

EMIRO ANTONIO GOMEZ GONZALEZ  
Engenheiro-Agrônomo

# APLICADOR DE NEMATICIDAS POR GRAVIDADE DE FLUXO CONTROLADO

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura  
“Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo,  
para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Maio de 1967.  
PIRACICABA — ESTADO DE SÃO PAULO  
BRASIL

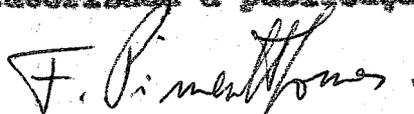
**HEIRO ANTONIO GOMEZ GONZALEZ**  
**Engenheiro-Agrônomo**

**"APLICADOR DE NEMATICIDAS POR GRAVIDADE DE  
FLUXO CONTROLADO"**

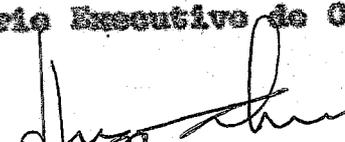
Tese de "Magister Scientiae" aprovada em 9 de junho de  
1967, pela Comissão Julgadora composta dos seguintes  
membros:

**Prof. Hugo de Almeida Leme**  
**Prof. Arthur Aparecido Neves**  
**Prof. Luiz Gonzaga Engelberg Lordelle**  
**Prof. Otto Jesu Croccone**  
**Engº Agrº Luiz Geraldo Mialhe**

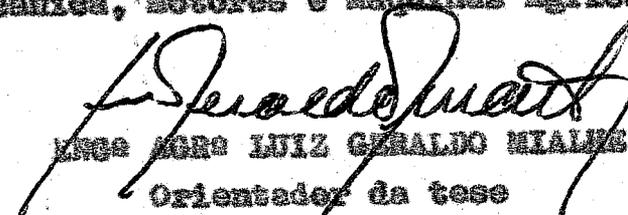
Autorizada a publicação:



**PROF. F. PIMENTEL GOMES**  
**Secretário Executivo do CD/CPG**



**PROF. HUGO DE ALMEIDA LEME**  
**Coordenador do Curso de Pós-Graduação em**  
**Mecânica, Motores e Máquinas Agrícolas**



**ENGº AGRº LUIZ GERALDO MIALHE**  
**Orientador da tese**

**Piracicaba**

**1967**

À memória  
do meu pai.

À minha esposa e filhos, mãe e sogros  
dedico.

Ao Ministério de Agricultura y Cria de Venezuela  
À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz",  
da Universidade de São Paulo,  
ofereço.

- Í N D I C E -

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	9
3.1. Projeto do aplicador .....	9
3.1.1. Constituição .....	9
3.1.2. Princípio de funcionamento .....	15
3.1.3. Dimensionamento .....	22
3.1.4. Materiais e construção .....	24
3.2. Ensaio do aplicador .....	26
3.2.1. Condições do ensaio .....	26
3.2.2. Condução dos ensaios .....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
5. CONCLUSÕES .....	55
6. RESUMO .....	57
7. SUMMARY .....	60
8. AGRADECIMENTOS .....	62
9. BIBLIOGRAFIA CITADA .....	63

## 1. INTRODUÇÃO

No combate às pragas e doenças das culturas, inúmeras pesquisas têm sido realizadas no campo da nematologia. Atualmente, avolumam-se trabalhos para o controle de nematóides, seja no emprego dos novos nematicidas lançados no mercado, seja no estudo dos diversos métodos de aplicação, como também nos diferentes tipos de máquinas aplicadoras.

