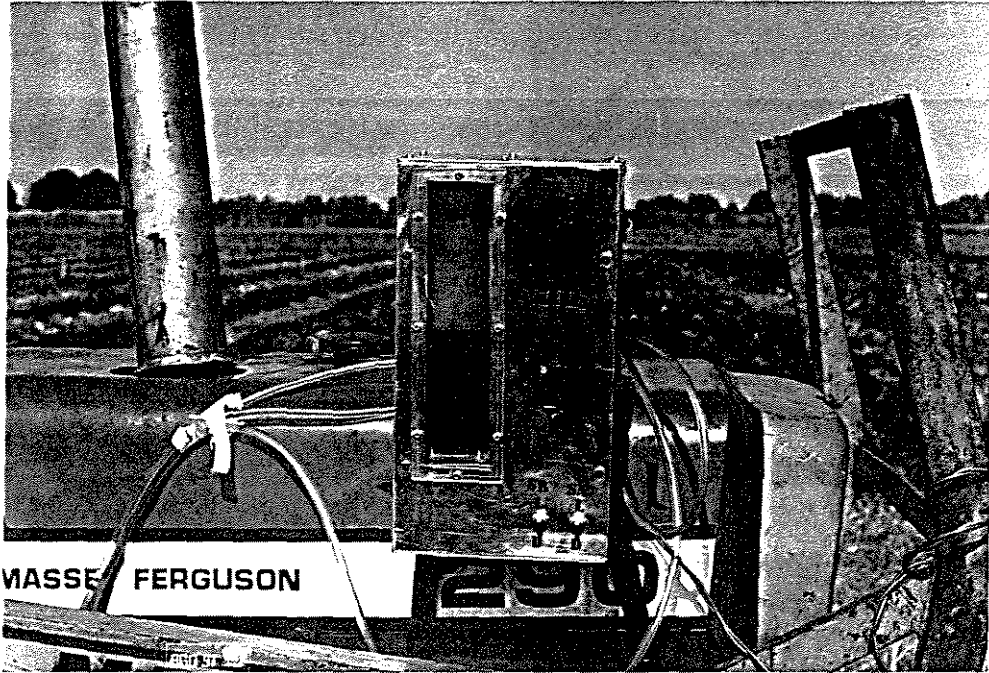


FIGURA 15: Vista interna do aparelho medidor do consumo de combustível

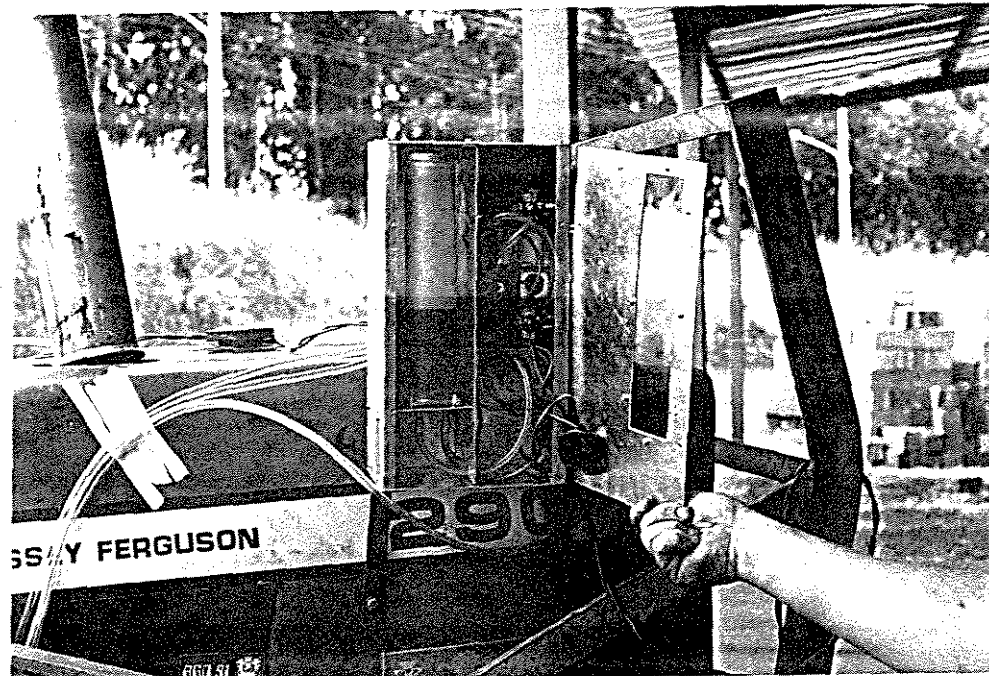


