

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CAMPINAS SÃO PAULO
BRASIL

Parecer

*Este exemplar corresponde a redação final da Dissertação de Mestrado defendida por Luiz Roberto Monteiro e aprovada pela Comissão julgadora em 21 de julho de 1989.
Campinas, 13 de setembro de 1989*


Prof. Dr. Oscar A. Braunbeck
Presidente da Banca

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UMA
SEMEADORA PNEUMÁTICA DE GRÃOS

LUIZ ROBERTO MONTEIRO
Orientador Prof. Doutor
OSCAR ANTONIO BRAUNBECK

Dissertação apresentada a Facul-
dade de Engenharia Agrícola da
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
para a obtenção do título de :
MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

JUNHO DE 1989

AGRADECIMENTOS.....

A Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, pela oportunidade oferecida.

Ao CNPq e a CAPES, pelo suporte Financeiro.

Ao Prof. Doutor Oscar A. Braunbeck, pela objetiva orientação e colaboração em tôdas as fases do Trabalho.

Ao Prof. Doutor Inacio M. Dal Fabbro pelo apoio, compreensão e estímulo demonstrado no transcorrer do trabalho.

Aos Profs. Antonio Carlos de Oliveira Ferraz, Luis Augusto Barbosa de Cortez e Antonio Ludovico Beraldo, pela colaboração prestada .

Ao Prof. Antonio José da Silva Maciel pelo apoio demonstrado durante tôdas as fases do trabalho.

Ao Centro Nacional de Engenharia Agrícola, por permitir o desenvolvimento do protótipo.

A Divisão de Engenharia Agrícola da FUNDACENTRO, por permitir a conclusão do mestrado

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	ii
SUMÁRIO.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABELAS.....	ix
SIMBOLOGIA.....	xi
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1 - INTRODUCAO.....	1
2 - OBJETIVOS.....	3
3 - REVISÃO da LITERATURA.....	4
3.1 - ESPAÇAMENTO DAS SEMENTES.....	4
3.2 - QUEBRA DAS SEMENTES NA UNIDADE DOSADORA.....	7
3.2.1- TIPOS DE UNIDADES DOSADORAS.....	7
3.3 - UNIDADE DE TRANSPORTE.....	13
3.4 - DEPOSIÇÃO DAS SEMENTES.....	16
3.5 - CAPTURA PNEUMÁTICA.....	17

4	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	19
4.1	- INTRODUÇÃO.....	19
4.2	- SISTEMA DE DOSAGEM PNEUMÁTICA.....	20
4.3	- ACELERADOR DE SEMENTES.....	22
4.4	- ACELERAÇÃO DAS SEMENTES.....	24
4.5	- MODELO MATEMÁTICO DA CAPTURA DAS SEMENTES.....	26
4.6	- ANÁLISE DO LANÇAMENTO DAS SEMENTES.....	32
4.7	- CÁLCULO DA PRESSÃO PARA MANTER AS AS SEMENTES PRESAS.....	35
4.8	- SISTEMA PRODUTOR DE BAIXA PRESSÃO.....	39
4.9	- INFLUÊNCIA DO SISTEMA CONDUTOR NA VARIÂN- CIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE SEMENTES.....	43
5	MATERIAL E METODOS.....	48
5	- INTRODUÇÃO.....	48
5.1	- CARACTERIZAÇÃO DAS SEMENTES E DETERMINA ÇÃO DA PRESSÃO DE TRABALHO.....	48
5.2	- CÁLCULO DO VENTILADOR.....	49
5.3	- DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....	49
5.4	- QUEBRA DAS SEMENES.....	56
5.5	- ESPAÇAMENTO DAS SEMENTES NO SOLO.....	57
5.6	- ANÁLISE DA VARIÂNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE SEMENTES COM O USO DE TRÊS SEMEADORAS.....	61
5.7	- AVALIAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO E DO MECA NISMO ACELERADOR DE SEMENTES.....	63
5.8	- TESTE DE CAMPO.....	65

6	- ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	67
6.1	- CARACTERIZAÇÃO DOS GRÃOS.....	67
6.2	- PRESSÃO CORRESPONDENTE A CAPTURA E AO TRANSPORTE DOS GRÃOS.....	68
6.3	DIMENSIONAMENTO DO VENTILADOR.....	69
6.4	- EFEITO DO DIÂMETRO DO ORIFÍCIO DE SUCCÃO NA CAPTURA DE APENAS UMA SEMENTE POR CELA.....	70
6.5	- EFEITO DA PRESSÃO NA CAPTURA DE APENAS UMA SEMENTE POR CELA.....	80
6.6	- EFEITO DO ACELERADOR NA CAPTURA DE APENAS UMA SEMENTE POR CELA.....	88
6.7	- QUEBRA DE SEMENTES.....	97
6.8	- AVALIAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO E DO MECANISMO ACELERADOR DE SEMENTES.....	98
6.9	- ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES.....	102
7	- CONCLUSÕES.....	108
8	- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	110
APENDICE	1.....	115
APENDICE	2.....	118
APENDICE	3.....	119

INDICE DE FIGURAS

Fig. N.	Titulo	Pag.N.
4.1	Dosador Pneumático	21
4.2	Mecanismo Acelerador de Sementes.....	23
4.3	Forças que Agem nas Sementes devido a Sucção..	26
4.4	Condição Cinemática da Semente no Momento da Liberação pelo Elemento Dosador.....	34
4.5	Lançamento da Semente em Função da Velocidade de Deslocamento da Máquina.....	35
4.6	Forças que Agem nas Sementes no Momento da Liberação.....	37
5.1	Perfil da Cella.....	51
5.2	Esquema do Eliminador de Sementes Múltiplas...	55
5.3	Protótipo na Bancada de Testes.....	59
5.4	Transferência dos Dados para uma Fita de Papel.	60
5.5	Registro do Tempo entre Sementes	60

5.6	Fig..(A) e (B) Teste de campo mostrando uma Vista da Semeadora.....	66
6.4.1	Captura do Milho em Função do Diâmetro do Orifício de sucção e da Rotação (Veloci- dade Tangencial) do Elemento Dosador.....	72
6.4.2	Captura da Soja em Função do Diâmetro do Orifício de Sucção e da Rotação (Veloci- dade Tangencial) do Elemento Dosador.....	76
6.4.3	Captura do Feijão em Função do Diâmetro do Orifício de Sucção e da Rotação (Veloci- dade Tangencial) do Elemento Dosador.....	78
6.5.1	Captura do Milho em Função da Pressão de sucção e da Rotação (Velocidade Tangencial) do Elemento Dosador.....	82
6.5.2	Captura da Soja em Função da Pressão de sucção e da Rotação(Velocidade Tangencial) do Elemento Dosador.....	84
6.5.3	Captura do Feijão em Função da Pressão de sucção e da Rotação(Velocidade Tangencial) do Elemento Dosador.....	86

6.6.1	Captura do Milho em Função do Orifício de sucção e da Rotação (Velocidade Tangencial) do Elemento Dosador. Ensaio sem o Mecanismo Acelerador de sementes.....	89.
6.6.2	Captura da Soja em Função do Orifício de Sucção da Rotação (Velocidade Tangencial) do Elemento Dosador. Ensaio sem o Mecanismo acelerador de sementes.....	92.
6.6.3	Captura do Feijão em Função do Orifício de Sucção e da Rotação (Velocidade Tangencial) do Elemento Dosador. Ensaio sem o Mecanismo Acelerador de sementes	95
6.9.1	Variância do Espaçamento entre Sementes em Função da Velocidade de Deslocamento	107

ÍNDICE DE TABELAS

TAB N.	TITULO	Fg N.
6.1	Medidas Ponderais e Dimensionais das Sementes utilizadas na avaliação do Dosador Pneumático.	67
6.2	Valôres da Pressão de ar e Altura Manométrica	68
6.3	Dimensionamento do Ventilador.....	69
6.4.1	Dados Experimentais da fig 6.4.1.(Milho).....	73
6.4.2	Dados Experimentais da fig 6.4.2.(Soja).....	76
6.4.3	Dados Experimentais da fig 6.4.3.(Feijão)....	79
6.5.1	Dados Experimentais da fig 6.5.1.(Milho).....	83
6.5.2	Dados Experimentais da fig 6.5.2 .(Soja)....	85
6.5.3	Dados Experimentais da fig 6.5.3 .(Feijão)...	87
6.6.1	Dados Experimentais da fig 6.6.1.(Milho).....	90
6.6.2	Dados Experimentais da fig 6.6.2.(soja).....	93

6.6.3	Dados Experimentais da fig 6.6.3 (Feijão)..	96
6.8.1	Avaliação do Modelo Matemático e do Mecanismo Acelerador de Sementes.....	101
6.9.1	Parâmetros Estatísticos do Tempo entre sementes de Três Modêlos de semeadoras.....	104
6.9.2	Teste " F " comparativo entre as semeadoras convencional e pneumática.....	105

SIMBOLOGIA

Símbolo	Título	Unidade
ac	Aceleração imposta pela Sucção	m/s ²
A	Área Equivalente das Sementes	cm ²
Ap	Área Projetada de uma Semente	cm ²
Ca	Coefficiente de Arraste	-
Cl	Coefficiente de Levante	-
Cov	Covariância	-
CV	Coefficiente de Variação	%
D	Diâmetro do Rotor Padrão	cm
Ds	Distância entre as Sementes	cm
Dx	Diâmetro do Rotor Requerido	cm
Dt	Intervalo de Tempo entre duas Sementes	s
E	Porcentagem das Celas Preenchidas	%
Ei	Coefficiente de Restituição	-
E0	Energia Cinética Perdida	n*m
Ec	Energia Cinética	n*m
Ep	Energia Potencial	n*m
Es	Espaçamento entre as Sementes	mm
Fa	Força de Arraste	N
Fc	Força Centripeta	N
Fl	Força de Levante	N
Fs	Força de Sucção	kgf
Fr	Força Resultante	kgf
g	Aceleração da Gravidade	m/s ²

SÍMBOLO	TÍTULO	UNIDADE
He	Pressão Estática do Sistema Padrão	mm H ₂ O
Hex	Pressão Estática do Sistema Requerido	mm H ₂ O
M	Massa da Semente	kg
N	Rotação do Sistema Padrão	min
NC	N. de Celas por Tempo	-
NCS	N. de Celas com uma Única Semente	-
NCD	N. de Celas com Duas Sementes	-
NCT	N. de Celas com Três Sementes	-
NCV	N. de Celas Vazias	-
NTC	N. total de Sementes por Tempo	-
NSS	N. de Sementes Simples	-
NSD	N. de Sementes Duplas	-
Nx	Rotação do Sistema Requerido	min ⁻¹
P	Pêso da Semente	kgf
Px	Pressão Estática	mm H ₂ O
P1	Pressão Externa do Elemento Dosador	mm H ₂ O
P2	Pressão Interna do Elemento Dosador	mm H ₂ O
Q	Vazão de Ar do Sistema Padrão	m ³ /s ²
Qx	Vazão de Ar do Sistema Requerido	m ³ /s ²
Rac	Raio do Acelerador	cm
Rel	Raio do Elemento Dosador	cm
Rps1.E1	Rotação do Disco Dosador	s ⁻¹
Rps2.E1	Rotação da Roda de Contato	s ⁻¹

SIMBOLO	TITULO	UNIDADE
Req	Raio Equivalente	cm
S	Porcentagem das Celas com uma Semente	%
S	Espaço entre a Semente e a borda do Orifício de sucção	cm
SUC	Semente única por Cella (Individuais)	-
T	Tempo para Percorrer o Espaço Restrito	s
Ts	Tempo Entre as Sementes	s
Ti	Tempo de Transporte para a iésima Semente	s
V	Velocidade de um ponto material acelerado uniformemente	m/s
Vf	Velocidade do Fluido	m/s
Vac	Velocidade Conferida pelo Acelerador de Sementes	m/s
Var(Es)	Variância do Espaçamento entre Sementes	mm ²
Var(Ts)	Variância do Tempo entre Sementes	s ²
Vel	Velocidade do elemento dosador	m/s
Vp	Volume da Particula	kg/m ³
Vr	Velocidade Provocada pela Sucção	m/s
Vri	Velocidade Resultante na Liberação	m/s
Vs	Velocidade Conferida pela Sucção	m/s
Vt	velocidade Tangencial da semente	m/s
VTang	Velocidade Tangencial do Disco	m/s
Vx	Velocidade da Semente na Horizontal	m/s
Vy	Velocidade da Semente na Vertical	m/s

SIMBOLO	TITULO	UNIDADE
ρ_f	Densidade da Massa Fluídica	kg/m ³
ρ_g	Densidade do Gás	kg/m ³
μ	Viscosidade do Fluido	CP
π	Constante igual a 3,14156	-
η	Rendimento	-
ρ_f	Densidade do Fluido	kg/m ³
σ_s	Desvio Padrão da Contagem de Celas com uma Semente	Sementes
σ_0	Desvio Padrão da Contagem de Celas Vazias	Sementes
\emptyset	Porcentagem das celas Vazias	%

RESUMO

O atual estágio de desenvolvimento tecnológico das semeadoras indica que se faz necessário uma melhoria no sincronismo da semeadura .

O objetivo desse estudo foi desenvolver um prototipo de uma semeadora que capture apenas uma semente por célula e a libere de tal forma que a deposição sobre o sulco se processe com a velocidade final igual a zero. Para tanto otimizou-se os parâmetros dessa semeadora quantificando-os em função do tipo de semente, rotação do elemento de captura das sementes, pressão de sucção e diâmetro do orifício de sucção das celas.

Posteriormente, realizou-se um ensaio comparativo entre semeadoras convencionais . Neste ensaio o parâmetro utilizado para análise foi o tempo entre sementes.

Neste ensaio as semeadoras foram montadas sobre uma bancada e acionadas por meio de um sistema redutor, que permite simular as velocidades de semeadura. As sementes liberadas sobre uma caixa de magnificação acústica provocam um sinal que é gravado em uma fita de papel . A análise dos pontos gravados mostra sinais que permitem medir o tempo entre as sementes.

Os resultados obtidos mostram que a rotação, a pressão de sucção e o diâmetro do orifício de sucção das celas são variáveis importantes quando otimizadas

A análise estatística da comparação processada entre as semeadoras mostra a eficiência do sistema projetado, quanto a uniformidade de distribuição. Verificou-se ao nível de 99 % que o tempo médio entre sementes da semeadora convencional é estatisticamente inferior ao do protótipo da semeadora pneumática testada .

ABSTRACT

The present stage of technological development of seeding machines indicates that there is a need to improve its timing operations .

The objective of this study is the development of a seeding machine prototype wich captures just one seed per cell .The machine will release the seed in a way that the seed will be laid in the soil with zero velocity.

Several parameters were optimized and quantified according to the different seeds, the capture element rotation, the suction pression, and the suction diameters .Afterwards a comparative test was done to compare the seeding machines found in the market. In this test the analysed parameter was the time spent on seed release.

The seeding machines were assembled on a bench and put into work by means of a reduction system capable of simulating several seeding velocities.

The seeds were released on an accoustic magnification box and the signals produced were recorded in a paper strip.

The analysis of recorded signals allowed the measurement of time spent on seed release.

The results indicated that rotation, suction pressure and suction diameters are important when optimized.

The statistical analysis was utilized to compare the seeding machines in order to measure the efficiency of the designed system with respect to distribution uniformity.

It was concluded that there is 99 % of probability that seeding procedures done by conventional seeding machine will be worse than those done by the prototype .

1 INTRODUÇÃO

Com o melhoramento genético das sementes torna-se necessário o aprimoramento dos equipamentos utilizados na semeadura.

Os equipamentos disponíveis podem dosar as sementes de forma mecânica e pneumática.

As semeadoras convencionais, de acionamento mecânico apresentam o inconveniente de provocar injúrias nas sementes, desuniformidade na distribuição de grãos, com ocorrência de falhas ou múltiplas sementes depositadas em um ponto, quase sempre deslocado do local desejado para um correto espaçamento.

As semeadoras pneumáticas atuais reduzem as injúrias nas sementes, porém, a distribuição mantém-se desuniforme, com a deposição de múltiplas sementes por ponto, a espaçamentos diferenciados, no fundo do sulco.

Portanto a semeadura apresentou tradicionalmente limitações no que diz respeito a uniformidade da dosagem e danificação das sementes. Paralelamente o espaçamento normalmente é prejudicado pelo sistema de transporte das sementes desde o dosador até o fundo do sulco, resultando numa distribuição de plantas heterogênea, que segundo a cultura, prejudica o rendimento e pode reduzir a capacidade operacional das colhedoras, em função das flutuações na alimentação

O conceito de captura das sementes de uma moega,

transporte e deposição no sulco devem ser reavaliados visando melhorar a qualidade da semeadura, nas condições particulares do Brasil.

A dosagem pneumática das sementes se apresenta como uma das alternativas para melhorar a uniformidade do espaçamento entre plantas e reduzir os danos mecânicos às sementes .

2 OBJETIVOS

- 2.1 - Propor um dosador pneumático de sementes que apresente soluções para os problemas de captura, transporte e deposição .

- 2.2 - Avaliar o desempenho do dosador proposto através das seguintes variáveis: captura de apenas uma semente por cela, uniformidade da distribuição longitudinal e danos mecânicos às sementes

- 2.3 - Propor equacionamento da variância do espaçamento entre sementes em função das variáveis de desempenho

3 REVISÃO da LITERATURA

3.1- Espaçamento das sementes.

Uma boa produção de grãos esta relacionada com a precisão do espaçamento entre sementes e com a distância entre sulcos. Com isso as plantas usam com mais eficiência os fertilizantes aplicados, a água contida no solo e a radiação solar.

A densidade superficial das plantas e a distância correta entre sulcos é avaliada por vários pesquisadores, que tem estudado o aumento da produtividade, com a variação do espaçamento entre sulcos.

BALDWIN (1962) Realizou experiências com trigo na estação de Agricultura de Norfolk, e concluiu que a produtividade aumentou com a redução do espaçamento entre fileiras.

A produtividade do trigo semeado em fileiras, espaçadas de 0,10 m foi 4 % maior, que as espaçadas de 0,20 m e 8 % maior que as espaçadas de 0,40 m.

YAMAZAKI e BRIGLLE(1969) mostra que a qualidade do trigo esta intimamente ligada ao espaçamento entre plantas.

A porcentagem de farinha obtida com o trigo é 10% maior quando a população de uma determinada área aumenta de 25 para 50 plantas por metro quadrado.

O autor conclui que a porcentagem de farinha é maior quando a densidade linear aumenta, mas, em compensação a porcentagem de sementes férteis diminui.

PROMERSBERGER e SWALLERS (1950) mostra que a produtividade das culturas de trigo, com uma distância entre sulcos de 0,15 m e 10 % maior que a produtividade dos sulcos espaçados de 0,175 m.

PATTO (1974) em experimentos realizados com feijão no sul de Minas Gerais, mostrou que a produtividade foi significativamente maior quando o espaçamento entre fileiras diminui de 0,40 m para 0,20 m.

O autor cita que o maior rendimento na produção de grãos quando são utilizados espaçamentos menores, não compensa os gastos adicionais com sementes e tratos culturais.

Deve-se ressaltar que o incremento do custo associado com os tratos culturais será de magnitude pouco significativa, considerando que são operações agrícolas de baixa demanda energética (Hp.hr/ha), e o aumento correspondente a uma redução da distância entre hastes cultivadoras será também quantitativamente pouco importante ao custo da operação.

LEITE (1973) verificou que a redução da distância entre linhas na cultura do milho, de 1,00 m para 0,75 m, provocou um aumento na produção, de 8,4 %.

O efeito da diminuição do espaçamento entre linhas foi coincidente para os vários testes realizados com milho,

no que se refere a produtividade.

O milho com um espaçamento de 0,75 m entre linhas apresentou um aumento da produtividade até a densidade de 91000 plantas por hectare. Acima deste valor o milho apresenta deficiências no crescimento e formação, tendo como consequência a queda de produtividade. Para se obter uma boa produção de milho é necessário que a radiação solar seja suficiente, o que não ocorre quando se tem um elevado adensamento de plantas, pois isto resulta em uma grande competição pela absorção da radiação.

GUITARD E NEWMAN (1967) obteve um acréscimo significativo na produtividade do trigo, com o aumento da quantidade de sementes por linha, mas mantendo-se constante a distância entre sulcos.

O acréscimo na quantidade de sementes provoca um aumento linear de plantas por acre, e um decréscimo não linear no número de sementes férteis por planta e número de sementes por espiga.

Estes resultados orientam no sentido de se procurar maiores produtividades através da fixação da distância média entre plantas, no lugar de simplesmente incrementar a densidade de sementes.

De acordo com o tipo de cultura, tipo de solo e clima, serão necessários diferentes espaçamentos para a obtenção da produtividade desejada. Consequentemente os módulos da semeadora deverão ser suficientemente estreitos para viabilizar os espaçamentos menores.

3.2-Quebra de Sementes na Unidade Dosadora.

A parte mais importante de uma semeadora, é a unidade dosadora.

Esta unidade é responsável pela captura individual de sementes de uma moega, independentemente do nível de carga da mesma e de variações geométricas das sementes. Esse processo deve minimizar as ofensas mecânicas às sementes e paralelamente reduzir a captura de mais de uma semente por cela.

O efeito do dano mecânico nas sementes causado pelos elementos dosadores, principalmente no que diz respeito a germinação, estão experimentalmente comprovados.

RAZERA (1979) mostra que a porcentagem de sementes quebradas na cultura da soja, é influenciada pela velocidade de deslocamento, da semeadora.

A porcentagem de sementes quebradas aumentou 13%, quando a velocidade de plantio variou de 4 km/h para 8 km/h.

Esta quebra é explicada pelo fato de que a necessidade de aumentar a velocidade de semeadura, implica em maior velocidade angular do disco dosador e consequentemente, maior possibilidade de ocorrência de danificação mecânica nas sementes pelos choques interferenciais e abrasões, contra o rizador ou nivelador, nas bordas dos orifícios dos discos.

MOREIRA et alli (1978) utilizando várias semeadoras mecânicas e sementes de amendoim avaliaram em laborató-

rio os elementos dosadores levando em consideração a velocidade de rotação do disco assim como a altura das sementes nos reservatórios

Os resultados mostram que quantidades de grãos no reservatório de 80%, 40% e 20% do seu volume, não tem influência sobre a quebra das sementes. O fator que afeta o dano mecânico é a velocidade de plantio

A media de quebra de sementes de amendoim variou de 9% para 20.3%, com o aumento da velocidade da semeadora de 4 km/h para 8 km/h.

GRECCO (1971) conduziu experimentos com uma semeadora convencional, analisando vários fatores, sendo que o mais importante foi a queda do poder germinativo das sementes de amendoim, soja, milho e arroz.

A semeadora foi colocada sobre cavaletes e acionada manualmente por meio de uma manivela adaptada a roda acionadora. Manteve-se durante as provas uma velocidade angular de 65 rpm que corresponde a uma velocidade de deslocamento de 6,1 km/h. A análise do poder germinativo mostra uma queda de 8,5 % para o amendoim, 1,0 % para a soja, 2,1 % para o milho e 7,5 % para o arroz. O algodao não sofreu queda do poder germinativo.

3.2.1 Tipos de Unidades Dosadoras

KHAN e Mc COLLY (1971) utilizando dois anéis rotativos que giram acoplados e a força centrífuga para alimentar e liberar as sementes, construíram uma semeadora de precisão.

Um anel interno possuindo dezesseis celas é o local onde as sementes se alojam. O outro anel que gira externamente, possui apenas uma cela e gira com uma rotação igual a $16/15$ da rotação do anel interno.

A cada revolução completa, uma cela do anel que contém as sementes alinha-se com a única cela do anel externo, alimentando-o com uma semente, que é conduzida até determinado ponto onde é ejetada de encontro ao fundo do sulco. A ejeção utiliza-se da força centrífuga obtida através de uma rotação de 1100 rpm. Para rotações superiores ocorreram danos na semente de soja em torno de 6,0 %.

Comparando-se os dados obtidos no ensaio de uma semeadora convencional, verificou-se que a precisão do plantio, em termos de espaçamento entre sementes, manteve-se constante até a rotação de 33 rpm. Para rotações maiores, apenas a semeadora centrífuga manteve a precisão em níveis aceitáveis.

PARICH e HANGER (1971) projetaram um prato dosador vertical, visando o plantio com espaçamento reduzido entre fileiras. O projeto consiste de um prato de aço com dentes serrilhados, que entram em contato com as sementes alo-

Jadas em uma moega, estrategicamente disposta em relação ao disco.