TAYLOR, citado por LORDELLLO, 1967, verificou que com o uso de fumigantes e outras formas de controle, foram obtidos aumentos médios de produção da ordem de 13,5% em fumo (Nicotiana tabacum, L), 126,1% em soja (Glycine max, L), 91,4% em algodão (Gossypium hirsutum, L), 175,2% em beterraba (Beta vulgaris, L) e 72,9% em tomate (Lycopersicum esculentus, L). Perdas anuais, na maioria das culturas, foram estimadas em mais de 10% por GOOD, 1965, quando conduzidas sem o uso de nematicidas, rotação de culturas, variedades resistentes ou outras práticas visando o controle de nematóides. BISTLINE et al., 1963, verificaram que os benefícios da fumigação do solo, em plantações de citrus, traduziram-se em melhor desenvolvimento das plantas e maior produção. Na Rodésia do Sul, a produção de fumo, que em 1948, era de 738 Kg/ha, elevou-se a 1.145 Kg/ha em 1962; DAULTON, 1964, atribui esse incremento, em grande parte, ao emprego de nematicidas. Verificou-se também, em Taiwan, um aumento de produção, em relação à testemunha, da ordem de 260% e de 116% nas culturas de "Kenaf" (Hibiscus cannabinus, L) e de fumo, respectivamente; porém em cultura de arroz (Oryza sativa, L), não tratada com nematicida, constatou-se um decréscimo de 80% na produção (HUNG, 1966). TAYLOR, 1957, utilizando DD (dicloropropano e dicloropropano), em fumo, obteve um aumento de 25% com relação a culturas não tratadas. RASKI et al., 1965, em experimentos de campo, efetuados com populações de nematóides já estabelecidos, constataram grandes benefícios resultantes do a-

dequado tratamento do solo com fumigantes, antes do replante de videiras (Vitis vinifera, L). HOWE e CLIFFORD, 1962, utilizando os fumigantes Brozone e Trizone em plantações de coníferas, verificaram: a) - a fumigação do solo aumentou o poder germinativo das sementes; b) - reduziu a quantidade de herbicidas empregada, eliminando quase totalmente a mão de obra para o controle de ervas daninhas; c) - as plantas dos canteiros fumigados foram mais vigorosas de que a dos canteiros não tratados.

BOOCK, 1963, refere-se a JOBERT como sendo o primeiro a chamar a atenção, já em 1878, para a presença de nematóides parasitando raízes de cafeeiros e a GOELDI, que, durante os anos de 1886 a 1892, constatou a presença de galhas produzidas por nematóides, em raízes dessa planta. Ainda no Brasil, comumente tem-se observado casos em que 20 a 30% e não raro até 80% de colheita da batatinha (Solanum tuberosum, L) são perdidos pelas injúrias causadas por esses parasitos.

Com relação ao controle, MANZELLI, 1956, preconiza as seguintes medidas: 1) - práticas culturais adequadas, tais como: rotação de culturas, eliminação dos restos de culturas, inundação e aplicações pesadas de fertilizantes; 2) - desenvolvimento de variedades e porta-enxertos resistentes, e 3) - controle químico mediante o uso de nematicidas.

Mesmo considerando que a rotação de culturas e o desenvolvimento de variedades resistentes possam reduzir os danos causados por nematóides, tais medidas, em certos casos, não podem ser realizáveis. Desta forma os nematicidas representam um controle eficiente, prático e econômico.

O controle dos nematóides por meio de produtos químicos, na opinião de GORING, 1962, depende do método de aplicação, das condições limitantes do solo, da relação de difusão, da composição e toxicidade do produto.

O controle químico dos nematóides iniciou-se em 1881, com a utilização do disulfeto de carbono, cuja finalidade era a de controlar os nematóides da beterraba açucareira - (Beta vulgaris, L). Posteriormente, em 1911, este produto foi empregado contra nematóides que produziam galhas nas raízes.

Após a Primeira Guerra Mundial surgiu a cloropicrina

que foi o nematicida mais utilizado até 1941. O êxito da cloropirina no controle de nematóides causadores de galhas nas raízes de abacaxi (Ananas comosus, L), estimulou o desenvolvimento de investigações a respeito de novos produtos e métodos mais eficientes de aplicação. A partir de 1940, surgiram outros produtos nematicidas, tais como: brometo de metilo, mistura de 1,3 dicloropropeno e 1,2 dicloropropano, dibromo etileno e 1,2 dibromo-3-cloropropano, os quais mostraram ser eficientes no controle de nematóides (MANZELLI, 1956).