FIGURA 16: Regulagem do arado antes de colocá-lo em operação

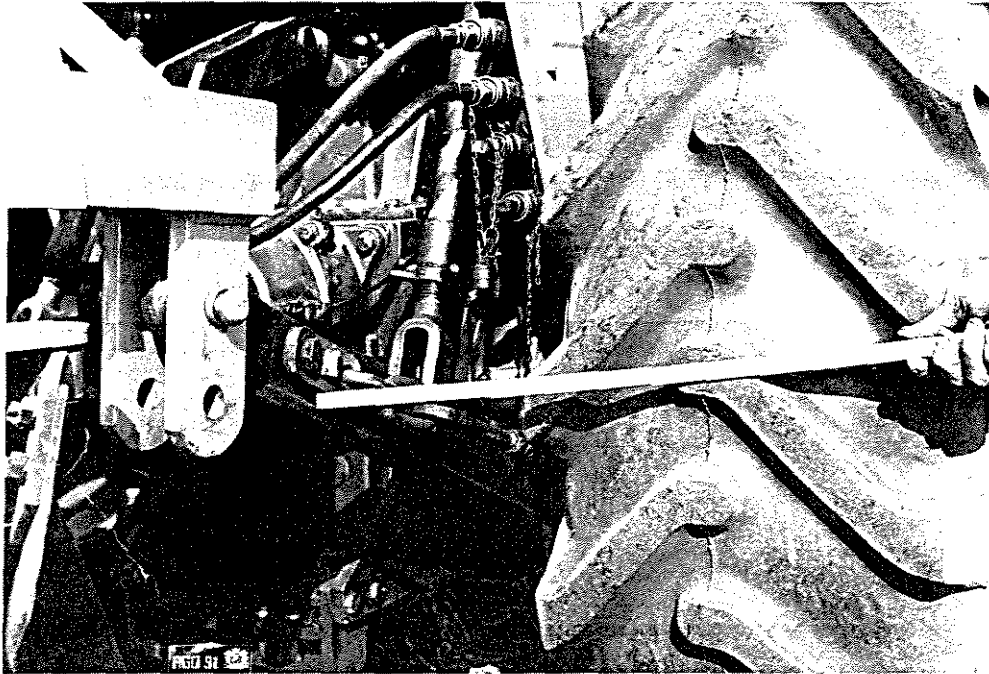


FIGURA 17: Vista do arado em operação

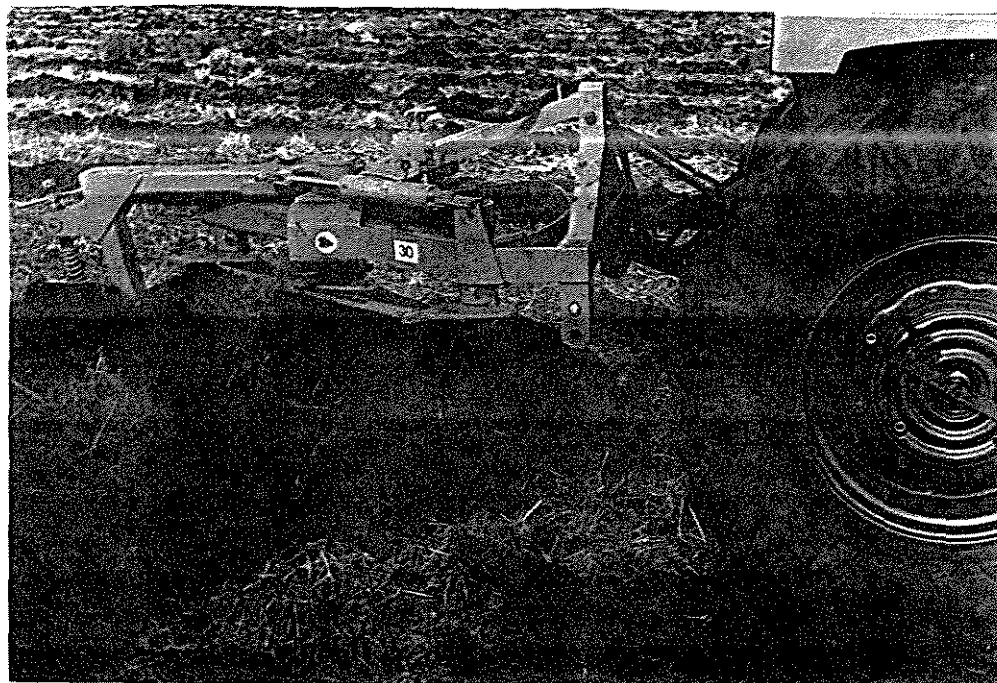