Após os testes verificou-se que o espaçamento das sementes no solo é 10 % superior ao teórico para uma velocidade de plantio de 4,0 km/h.

Esta semeadora é de construção simples, mas o fato de apresentar uma variabilidade de 10% no espaçamento entre sementes, a uma velocidade de apenas 4 Km/h, torna esta semeadora inviável para semeaduras de precisão..

WANJURA e HUDSPETH, (1970) desenvolveram um elemento dosador a vácuo para ser usado na semeadura de algodão. Este elemento consiste basicamente, de um tambor ôco com várias hastes perfuradas ligadas na sua periferia. O vácuo é produzido por uma bomba e age internamente ao tambor e hastes perfuradas.

Para a captura das sementes, as hastes giram a uma velocidade compatível com a densidade linear requerida. O tambor possui uma pressão interna menor que a externa e suga as sementes mais próximas levando-as até certo ponto do disco onde o vácuo é cortado e as mesmas são depositadas no fundo do sulco.

A semeadora projetada foi testada e comparada a uma semeadora convencional.

Dentre os aspectos observados pelos autores tem-se que o elemento dosador a vácuo apresenta um coeficiente de variabilidade do espaçamento entre sementes de 25% enquanto que na semeadora convencional foi de 80%. O principal

problema apresentado por esta semeadora, é o alto custo de fabricação

SHORT e HUBER (1970) descrevem o sistema por eles projetado que consiste de uma roda dentada, que gira internamente a uma moega, movimentando as sementes no seu interior. Um tambor ôco, isolado do meio exterior, com várias hastes perfuradas prêsas em sua periferia, gira em sincronismo com a roda dentada .

Uma baixa pressão é aplicada internamente ao tambor, sendo transmitida às hastes, que são as responsáveis pela captura das sementes que estão sendo movimentadas no interior do depósito. Após a captura estas são conduzidas até determinado ponto onde o vácuo é interrompido e as sementes são depositadas

Segundo o autor a relação ideal entre o diâmetro do orifício dos dedos de sucção e a área exposta da semente ficou em tórno de 40 %. O mais importante é que os danos causados às sementes foram mínimos e a distribuição longitudinal, apresentou bons resultados .

GIANNINI e CHANCELER (1967) construíram uma semeadora a vácuo, para pequenas sementes. O vácuo age no interior de um tambor rotativo com as sementes alojadas na superfície periférica do mesmo, em pequenos orifícios. Dentro da caixa de sementes há uma pequena roda, que impulsiona as mesmas a uma velocidade tangencial semelhante a do tambor dosador. Como as velocidades tangenciais das sementes e do tambor são semelhantes a captura pelos orifícios torna-se

mais simples, precisa .

Trabalhando com sementes de alface, houve uma redução de 90% na quantidade média de sementes requeridas se comparada a uma semeadora convencional. Outro fator importante é que apenas uma semente por cela foi capturada em 77 % do tempo de ensaio.

BRAUNBECK (1972) descreve a semeadora pneumática International Harvesters 400 Cyclo, a qual possui um soprador acionado pela tomada de potência do trator, produzindo uma pressão de 5,78 cm de água .Esta pressão é transmitida a um cilindro rotativo de sementes, o qual possui várias fileiras de cavidades, correspondentes aos vários sulcos.

As sementes provenientes de uma moega ingressam no tambor rotativo e se alojam no fundo do mesmo. A diferença de pressão entre a parte externa e interna do tambor, prende as sementes aos orifícios das cavidades. A pressão interna é maior que a externa.

Por serem os orifícios menores que as sementes, estas ficam aprisionadas e são conduzidas até o ponto superior do tambor, onde rodas pneumáticas ao rodarem sobre a superfície externa deste e dos orifícios, interrompem o fluxo de ar que mantém as sementes presas. As sementes livres caem em mangueiras que as conduzem até o fundo do sulco, impulsionadas pneumáticamente pelo fluxo de ar desenvolvido pela maior pressão, existente no interior do tambor .

Este sistema tem um único elemento dosador, que realiza a operação simultânea de dosagem de sementes, para 4 sulcos distintos, mas, apresenta um inconveniente, que é a desuniformidade na distribuição das sementes .

3.3-Unidade de Transporte

As semeadoras possuem componentes que são imprescindíveis para o seu funcionamento como : o elemento dosador e o tubo distribuidor de sementes. Estes componentes são uma fonte de variabilidade na distribuição das sementes no fundo do sulco. Estudos devem ser feitos para melhorar ou eliminar essas fontes de variabilidade.

FUTRAL (1951) pesquisou a uniformidade de distribuição das semeadoras de discos inclinados e atribuiu as seguintes causas como responsáveis pela desuniformidade da semeadura em velocidades mais altas:

Em alta velocidade de plantio os orifícios dos discos distribuidores de sementes não captam as sementes com regularidade. A inercia do mecanismo ejetor dificulta sua função e quando se aumenta a tensão da mola desse mecanismo, aumenta-se a danificação das sementes.

As sementes sendo lançadas inclinadas em relação ao tubo distribuidor, executam uma trajetória em espiral no seu interior, atrasando a queda das mesmas e causando uma desuniformidade em sua distribuição no solo.

WANJURA e HUDSPETH (1970) compararam a uniformidade de distribuição longitudinal e transversal, entre diferentes linhas de uma semeadora de algodão utilizando vários comprimentos, diâmetros e orientação do tubo condutor de sementes.

Segundo os autores surgem diferenças significati-

vas na distribuição longitudinal, quando se variam os itens descritos acima, sendo que os melhores resultados foram conseguidos com a utilização de um tubo liso, de diâmetro igual a 19 mm, comprimento de 300 mm e inclinação de 30 graus. O comprimento do tubo não influencia na uniformidade transversal, mas sim na longitudinal.

BRAUNBECK (1971) utilizando uma semeadora pneumática a International Harvester 400 Cyclo estudou os fatores que influenciam o desempenho dessa semeadora na distribuição longitudinal das sementes no sulco.

A pressão de ar é um dos fatores mais importantes dessa semeadora, influenciando a variância do tempo de transporte de sementes nas mangueiras e conseqüentemente a variância do tempo de deposição, pois aumentado a pressão interna, aumenta a velocidade das sementes nas mangueiras distribuidoras, com um conseqüente aumento do atrito e do ricochete das sementes contra as paredes da mangueira.

A variância do tempo de transporte é uma função quase linear do comprimento da mangueira distribuidora. Variando o comprimento da mangueira de 1 m para 2 m a variância do tempo de distribuição aumentou 66%. O resultado implica que a distribuição final no solo será desuniforme.

O tempo de distribuição é medido na mangueira condutora.

Um contador eletrônico é usado para medir esse tempo, que é dado em micro segundos. Dois pulsos elétricos são necessários para abrir e fechar o portão eletrônico do

contador. O primeiro pulso é obtido onde a semente é liberada do elemento dosador, e o segundo no local onde ela é depositada no fundo do sulco.

Com esses dois sinais pode-se obter o tempo que a semente leva para percorrer, da base do alimentador até o ponto de liberação.

O tempo entre duas sementes é medido no mesmo contador eletrônico. A primeira semente ativa o circuito e o relógio inicia a contagem, a segunda semente fecha o circuito e a contagem é interrompida. O processo de transporte das sementes através da mangueira é a principal fonte de variabilidade na distribuição, paralelamente, a liberação das sementes a uma alta velocidade de saída no tubo condutor, contribui para se obter um padrão de distribuição desuniforme.

WANJURA E HUDSPETH (1968) utilizando um modelo convencional de semeadora de algodão, mostram a influência do diâmetro dos orifícios dos discos dosadores assim como do diâmetro e orientação dos tubos, na distribuição longitudinal das sementes.

Houve diferenças significativas entre os diversos diâmetros de orifícios dos discos comparados, e houve diferenças na distribuição longitudinal, ao se variar o comprimento, o ângulo de curvatura, o diâmetro e a forma dos tubos.

Segundo o autor obter-se-a menor desuniformidade na distância entre sementes no solo, quando os tubos distribuidores forem de pequeno comprimento, diâmetro em torno de

20 mm e a constituição interna de paredes lisas.

A análise desse trabalho mostra a importância da construção de um elemento dosador de sementes distituido do tubo distribuidor, lançando as sementes sobre o fundo do sulco, sem meios intermediarios, e a uma pequena altura.

3.4 - Deposição das Sementes

Um dos problemas da sementeira é o do deslocamento das sementes sobre o solo após o impacto inicial.

BUFTON (1978) verificou, que no lançamento das sementes sobre o solo, 10 % destas tem o seu impacto inicial desviado em media 4 mm do alvo. Dependendo do ângulo e da velocidade com que esta seja lançada, sua localização final pode variar devido ao rolamento e ao saltitamento da semente no fundo do sulco

O pesquisador concluiu que o mínimo de deslocamento ocorre quando as sementes são lançadas dentro de uma faixa de 75 a 85 graus e a uma velocidade de impacto menor que 120 mm/s. Assim sugere que para trabalhos experimentais onde é requerida a exata localização da semente, a velocidade da semeadora seja reduzida para se obter um bom ângulo de impacto com uma baixa velocidade de lançamento.

Nesse trabalho o referido pesquisador não considerou o lançamento das sementes em relação ao fundo do sulco, com velocidade nula

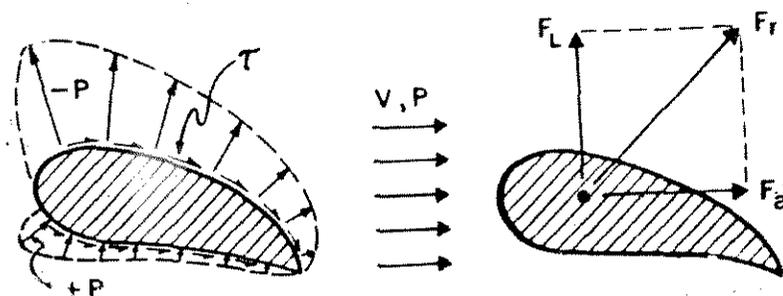
3.5 - Captura Pneumática

A captura das sementes pelo mecanismo dosador de uma semeadora pneumática, pode se efetuar por sucção. Esta captura processa-se por meio de um orifício que succiona as sementes para dentro de celas.

Esta sucção produz um fluxo de ar que provoca alterações no comportamento aerodinâmico das sementes imersas na sua trajetória.

MOHSEIN (1965), relata que o fluxo de ar provoca na superfície do objeto, forças de corte que agem tangencialmente a essa superfície, na direção do fluxo, resultando com isso, em efeitos friccionais

Este fluxo agindo sobre a semente provoca na sua parte superior uma pressão, menor que a pressão da zona não perturbável da corrente de fluxo e na parte inferior uma pressão maior que a da região não perturbável da corrente de fluxo. A resultante dessas forças, F_r , pode ser demembrada em 2 componentes, força de arraste F_a , e força de levante F_l .



Fluxo sobre um Corpo Imerso em um Fluido

As equações das forças de arraste e de levante podem ser derivadas por análise dimensional assumindo que a semente tenha uma área projetada A_p , movendo-se através de um fluido de densidade ρ , viscosidade μ , velocidade V , módulo de elasticidade E .

$$F_a = f(A_p, \rho, \mu, E, V, \text{coef de arraste})$$

$$F_l = f(A_p, \rho, \mu, E, V, \text{coef de levante})$$

Segundo Moshenim um objeto imerso em um fluxo de ar e se movimentando, é livre para assumir uma posição aleatória própria. Por essa razão a força resultante F_r pode ser dada em termos do coeficiente de arraste, como segue:

$$F_r = f(A_p, \rho, \mu, E, V, \text{coef de arraste total})$$

4 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

4.1 INTRODUÇÃO

Uma semeadora, para apresentar bom desempenho, deve ter uma distribuição uniforme, com as sementes sendo depositadas próximas ao solo e a uma velocidade de liberação semelhante a de deslocamento do trator, mas, em sentido contrário. Esta deve ainda utilizar um tipo de elemento dosador que sirva para vários tipos de sementes de cereais.

As semeadoras de cereais disponíveis no mercado, como por exemplo : tipo provido de disco inclinado, tipo pneumático e tipo disco plano, não apresentam um bom modelo de distribuição das sementes, pelo fato da dosagem não ser constante, ocorrendo desuniformidade na captura e variabilidade na distribuição .

Durante a condução da semente os fatores que são responsáveis pela desuniformidade na distribuição longitudinal das sementes no sulco são : perda de energia cinética no interior do tubo distribuidor, provocada pelas interações com as paredes internas e a alta velocidade com que a semente atinge o solo, o que provoca saltitamento e rolamento no fundo do sulco.

Com isso a sucção apresenta -se como o princípio de dosagem de sementes mais promissor na atualidade. Através de seu intermédio uma semente pode ser capturada sem ser danificada e o equipamento construído pode ser posicionado de

tal forma, que permita a liberação das sementes a uma baixa altura do solo.

Portanto neste capítulo estudam-se os procedimentos para a captura e liberação das sementes, para evitar a variabilidade no espaçamento entre as sementes no fundo do sulco.

4.2-Sistema de Dosagem Pneumática.

O conjunto de dosagem pneumática proposto é formado pelos seguintes componentes:

- 1-Elemento dosador (Cilindro Dosador).
- 2-Cela de Captura .
- 3-Orifício de Sucção.
- 4-Roda liberadora revestida de Borracha.
- 5-Eliminador de Sementes Múltiplas.
- 6-Acelerador de Sementes .
- 7-Deposito Alimentador.

O Conjunto completo está esquematizado na Fig 4.1.

O elemento dosador é constituído de um cilindro ôco de alumínio, e 30 cm de diâmetro e 4 cm de altura, sendo este o elemento que abriga as celas que irão processar a cap

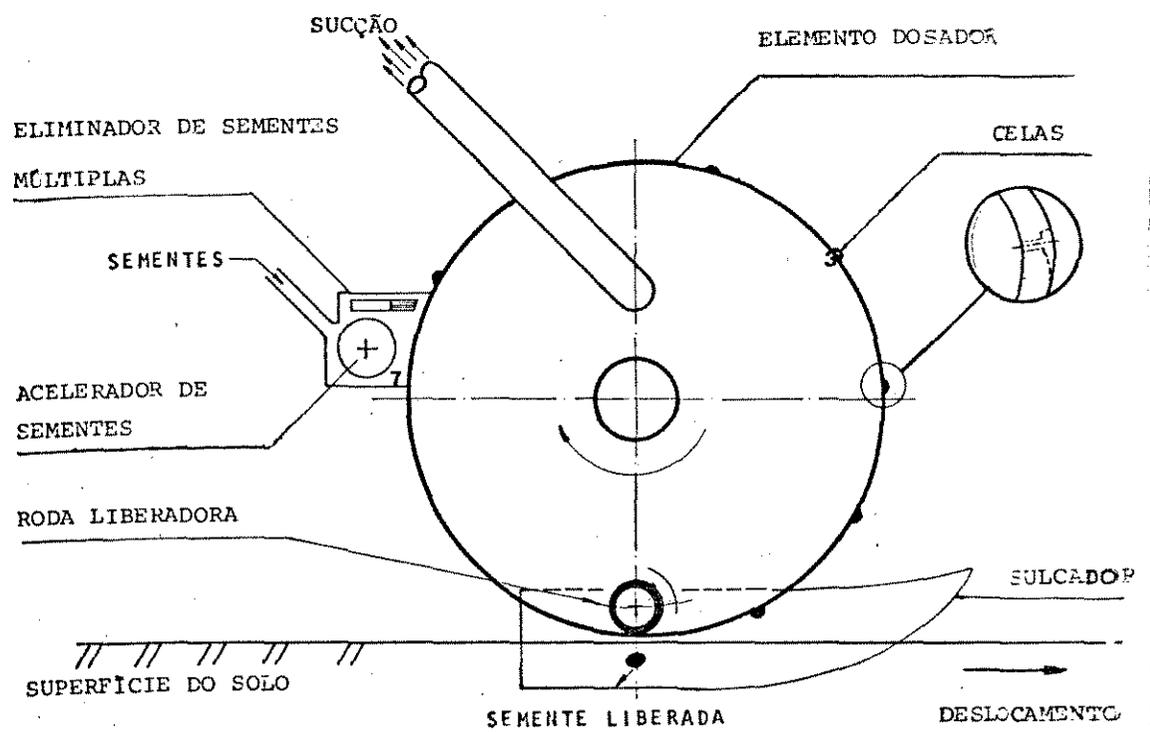


Fig. 4.1 Croqui do Elemento Dosador Desen-
volvido.

tura das sementes. Com o disco girando em alta velocidade é necessário que as sementes sejam aceleradas para viabilizar a captura. O processo utilizado para efetuar essa aceleração consiste de uma roda dentada girando no interior da moega, a qual lança as sementes na direção das celas, com velocidade semelhante a da borda do disco.

Durante o processo da captura, uma cela pode ser ocupada por mais de uma semente. Um dispositivo eliminador de sementes múltiplas é incorporado no interior da moega para minimizar este problema.

No lugar pré determinado para a liberação das sementes uma roda de aço recoberta de borracha, gira internamente ao elemento dosador, sobre os orifícios dos canais por onde se efetua a sucção das sementes, nas celas. Através desse procedimento, provoca-se a interrupção da sucção que sustenta a semente, liberando-as para a semeadura.

O patim sulcador faz parte do conjunto, não interferindo na deposição e permitindo que a liberação das sementes seja efetuada a uma distância mínima do solo.

4.3 Acelerador de Sementes

Nas semeadoras convencionais o sistema de alimentação contribui para a deterioração da qualidade de distribuição das sementes. A dosagem nas semeadoras existentes processa-se por meio de um disco, que gira lentamente no

interior da moega . Evita-se com essa baixa velocidade um aumento no número de celas vazias, mas, aumenta-se o número de celas com mais de uma semente capturada.

Findo o percurso dentro do tubo distribuidor, as sementes projetam-se livres, animadas com uma velocidade aproximadamente igual à do trator. Assim ao tocarem o fundo do sulco deslocam-se do ponto pré determinado de repouso.

Neste projeto as sementes são lançadas, a uma velocidade tangencial semelhante e oposta ao sentido de deslocamento do trator. Para tanto a captura processa-se a uma alta rotação do elemento dosador. Cabe ao sistema acelerador igualar a velocidade da semente, que está estatica no interior da moega, a velocidade tangencial do elemento dosador, facilitando a captura da mesma.

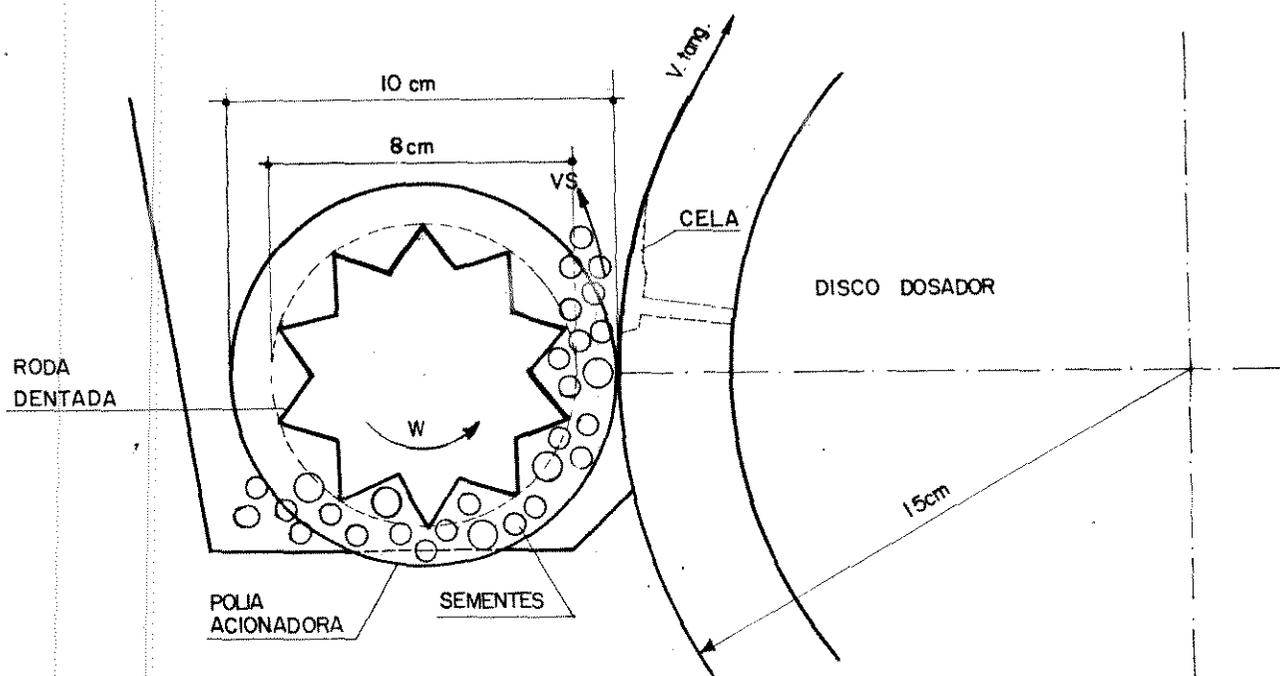


FIG 4.2 Mecanismo Acelerador de Sementes.

Uma polia de 10 cm de diâmetro entra em contacto com o disco dosador e transmite a rotação a uma roda dentada de borracha de 8 cm de diâmetro, localizada no interior da moega de sementes. O diâmetro dessa roda dentada é menor que a polia que efetua o acionamento, na tentativa de não provocar interferências e quebra das sementes.

4.4 Aceleração das Sementes.

As sementes no interior da moega são aceleradas a partir da condição de repouso ($V=0$), até a velocidade de saída V_s .

Sendo o diâmetro do elemento dosador igual a 30 cm e da polia acionadora de 10 cm, a relação de velocidade angular é (1 / 3).

Como o elemento dosador é acionando pelo contato com a polia do acelerador de sementes, as bordas dos dois sistemas estão animadas com a mesma velocidade tangencial.

$$V_s = 3 * (2 * \pi * R_{ac} * RPS_{1.e1}) \quad (4.1)$$

onde

V_s = velocidade do acelerador

R_{ac} = Raio do acelerador

$RPS_{1.e1}$ = Revoluções p/seg. do elem. dosador

O diâmetro da roda dentada responsável pela ace-

leração das sementes e de 8 cm, 2 cm menor que o diâmetro da polia acionadora, portanto calcula-se a velocidade com que a semente é acelerada, substituindo-se na equação 4.1 o valor de R_{ac} que corresponde ao diâmetro da roda dentada que acelera as sementes .

$$V_s = (0,24 * \pi * RPS1. e1) \quad (4.2)$$

Essa equação da velocidade de lançamento das sementes será utilizada na obtenção do modelo matemático.

4.5 Modelo Matemático da Captura das Sementes.

As sementes são aceleradas pela roda dentada na tentativa de se aproximar a sua velocidade da velocidade tangencial do disco dosador. Logo após a aceleração, age sobre a semente a força causada pela sucção.

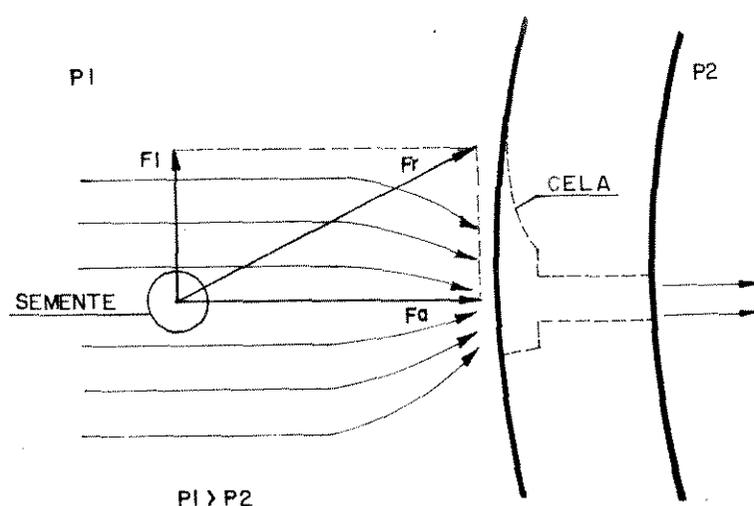


FIG.4.3 Fôrças que Agem nas Sementes Devido a Sucção.

Para aplicação do modelo matemático de MOHSENI (1965) as sementes foram consideradas como esferas rígidas de mesmo volume. MOHSENI, em ensaios realizados com grãos de soja e esferas rígidas de plástico, não encontrou diferenças significativas nos resultados obtidos para o coefi-

ciente de arraste e coeficiente de levante.