Com o desenvolvimento das pesquisas no campo da nematologia, houve um incremento, desde 1950 até hoje, na fabricação de um grande número de nematicidas, alguns dos quais a seguir enumeraremos- alil álcool + 1,3 dicloropropeno + 1,2 dicloropropano;

- brometo de metilo + cloropirina + brometo de propargil, mistura chamada comercialmente Trizone;

- brometo de metilo + cloropirina com óleo, nome comercial: Brozone;

- sal solúvel de metil ditiocarbamato de sódio, comercialmente chamado Vapam;

- 1,3 dicloropropeno + 1,2 dicloropropano + isocianato de metilo, nome comercial: Vorlex;

- 1,3 dicloropropeno + 1,2 dicloropropano + cloropirina;

- fenil N,N' dimetil fósforo diamidato, comercialmente chamado Mellite;

e outros.

A aplicação de fumigantes no solo constitui um problema que envolve, por um lado o atendimento às especificações estabelecidas pelos nematologistas, no que diz respeito à dosagem de aplicação, e por outro, ao cumprimento de certas normas básicas de projeto e construção de máquinas agrícolas.

As máquinas utilizadas para a aplicação de fumigantes se enquadram na categoria de máquinas de aplicação de defensivos agrícolas, tais como granuladoras, pulverizadores, etc. Entretanto, uma das características que as distingue das outras é a baixa dosagem de aplicação. Isto acarreta a necessidade de sistemas dosadores de alta precisão (LEAR e AKESSON, 1959).

Um exame das diversas máquinas de aplicação de fumigantes nos revelará que elas surgiram como uma tentativa, em que cada pesquisador ou projetista procurava criar um equipamento que não só atendesse às necessidades da técnica mas também so-

lucionasse os defeitos inerentes ao princípio de funcionamento de cada aplicador existente.

Os nematicidas na sua maioria se apresentam em estado líquido, e por isso a grande maioria dos sistemas existentes foram projetados para a aplicação em forma líquida.

Segundo GRAINGER, 1951, HILL, 1958 e HEDDEN et al., 1966, os requisitos indispensáveis para que um aplicador de nematicidas seja considerado eficiente, são:

- 1) vazão constante para as dosagens estipuladas;
- 2) fácil manutenção e conservação do aplicador de nematicida;
- 3) resistência à corrosão dos materiais que o constituem;
- 4) fácil visão do fluxo de líquido liberado no solo;
- 5) a máquina aplicadora deverá ser preferivelmente montada sobre um implemento agrícola já existente, tal como, um cultivador ou arado, que normalmente trabalham a uma profundidade adequada para a aplicação de fumigantes;
- 6) segurança dos operadores;
- 7) a máquina aplicadora deve permitir uma fácil substituição de peças, de maneira, que possa utilizar diferentes líquidos, aumentando sua versatilidade;
- 8) facilidade de controle de operação;
- 9) baixo custo de construção;
- 10) facilidade na regulagem de vazão.

No Brasil, ainda que a tecnologia agrícola esteja avançando a passos largos, há uma carência de pesquisas básicas e aplicadas o que impede avaliar quantitativamente os prejuízos ocasionados pelos nematóides, como também um controle eficiente dos mesmos. O desenvolvimento de sistemas e equipamentos de aplicação adequados às nossas condições é, portanto, de vital importância. Por isso nos propusemos a estudar um aplicador de baixo custo, de alto rendimento, com grande precisão de dosagem e de fácil manejo e manutenção. O aplicador por nós projetado é do tipo por gravidade de fluxo controlado, com o qual esperamos ter colaborado ao aperfeiçoamento de aplicadores mecanizados, e, conseqüentemente, contribuído para a solução de problemas decorrentes do uso intensivo de nematicidas no País.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O aparecimento de fumigantes do solo resultou no desenvolvimento de técnicas e equipamentos para sua aplicação. Inúmeras marcas e modelos desses aplicadores surgiram no mercado, com os mais diversos princípios de funcionamento, apresentando vantagens e desvantagens.