FIGURA 18: Gravador para registro da componente longitudinal do esforço tratório

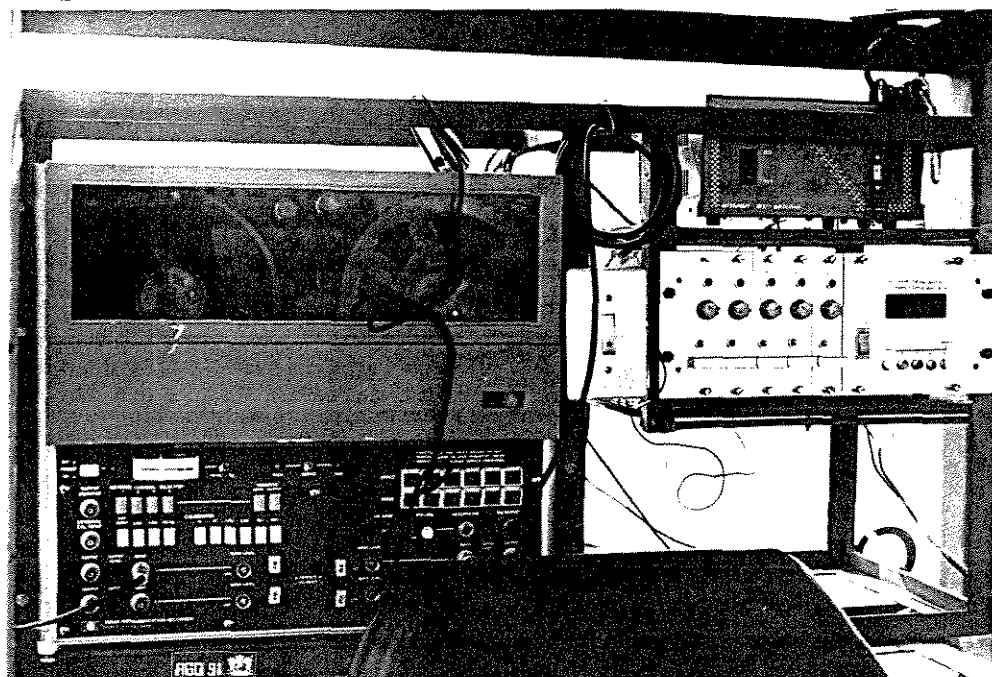


FIGURA 19: Perfilômetro para determinação do perfil do solo e rugosidade superficial