A fig 4.3 mostra o corpo submetido a uma corrente de ar influenciado por duas forças: força de levante e força de arrasto.

$$F_a = C_a * A_p * \frac{\rho * V_f^2}{2} \quad (4.3)$$

$$F_l = C_l * A_p * \frac{\rho * V_f^2}{2} \quad (4.4)$$

(MOHSENIK 1965)

Os símbolos C_a e C_l são correspondentes aos coeficientes adimensionais de arrasto e de levante do objeto.

A resultante das forças que agem na semente é dada por:

$$F_r = \sqrt{F_a^2 + F_l^2} \quad (4.5)$$

A força provocada pela sucção acelera as sementes a uma determinada velocidade, no momento da captura.

4.5.1 Cálculo da Velocidade de Captura das Sementes.

Com a origem do movimento localizado a uma distância X das celas tem-se que:

O deslocamento X em qualquer tempo t de um ponto material móvel, que está na origem quando $t = 0$ é igual a:

$$X = \bar{v} * t \quad \text{ou} \quad X = (v_0 - v_1) * t / 2 \quad (4.6)$$

onde \bar{v} = velocidade da semente.

v_0 = velocidade inicial

v_1 = velocidade final

Sabendo-se que $v_1 = v_0 + ac * t$ e com o valor de X da equação 4.6 tem-se que :

$$X = v_0 * t + \frac{1}{2} * ac * t^2 \quad (4.7)$$

onde ac = aceleração das sementes.

Substituindo-se o valor de t da equação $v = v_0 + ac * t$ na equação 4.7 tem-se que :

$$v_1^2 = v_0^2 + 2 * ac * X \quad (4.8)$$

A equação 4.8 representa a velocidade com aceleração constante, no caso específico em que a semente está na origem quando $t=0$. (HESNICK AND HALLIDAY-1966)

4.5.2 - Equacionamento do Modelo Matemático

A aceleração a_c é igual a divisão da força resultante F_r pela massa da semente M

$$a_c = \frac{F_r}{M} \quad (4.9)$$

A partir da equação 4.8, com $V_0 = 0$, $a_c = F_r/M$,
 $X=S$ (dist.entre a semente e o elemento dosador =
0,5 cm)

Transformando $V = V_r$ temos que :

$$V_r^2 = 2 * \frac{F_r * S}{M} \quad (4.10)$$

A condição para que se efetue a captura da semente é de que a componente tangencial da soma da velocidade conferida pelo acelerador (V_s) e da velocidade conferida pela sucção (V_r), seja semelhante a velocidade tangencial da borda do disco.

(veloc.p/ acelerador) + (veloc.p/ sucção) \approx Veloc.tang.do disco

$$\vec{V}_s + \vec{V}_r \approx \vec{V}_{tang} \quad (4.11)$$

onde \vec{V}_s = Velocidade com que a semente é lançada

\vec{V}_r = Velocidade com que a semente é succionada

\vec{V}_{tang} = velocidade Tangencial do elemento dosador

Da equação 4.2 tem-se $V_s = 0,24 * \pi * (RPS1.e1)$

da equação 4.10 tem-se $V_r^2 = \frac{2 * Fr * S}{M}$

Segundo MOHSENI-(1965), A força resultante Fr pode ser dada em termos do coeficiente de arraste, Ca , da seguinte forma :

$$Fr = Ca * Ap * \frac{\rho_f * V_f^2}{2} \quad (4.12)$$

onde Fr = Força resultante.

Ap = Maior área projetada da semente.

ρ_f = Densidade da massa fluidica.

V_f = Velocidade do fluido

Considerando-se que os valores trabalhados até o presente momento, apresentando-se na forma vetorial não modificam o seu sentido de direção durante a realização do trabalho de captura, trabalhar-se-a o modelo matemático na forma escalar.

Substituindo as equações 4.10 e 4.12 em 4.11 tem-se que:

$$\left(\frac{2 * Fr * S}{M} + (0,24 * \pi * (RPS1.e1)) \right) \approx V_{tang}^2 \quad (4.13) \quad 31$$

Substituindo-se na equação 4.13 o valor de Fr tem-se :

$$\left\{ \left(\frac{2 * \frac{Ca * Ap * Sf * Vf}{2} * S}{M} + (0,24 * \pi * RPS1.e1) \right) \right\}^2 \approx V_{tang}^2 \quad (4.14)$$

Esta equação fornece subsídios para o cálculo da velocidade tangencial com que a semente deva ser lançada, para que ocorra a captura pelo elemento dosador.

4.6 Análise do Lançamento das Sementes

A análise é para o caso de uma semeadora, cujo elemento dosador é posicionado na vertical e lança as sementes no sentido oposto ao movimento de avanço da máquina, mas a baixa velocidade.

No momento em que a máquina está em movimento a semente presa a cela do elemento dosador é liberada no ponto onde ocorre a maior concentração de forças de destaque. Obtem-se então a trajetória da semente deste ponto até a sua deposição no fundo do sulco.

Calcula-se analiticamente a direção, velocidade e o ângulo de impacto da semente contra a base do sulco, supondo-se que esta semente não sofra atrito com o ar.

Indicando-se por V_r a resultante da soma vetorial da velocidade de avanço da máquina e da velocidade periférica do elemento dosador e tendo como referência um sistema cartesiano ortogonal, com origem em C obtem-se a equação de movimento do sistema:

$$V_x = V_r * \cos \theta \quad (4.15)$$

$$V_y = V_r * \sin \theta + G * T \quad (4.16)$$

$$V_{r_1} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (4.17)$$

$$V_{r_1} = \left(V_r^2 + g^2 * t^2 + 2 * V_r * \sin \theta * g * t \right)^{1/2} \quad (4.18)$$

A equação 4.18 corresponde ao valor da velocidade com que a semente atinge o fundo do sulco. Considera-se nesta análise que a semente está sendo lançada a uma velocidade semelhante à da máquina e isto significa que a semente estará animada de uma determinada velocidade ao encontrar a superfície do fundo do sulco (FIG 4.4)

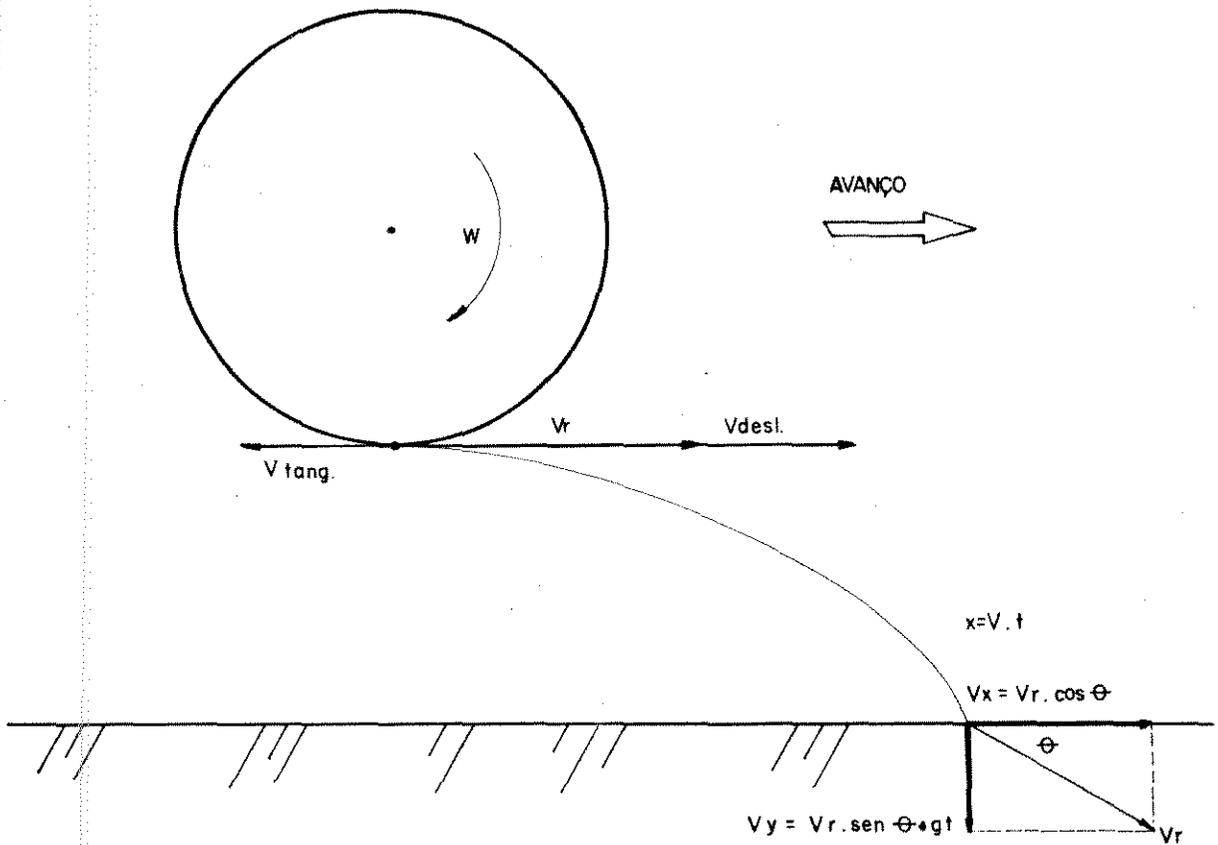


FIGURA 4.4 Condição Cinemática da Semente no Momento da Liberação Pelo Elemento Dosador, Trajetória e Velocidade de Impacto

O incorreto espaçamento entre as sementes, que é causado também pela velocidade com que elas atingem o fundo do sulco, é evitado, lançando-as à uma velocidade tangencial semelhante e contrária à velocidade de deslocamento do sistema e a uma pequena altura do fundo do sulco.

Com estas condições de lançamento, a semente atinge o solo com uma velocidade aproximadamente igual a ze-

ro, ou seja ela é praticamente depositada sobre o fundo do sulco.

A FIG 4.5 mostra como as velocidades devem ser equiparadas para que a velocidade de lançamento da semente seja função apenas da aceleração da gravidade $V_y = g * t$ (equação 4.19).

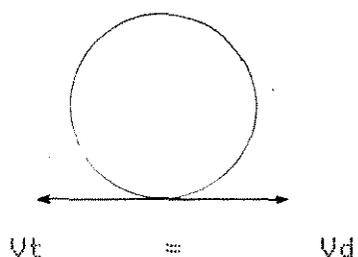


FIG 4.5 Lançamento da Semente em Função da Velocidade de Deslocamento da Máquina.

Visualisa-se na fig 4.5 que com ($V_t = V_d$)

$$V_x = 0$$

$$V_y = t * g$$

4.7 Pressão de Ar Necessária para Manter a Semente Presa a Cela.

A máquina no campo trabalha sobre terreno irregular, portanto esta sujeita a solavancos os quais provocam acelerações que transmitidas a semente, podem provocar sua liberação da cela em um momento diferente do pré determinado.

4.7.1 Aceleração Imposta a uma Semente no Momento que a Máquina Ultrapassa um Terreno Irregular.

Considerando que HUANG (1972) em seu trabalho sobre vibrações, utilizando um trator em operação de gradagem a uma velocidade de deslocamento de 6,5 Km/h, obteve uma aceleração vertical do chassi do trator de " 2 g " , adotou-se neste trabalho esse valor de aceleração supondo-se que o sistema tratorizado agrícola trabalhando na semeadura a uma velocidade de 7 km/h, encontre em seu trajeto condições no preparo do solo desfavoráveis, que acelerem o chassi em "2 g ". Esta aceleração é transmitida à semente, que pode destacar-se do tambor dosador, antes do ponto determinado.

4.7.2 Força de Separação.

A semente presa na borda do cilindro dosador, que gira em torno do seu eixo está sujeita a uma força, que age na direção do centro da trajetória circular, e é chamada de força centrípeta.

A força centrípeta que atua sobre a semente que está presa na borda do cilindro, possui uma componente oposta e normal a superfície do cilindro, fugindo do centro de curvatura e é composta da força centrífuga mais o peso da semente.

4.7.3 Cálculo da Força de Sucção.

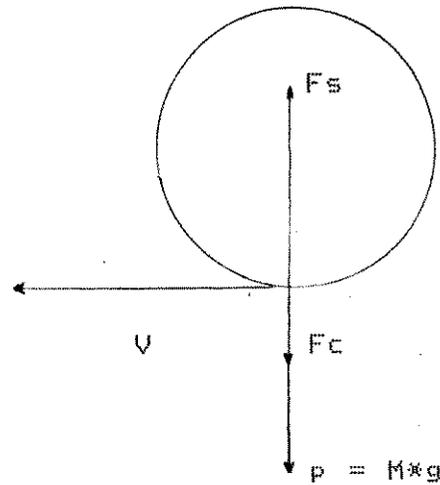


FIG 4.6 - Forças que Agem nas Sementes no Momento da Liberação

Da fig 4.6 tem-se que $F_c = F_s - P$ (4.20)

$$F_c = (M * V^2)/R \quad ; \quad F_s = F_c + M * g \quad (4.21)$$

$$F_s = M * \left\{ \frac{V^2}{R} + g \right\} * 10^{-3} \quad (\text{N})$$

$$F_s = M * \left\{ \frac{V^2}{R} + g \right\} * 10^{-4} \quad (\text{kgf}) \quad (4.23)$$

4.7.4 Cálculo da Pressão de Ar.

Para que a semente fique presa a uma cela localizada na periferia da roda dosadora deve-se utilizar uma pressão de ar que equilibre as forças que agem sobre a semente, tais como a força centrípeta, e a força devida a aceleração que a semeadora sofre ao trabalhar sobre uma superfície irregular.

O que mantém a semente presa à cela é a pressão estática e seu valor é obtido por meio de um manômetro, de coluna d'água.

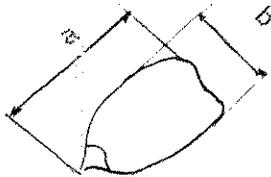
4.7.5 Altura da Coluna D'Água Necessária para o Cálculo da Pressão de Captura das Sementes

$$P_x = \frac{F_s}{A} \quad (4.23)$$

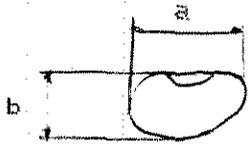
$$P_x = \frac{F_s}{\pi * (R_{eq})^2} \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (4.24)$$

$$\text{Altura da coluna d'água} = P_x * 1033 \quad (\text{cm/água}) \quad (4.25)$$

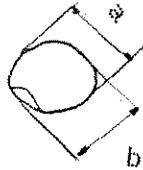
Para o cálculo da pressão é necessário que a área da semente seja conhecida. Para tanto MOHSENI (1965) desenvolveu equações para o cálculo dessa área.



$$\text{Milho} \quad S = \pi * \frac{(a+b+c)^2}{36} \quad (4.26)$$



$$\text{Feijão} \quad S = \pi * \frac{(a * b)^2}{4} \quad (4.27)$$



$$\text{Soja} \quad S = \pi * \frac{(a * b)^2}{4} \quad (4.27)$$

4.8 Sistema Produtor de Baixa Pressão.

Uma bomba de vácuo adaptada a tomada de potência de um trator produz a baixa pressão necessária para a captura pneumática das sementes, podendo ser utilizado para este fim um ventilador centrífugo, que mantenha uma pressão estática no bocal de sucção, suficiente para efetuar a captura das sementes.

Este ventilador além de possuir uma pressão suficiente para efetuar a sucção e manter a semente presa em sua cela, deve ter dimensões que sejam compatíveis com o restante do equipamento.

Faz-se neste sub-item uma analogia do funcionamento de um ventilador conhecido, com o que será instalado na máquina, pois, a performance de um ventilador varia com mudanças no diâmetro do rotor, rotação da hélice e posicionamento da carcaça.

4.8.1 Analogia das Condições de Funcionamento

Um ventilador, projetado para funcionar com o seu melhor rendimento, para valores pré fixados, de vazão de ar (Q), Pressão estática (He) e rotação (N), poderá funcionar para valores diferentes de uma dessas grandezas. Para variações relativamente grandes do número de rotações, o rendimento (η) varia pouco. Pode-se dizer que o ventilador funcionando com um número de rotações (Nx) as alturas manométricas variam segundo a relação :

$$\frac{He \times}{He} = \frac{N \times^2}{N^2} \quad (4.28)$$

$$\frac{Q \times}{Q} = \frac{N \times^2}{N^2} \quad (4.29)$$

$$A \text{ potência é expressa por } (Pe) = \frac{\rho \times Q \times H}{75 \eta} \quad (4.30)$$

Como se está admitindo (η) constante a relação entre as potências para os dois estados de funcionamento é .

$$\frac{Pe \times}{Pe} = \frac{Q \times \times He \times}{Q \times He} = \frac{N \times}{N} \quad (4.31)$$

Chama-se para cada componente a referência ao original e ao homólogo, como pode ser mostrado por D e Dx , que são as dimensões de dois rotores de ventiladores geometricamente semelhantes.

4.8.2 Variação da Descarga

A descarga depende da área da secção (proporcional ao quadrado de uma dimensão) e da velocidade (proporcional a um comprimento) portanto é proporcional ao cubo do diâmetro.

$$\frac{Q \times D}{Q} = \frac{D \times D^3}{D^3} \quad (4.32)$$

4.8.3 Variação da Altura Manométrica.

De acôrdo com Macintire (1976) sabe-se que H depende da viscosidade (μ) a qual é proporcional ao diâmetro, logo:

$$\frac{H_e \times D}{H_e} = \frac{D \times D^2}{D^2} \quad (4.33)$$

4.8.4 Variação da Potência.

A potência depende do produto da descarga pela altura manométrica, logo:

$$\frac{P_e \times D}{P_e} = \frac{D \times D^5}{D^5} \quad (4.34)$$

Pode-se escrever, reunindo-se as equações duas a duas, variando-se primeiro o diâmetro em seguida o número de rotações do rotor.

$$\frac{Q \times}{Q} = \frac{N \times}{N} \times \frac{D \times^3}{D^3} \quad (4.35)$$

$$\frac{He \times}{He} = \frac{N \times}{N} \times \frac{D \times^2}{D^2} \quad (4.36)$$

$$\frac{Pe \times}{Pe} = \frac{N \times}{N} \times \frac{D \times^5}{D^5} \quad (4.37)$$

Da equação 4.36 pode-se escrever:

$$\frac{D \times^2}{D^2} = \frac{He \times}{He} \times \frac{N}{N \times} \quad (4.38)$$

Introduzindo-se esse valor na equação 4.37 tem-se:

$$\frac{Pe \times}{Pe} = \left(\frac{He \times}{He} \right)^{5/2} = \left(\frac{N}{N \times} \right)^{7/2} \quad (4.39)$$

Este equacionamento permite calcular o ventilador a ser utilizado no experimento, por meio de comparação com um ventilador cujas dimensões são conhecidas.

4.9 Influência do Sistema Condutor na Variância do Espaçamento entre Sementes.

A dosagem unitária das sementes de uma moega e posterior deposição no fundo do sulco são os processos que requerem maior atenção em um trabalho sobre semeadoras, sob o ponto de vista da uniformidade do espaçamento entre sementes.

A condução das sementes a partir do ponto de liberação, no elemento dosador até o fundo do sulco, processa-se normalmente por intermédio de um tubo, que possui forma, tamanho e disposição inerente a cada modelo de semeadora.

A semente ao ser liberada entra em contato com as paredes internas do tubo distribuidor e, dependendo da velocidade e ângulo sob o qual ela é lançada ocorrerá então, o choque e ricocheteamento, com a conseqüente perda de energia cinética. A cada impacto a velocidade decresce e conseqüentemente o tempo e espaçamento entre sementes aumenta.

CHAND and GHOST (1965) apresentam uma equação que permite quantificar a perda de energia cinética:

$$E_0 = \frac{1}{2} * M * V^2 * \{ \text{SIN} \theta * [E_1 * (\text{Tang.} \theta - 1 * (1 - E_1))] \}^2 \quad (4.40)$$

Essa indicação, não pretende dar soluções para a variação do espaçamento entre sementes, porém mostra que eliminando-se certas variáveis, que são os parâmetros mais críticos, pode-se melhorar o tempo entre sementes.

4.10 Métodos para Determinação da Variabilidade do Distribuidor

Os processos que existem e que podem ser utilizados para medir a variabilidade causada pelo sistema distribuidor são.

1-Espaçamento entre sementes no sulco, medido diretamente no campo, ou no laboratório.

2-Tempo entre sementes dentro do tubo, a partir do ponto de liberação, até o fundo do sulco. Também chamado de tempo de condução.

3-Tempo entre sementes obtido eletronicamente.

O primeiro processo necessita de testes de campo e fica sujeito a várias condições que o tornam problemático. O segundo método permite avaliar a variabilidade introduzida pelo sistema distribuidor e através dele obtém-se o tempo de condução no interior do tubo. No terceiro método avalia o tempo entre sementes diretamente do ponto de liberação e como a semeadora pneumática projetada deve lançar as sementes a uma baixa altura e sem o uso do tubo distribuidor, este terceiro processo é o mais indicado para ser utilizado.

4.10.1 Cálculo da Variância do Espaçamento entre Sementes

O espaçamento entre sementes, sob o ponto de vista de deposição no sulco, é expresso do seguinte modo.

$$Es = (1000 * V * Ts) / 36 \quad (4.41)$$

Esta equação é verdadeira com a suposição de que nenhuma variabilidade é produzida pelo sistema condutor e sulcador.

A maioria dos casos não se compatibilizam com o modelo possuidor dessas características, portanto é muito útil mostrar como a variabilidade do tempo entre sementes, afeta a uniformidade do espaçamento no solo.

O espaçamento e o tempo entre sementes são variáveis aleatórias normalmente distribuídas.

$$Es = (1000 * V * Ts) / 36 \quad (4.42)$$

$$\text{Var} (Es) = (1000/36)^2 * V^2 * \text{Var} (Ts) \quad (4.43)$$

Se no momento do ensaio, o elemento dosador captura duas sementes ao mesmo tempo, ou não captura nenhuma, a análise da variância do tempo entre sementes mostra uma va-

riabilidade que é delegada ao processo de distribuição.

Este equívoco pode ser evitado utilizando-se o tempo de condução, dentro do tubo, ao invés do tempo entre sementes. No caso da semeadora pneumática o tempo de condução não é importante pelo fato de que as sementes capturadas de forma unitária, liberadas sem o tubo distribuidor e próximas ao solo

O tempo entre sementes no fundo do sulco e o de condução no tubo são relacionados na equação abaixo onde se assume que não existe ultrapassagem entre sementes durante o processo de condução.

$$T_{si} = (T_{i+1} + Dt) - T_i \quad (4.44)$$

$$\text{Var} (T_{si}) = \text{Var} (T_{i+1}) + 0 + \text{Var} (T_i) + 2 * \text{Cov} (T_i, T_{i+1}). \quad (4.45)$$

T_i , T_{i+1} são valores sucessivos da variável aleatória T

$$\text{Var} (T_i) = \text{Var} (T_{i+1}) \quad (4.46)$$

$$\text{Var} (T_{si}) = 2 * [\text{Var} (T_i) + \text{Cov} (T_i, T_{i+1})] \quad (4.47)$$

O termo $\text{Cov} (T_i, T_{i+1})$ representa as interações entre sucessivos valores do tempo de condução. Se a variação do tempo de uma semente não afeta a de outra , pode-se dizer que elas são independentes e portanto $\text{Cov} (T_i, T_{i+1}) = 0$.

A partir das equações 4.43 e 4.47 tem-se a variância do espaçamento entre sementes no sulco.

$$\text{Var} (E_s) = 1543,2 * V^2 * [\text{Var} (T_i) + \text{Cov} (T_i, T_{i+1})]$$

(4.48)

Essa equação permite comparar a distribuição das sementes no fundo de um sulco, de semeadoras que possuam modos diversificados de distribuição .

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 INTRODUÇÃO

Os pontos críticos da semeadora pneumática em estudo, são referentes a configuração das celas onde se alojam as sementes, diâmetro do orifício onde se processa a sucção do ar, pressão, eliminação de sementes capturadas em excesso, rotação do elemento dosador, sistema sulcador, rodas compactadoras e moega de alimentação.

5.1 Caracterização das Sementes e Determinação da Pressão de Trabalho.

Foram determinadas as características dimensionais e ponderais das sementes no intuito de se obter parâmetros, para o dimensionamento das celas e para o cálculo da pressão de ar necessária para mantê-las presas ao elemento dosador, durante o processo de transporte no elemento dosador e durante o tráfego em campo.

Para se efetuar essa caracterização toma-se uma amostra de 500 gramas de cada espécie de semente a ser testada. Posteriormente determina-se as características dimensionais e ponderais da amostra, tabulando-se a média desses valores.