De acordo com o local de aplicação, os fumigantes podem ser utilizados (MANZELLI, 1956): a) diretamente no solo; b) em câmaras herméticamente fechadas; c) por imersão; e d) em irrigação.

Segundo GORING, 1962, a fumigação do solo pode ser feita por um dos seguintes processos: 1) em um ponto; 2) em pontos múltiplos; 3) em linhas simples; 4) em linhas múltiplas; e 5) em plano simples. Outra maneira de se classificar os processos de fumigação do solo é (SHELL AGRICULTURAL CHEMICAL, 1964): tratamento localizado, tratamento em fileiras e cobertura total. Quanto a constituição física do produto químico utilizado, LEAR e AKESSON, 1959 e HEDDEN et al., 1966 os classificam em: gasosos, líquidos e sólidos.

PAGE, 1963, levando em conta o tamanho das áreas a ser tratadas, recomenda para áreas pequenas, injetores manuais de baixo rendimento e, para grandes áreas, aplicadores mecanizados.

GRAINGER, 1951, relata que entre 1947-50, realizaram-se grande número de trabalhos com um aplicador de alta pressão projetado pela Shell Chemical Ltd.. A pressão de injeção era da ordem de  $2,80 \text{ Kg/cm}^2$ , produzida por uma bomba de engrenagens acionada por um pequeno motor a gasolina, mantendo-se constante mediante uma válvula reguladora que enviava o excesso de líquido, através de uma tubulação, de retorno ao reservatório.

PEACHEY, 1962, refere-se a GRAINGER, 1951, como sendo o primeiro pesquisador a utilizar técnicas de aplicação de fumigantes baseadas em sistema de fluxo por gravidade. Estudos

realizados sobre as máquinas aplicadoras de nematicidas existentes agrupam-nas em (GRAINGER, 1951): a) aplicadores de alta pressão: com uma pressão efetiva de aplicação de  $2,80 \text{ Kg/cm}^2$ ; - b) aplicadores de baixa pressão: com uma pressão efetiva de aplicação de  $0,035 \text{ Kg/cm}^2$ ; e c) aplicadores por gravidade.

FEICHTMIR, 1957, fez uma seleção dos aplicadores de nematicidas e, entre aqueles que considera mais adequados, cita: aplicador com orifício de pressão, podendo ser para alta e baixa pressão; aplicador por gravidade com elemento dosador; aplicador com coluna líquida suprida por uma bomba acionada por roda de terra; e aplicadores de granulados. Por sua vez, HANSEN, 1958, assim classifica os aplicadores de fertilizantes líquidos, os quais são indicados para aplicação de nematicidas em estado líquido: 1) pneumáticos: possuindo um compressor de ar como fonte de pressão para injeção; 2) hidráulicos: onde o produto é mantido sob pressão constante mediante uma bomba acionada pelo eixo tomada de força do trator; 3) fluxo por gravidade: no qual a pressão de injeção resulta da coluna de líquido; e 4) fluxo mixto: neste sistema o líquido flui por gravidade de um reservatório para uma bomba acionada por roda de terra.

Pesquisas realizadas por LEAR e AKESSON, 1959, os levaram a agrupar os equipamentos da seguinte maneira: a) equipamentos providos de orifícios de descarga sob pressão, tendo uma bomba como fonte de alta pressão; b) equipamentos com ar comprimido, operando a baixa pressão; e c) equipamentos com orifícios de descarga por gravidade. HEDDEN et al., 1966, realizaram um estudo dos equipamentos para a aplicação de fumigantes no solo, distribuindo-os de maneira similar ao esquema de HANSEN, acrescentando os aplicadores para produtos granulados.