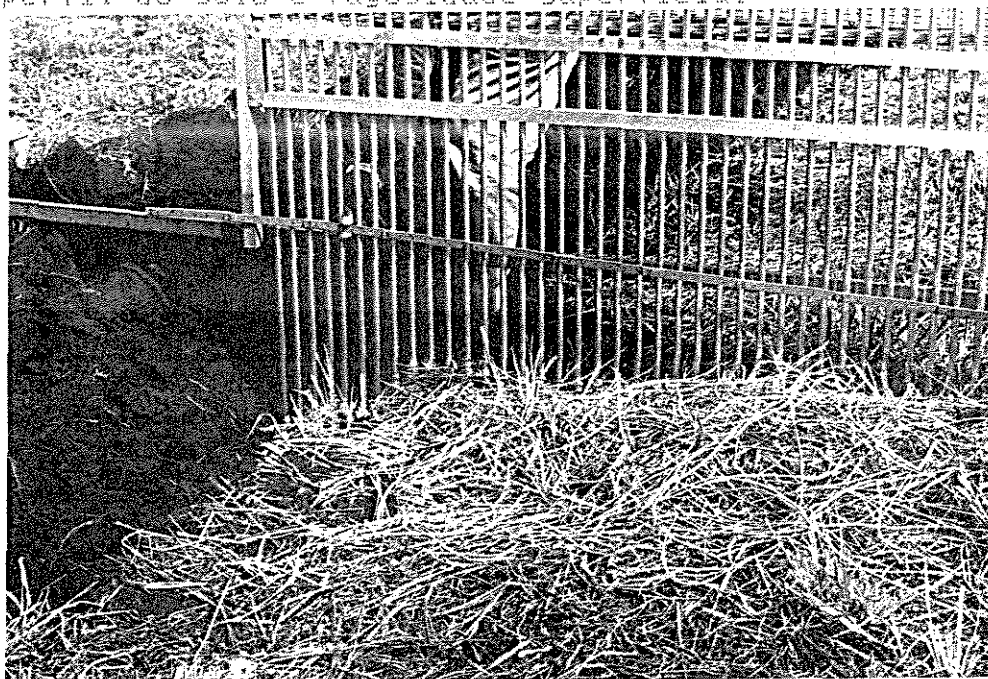


FIGURA 20 : Trena para determinação da cobertura vegetal.

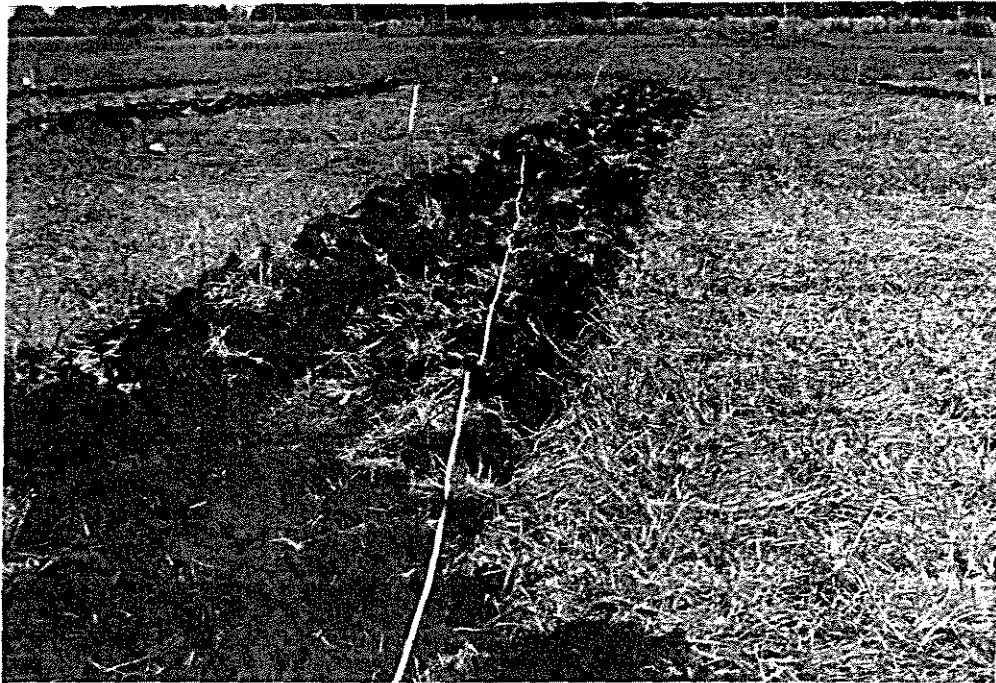


FIGURA 21 : Caixa metálica para coleta de amostra para determinação do diâmetro médio geométrico