Para a determinação da pressão de ar é necessário obter a aceleração que a máquina transfere a semente no mo-

mento da semente, ao trabalhar sobre um terreno irregular. Essa aceleração é responsável pela variação do peso da semente e deve ser estimada antes do uso das equações 4.24, 4.26 e 4.27, no cálculo da pressão (altura da coluna d'água equivalente no manômetro).

5.2-Cálculo do Ventilador

Para o cálculo do ventilador utilizou-se o método da similaridade.

A partir de um ventilador centrifugo existente na faculdade de Engenharia de Alimentos de Campinas e que aqui será chamado de "ventilador padrão", mede-se a pressão estática na boca de sucção, a rotação das pás e o diâmetro do rotor.

De posse desses dados, a teoria do item 4.8 e os requerimentos de pressão e velocidade do ventilador a ser utilizado determina-se o "ventilador calculado", que suprirá as necessidades do protótipo.

5.3-Desenvolvimento do Protótipo

O protótipo foi desenvolvido e testado, com o uso de uma bancada de testes, conforme mostra a fig 5.3.

Um motor de 1/2 cv, 2500 rpm, aciona um redutor de velocidades, com taxa de redução de 1:20.5. Este é aco-

plado a uma polia múltipla, que aciona por intermedio de outra polia múltipla, o elemento dosador. A partir de combinações de polias é possível de se obter uma gama de velocidades do elemento dosador alternadas de 0.5 rps a 3.5 rps , (0,78 a 3,0 m/s).

5.3.1 Sistema de Vácuo

O vácuo necessário ao sistema foi produzido por intermedio de um ventilador radial marca Bernauer, potência de 1 cv, vazão de 3.2 m³/min, pressão de sucção equivalente a uma coluna de 190 mm d'agua e uma rotação de 3500rpm.

A pressão é tomada diretamente do elemento dosador através de um manômetro de coluna d'agua marca Dwyer. Este manômetro permite leituras de pressões até um metro de coluna d'agua e com precisão de 1 mm.

Um regulador da pressão transmitida ao protótipo é instalado na boca de sucção do ventilador e permite obter pressões variáveis de 100 ate 190 mm de coluna d'agua. O regulador consta de um conjunto de placas que estrangulam ou liberam a entrada de ar na boca de sucção do ventilador, permitindo assim um controle da baixa pressão que é aplicada no elemento dosador.

5.3.2 Celas de Captura

O primeiro levantamento a ser feito é o referente

a configuração das celas. Os fatores que devem ser analisados são : largura, profundidade, comprimento e ângulo de ataque da cela na camada de grãos.

A profundidade é de fundamental importância na captura e na liberação das sementes, pois, quanto mais profunda for a cela, mais difícil será a liberação, mas, ao mesmo tempo será melhor o desempenho na captura. A largura e o comprimento são os fatores que influenciam a captura de mais de uma semente por cela.

O ângulo de ataque da cela sobre a massa de grãos, inicia-se suave, mantendo-se estável por 10 mm , a partir do que aumenta gradativamente até estabilizar-se. A superfície que forma essa base inferior, tem o formato de um semi caracol. (fig 5.1).

Este tipo de configuração é necessário para que as sementes em contato com a superfície externa do disco, não sofram uma mudança brusca na sua trajetória, no momento da captura.

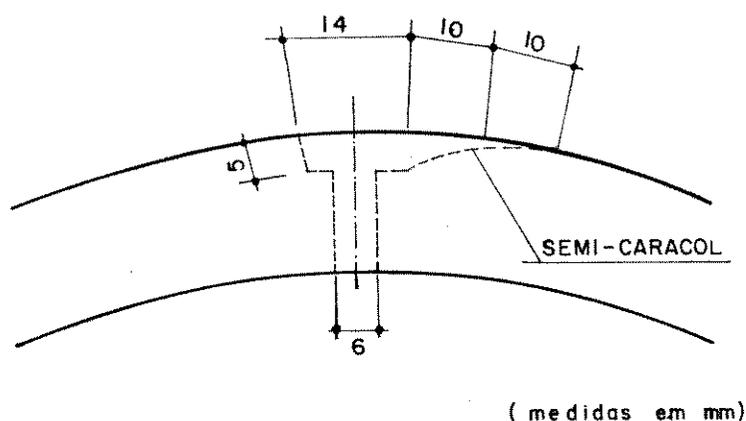


FIG 5.1 Perfil da Cela

O orifício onde se processa a sucção deve ser localizado de tal forma , que permita a compensação dos impactos que a semente recebe ao ser capturada e ao encontrar a superfície limitante localizada no fundo da cela.

O índice que permite avaliar a forma construtiva das celas é a porcentagem de sementes simples (única) capturadas para cada rotação do elemento dosador. Os testes utilizados para a determinação da configuração das celas, os quais permitirão concluir sobre qual cela, melhor capturara as sementes são os seguintes:

Moldam-se na superfície periférica de um disco maciço de alumínio , celas de diferentes formas, que são testadas na bancada descrita anteriormente. A forma das celas não seguem um padrão e a moldagem dessas deve evoluir de acordo com os resultados obtidos.

O ensaio realiza-se inicialmente coletando-se em um recipiente tôdas as sementes liberadas, em um minuto de funcionamento do protótipo. Durante esse minuto, que corresponde a cada ensaio, anota-se o número de celas ocupadas por três ou por nenhuma semente. De posse do numero de sementes coletadas, aplica-se o seguinte método de avaliação da captura das celas .

5.3.2.1 Método Para Verificação da Captura das Celas

1- Anota-se o nº de células contendo Três sementes (NC3)

2- Anota-se o nº de células vazias (NCV)

3- Determina-se o nº total de sementes depositadas (NTS)

$$NTS = NCS + 2 * NCD + 3 * NC3$$

4- Calcula-se o nº total de células por tempo de teste (NC)

$$NC = NCS + NCD + NCT + NCV$$

5- Calcula-se o nº de células com sementes (Simples ou Duplas)

$$L1 = NC - NC3 - NCV = NCD + NCS$$

6- Calcula-se o nº total de sementes (Simples ou Duplas)

$$L2 = NTS - 3 * NC3 = NCS + NCD * 2$$

7- Resultado do número de células com duas sementes

$$NCD = L2 - L1$$

8- Resultado do número de células com uma semente.

$$NCS = NC - NCD - NCT - NCV$$

O resultado esperado na avaliação da semeadora pneumática projetada é aquele em que o maior número de ce-

las seja ocupada por apenas uma semente e este método permite esta avaliação.

5.3.3 Sistema de Eliminação de Sementes

Definindo-se a configuração da cela que apresentou o melhor resultado, na captura de apenas uma semente, avalia-se o tipo, localização e forma do sistema que é responsável pela eliminação das sementes capturadas em excesso.

Materiais de diversas constituições e de diferentes formas foram testados na avaliação do eliminador de sementes. Para tanto utilizou-se lâminas de aço 1055 com 0,1 mm de espessura, filme de borracha de 1 mm de espessura, pinças com cerdas de pelo de crina de cavalo e de cabelo humano.

O modo de avaliação foi a seguinte: Com uma pressão de 190 mm de coluna d'água e utilizando-se um determinado tipo de eliminador, procede-se a captura das sementes por um período de tempo correspondente a um minuto. O procedimento para avaliar a captura é o mesmo que foi utilizado na definição da forma das celas e o equipamento que define o melhor eliminador de múltiplas é aquele que permite que o maior número de celas seja ocupada por uma única semente, se processe na maior rotação possível do elemento dosador.

O material que apresentou o melhor resultado, foi um pincel construído com a utilização de cabelos humanos, e a fig 5.2 mostra as dimensões desse eliminador de sementes.

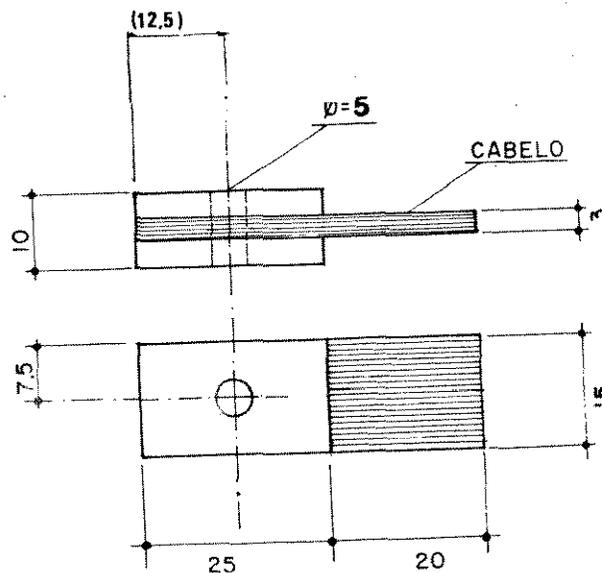


FIG 5.2 Esquema do Eliminador de Sementes Múltiplas

5.3.4 Otimização do Sistema

Com os componentes do protótipo avaliados, analisa-se o efeito dos outros parâmetros, que são: rotação do elemento dosador, diâmetro do orifício que processa a sucção da semente e pressão no sistema. A otimização desses parâmetros é efetuada utilizando-se sementes de milho, soja e feijão. Molda-se no disco de alumínio quatro celas, que seguem as dimensões daquela que apresentou os melhores re-

sultados. Cada cela possuirá um orifício de sucção, de diâmetros respectivamente iguais a 3 mm, 4 mm, 5 mm e 6mm.

A otimização desses parâmetros se efetua ensaiando a semeadora, para cada orifício com as várias velocidades do elemento dosador e as várias pressões na sucção das sementes.

O procedimento de verificação do número de sementes por cela é o mesmo descrito anteriormente quando se determinou a forma das celas.

5.4 Danos Mecânicos nas Sementes

Durante a realização dos ensaios descritos anteriormente, verifica-se a cada velocidade e a cada repetição, a ocorrência de sementes quebradas, coletando-se em um recipiente tôdas as sementes liberadas pelo elemento dosador.

Após a coleta verifica-se visualmente as condições das sementes quanto a existência de quebras ou de rachaduras na superfície dos grãos.

5.5 Espaçamento das Sementes no Solo

O espaçamento das sementes no solo é o parâmetro que mostra a eficiência de um sistema dosador.

Há várias técnicas para se obter a distância entre sementes, muitas das quais testam a máquina como um todo e não os componentes individuais: mecanismo dosador, sistema de condução e sistema sulcador. Algumas dessas técnicas são:

a) Semeadura no campo e medição posterior do espaçamento entre plantas .

b) Semeadura sobre uma correia engraxada, com posterior avaliação da distribuição longitudinal e transversal. Este ensaio se processa em laboratório.

c) Semeadura simulada sobre uma caixa de solos , com verificação posterior do espaçamento.

d) Medição do tempo entre sementes, na saída destas do elemento dosador. Este ensaio se processa em um laboratório.

Os três primeiros métodos permitem medir a distância entre sementes , no sulco ou sobre uma correia engraxada e incluem todas as variabilidades de um sistema dosador como: dosagem, distribuição, deposição e germinação das sementes. Esses métodos são de difícil realização pois necessitam de um campo preparado para a semeadura ou de uma caixa de solos ou do equipamento que utiliza a correia engraxada.

xada.

O quarto método é utilizado para se avaliar a semeadora em laboratório com a utilização de uma única unidade dosadora sendo realizado da seguinte forma:

Uma caixa de magnificação acústica contendo no seu interior um sensor acústico de alta frequência (Sony ECM - 210A) é instalado em um ponto que simule o fundo do sulco, local onde as sementes são depositadas após a liberação pelo protótipo.

O impacto da semente contra a caixa de magnificação acústica, induz o sensor a produzir uma pequena corrente elétrica, que é transmitida a um gravador de áudio (Kyowa Rp. 500), ficando registrado em uma fita magnética livre de ruídos (fig. 5.4).

O aparelho de gravação utilizado (Kyowa Rp 500) grava a uma velocidade constante, sem flutuações. A reprodução pode ser executada na mesma velocidade de gravação ou em outra mais baixa. No presente caso utiliza-se a velocidade de gravação semelhante a de reprodução.

Após o término dos ensaios a fita com os registros é reproduzida, acoplando-se o gravador a um registrador galvanométrico oscilográfico (Kyowa Rapet Rms 11). O sinal de áudio da fita é transferido para a fita de papel do registrador e tem a forma de pulsos, com picos de curta duração conforme mostra a fig. 5.5,

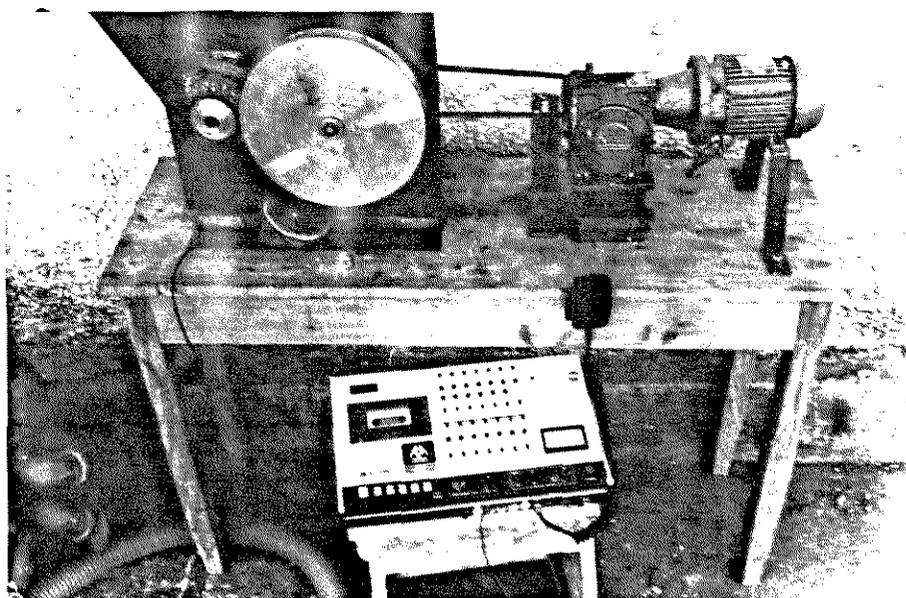


FIG 5.3 Protótipo da semeadora na bancada de testes

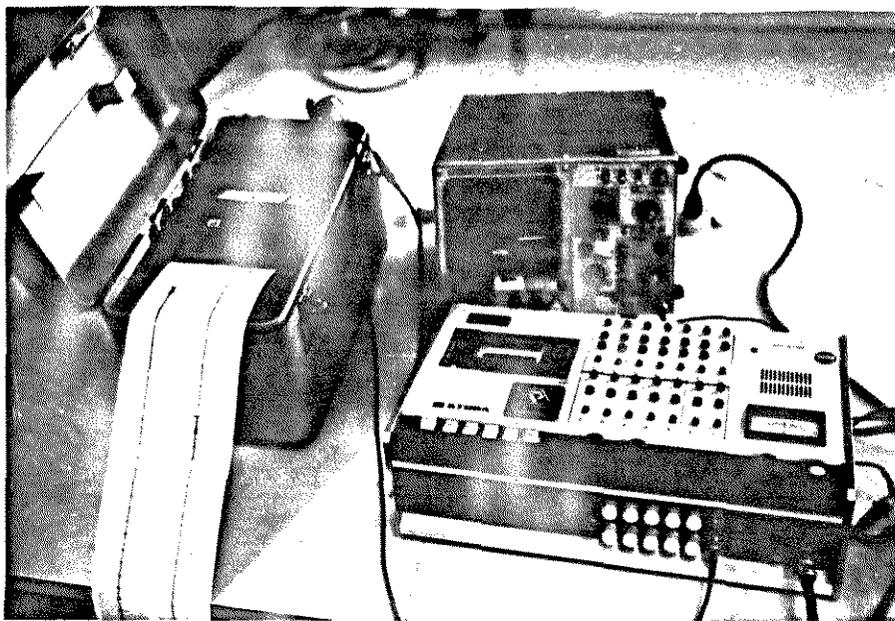


FIG 5.4 Transferência dos dados do gravador para uma fita de papel.

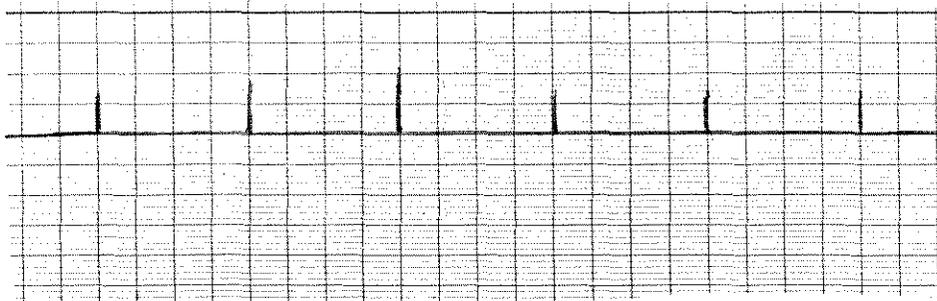


FIG 5.5 Registro do tempo entre sementes da semeadora pneumática projetada.

Cada pico do sinal, significa que uma semente atingiu a caixa de magnificação acústica e a distância entre os picos corresponde ao tempo entre sementes, o qual é uma função da rotação do disco dosador, da velocidade de gravação, reprodução e deslocamento do papel no registrador. O desempenho global pode ser expresso quantitativamente através da distância entre sementes e da velocidade de deslocamento da máquina

$$D_s = V * T_s \quad (5.1)$$

5.5.1 Avaliação do Desempenho

O desempenho de uma semeadora pneumática é comparado ao de uma semeadora convencional existente no mercado, para tanto utiliza-se o modelo de discos planos Jumil.

O módulo de dosagem dessa semeadora é colocado sobre uma bancada e através de regulagens simula-se várias velocidades de semeadura, obtendo-se o tempo entre sementes da mesma forma que o realizado com o modelo pneumático.

5.6- Análise da Variância do Espaçamento entre Sementes, com a Utilização de Três Modelos de Semeadoras.

5.6.1-Protótipo da Semeadora Pneumática.

Utilizou-se a semeadora pneumática, projetada sob

o ponto de vista da eliminação da variabilidade produzida pelo sistema condutor, lançando as sementes de encontro ao solo, livres e a uma altura de 5 cm.

Como a semeadora apresenta certas características próprias para a deposição, que são a eliminação do tubo distribuidor e a proximidade do ponto de liberação da semeadora do solo, o tempo de condução que é aquele que a semente leva para percorrer o espaço de deposição é praticamente igual a zero. Portanto a $Var (T_s)$ é igual a zero

A partir da equação 4.47 tem-se que:

$$Var (T_i) - Cov (T_i , T_{i+1}) = 0 \quad (5.2)$$

$$Var (T_s) = 0$$

$$Var (E_s) = V^2 * Var (T_s) \quad (5.3)$$

$$Var (E_s) = 0 \quad (5.4)$$

5.6.2- Semeadora Convencional

A variância da distância entre sementes da semeadora convencional é obtida diretamente do ensaio efetuado por ocasião da realização do teste de avaliação e utiliza-se a equação 4.45 .

5.6.3-Semadora International Harvester 400 Cyclo.

Necessita-se de uma máquina que possua uma mangueira de condução, para uma comparação da variabilidade produzida pelo sistema condutor, na variância do tempo entre sementes. Para tanto utiliza-se os resultados obtidos por BRAUNBECK (1971) em seu trabalho a respeito do tempo de condução das sementes, no interior de um tubo. Os resultados foram obtidos a partir de uma semeadora pneumática a International Harvester 400 Cyclo, já descrita na revisão bibliográfica, BRAUNBECK (1972).

O termo $Cov (T_i , T_{i+1})$ tem valor a partir do momento que um evento tem influência no resultado do anterior. No caso da semeadora manifesta-se essa influência no momento da distribuição, quando uma segunda semente ultrapassa a anterior dentro do tubo, influenciando dessa maneira no tempo entre sementes da primeira.

No presente caso BRAUNBECK (1971) não considerou esse valor pelo fato de que os dados foram obtidos com grande diferença no tempo entre eventos razão pela qual não há ultrapassagem de sementes dentro do tubo. O valor utilizado para $Cov (T_i , T_{i+1})$ é igual a zero. A partir da equação 4.47 tem-se que :

$$Var (T_s) = 2 * Var (T_i) \quad (5.5)$$

$$\text{Var} (E_s) = V^2 * 2 * \text{Var} (T_i) \quad (5.6)$$

Com o registro do tempo entre sementes da semeadora convencional e da semeadora pneumática, faz-se uma comparação entre esses dois modelos utilizando-se o teste estatístico " F " .

A $\text{Var} (E_s)$ é graficada, em função da velocidade de deslocamento da máquina, mostrando as diferenças existentes entre as semeadoras .

5.7 - Avaliação do Modelo Matemático e do Mecanismo Acelerador de Sementes

De acordo com o modelo matemático desenvolvido no Item 4.5, a captura das sementes deve se processar a uma velocidade tangencial semelhante a velocidade do elemento dosador

Testa-se o modelo matemático calculando-se o valor da velocidade com a qual a semente deve ser impelida, tangencialmente a superfície por onde se processa a captura pelo elemento dosador. Confronta-se os resultados calculados com o modelo e os obtidos através de testes, com o protótipo.

Para a prova do modelo matemático é necessário calcular determinados valores na equação e que não constam da literatura. É o caso do coeficiente de arraste aerodinâmico.

mico das sementes e cuja metodologia de cálculo, juntamente com o método para obter a velocidade do fluido em um orifício e de outras características físicas, estão demonstrados no Apendice 3.

Tabula-se a porcentagem de celas ocupadas com uma única semente, com e sem a utilização de um mecanismo que as acelere .

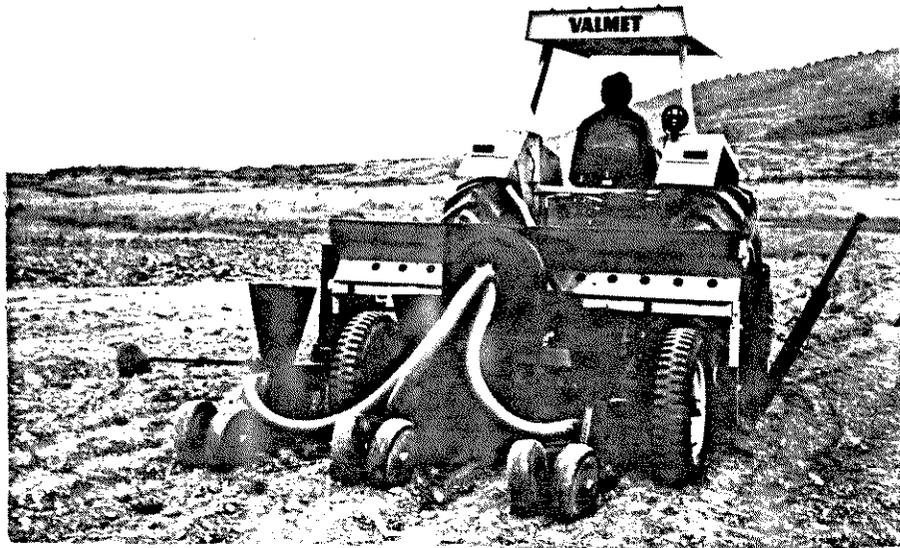
5.8 - Teste de Campo .

Efetua-se o teste de campo para comprovar a resistência e a durabilidade do protótipo no campo e para isto a máquina deve estar completa e funcional.

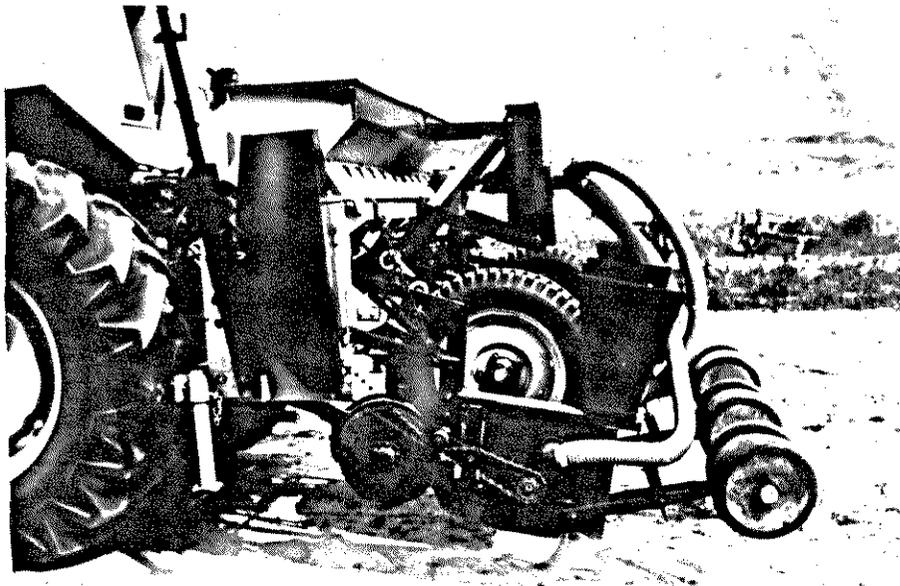
Com o protótipo testado, desenvolve-se um patim sulcador, que tenha como objetivo abrir um sulco no solo, que servirá de leito para as sementes liberadas pelo elemento dosador, que está acoplado no interior do patim sulcador e que permite uma baixa altura de liberação das sementes.