A fim de melhor nos situarmos dentro de uma distribuição genérica de equipamentos, havemos por bem agregá-los em um só, tomando em consideração a classificação feita por SAGESSE, 1966, o que facilita sobremaneira os nossos objetivos. Assim pensando, tomamos como critério básico o estado físico do produto químico a ser aplicado, resultando a seguinte classificação de fumigadoras:

1. Produtos sólidos
  - 1.1 granuladoras
2. Produtos gasosos ou vapores
  - 2.1 vaporizadores
3. Produtos líquidos

### 3.1 Intermitentes

#### 3.1.1 aplicadores manuais

### 3.2 Contínuos

#### 3.2.1 alta pressão

#### 3.2.2 baixa pressão

#### 3.2.3 por gravidade

##### a) fluxo livre

##### b) fluxo controlado

A forma mais simples do sistema por gravidade é o de fluxo livre, que apresenta, entretanto, o inconveniente da variação na intensidade do fluxo ao diminuir ou aumentar a coluna do líquido no reservatório. Este encontra-se ligado ao órgão de aplicação do fumigante através das tubulações de alimentação e distribuição do aplicador. O líquido é liberado por uma válvula a qual não se pode definir como unidade dosadora, por ser de difícil regulagem, e conseqüentemente de pouca precisão (HEDDEN et al., 1966; SHELL AGRICULTURAL CHEMICAL, 1964).

O aplicador por nós projetado é do tipo por gravidade de fluxo controlado, que elimina os inconvenientes apresentados no sistema de fluxo livre, no que se refere a intensidade de fluxo constante. Neste tipo, não há necessidade de tomada de força ou qualquer outra fonte de potência, a não ser aquela necessária ao tracionamento do aplicador no campo; é facilmente adaptável para operar com ferramentas de arado, disco, cultivadores, sulcadores e outros.

Como o peso de uma coluna líquida é proporcional à sua altura, a pressão desenvolvida em sua base poderá ser utilizada para forçar o fumigante líquido através de uma abertura. Por ser o escoamento por gravidade, a intensidade do fluxo, de acordo com a velocidade do trator, para uma dada dosagem de aplicação, poderá ser controlada por um orifício dimensionado ou pela altura da coluna (HILL, 1958). Nestes sistemas, a pressão do solo sobre o bico de injeção não deverá ser superior à pressão produzida pela coluna do líquido. Em virtude de ser baixa a pressão da coluna de nematicida, os orifícios de saída do líquido tendem a obstruir-se (SHELL AGRICULTURAL CHEMICAL, 1964; HEDDEN et al., 1966).

As características do escoamento do líquido podem ser melhoradas por meio de um reservatório hermeticamente fechado com um dispositivo de entrada de ar na parte inferior, ou mediante um reservatório secundário acoplado a outro principal por uma válvula de flutuador (GRAINGER, 1951; HANSEN, 1958 e

PAGE, 1963).

Os sistemas por gravidade de fluxo controlado, podem ser aperfeiçoados conduzindo o produto líquido da parte inferior do reservatório a um tubo de distribuição. A partir deste tubo são colocadas unidades dosadoras da vazão, podendo estar localizadas na saída do tubo ou no sistema de aplicação da máquina aplicadora. Os elementos dosadores mais usados são constituídos por espirais e placas com orifícios, empregando-se, ainda, em menor escala, as agulhas de calibração (LEAR e AKESON, 1959). De acordo com HANSEN, 1958; HEDDEN et al., 1966 e PAGE, 1963, as espirais devem ser colocadas entre o reservatório e o órgão ativo do aplicador. Este dispositivo é constituído de uma espiral de canos de cobre ou plástico, com diâmetros e comprimentos variáveis. Várias combinações de diâmetro, comprimento e altura do líquido podem ser usadas para obter a intensidade de fluxo. No campo, mudanças na altura do líquido e velocidade do trator constituem meios simples para o controle da dosagem de aplicação.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Projeto da máquina

##### 3.1.1 Constituição

O aplicador de nematocidas por gravidade de **fluxo controlado** cujo desenvolvimento é aqui apresentado, é um implemento montado (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6) que tem a seguinte constituição:

I - Sistema de alimentação: Este sistema compreende:

- 1 - depósito ou reservatório;
- 2 - dispositivo de entrada de ar;
- 3 - tubo de alimentação;
- 4 - válvula de controle;
- 5 - suporte do depósito;
- 6 - várias conexões.