Para que o sistema de dosagem mantenha-se nivelado durante a sementeira é necessário acoplá-lo ao chassi da sementeira por meio de um sistema pantográfico .

Três unidades do elemento dosador, patim sulcador e sistema pantográfico, devem ser construídos e instalados no chassi de uma máquina convencional. As figuras 5.6 A e 5.6 B mostram os testes de campo .



A)



B)

FIGURA 5.6 A e B Teste de Campo com o Protótipo Final da Semeadora Pneumática Projetada.

6 Análise dos Resultados

6.1 Caracterização das Sementes

Na tabela 6.1 estão caracterizadas através de suas dimensões e peso, as sementes utilizadas nos testes .

Tabela 6.1 Medidas Ponderais e Dimensionais das Sementes Utilizadas na Avaliação do Dosador Pneumático

SEMENTE	COMPRIMENTO	LARGURA	ESPESSURA	A.E.	40% A.E.	MASSA
	cm	cm	cm	cm ²	cm ²	g
Milho	1,30	0,89	0,35	0,50	0,20	0,57
Feijao	1,08	0,8	0,35	0,45	0,19	0,48
Soja	0,75	0,70	0,54	0,40	0,17	0,35

6.2 Pressão de Ar no Tambor Dosador .

Para o cálculo da pressão de ar no elemento dosador estimam-se em primeiro lugar, as alterações de peso que sofrem as sementes, pois devido às irregularidades do terreno a semeadora sofre acelerações que são transmitidas aos grãos, alterando seu peso .

Assim a partir das equações 4.24 , 4.26 , e 4.27 calcula-se a respectiva força de sucção, pressão e altura manométrica, para as três variedades de semente utilizados.

De acordo com o que foi discutido no item 4.7.1 a semeadora sofre uma série de vibrações transmitindo-as às sementes. A aceleração nestas condições, chega a atingir o valor de 2 g . Por isso adotou-se o valor da aceleração de 19,6 m/s .

Tabela 6.2 Força de sucção , Pressão e Altura Manométrica

SEMENTE	F(S) Kgf	P(X) Kgf./cm ²	mm C.A.
Milho	$4,15 * 10^{-3}$	$2,0 * 10^{-2}$	200
Soja	$3,50 * 10^{-3}$	$1,3 * 10^{-2}$	140
Feijão	$2,52 * 10^{-3}$	$1,4 * 10^{-2}$	150

6.3 Dimensionamento do Ventilador .

Estabelecida a pressão de ar necessária, procedeu-se ao dimensionamento do ventilador, de acordo com os procedimentos determinados no item 4.8 . Dimensionou-se o ventilador para produzir uma sucção tal que mantenha as sementes capturadas presas a superfície do tambor durante o processo de transporte.

Tabela 6.3 Dimensionamento do Ventilador

	Ventilador IPadrão	Ventilador I Calculado	Ventilador I Bernauer
Rotação da rotor	3400 rpm	3500 rpm	3500 rpm
Diâmetro do Rotor	250 mm	390 mm	400 mm
Altura Manométrica	55 mm H ₂ O	190 mm H ₂ O	190 mm H ₂ O

De acordo com a tabela 6.3 o ventilador "Bernauer" preenche os requisitos exigidos pelo protótipo pois os valores obtidos são bastantes próximos dos valores calculados .

6.4 Efeito do Diâmetro do Orifício de Sucção na Captura de Sementes Individuais (SUC).

Os resultados analisados neste sub-item se referem aos efeitos da variação do diâmetro do orifício na captura das sementes. Os diâmetros dos orifícios considerados variam entre o mínimo e o máximo permitido para cada tipo de semente .

O ensaio com sementes de milho utilizou orifícios com diâmetros de 4 , 5 e 6 mm. Para o feijão e soja utilizou-se diâmetros de 4 e 5 mm . Acima e abaixo desses valores tornou-se deficiente a captura ou a liberação regular das sementes.

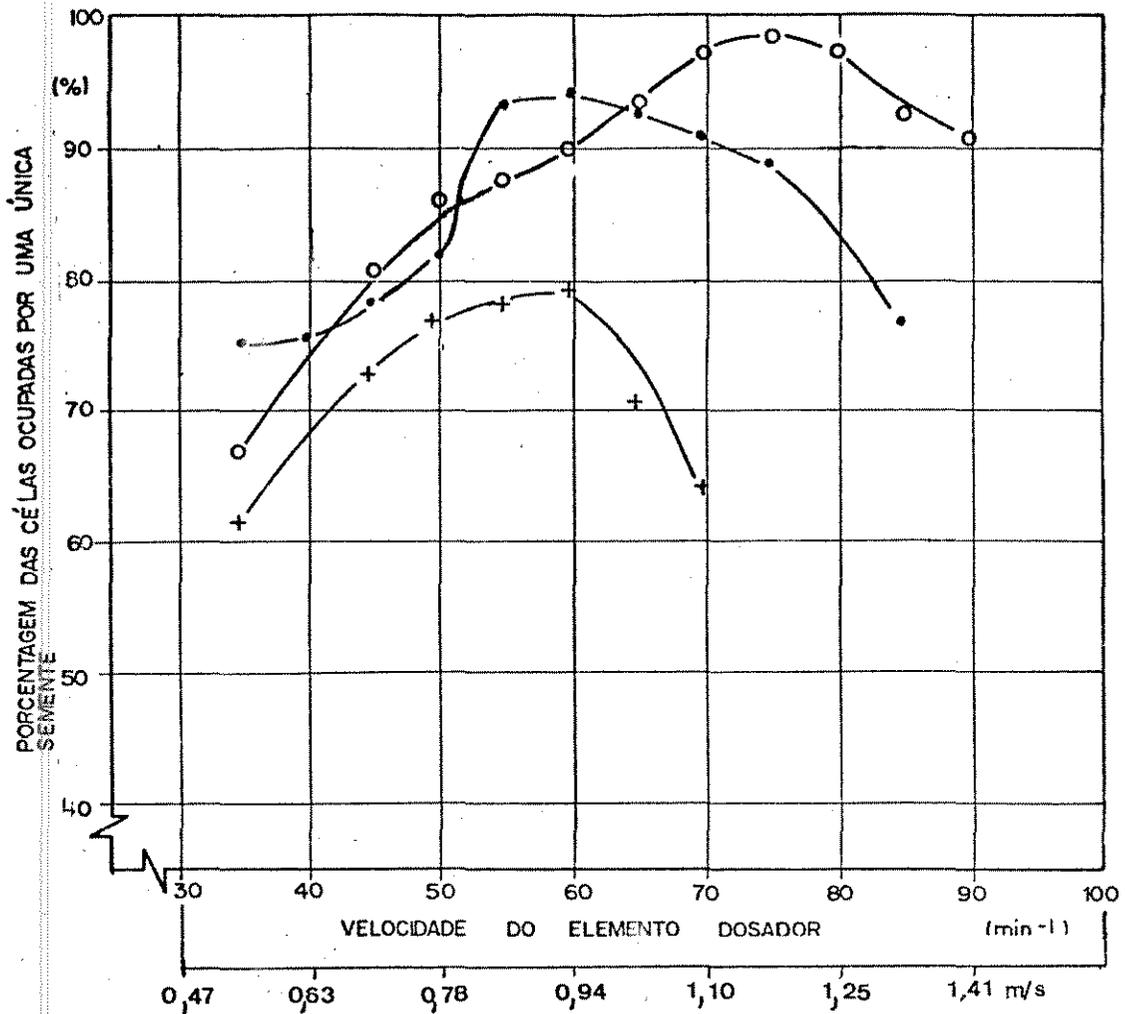
6.4.1 Semente de Milho.

O diâmetro do orifício de sucção aliado à velocidade angular do disco dosador são parâmetros a se analisar se o desejo é capturar apenas uma semente por cela. De acordo com a fig 6.4.1 o ensaio efetuado com grãos de milho, utilizando um orifício de 6 mm e uma velocidade tangencial do elemento dosador de 1,25 m/s, apresentou um índice de 98 % SUC (enquanto que o melhor resultado apresentado com o orifício de 5 mm foi de 93 % SUC a uma velocidade tangencial de 0,94 m/s).

Observa-se na figura 6.4.1 que utilizando-se o

orifício de 6 mm a captura das sementes foi mais constante, evidenciada pela faixa de velocidades angulares onde a captura manteve-se acima dos 95 % SUC.

De acordo com a tabela 6.4.1 a ocupação das celas nas velocidades mais baixas efetuou-se, sempre, com a captura de uma ou duas sementes, não ocorrendo nessas velocidades a incidência de celas vazias ou com três sementes capturadas .



DIÂMETRO DO ORIFÍCIO

- + - + - + - 4 mm

- • - • - • - 5 mm

- o - o - o - 6 mm

Figura 6.4.1 Captura do Milho em Função do Diâmetro do Orifício de Sucção e da Rotação, (Velocidade Tangencial), do Tambor Dosador. Com Acelerador de Sementes e pressão de 190 mm de C.A.

Tabela 6.4.1 Dados Experimentais Referentes à Figura 6.4.1, (Milho), com os Parâmetros Estatísticos de Captura das Celas.

RPM	S	σ_s	CV	ϕ	σ_ϕ	E
	%	*	%	%	*	%
35	61,3	0,52	0,8	0	0	100
40	75,5	0,52	0,7	0	0	100
45	73,5	0,55	0,7	2,5	0,51	97,5
50	77,0	1,60	2,1	2,5	0,53	97,5
55	74,0	0,41	0,6	4,0	0,70	96,0
60	78,5	0,55	0,7	15,0	1,41	85,0
65	70,5	1,37	1,9	29,5	1,52	69,5
70	64,0	0,41	0,6	35,0	1,60	65,0
75						
80						
85						
90						
95						

* SEMENTE MILHO / T

Diâmetro

do Orifício = 4 mm

Pressão = 190 mm C.A.

RPM	S	σ_s	CV	ϕ	σ_ϕ	E
	%	*	%	%	*	%
35	75,5	2,07	2,7	0	0	100
40	76,0	1,33	1,7	0	0	100
45	78,0	2,14	2,7	0	0	100
50	82,0	1,25	1,5	0	0	100
55	93,5	0,98	1,1	2,0	1,20	98,0
60	94,0	0,52	1,5	3,5	1,10	96,5
65	92,5	1,05	1,3	7,0	1,40	93,0
70	89,5	0,41	1,1	7,5	1,20	92,5
75	89,0	0,40	1,1	11,0	1,30	89,0
80	89,0	0,32	0,6	9,5	1,10	89,5
85	89,0	0,75	0,8	11,0	1,30	89,0
90	76,5	1,05	1,4	22,5	1,05	77,5
95						

* SEMENTE MILHO / T

Diâmetro

do Orifício = 5 mm

Pressão = 190 mm C.A.

RPM	S	σ_s	CV	ϕ	σ_ϕ	E
	%	*	%	%	*	%
35	67,5	2,16	3,2	0	0	100
40	82,0	1,26	1,5	0	0	100
45	80,5	1,03	1,3	0	0	100
50	86,0	0,98	1,1	0	0	100
55	87,5	0,52	0,6	0	0	100
60	89,5	0,54	0,5	0	0	100
65	93,0	0,54	0,6	0	0	100
70	97,0	2,00	2,1	0	0	100
75	98,0	1,00	0,9	2,0	0,80	98,0
80	97,0	1,03	1,1	3,5	1,03	96,5
85	92,5	0,82	0,9	8,5	0,70	91,5
90	90,6	0,81	0,9	10,0	0,70	90,0
95	84,5	1,51	1,8	10,0	0,80	90,0

* SEMENTE MILHO / T

Diâmetro

do Orifício = 6 mm

Pressão = 190 mm C.A.

6.4.2 Semente de Soja.

Os resultados apresentados pelo protótipo na captura de apenas uma semente por cela, de soja e de feijão, são mostrados nas figuras 6.4.2 e tab. 6.4.3.

No caso da soja, utilizando-se o orifício de 5 mm, a captura apresentou um índice de 96 % SUC, a uma velocidade tangencial do elemento dosador de 0,94 m/s. Com o orifício de 4 mm, a captura foi 4 % inferior.

A soja sendo uma semente possuidora de formas regulares, tornou-se mais susceptível a ser capturada. Este é um dos prováveis motivos do grande número de celas ocupadas por mais de uma semente, nas velocidades inferiores ao ponto de ocorrência de captura máxima, conforme mostra a tabela 6.4.2.

6.4.3 Semente de Feijão

O fenômeno de captura com orifícios de diferentes diâmetros, apresentou-se mais regular para o feijão, como ilustra a fig 6.4.3. O ensaio do protótipo utilizando-se o orifício de 5 mm apresentou um índice de 97 % SUC a uma velocidade tangencial do elemento dosador de 0,94 m/s e um índice de 100 % utilizando-se um orifício de 4 mm, a uma velocidade tangencial de 0,73 m/s.

O aspecto das curvas de captura se altera com a variação do diâmetro dos orifícios. O orifício de 4 mm apre-

sentou uma curva com um índice SUC de 97 % a uma velocidade do elemento dosador de 0,63 m/s. Acima desta ocorre falhas na captura. O ensaio realizado com o orifício de 5 mm, apresentou uma faixa de SUC acima de 95 % , dentro de uma faixa de velocidades de captura de 0,63 a 1,10 m/s .

Embora o ensaio realizado com o feijão utilizando-se um orifício do elemento dosador de 4 mm apresentasse um índice de captura de 100 % SUC, para uma velocidade tangencial do elemento dosador de 0,73 m/s, opta-se pelo orifício de 5 mm de diâmetro, devido ao fato de que as velocidades mais altas, do elemento dosador, favorecem a deposição das sementes a uma velocidade final baixa com relação ao ponto de deposição no fundo do sulco. verificar. item 4.5 .

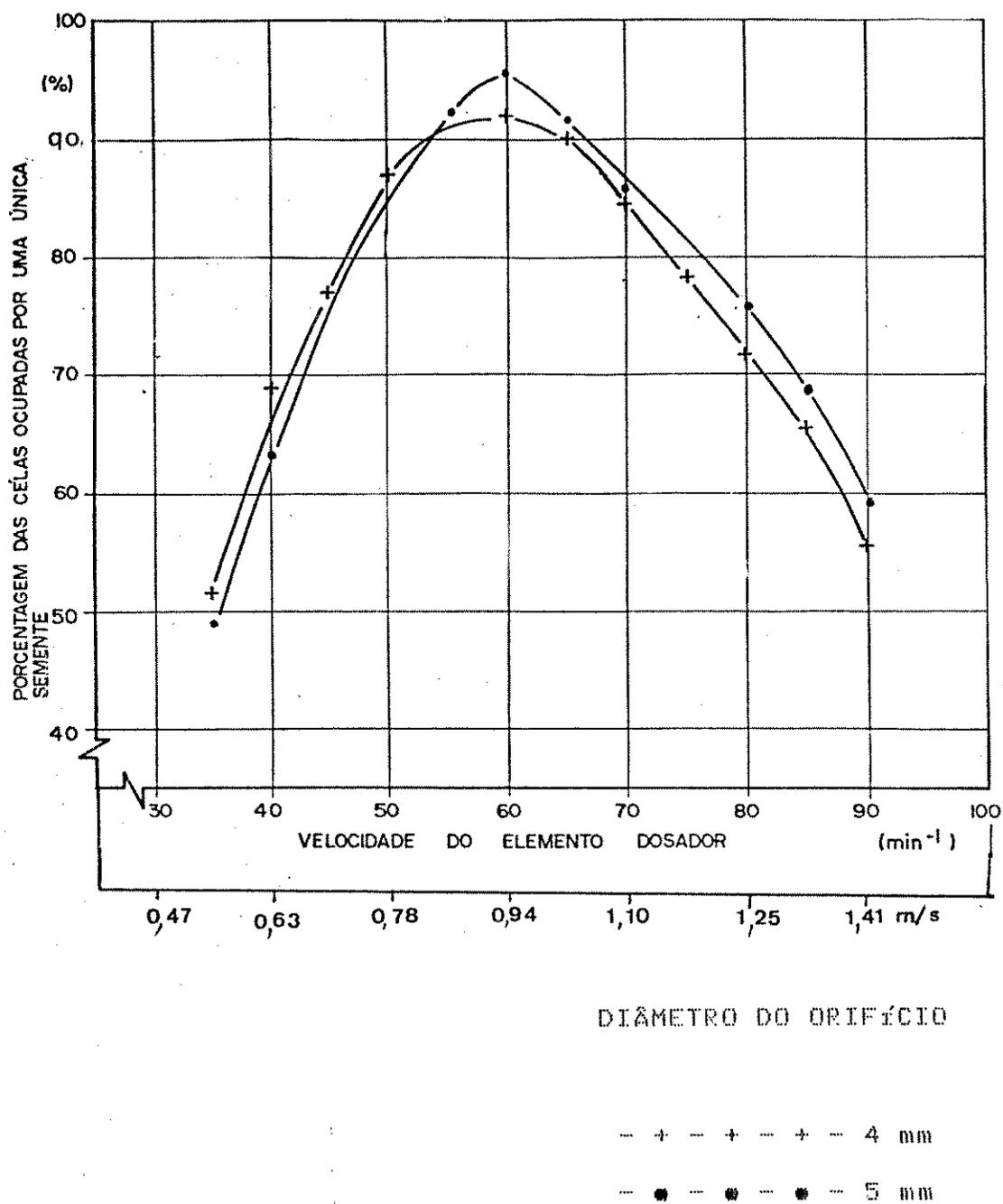


Figura 6.4.2 Captura da Soja em Função do Diâmetro do Orifício de Sucção e da Rotação, (Velocidade Tangencial), do Tambor Dosador. Com o Acelerador de Sementes e Pressão de 190 mm de C.A.

Tabela 6.4.2 Dados Experimentais Referentes à Figura 6.4.2, (Soja), com os Parâmetros Estatísticos de Captura das Celas.

RPM	S	σ_s	CV	ϕ	σ_ϕ	E
	%	*	%	%	*	%
35	51,5	1,96	3,8	0	0	100
40	69,0	1,09	1,6	0	0	100
45	77,0	4,20	5,4	0	0	100
50	87,0	1,32	1,5	3,5	0,52	96,5
55	92,5	1,03	1,1	4,0	0,54	96,0
60	92,0	1,03	1,1	8,5	0,71	91,5
65	90,0	1,09	1,2	16,0	0,75	84,0
70	84,5	1,96	2,3	15,5	0,82	84,5
75	78,5	0,81	1,0	27,5	0,81	72,5
80	72,0	1,32	1,8	33,5	0,79	66,5
85	65,5	0,81	1,2	38,5	1,10	61,5
90	55,1	1,32	2,4	60,0	1,15	40,0
95						

* SEMENTE SOJA/T

Diâmetro

do Orifício = 4 mm

Pressão = 190 mm C.A

RPM	S	σ_s	CV	ϕ	σ_ϕ	E
	%	*	%	%	*	%
35	49,0	1,78	3,6	0	0	100
40	63,5	1,97	3,1	0	0	100
45	67,0	2,52	3,8	0	0	100
50	81,0	1,09	1,3	0	0	100
55	93,0	1,50	1,6	0	0	100
60	96,0	1,03	1,1	1,5	0,51	98,7
65	91,5	2,58	2,9	4,0	0,62	96,2
70	85,1	1,32	1,6	13,5	0,62	87,5
75	83,5	2,06	2,5	16,5	0,75	83,3
80	76,0	1,67	1,9	24,0	0,92	76,0
85	68,0	0,89	1,3	32,0	0,89	68,0
90	59,2	1,20	2,0	40,8	0,72	59,2
95						

* SEMENTE SOJA/T

Diâmetro

do Orifício = 5 mm

Pressão = 190 mm C.A.

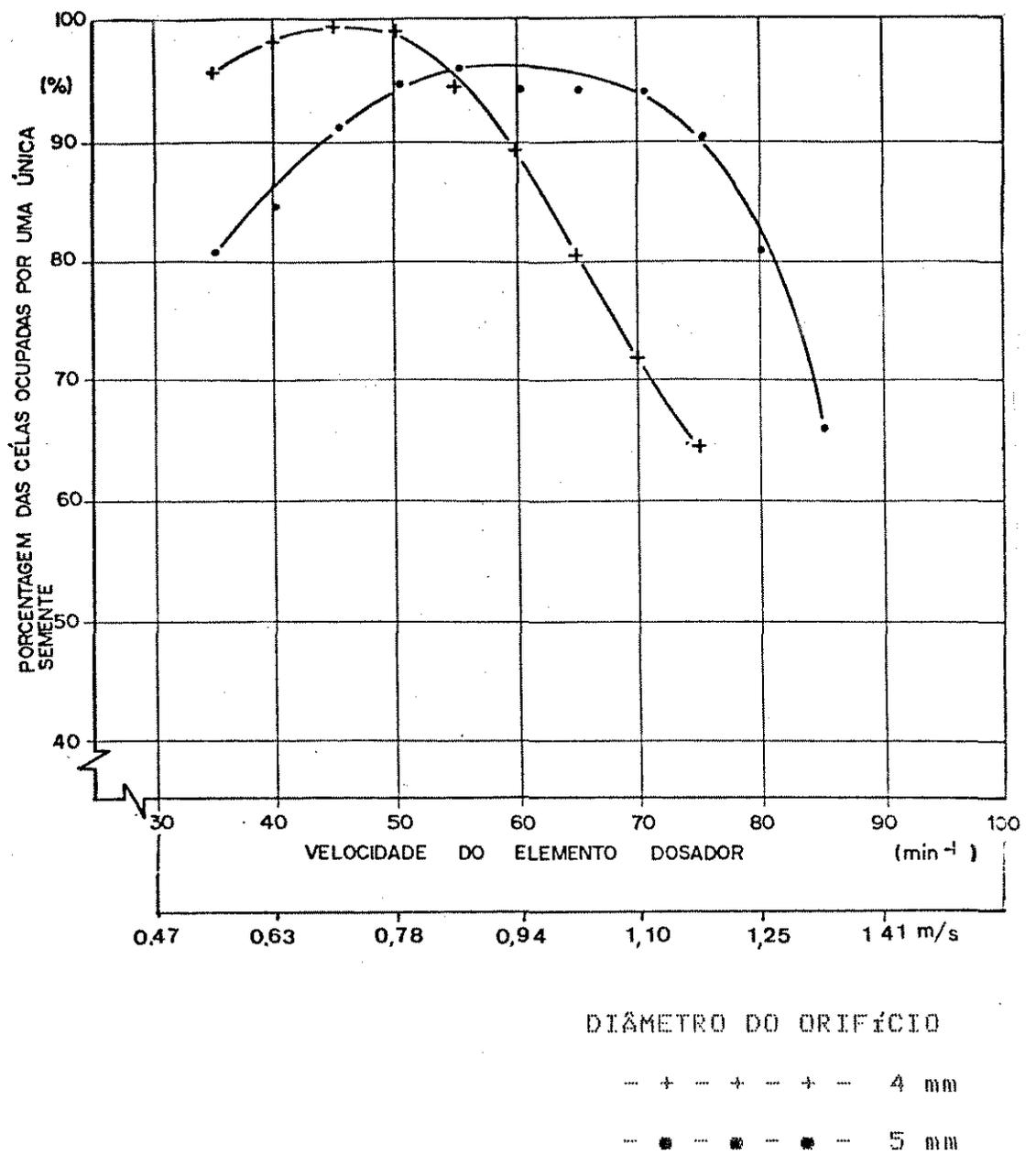


Figura 6.4.3 Captura do Feijão em Função do Diâmetro do Orifício de Sucção e da Rotação, (Velocidade Tangencial), do Tambor Dosador. Com acelerador de Sementes e Pressão de 190 mm C.A.

Tabela 6.4.3 Dados Experimentais Referetes à Figura 6.4.3, (Feijão), com os Parâmetros Estatísticos de Captura das Celas

RPM	S %	σ_s *	CV %	ϕ %	σ_ϕ *	E %
35	95,5	1,54	1,6	0	0	100
40	98,5	1,64	1,7	0	0	100
45	99,5	0,81	0,8	0	0	100
50	98,0	1,26	1,3	2,0	0,57	98,0
55	94,5	1,63	1,7	5,5	0,71	94,5
60	89,0	1,83	2,1	11,0	0,89	89,0
65	80,1	2,22	2,8	20,0	1,80	80,0
70	72,0	1,54	2,1	28,0	1,04	72,0
75	64,0	1,47	2,3	36,5	0,81	63,5
80						
85						
90						
95						

* SEMENTE FEIJAO/T

Diâmetro

do Orifício = 4 mm

Pressão = 190 mm C.A

RPM	S %	σ_s *	CV %	ϕ %	σ_ϕ *	E %
35	80,5	5,43	6,8	0	0	100
40	84,5	2,92	3,4	0	0	100
45	91,5	2,40	2,6	0	0	100
50	94,5	1,63	1,7	0	0	100
55	96,0	1,50	1,6	0	0	100
60	94,0	1,63	1,8	0	0	100
65	94,5	0,75	0,8	2,5	0,73	97,5
70	94,5	0,81	0,9	2,5	0,82	97,5
75	90,5	1,36	1,5	9,5	1,02	90,5
80	81,5	1,51	1,9	18,0	1,03	82,0
85	66,0	1,17	1,8	34,0	0,83	66,0
90						
95						

* SEMENTE FEIJAO/T

Diâmetro

do Orifício = 5 mm

Pressão = 190 mm C.A.

6.5 Efeito da Pressão de Ar na Captura de Sementes Individuais (SUC)

Após a definição do diâmetro do orifício com melhor desempenho na captura, que para a soja e feijão foi de 5 mm e para o milho foi de 6 mm, estudou-se o efeito da pressão de ar na captura das sementes.

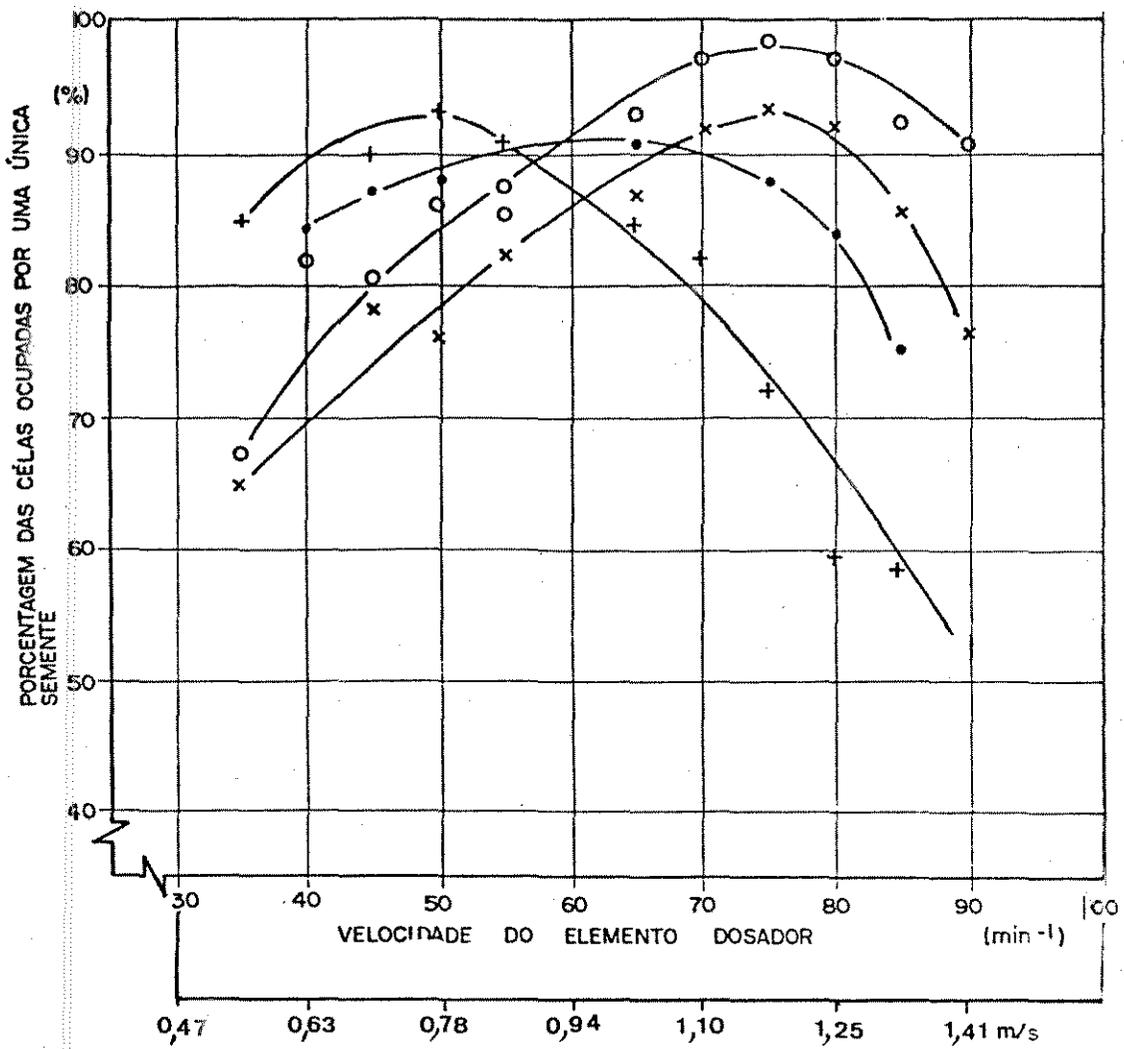
Quatro níveis de pressão foram utilizados, para cada um dos três tipos de sementes, milho, soja e feijão.

Como se observa nas figuras 6.5.1, 6.5.2 e 6.5.3, a pressão é um fator importante na captura de uma única semente por cela. Para o milho, representado na fig 6.5.1, utilizando-se uma pressão de 190 mm de C.A. e uma velocidade tangencial do elemento dosador de 1,25 m/s, registrou-se uma porcentagem máxima de captura de 98 % SUC. Diminuindo-se a pressão para 160 mm de C.A., essa porcentagem máxima diminuiu atingindo um índice de 93 % , a uma velocidade tangencial de 1,17 m/s .

Para a soja os valores de pressão iguais a 190 e 160 mm de C.A. teve pouca influência nos índices de captura, como mostra a figura 6.5.2. A variação de SUC na captura se altera quando a pressão diminui abaixo de 130 mm de coluna d'água.

Evidenciou-se que o feijão é o grão que possui o índice de captura menos influenciado, pelas variação da pressão. A Figura 6.5.3 mostra que as pressões entre 190 e 160 mm de C.A., apresentam diferenças de aproximadamente 5

% na porcentagem máxima de captura. A captura é prejudicada, como no caso da soja e do milho quando a pressão é inferior a 130 mm de C.A.



PRESSÃO
 - + - + - + - 100 mm C.A.
 - • - • - • - 130 mm C.A.
 - x - x - x - 160 mm C.A.
 - o - o - o - 190 mm C.A.

Figura 6.5.1 Captura do Milho em Função da Pressão de Sucção e da Rotação, (Velocidade Tangencial), do Elemento dosador. Com Acelerador de Sementes e um Orifício de 6 mm de Diâmetro

Tabela 6.5.1 Dados Experimentais Referentes a Figura 6.5.1, (Milho),
com os Parâmetros Estatísticos de Captura das Celas

	S	σ_s	CV	θ	σ_θ	E
	%	*	%	%	*	%
35	85,0	0,63	0,7	0	0	100
40	82,5	1,96	2,4	0	0	100
45	90,0	1,75	1,9	0	0	100
50	93,0	1,03	1,2	2,0	0,9	98,0
55	91,0	1,96	2,3	3,5	0,8	96,5
60	89,5	0,40	0,4	7,5	0,8	92,5
65	84,5	1,22	1,4	10,0	0,9	90,0
70	82,0	1,17	1,4	15,0	0,6	85,0
75	72,0	1,67	2,0	15,5	0,8	85,5
80	59,0	2,78	3,9	27,5	0,9	72,5
85	58,0	1,83	3,1	41,0	1,2	59,0
90	54,0	1,26	2,3	46,0	1,2	54,0

* SEMENTE MILHO / T
Diâmetro
do Orifício = 6 mm
Pressão = 100 mm C.A

	S	σ_s	CV	θ	σ_θ	E
	%	*	%	%	*	%
	84,5	2,25	2,7	0	0	100
	84,5	2,25	2,7	0	0	100
	87,0	1,09	1,3	0	0	100
	87,3	2,06	2,4	0	0	100
	85,6	1,63	1,9	0	0	100
	89,0	1,83	2,1	3,0	0,54	97,0
	91,0	1,32	1,4	3,5	0,55	96,5
	91,5	0,52	0,6	4,5	0,62	95,5
	87,0	1,09	1,3	7,0	0,81	93,0
	84,5	1,86	2,2	14,0	1,00	86,0
	75,0	1,67	2,2	15,0	1,37	85,0
	54,0	1,47	2,8	24,5	1,50	75,5

* SEMENTE MILHO / T
Diâmetro
do Orifício = 6 mm
Pressão = 130 mm C.A

	S	σ_s	CV	θ	σ_θ	E
	%	*	%	%	*	%
	65,0	0,40	0,6	0	0	100
	78,5	1,64	2,1	0	0	100
	78,0	1,72	2,2	0	0	100
	75,5	1,50	2,0	0	0	100
	82,5	1,03	1,3	0	0	100
	90,0	0,98	1,1	0	0	100
	86,5	0,54	0,6	0	0	100
	92,0	1,09	1,2	1,5	1,4	98,5
	93,0	0,40	0,4	2,5	2,0	97,5
	92,0	0,98	1,2	7,0	6,8	93,0
	85,0	1,26	1,5	16,0	16,0	84,0
	73,0	2,71	3,7	19,0	19,0	81,0

* SEMENTE MILHO / T
Diâmetro
do Orifício = 6 mm
Pressão = 160 mm C.A.

	S	σ_s	CV	θ	σ_θ	E
	%	*	%	%	*	%
	67,5	2,16	3,2	0	0	100
	82,0	1,26	1,5	0	0	100
	80,5	1,03	1,3	0	0	100
	86,0	0,98	1,1	0	0	100
	87,5	0,52	0,6	0	0	100
	89,5	0,54	0,5	0	0	100
	93,0	0,54	0,6	0	0	100
	97,0	2,00	2,1	0	0	100
	98,0	1,00	0,9	3,5	1,20	96
	97,0	1,03	1,1	3,5	1,03	96
	92,5	0,82	0,9	8,5	0,70	91
	90,6	0,81	0,9	10,0	0,70	90
	84,5	1,51	1,8	10,0	0,60	90

* SEMENTE MILHO / T
Diâmetro
do Orifício = 6 mm
Pressão = 190 mm C.A

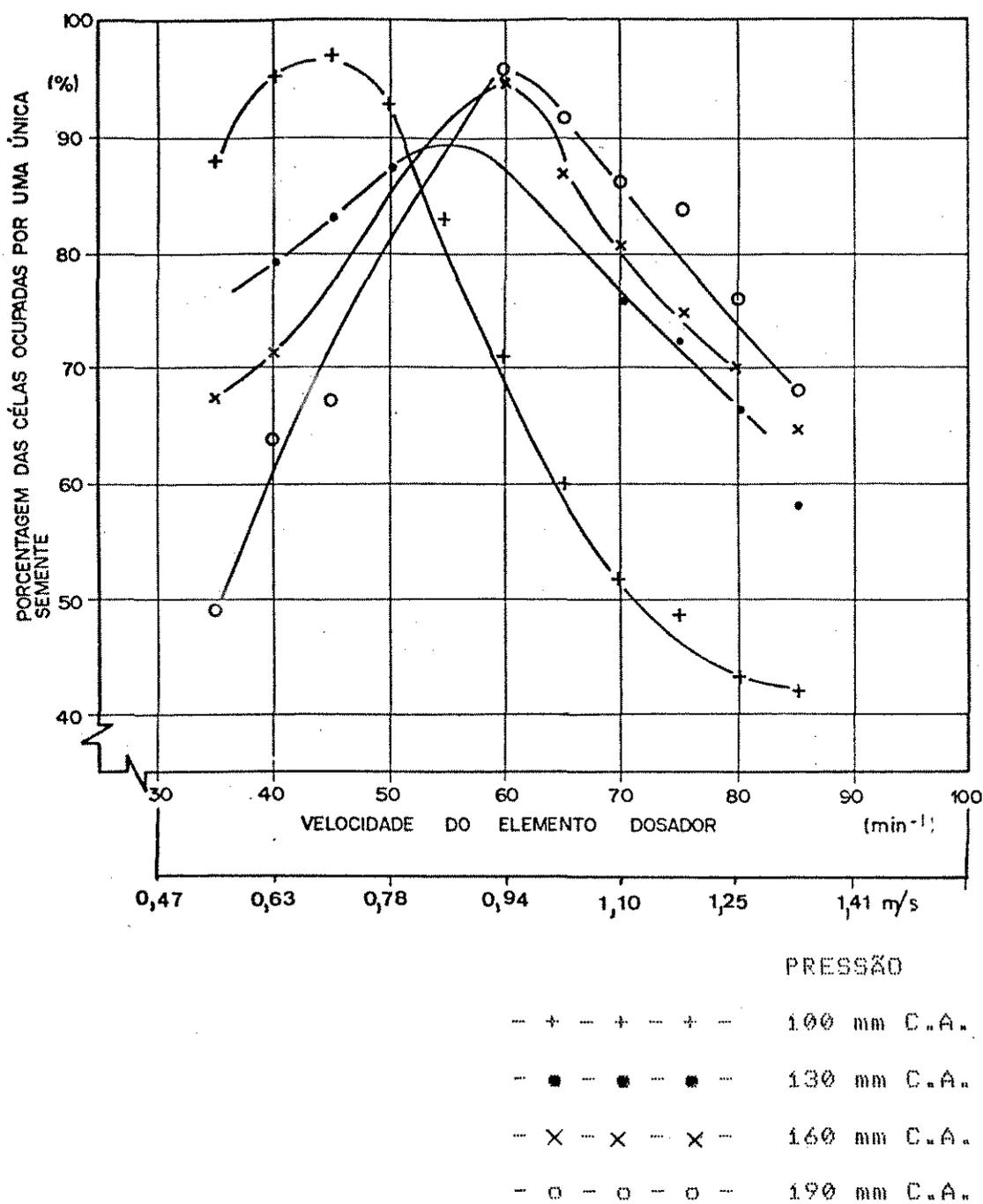


Figura 6.5.2 Captura da soja em função da Pressão de sucção e da Rotação (Velocidade Tangencial), do Elemento Dosador. Com Acelerador de Sementes e um Orifício de 5 mm de Diâmetro

Tabela 6.5.2 Dados Experimentais Referentes a Figura 6.5.2, (Soja), com os Parâmetros Estatísticos de Captura das Celas

RPM	S	σ_s	CV	ϕ	$\sigma\phi$	E
	%	*	%	%	*	%
35	87,5	1,97	2,3	0	0	100
40	95,0	1,60	1,7	0	0	100
45	96,5	3,68	3,8	1,0	0,98	98
50	93,5	2,05	2,2	5,5	0,83	93,5
55	83,0	0,98	1,2	17,0	1,20	83,1
60	71,0	1,67	2,4	29,0	0,93	71,0
65	60,0	1,67	3,2	39,1	1,02	60,0
70	51,5	0,51	1,0	48,5	1,10	51,5
75	48,0	0,63	1,3	52,0	1,14	48,0
80	48,5	1,76	3,6	51,5	1,26	48,5
85	43,8	1,34	3,1	56,2	1,25	43,8
90						
95						

* SEMENTE SOJA / T
 Diâmetro
 do Orifício = 5 mm
 Pressão = 100 mm C.A.

RPM	S	σ_s	CV	ϕ	$\sigma\phi$	E
	%	*	%	%	*	%
67,0	2,44	3,6	0	0	100	
79,0	2,03	2,6	0	0	100	
83,0	2,75	3,3	0	0	100	
84,5	2,60	3,1	0	0	100	
89,5	2,81	3,1	4,0	1,16	96,0	
87,0	1,26	1,4	11,5	1,46	89,5	
82,5	1,51	1,8	16,0	2,10	85,0	
71,5	1,22	1,7	10,0	0,42	90,0	
72,5	0,59	0,7	27,5	0,83	72,5	
66,5	0,53	0,8	33,5	0,84	66,5	
55,5	0,83	1,5	44,5	0,92	55,5	

* SEMENTE SOJA / T
 Diâmetro
 do Orifício = 5 mm
 Pressão = 130 mm C.A.

RPM	S	σ_s	CV	ϕ	$\sigma\phi$	E
	%	*	%	%	*	%
68,5	2,25	3,3	0	0	100	
71,0	1,67	2,4	0	0	100	
74,0	0,98	1,3	0	0	100	
83,5	2,03	2,4	0	0	100	
91,5	2,05	2,2	2,7	0,82	97,3	
94,5	1,51	1,6	2,6	1,03	97,5	
86,5	2,04	2,3	13,8	1,16	86,5	
81,0	1,54	1,9	19,2	1,13	81,0	
74,5	0,98	1,3	25,3	1,17	74,5	
70,0	1,32	1,9	29,3	1,12	70,0	
64,0	0,82	1,3	36,4	1,09	64,0	

* SEMENTE SOJA / T
 Diâmetro
 do Orifício = 5 mm
 Pressão = 160 mm C.A.

RPM	S	σ_s	CV	ϕ	$\sigma\phi$	E
	%	*	%	%	*	%
49,0	1,78	3,6	0	0	100	
63,5	1,97	3,1	0	0	100	
67,0	2,52	3,8	0	0	100	
81,0	1,09	1,3	0	0	100	
93,0	1,50	1,6	0	0	100	
96,0	1,03	1,1	1,5	0,51	98,7	
91,5	2,58	2,9	4,0	0,62	96,2	
85,1	13,2	1,6	13,5	0,62	87,5	
83,5	2,06	2,5	16,5	0,79	83,3	
76,0	1,67	1,9	24,0	0,92	76,0	
68,0	0,89	1,3	32,0	0,89	68,0	
59,2	1,20	2,0	40,8	0,72	59,5	

* SEMENTE SOJA / T
 Diâmetro
 do Orifício = 5 mm
 Pressão = 190 mm C.A.

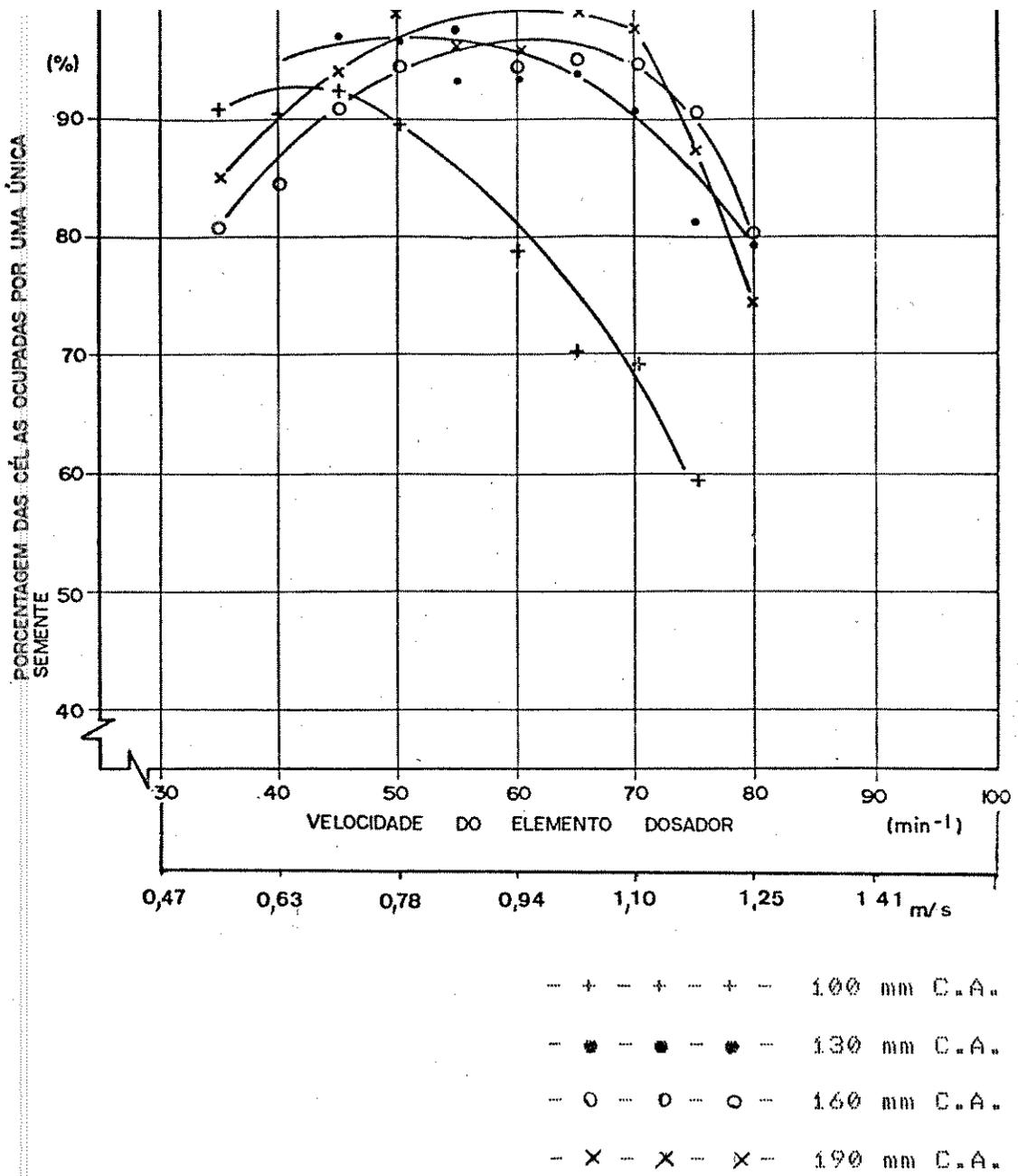


Figura 6.5.3 Captura do Feijão em Função da Pressão de Sucção e da Rotação, (Velocidade Tangencial), do Elemento Dosador. Com Acelerador de Sementes e Orifício de 5 mm de Diâmetro

Tabela 6.5.3 Dados Experimentais Referentes a Figura 6.5.3, (Feijão), com os Parâmetros Estatísticos de Captura das Celas

APM	S	σ_s	CV	ϕ	σ_ϕ	E
	%	*	%	%	*	%
35	91,0	1,60	1,8	0	0	100
40	90,5	1,03	1,1	0	0	100
45	92,5	1,03	1,1	1,5	0,52	98,5
50	89,5	0,54	0,6	10,0	1,31	90,0
55	78,5	2,25	2,9	21,7	1,32	78,3
60	78,5	1,63	2,1	21,5	0,54	78,5
65	70,5	1,03	1,5	29,5	0,52	70,5
70	69,0	1,72	2,5	31,0	0,83	69,0
75	59,5	0,51	0,9	42,0	0,53	58,0
80						
85						
90						
95						

* SEMENTE FEIJAO/T
Diâmetro
do Orifício = 5 mm
Pressão = 100 mm C.A.

S	σ_s	CV	ϕ	σ_ϕ	E
%	*	%	%	*	%
85,0	4,09	4,8	0	0	100
94,5	1,03	1,1	0	0	100
97,0	1,09	1,1	0	2,0	100
96,5	1,03	1,1	2,0	0,63	98
91,5	1,50	1,6	8,5	0,83	91,5
90,5	1,04	1,1	9,5	0,54	90,5
94,0	0,98	1,0	6,0	0,63	94,0
90,5	1,05	1,1	9,5	0,72	90,5
81,5	0,81	1,0	8,7	0,73	81,3
80,0	1,09	1,1	10,0	0,83	80,0

* SEMENTE FEIJAO/T
Diâmetro
do Orifício = 5 mm
Pressão = 130 mm C.A.

S	σ_s	CV	ϕ	σ_ϕ	E
%	*	%	%	*	%
85,0	1,54	1,8	0	0	100
91,5	1,83	2,0	0	0	100
93,5	3,01	3,2	0	0	100
97,0	2,44	2,5	0	0	100
96,0	1,17	1,2	0	0	100
95,5	1,03	1,1	0	0	100
98,0	1,32	1,3	1,5	0,53	98,5
97,5	0,75	0,8	4,2	0,81	95,8
87,0	1,76	2,1	14,5	1,03	85,5
74,5	0,81	0,9	25,5	0,83	74,5

* SEMENTE FEIJAO/T
Diâmetro
do Orifício = 5 mm
Pressão = 160 mm C.A.

S	σ_s	CV	ϕ	σ_ϕ	E
%	*	%	%	*	%
80,5	5,43	6,8	0	0	100
84,5	2,92	3,4	0	0	100
91,5	2,40	2,6	0	0	100
94,5	1,63	1,7	0	0	100
96,0	1,50	1,6	0	0	100
94,0	1,63	1,8	0	0	100
94,5	0,75	0,8	2,5	0,73	97,5
94,5	0,81	0,9	2,5	0,82	97,5
90,5	1,36	1,5	9,5	1,02	90,5
81,5	1,51	1,9	18,0	1,03	82,0
66,0	1,17	1,8	34,0	0,83	66,0

* SEMENTE FEIJAO/T
Diâmetro
do Orifício = 5 mm
Pressão = 190 mm C.A.

6.6 Efeito do Acelerador na Captura de Sementes Individuais (SUC)

6.6.1 Semente de Milho .

Os dados são obtidos com o uso do orifício, por onde se processa a sucção, de 6 mm de diâmetro e a pressão correspondente a 190 mm C.A..

De acordo com a Figura 6.6.1, o ensaio realizado com o milho, sem o mecanismo acelerador de sementes, provoca uma redução no desempenho quanto ao número de celas ocupadas por uma única semente. A utilização do mecanismo acelerador resultou num índice de SUC de 98 % , a uma velocidade tangencial do elemento dosador de 1,25 m/s, enquanto que sem o sistema acelerador o índice foi de 93 % SUC a uma velocidade tangencial do elemento dosador de 0,94 m/s .

Com o orifício de 5 mm, a captura sem o acelerador de sementes, foi 3,5 % inferior a conseguida com o uso do acelerador, a uma velocidade tangencial do elemento dosador de 0,94 m/s, .

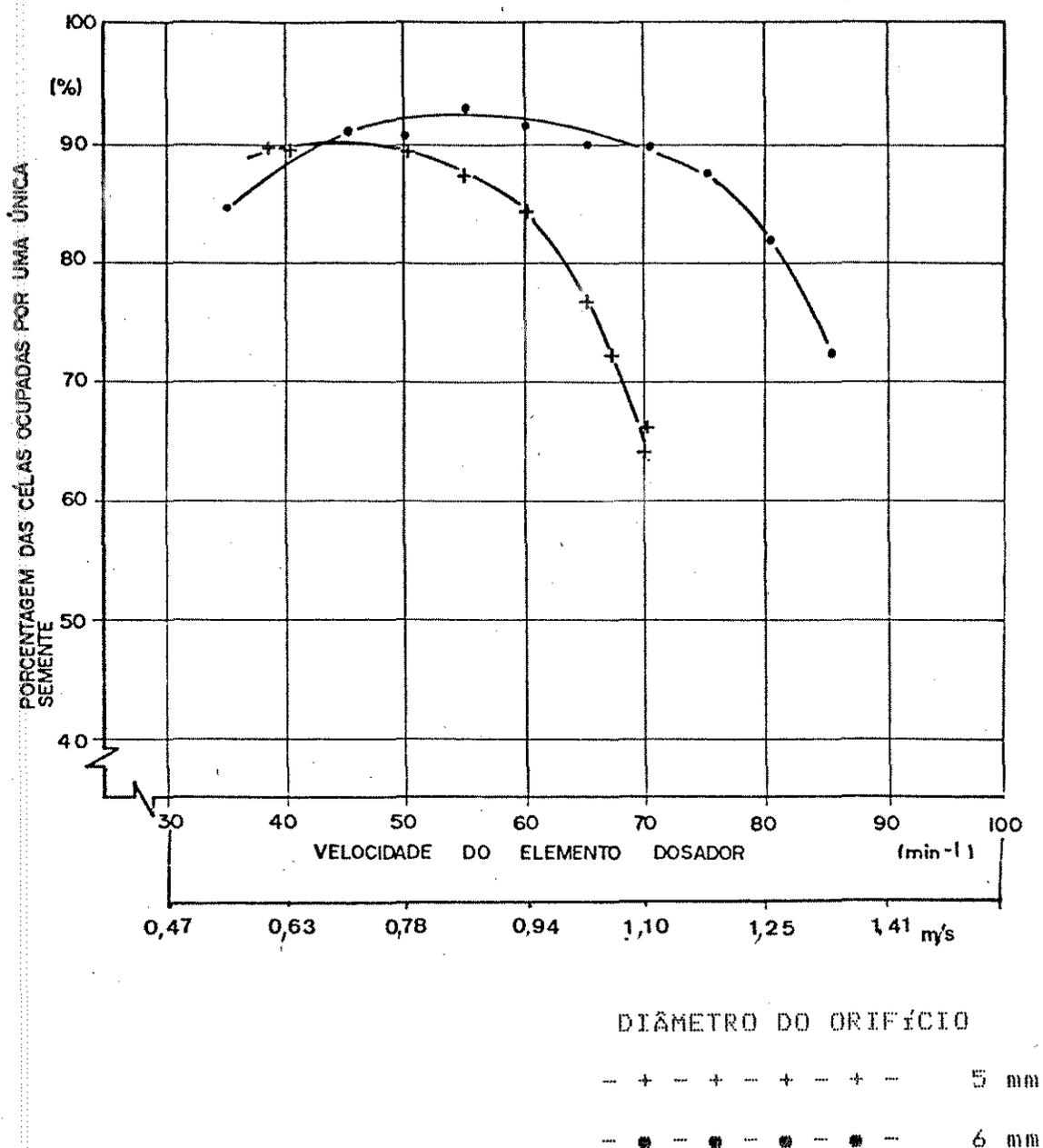


Figura 6.6.1 Captura do Milho em Função do Orifício de Sucção e da Rotação, (Velocidade Tangencial), do Elemento Dosador. Sem Acelerador de Sementes e Pressão igual a 190 mm de C.A.

Tabela 6.6.1 Dados Experimentais Referentes a Figura 6.6.1. (Milho), com os Parâmetros Estatísticos da Captura das Celas

RPM	S %	σ_s *	CV %	ϕ %	σ_ϕ *	E %
35	72,5	5,13	5,7	0	0	100
40	90,0	1,64	1,9	0	0	100
45	90,5	1,96	2,2	4,5	0,54	95,5
50	89,5	1,63	1,8	3,5	0,75	96,5
55	87,5	1,76	2,0	4,5	0,72	95,5
60	87,0	2,00	2,3	11,5	0,80	89,5
65	77,5	2,66	3,4	21,5	1,40	78,5
70	65,0	0,40	0,6	34,0	0,75	66,0
75						
80						
85						
90						
95						

* SEMENTE MILHO/T

Diâmetro

do Orifício = 5 mm

Pressão = 190 mm C.A.

SEM ACELERADOR

RPM	S %	σ_s *	CV %	ϕ %	σ_ϕ *	E %
35	84,0	2,94	3,5	0	0	100
40	88,0	2,00	2,3	0	0	100
45	90,5	0,54	0,6	0,5	0,61	99,5
50	91,0	1,32	1,5	1,5	0,70	98,5
55	93,0	1,47	1,6	2,0	0,51	98,0
60	92,0	2,16	2,4	3,2	0,72	96,8
65	88,5	2,16	2,4	1,7	0,71	98,4
70	90,0	1,94	2,2	3,0	0,85	97,0
75	87,5	1,22	1,4	4,0	1,16	96,0
80	82,0	2,31	2,8	11,5	0,78	88,5
85	72,5	2,16	3,0	16,5	1,72	83,5
90						
95						

* SEMENTE MILHO/T

Diâmetro

do Orifício = 6 mm

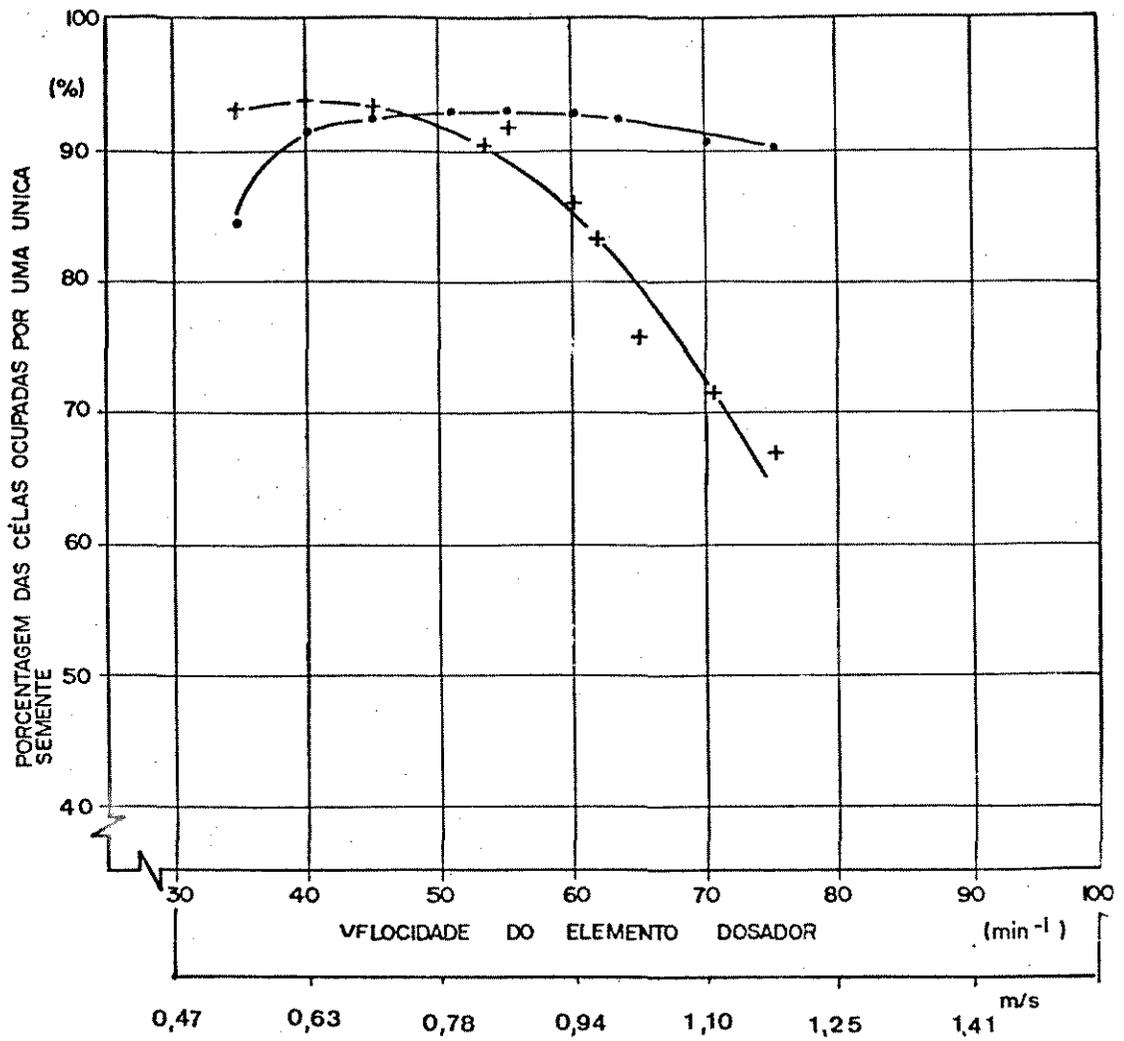
Pressão = 190 mm C.A.

SEM ACELERADOR

6.6.2 Semente de Soja.

De acordo com a figura 6.6.2, a soja apresentou os melhores resultados na captura de apenas uma semente por cela sem o uso do mecanismo acelerador, pois utilizando-se o orifício de sucção de 5 mm, a faixa de velocidades com média de SUC acima de 93 %, variou de 0,68 m/s a 1,10 m/s, apresentando a melhor porcentagem máxima SUC, de 95 % a uma velocidade de 0,85 m/s

Apesar dos resultados favoráveis conseguidos com a soja, nota-se que o uso do sistema acelerador de sementes é imprescindível, pois o interesse é que o stand de plantas seja uniforme, o espaçamento entre elas seja regular e a deposição das sementes se realize de forma unitária e constante. Isto é possível com a utilização de alta velocidade na captura pelo elemento dosador, para que a semente seja lançada a uma velocidade, semelhante a de deslocamento da semeadora. Verificar Item 4.5 .



DIÂMETRO DO ORIFÍCIO

- + - + - + - + - 4 mm
- • - • - • - • - 5 mm

Figura 6.6.2 Captura da Soja em Função do Orifício de Sucção e da Rotação, (Velocidade Tangencial), do Elemento Dosador. Sem Acelerador de Sementes e uma pressão de 190 mm de C.A.

Tabela 6.6.2 Dados Experimentais Referentes a Figura 6.6.2, (Soja),
com os Parâmetros Estatísticos da Captura das Celas

RPM	S %	σ_s *	CV %	ϕ %	σ_ϕ *	E %
35	93,0	4,09	4,4	0	0	100
40	93,5	2,13	2,3	0	0	100
45	92,0	1,09	1,2	0	0	100
50	89,5	2,06	2,3	0	0	100
55	92,0	0,41	0,4	2,5	0,72	97,0
60	85,5	1,22	1,4	14,5	0,81	85,5
65	75,5	2,78	3,7	25,0	1,02	75,5
70	67,5	0,51	0,8	32,5	0,84	67,5
75	56,5	1,03	1,8	43,5	0,93	56,5
80						
85						
90						
95						

* SEMENTE SOJA/T

Diâmetro

do Orifício = 4 mm

Pressão = 190 mm C.A.

SEM ACELERADOR

RPM	S %	σ_s *	CV %	ϕ %	σ_ϕ *	E %
35	84,5	2,25	2,7	0,0	0	100
40	92,0	1,54	1,5	0,0	0	100
45	92,5	1,03	1,0	0,0	0	100
50	92,0	1,09	1,0	0,0	0	100
55	93,0	1,21	1,4	7,0	0,54	98,9
60	93,0	3,70	4,1	7,0	0,80	96,5
65	95,0	1,16	1,2	5,0	0,81	95,0
70	90,5	1,21	1,3	10,0	0,79	90,5
75	90,0	1,83	2,1	10,0	0,83	90,0
80	85,0	1,62	2,0	15,0	1,02	85,0
85						
90						
95						

* SEMENTE SOJA/T

Diâmetro

do Orifício = 5 mm

Pressão = 190 mm C.A.

SEM ACELERADOR

6.6.3 Semente de Feijão.

O ensaio com o feijão utilizando-se o orifício de 5 mm apresentou uma porcentagem máxima de captura SUC de 88 % a uma velocidade do elemento dosador de 0,94 m/s. A captura das sementes nas velocidades menores que 0,94 m/s, apresenta um grande número de falhas, como mostra a tabela 6.6.3.

O orifício de 5 mm apresentou para o feijão um resultado que demonstrou a influência do mecanismo acelerador, pois, mesmo com a utilização de uma pressão de 190 mm C.A. foi grande o número de falhas na captura, distanciando-se dos resultados apresentados pelo mesmo orifício, com o mecanismo acelerador de sementes

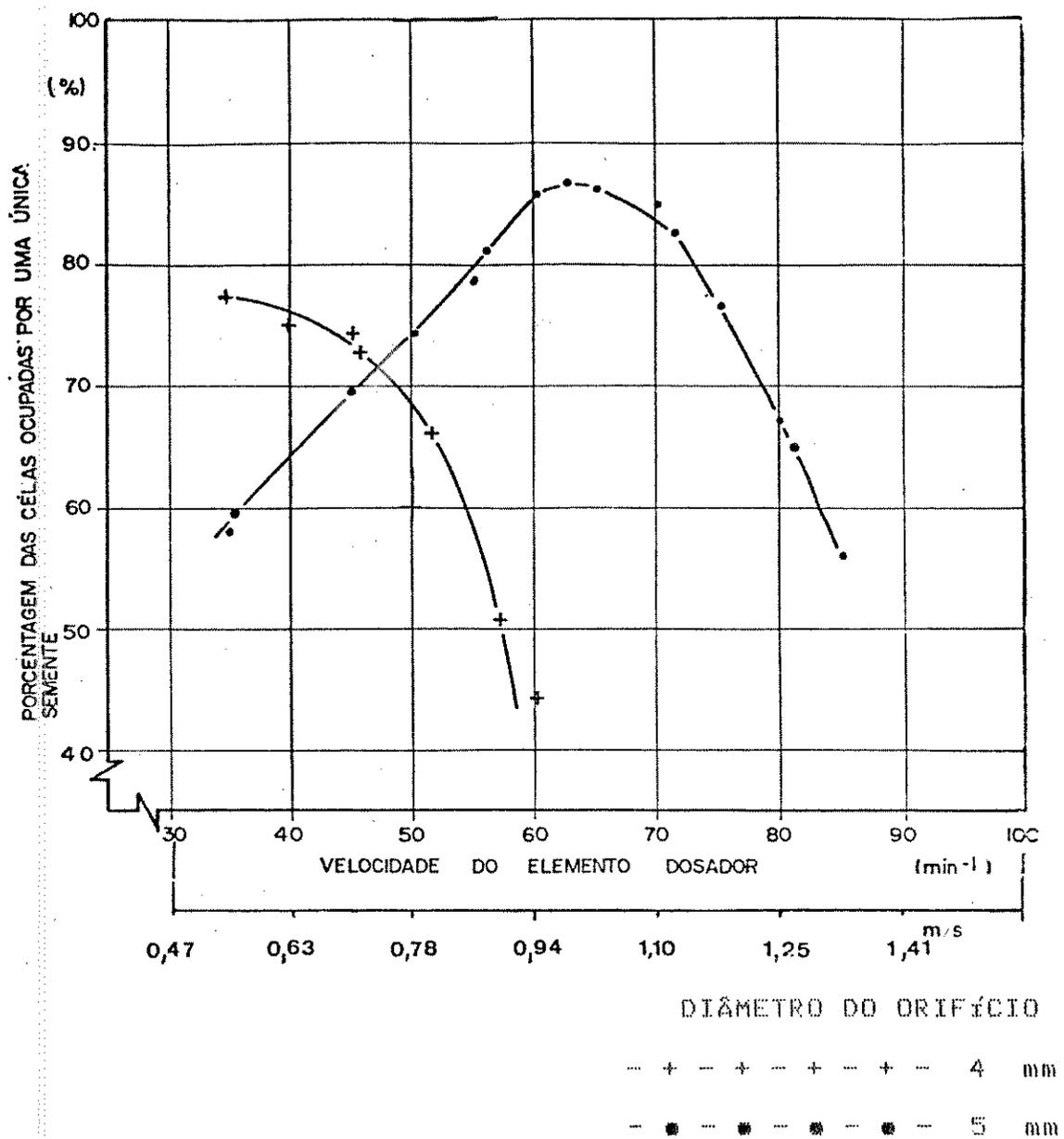


Figura 6.6.3 Captura do Feijão em Função do Orifício de Sucção e da Rotação, (Velocidade Tangencial), do Tambor Dosador. Sem Acelerador de Sementes e Pressão de 190 mm C.A.

Tabela 6.6.3 Dados Experimentais Referentes a Figura 6.6.3, (Feijão),
com os Parâmetros Estatísticos da Captura das Celas

RPM	S	σ_s	CV	ϕ	σ_ϕ	E
	%	*	%	%	*	%
35	77,5	1,03	1,3	22,5	0,54	77,5
40	75,0	1,83	2,4	26,0	0,62	74,0
45	74,5	3,20	4,3	25,5	0,74	74,5
50	61,0	1,09	1,8	49,0	0,54	51,0
55	44,5	1,63	3,7	55,5	0,62	44,5
60	45,5	1,50	3,3	45,0	0,75	45,0
65						
70						
75						
80						
85						
90						
95						

* SEMENTE FEIJAO/T
Diâmetro
do Orifício = 5 mm
Pressão = 190 mm C.A.
SEM ACELERADOR

RPM	S	σ_s	CV	ϕ	σ_ϕ	E
	%	*	%	%	*	%
35	58,0	2,44	4,2	0	0	100
40	66,0	2,13	3,2	0	0	100
45	69,0	1,78	2,6	0	0	100
50	74,5	1,03	1,4	0	0	100
55	78,5	2,40	3,1	2,1	0,75	97,9
60	86,5	1,96	2,3	2,5	0,81	97,5
65	87,0	1,32	1,5	3,5	0,93	96,5
70	85,5	1,64	1,9	14,5	1,04	85,5
75	77,0	1,94	2,5	23,0	1,31	77,0
80	67,5	1,86	2,8	32,5	1,41	67,5
85	56,5	1,96	3,5	44,5	1,32	56,5
90						
95						

* SEMENTE FEIJAO/T
Diâmetro
do Orifício = 4 mm
Pressão = 190 mm C.A.
SEM ACELERADOR

6.7 Quebra das Sementes.

Em todos os ensaios realizados, amostras de sementes foram coletadas e analisadas, quanto à danificação mecânica das mesmas, não se constatando dano visível na sua superfície externa.

Dano visível foi constatado ao se trabalhar com orifício de sucção da cela do elemento dosador, maior que os seguintes valores: Soja e Feijão 5 mm, Milho 6 mm. Os danos nas sementes são provocados devido ao encaixe destas no interior dos orifícios, dificultando a liberação no devido momento e ocorrendo a decepa dessas no momento de retorno ao depósito.

Zanche P.(1971) operando a baixa velocidade, com um dosador convencional de discos, obteve uma média de 2 % de sementes quebradas, aumentando a velocidade incrementou a porcentagem de sementes de soja quebradas .

6.8 Avaliação do Modelo Matemático e do Mecanismo Acelerador de sementes

A tabela 6.8.1 fornece as velocidades que o mecanismo acelerador deve imprimir à sementes, na tentativa de se obter uma velocidade tangencial, que se equipare à do elemento dosador, pois, na sementeira, a semente deve estar a uma velocidade tangencial próxima da velocidade de deslocamento do trator. item 4.6

De acordo com essa tabela a captura de apenas uma semente por cela processou-se satisfatoriamente com o uso do mecanismo acelerador de sementes, porém, a uma velocidade tangencial abaixo da calculada.

O protótipo, utilizando sementes de milho, apresentou o melhor desempenho com velocidade tangencial da semente de 1,39 m/s, e um índice de captura de 98 % SUC. Como a velocidade calculada foi de 1,98 m/s, o ensaio utilizando-se o milho processou-se a uma velocidade da semente no processo de captura, trinta por cento inferior a estimada pelo modelo matemático .

O ensaio com a semente de soja apresentou uma porcentagem de sementes únicas por cela de 96 %, a uma velocidade tangencial da semente de 0,99 m/s .

O ensaio com o feijão apresentou uma porcentagem de SUC de 96 % , a uma velocidade das sementes igual a 0,89 m/s.

Como pode ser constatado pela tabela 6.8.1 os resultados obtidos para o feijão e para a soja estão abaixo daqueles calculados pelo modelo matemático .

Esta diferença foi causada devido a impossibilidade de aplicar no protótipo, a velocidade estimada pelo modelo matemático, já que o diâmetro da roda dentada que acelera as sementes dentro da moega, teve que ser reduzido em 2 Centímetros, para evitar os travamentos gerados pelas sementes entre o acelerador e o elemento dosador, que impediam a alimentação normal das celas .

O ensaio foi realizado com a semeadora equipada com o acelerador de sementes, pressão, orifício de sucção e semente que apresentou os melhores resultados, para uma real comparação frente ao modelo matemático. Retirando-se o mecanismo acelerador de sementes da semeadora, levantaram-se novos dados, para comparação frente aos obtidos anteriormente, com a máquina completa .

A captura das sementes de milho sem o uso do mecanismo acelerador de sementes apresentou um índice de 93 % SUC, a uma velocidade tangencial do elemento dosador de 0.86 m/s. O ensaio realizado com o mecanismo acelerador de sementes apresentou uma captura de 98 % SUC a uma velocidade tangencial do elemento dosador de 1,20 m/s.

O ensaio com a soja, usando um orifício de 5 mm, sem a mecanismo acelerador de sementes, apresentou um resultado semelhante ao ensaio realizado com o protótipo completo. Sem o acelerador de sementes a velocidade tangencial do

elemento dosador foi de 0,94 m/s apresentando um índice de captura de 95 % SUC. Com o acelerador essa velocidade foi de 0,99 m/s, apresentando um índice de 96% SUC.

Mesmo executando-se o ensaio sem o acelerador de sementes, ocorreu a captura em várias velocidades. Deve-se este fato a uma pequena aceleração que ocorre devido ao atrito entre a superfície do elemento dosador e a massa de grãos. Outro fator que provoca a captura, sem o mecanismo acelerador, é a força causada pela sucção do ar, que para o orifício de 6 mm é de $2,5 \times 10^{-4}$ kgf

TABELA 6.8.1 Avaliação do Modelo Matemático e do Mecanismo Acelerador de Sementes .

	A	B	C	D	SUC
MILHO					
C/*	6	1,98	1,39	-	98
S/*	6	-	-	0,086	93
FEIJÃO					
C/*	5	1,99	0,89	-	96
S/*	5	-	-	0,094	87
SOJA					
C/*	5	1,99	0,99	-	96
S/*	5	-	-	0,090	78

A - Diâmetro do orifício de sucção (mm)

B - Velocidade das sementes, calculada com o uso da equação 4.14 . (m/s).

C - Velocidade experimental da semente .(m/s).

D - Velocidade com que a semente é aspirada pelo orifício (m/s)

* - Mecanismo acelerador de sementes

6.9 Análise da Distribuição de Sementes.

Considerando-se que o objetivo final da semeadura é a distribuição uniforme das sementes no fundo do sulco, mostram-se na tabela 6.9.1, os valores da distância entre sementes, com os correspondentes parâmetros estatísticos $\sigma(Ds)$; $\sigma^2(Ds)$; $Cv(Ds)$, para cada condição experimental.

Cada valor final do tempo entre sucessivas sementes corresponde a uma média de 6 repetições e o desenvolvimento teórico está descrito no item 4.10 .

A variância da distância entre sementes, da semeadora pneumática, no caso de uma distribuição ideal deve ser igual a zero, pelo fato de não haver a variabilidade causada pelo sistema condutor.

A variância do tempo entre sementes da semeadora convencional foi tomado diretamente dos dados obtidos durante a realização dos ensaios .

A variância do tempo entre sementes da semeadora pneumática International Harvester 400 Cyclo, é derivada do tempo de condução das sementes no interior de uma mangueira (apêndice 2). A equação 5.6 é utilizada para a obtenção da variância do tempo entre sementes.

Sabendo-se que a variância do tempo de condução das sementes possui um valor igual a $557 * 10^{-6} s^2$ aplica-se a equação 5.6 e tem-se o valor da variância do tempo entre sementes que é igual a $1114 * 10^{-6} s^2$.

De acordo com a tabela 6.9.1 A ,verifica-se que apesar da distribuição da semeadora convencional ser aproximadamente constante, com $\sigma(T_i) = 11 * 10^{-3}$ s, a qualidade de distribuição das sementes diminui com o aumento da velocidade, de 1,11 para 1,94 m/s como se constata pelo aumento do coeficiente de variação, de 5 % , para 17,2 %.

A variância do tempo entre sementes da semeadora pneumática, não é igual a zero, como está demonstrado no item 5.6.1,mas, possui um valor de $6,7 * 10^{-6}$ s². Isto é devido ao fato de que ao serem capturadas, as sementes sofrem uma deformação elástica ao entrar em contato com a borda do orifício, onde se processa a sucção, alterando as condições de liberação no momento devido.

Apesar da variância do tempo entre sementes da semeadora pneumática ser maior que zero, esta possui um desempenho superior à semeadora convencional.

Aplicando-se o teste estatístico (F), realizado com um nível de significância de 99 %, mostra-se na tabela 6.9.3, que os dados obtidos nos testes da semeadora convencional são estatisticamente inferiores aos da semeadora pneumática quanto a uniformidade da distribuição. Justifica-se no Apêndice 1 que é aceitável comparar os dados provenientes do ensaio de um tambor dosador com somente um orifício e os dados obtidos com um disco de múltiplos orifícios, durante um ensaio simulado.

Tabela 6.9.1 Parâmetros Estatísticos do Tempo entre Sementes de três diferentes Semeadoras .

6.9.1 A) Resultados com o Ensaio da Semeadora Convencional

Vd	Vt	$T_s \times 10^{-3}$	$\sigma(T_s) \times 10^{-3}$	$\sigma^2(T_s) \times 10^{-6}$	Cv (Ts)
m/s	m / s	s	s	s ²	%
1,11	0,275	193	9,8	95	5,0
1,36	0,320	103	11,2	125	10,8
1,66	0,385	88	11,6	134	13,2
1,94	0,430	73	11,8	140	17,2

6.9.1 B) Obtidos por BRAUNBECK (apendice 2) com a Semeadora Pneumática International Harvester 400 Cyclo

Vd	Vt	$T_s \times 10^{-3}$	$\sigma(T_s) \times 10^{-3}$	$\sigma^2(T_s) \times 10^{-6}$	Cv (Ts)
m/s	m / s	s	s	s ²	%
1,94	0,93	1710	33,7	1137,6	66

6.9.1 C) Resultados obtidos com o ensaio da Semeadora Pneumática Desenvolvida .

Vd	Vt	$T_s \times 10^{-3}$	$\sigma(T_s) \times 10^{-3}$	$\sigma^2(T_s) \times 10^{-6}$	Cv (Ts)
m/s	m / s	s	s	s ²	%
1,94	1,25	796	2,6	6,7	0,8

Tabela 6.9.2 Teste " F " Comparativo dos Resultados obtidos com o Tempo entre Sementes da Semeadora Convencional e a Pneumática desenvolvida.

	G.L.	S.Q.	Q.M.	(F)
Numero de Objetos	1	$0,75 * 10^{-6}$	$0,75 * 10^{-6}$	0,00023
Residuo	10	$32,18 * 10^{-3}$	$3,21 * 10^{-6}$	
total	11	$32,18 * 10^{-3}$		

De acôrdo com a tabela de Gomes Fimentel (1978) o valor de " F " obtido, (0,00023) é significativo ao nivel de 1% , sendo que o tempo medio da semeadora pneumática é estatisticamente diferente ao da convencional.

A figura 0.7.1 ...

de deslocamento, na variância do tempo entre sementes .

Os valores maiores que zero obtidos das medidas da variância do tempo entre sementes, podem ser interpretados como sendo a desuniformidade real com que a semente se alojará, no fundo do sulco.

A semeadora International Harvester 400 Cyclo apresenta o resultado mais desfavorável pelo fato de que as sementes conduzidas por um longo tubo, sofrem uma série de impactos, que variam aleatoriamente o tempo entre sucessivas sementes.

A curva correspondente à semeadora pneumática atesta o melhor desempenho do protótipo desenvolvido.

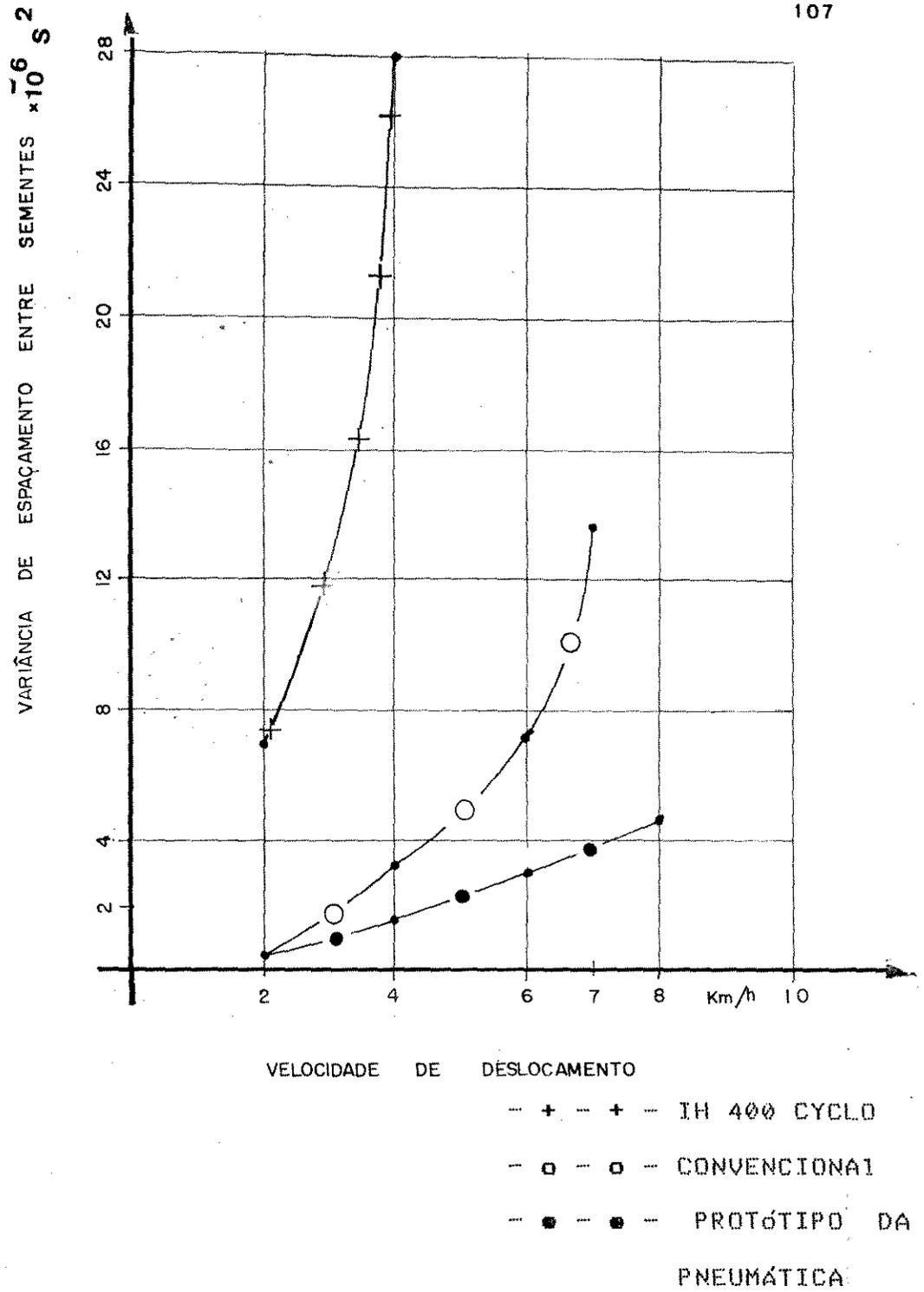


FIGURA 6.9.1. Váriância do espaçamento entre sementes do ensaio realizado com o milho em função da velocidade de deslocamento

7- CONCLUSÕES

De acôrdo com o que foi exposto anteriormente, as seguintes conclusões podem ser extraídas.

- 1) A pressão obtida matematicamente, para um orifício de diâmetro de sucção correspondente a 40 % da maior área exposta da semente, não foi satisfatória na captura das sementes de soja e de feijão, mas comprovou-se para o milho.
- 2) O objetivo de liberar as sementes a uma velocidade tangencial próxima e contrária a velocidade de deslocamento do trator não foi alcançado, em função das falhas na captura que ocorrem para altas velocidades tangenciais do elemento dosador .
- 3) A captura de apenas uma semente por cela mostrou ser função do diâmetro do orifício de sucção , pressão, forma da cela e rotação do elemento dosador
- 4) O uso do acelerador de sementes torna-se imprescindível na captura das sementes, a altas velocidades tangenciais do elemento dosador
- 5) O método de avaliação da uniformidade de distribuição,

utilizando-se o tempo entre sementes, apresenta vantagens, principalmente, a rapidez de avaliação, com o uso de um sistema eletrônico de aquisição de dados.

6) A qualidade de distribuição das sementes no sulco é função do tempo entre sementes, $Var. (T_i)$ e da velocidade de deslocamento $Var. D_s = V^2 * Var(T_i)$.

7) A variância da distância entre sementes obtida com a semeadora pneumática, apresenta valores que atestam a maior eficiência do equipamento construído, pois, a uma velocidade de 1,94 m/s o protótipo da pneumática apresentou uma variância da distância entre sementes igual a $69 * 10^{-6} s^2$ enquanto que a convencional o valor situou-se em torno de $140 * 10^{-6} s^2$ e da International Harvester 400 Cyclo o valor foi igual a $1137 * 10^{-6} s^2$.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BALDWIN, J.H. Closer Drilling of Cereals. Norfolk United Kingdom - Agricultural Journal, Norfolk Agricultural Station (2) :414 -417 1962.
- BRAUNBECK, O.A. Equipos no convencionales de siembra. Argentina - 1972 Notas não publicadas.
- BRAUNBECK, O.A. Adaptation of a pneumatic row crop planter for precision drilling of wheat. Ms. Thesis, Michigan State University, USA, 1971.
- BUFTON, L.F. & RICHARDSON, F. Seed displacement after impact on a soil surface. United Kingdom, Journal of Agricultural Engineering Research (2): 327 - 338 1978 .
- FRUTAL, G.J. Development of a high speed planter. St. Josef Michigam, USA, Agricultural Engineering, (2), 215-227 1951.
- GUITARD, A.A. & NEWMAN, J.A. The influence of seeding rate on the yield and the yield componentes of wheat, oats and barley . Alberta, Canada, Canadian Journal of Plant Science, 751-758, 1967

- GHOSH, D.P. & CHAND, P. Dynamics of particles under pneumatic conveyance. United Kingdom, Journal of Agricultural Engineering Research. (1) 27 - 35, 1968.
- GIANINI, G.R. & CHANCELER, W.J. Precision planter using vacuum for seed pick-up. St. Joseph Michigan, USA, Transactions of ASAE, (3) 320- 327, 1967.
- GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental. ed. USP Piracicaba Brasil, pag 433, tabela 4 anexa, 1978
- GRECO, L. et alli. Ensaio da semeadora adubadora Grimaldi, Centro de Mecânica Agrícola, IAC, Jundiaí, S.P. Relatório número 06, 27 pag, 1968.
- HUANG, B.K. & SUGGS, C.W. Vibration studies of tractor operator Chicago, Illinois. USA, Asae Paper n. 65-610, 1972.
- KHAN, A. & MC COLLY, H.F. High Speed Precision centrifugal seed Planting. St Josef, Michigan Transactions of ASAE, (2) 235 - 239, 1971.
- LEITE, D. Comportamento do milho em diferentes densidades de plantio. Tese de Mestrado, ESALQ. Piracicaba 90 pag. 1973.

- MACINTIRE, A. Bombas, ventiladores e instalações de bombeamento ed. Mc graw hill pag. 111- 133, 1976.
- MOREIRA et alii Mecanismos dosadores distribuidores de sementes. Campinas, Sao Paulo. Circular n. 90, 1978
- MOSHENIM, N. Phisical properties of biological materials. Michigam, USA. Michigam University Press. pag 03, 495 499 e 350 - 358, 1965.
- NAVE, W.R. & PAULSEM, M.R. Soybeam seed quality as afected by planter meters. St. Joseph ,Michigan, USA. Tran sactios of ASAE (5) . 739-45. 1979 .
- PARICH, R.L. & HANGER, G. Development of a narrow row vertical plate planter. St. Josef, Michigam USA. ASAE Paper N. 71-685 1971.
- PROMERSBERGER, W.J. & SWALLERS, C.W. Comparative study of 6 inch and 7 inch spacing for grain drill. North Dakota agricultural experimental station . USA, Bulletin (12), .120 - 30, 1950 .
- RAZERA, L.F. Efeito da danificação mecânica causada por semeadoras em sementes de soja. Tese de Mestrado ESALQ USP, 102 pag, 1979 .

- HESNICK & HALLIDAY Fisica Geral parte 1. Editora USP -
Sp. pag 41 - 43, 1967.
- SHORT, T.H & HUBER, S.G. The development of a planetary
vacuum seed metering device. St. Josef, Michigam, USA.
Transactions of ASAE (2) 325 - 329 - 1970.
- SIAL, F.S. Optimum design of a vacuum planter metering
mechanisms. Michigan, USA. ASAE Paper N. 79-1075, 1979.
- SWEETMAN, I.C. A suction operated precision seeder.
New Zeland. Journal of Science and Technology (38)
577-581, 1957.
- YAMAZAKI, W.T. & BRIGLLE, L.W. Effect of plant density
upon soft wheat quality characteristics. Illinois USA
Crop Science (1) . 35-39 , 1969.
- WANJURA, D.F. & HUDSPETH Jr, E.A. A planter for preci
sion depth and placement of cotton seed . St. Joseph, Mi
chigam , USA. Transactions of ASAE, (3) - 326-336 ,
1970 .
- WANJURA, D.F. & HUDSPETH Jr, E. Metering and Seed Patern
Characteristics of a Horizontal Edge Drop Plate Planter
St Joseph, Michigam, USA. Tansactions of ASAE , (3)

Bibliografia Recomendada

ZANCHE, P. & CHUIMENTI, R. Prove di laboratorio sul la
funzionalita di distributore mecanici per semi di mais -
Bologna, Italia. Revista de Ingegneria Agraria, (3)
. 176-186 1974 .

ZANCHE, C. & FRANZIA, E. Ricerche sperimentali sull
Impiego di quattro differenti seminatrici monoseme per
mais. Bologna, Italia. Revista de ingegneria Agraria ,
(2) : 151-165 - 1971.

SIAL, F.S. e FERRSSON S.D. Optimum design of a vacuum plan
ter metering mechanisms. Michigan, USA, . ASAE Paper N.
79-1075, 1979.

APÊNDICE (1)

Análise da compatibilidade dos dados

Para uma comparação de duas máquinas distintas é necessário em primeiro lugar que a função executada seja idêntica .

O teste da semeadora convencional a uma velocidade de 1,94 m/s, processa-se com o uso de 15 das 20 celas que possui o disco plano de plantio, enquanto que a semeadora pneumática utiliza apenas 1 cela, na mesma velocidade.

A aplicação de um teste estatístico, para a análise do desempenho requer que a condição de trabalho seja idêntica, portanto a semeadora pneumática deve possuir um número de celas, suficiente para se equiparar ao trabalho efetuado pela convencional, no caso 15 celas. Mostra-se que a variância do tempo entre sementes independe do tempo médio entre sementes, considerando que não ocorram ultrapassagens entre sementes sucessivas .

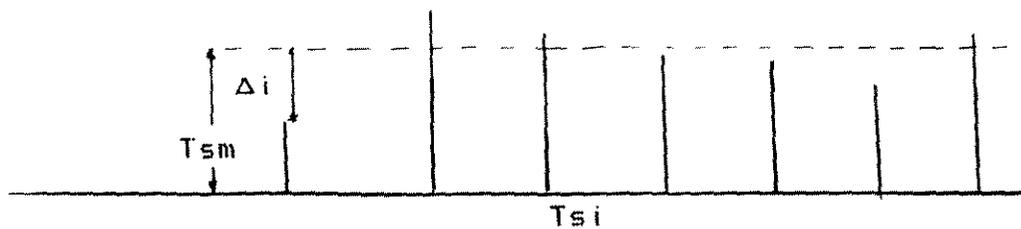
$$\text{var}(ts) = \frac{\sum (T_{si} - T_{sm})^2}{n-1}$$

$$T_{si} = T_{sm} + \Delta i$$

$$\text{var}(ts) = \frac{\sum (T_{sm} + \Delta i - T_{sm})^2}{n-1}$$

$$\text{var}(ts) = \frac{\sum (\Delta i)^2}{n-1}$$

Independe do tempo medio
entre sementes



Como a variância do tempo entre sementes independe do tempo médio (T_{sm}) pode-se calcular esta variância a partir do tempo entre sementes. Prova-se que a variância do tempo entre sementes independe da variação dos tempos

Fazendo-se a Variação dos tempos (Δi) alternando-se de 0 até 15 e calculando-se a variância do tempo entre sementes, verifica-se a variação de tempo (Δi) e a variância do tempo entre sementes .

VARIACÃO do		
TEMPO	Δi	$\text{Var}(T_s) \cdot 10^{-6} \cdot 10^2$
	0	6,7
	1	6,7
	2	6,7
	3	6,8
	4	6,8
	5	6,7
	6	6,9
	7	6,8
	8	6,8
	9	6,8
	10	6,9
	11	6,9
	12	6,9
	13	7,0
	14	6,9
	15	6,9

Através dos resultados conclue-se que a variância do tempo entre sementes independe do tempo medio entre sementes.

APENDICE 2

Variance of the Delivery Time ; VAR (t) * 10⁻⁶ sq. sec

Air pressure

Row Number

cm. H₂O

1	1	1	2	1	3	1	4	1	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

5.78	1	557	1	1148	1	2331	1	702	1	950
------	---	-----	---	------	---	------	---	-----	---	-----

Variância do Tempo de condução, Utilizando-se a Semeadora
International Harvester 400 Cyclo . Dados Obtidos por
Braunbeck (03)

APÊNDICE 3

CÁLCULO DO COEFICIENTE DE ARRASTE AERODINÂMICO
 PARA O MILHO, FEIJÃO E SOJA e CÁLCULO DA VELOCIDADE DO FLUIDO (AR), NO ORIFÍCIO DE SUCCÃO.

O coeficiente de arraste aerodinâmico é determinado através da equação oriunda da velocidade terminal dos grãos Moshenim(1965)

$$C_a = \frac{2 * g * Vol * (S_p - S_g)}{S_g * A_p * (V_t)^2}$$

Os termos da equação foram obtidos experimentalmente no laboratório de Matérias Primas da Faculdade de Engenharia Agrícola

Para o cálculo da área projetada e do volume, 50 gramas de cada espécie de semente são aleatoriamente separadas do lote original e mesuradas nas suas medidas básicas.

Calcula-se a área exposta, a partir do diâmetro equivalente de uma esfera, que é a média geométrica das dimensões básicas dos grãos. O volume é calculado a partir do diâmetro equivalente .

O cálculo da densidade das sementes processou-se em laboratório e conta com a adição de 100 gramas de sementes, em uma proveta contendo 300 ml de água. O deslocamento da água dentro da proveta e as 100 gramas de sementes são

subsídios para o cálculo dessa densidade .

Vale ressaltar que cada determinação consta de 6 repetições.

A velocidade terminal é obtida por intermédio de uma coluna de separação.

Aplicando-se uma determinada corrente de ar dentro desta coluna, as sementes permanecem semi estáticas , em equilíbrio com a corrente de ar e a uma determinada posição.

Denomina-se este processo físico de velocidade terminal.

	DIMENSÕES Cm			MASSA	DENSIDADE	VELOC.*	CA
	A	B	C	gramas	g/Cm ³	TERMINAL	
MILHO	1,30	0,89	0,35	0,57	1,39	13,2	0,54
FEIJÃO	1,08	0,60	0,35	0,54	1,40	13,7	0,35
SOJA	0,75	0,70	0,50	0,37	1,20	14,9	0,33

* velocidade terminal em m/s

Cálculo do Coeficiente de Arraste Aerodinâmico,
com as respectivas medidas dimensionais

Cálculo da Velocidade do Ar no Orifício de Sucção .

A velocidade do ar é necessária no cálculo do modelo matemático, mas, é muito difícil de se medir pelo fato de que não se dispõe de equipamentos sensíveis que permitam medir velocidades baixas. Para se medir a velocidade do ar em um orifício de 6 mm de diâmetro, sob ação de uma pressão de 20 cm de coluna d'água deve-se utilizar de determinados artifícios .

Na sucção de um ventilador centrífugo adapta-se uma mangueira de 5 cm de diâmetro e de 3 metros de comprimento. Na extremidade oposta ao ventilador adapta-se na mangueira um tampão de madeira com 15 furos, feitos sobre uma linha, que segue os contornos internos de um círculo de diâmetro igual a 4,5 cm. Dessa maneira todos os orifícios estão influenciados pela mesma velocidade, pois, pela mecânica dos fluidos a velocidade é equipotencial quando os pontos onde é tomada mantém uma similariedade no posicionamento .

Mantendo-se a pressão constante mede-se a velocidade total do ar, no meio da mangueira, através de um tubo de Pitot.

Com o resultado da velocidade do ar fluindo através de 15 orifícios calcula-se por similariedade dimensional a velocidade do ar em um orifício.

Repete-se o procedimento descrito acima para um orifício de 5 mm de diâmetro. O número de orifícios na placa deve ser igual a 20.

IN = Orifícios	Velocida.	Vazão para	Vazão para	Velocid. de
/ Diâmetro	Tubo de 2"	Tubo de 2"	lum Orifício	lum Orifício
15 / 6 mm	275 cm/s	5389 cm ³ /s	359 cm ³ /s	12,73 m/s
20 / 5 mm	270 cm/s	5301 cm ³ /s	265 cm ³ /s	13,40 m/s