II - Sistema de distribuição e dosagem. O sistema compreende:

- 1 - tubo de distribuição principal;
- 2 - várias unidades dosadoras (espirais);
- 3 - suporte das unidades dosadoras;
- 4 - diversos respiros;
- 5 - vários tubos de distribuição secundária para o solo;
- 6 - conexões

III - Sistema de aplicação. Está constituído por:

- 1 - sêga ou facão;
- 2 - aplicador propriamente dito, composto de um bico, formado pelo corpo, pela ponta e pelos orifícios;
- 3 - cápsula protetora;
- 4 - orgão de vedação;
- 5 - pranchão compactador.



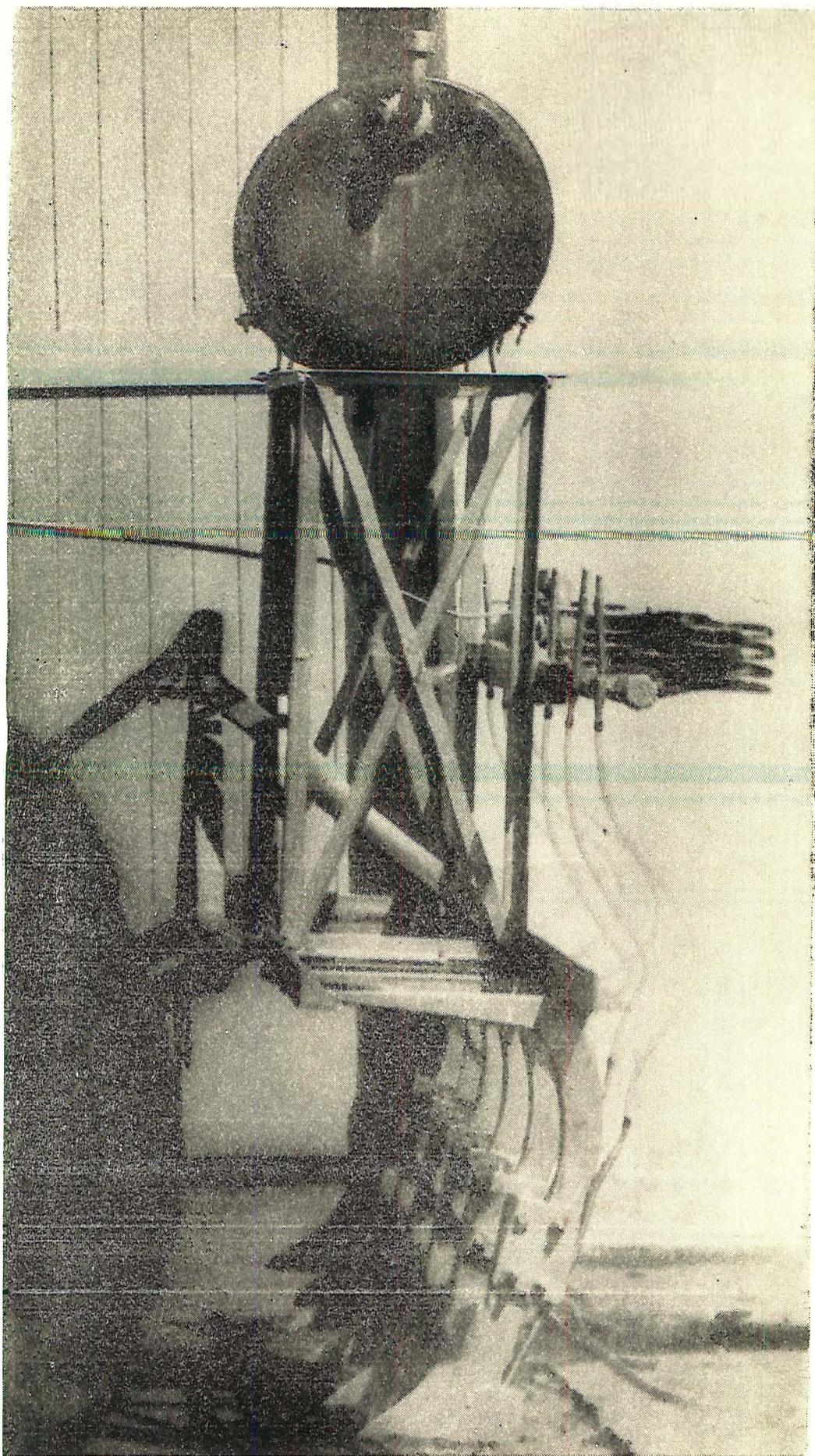


Fig. 2 — Vista lateral do aplicador montado no trator.

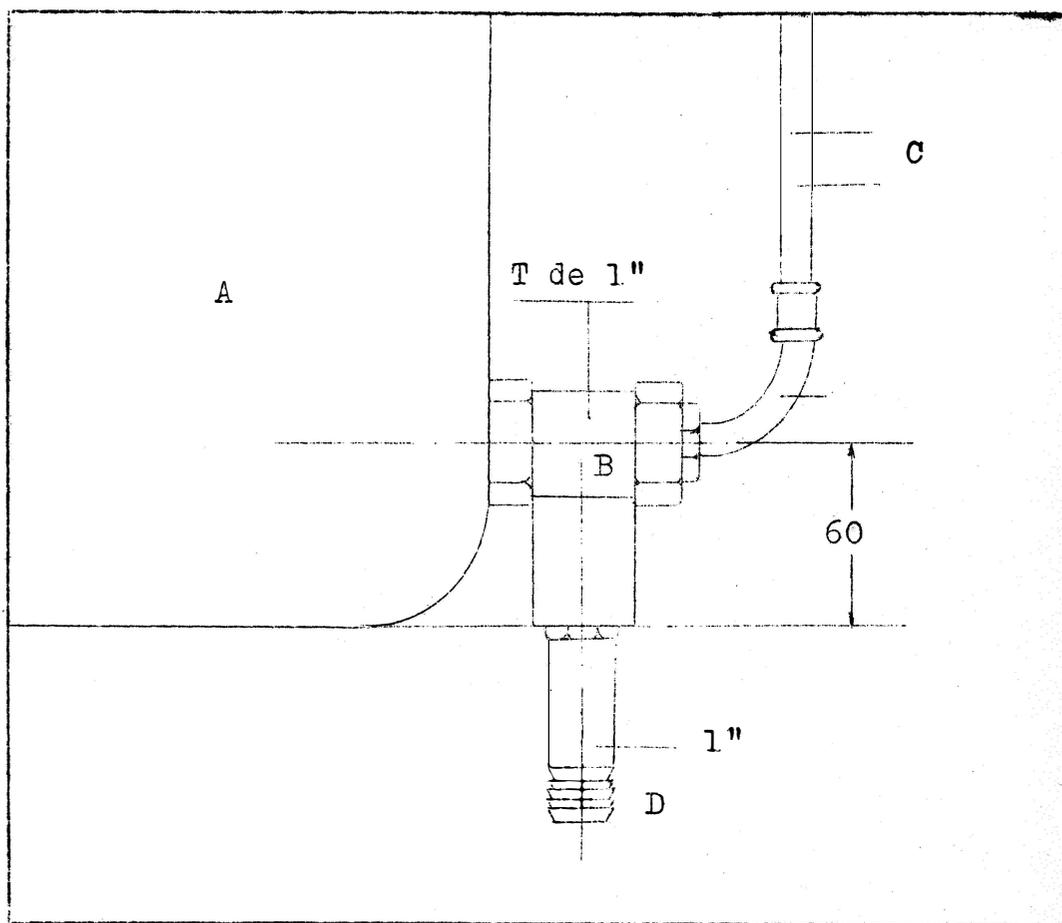


Fig. 3 Diagrama do sistema de alimentação  
A) depósito; B) conexões; C) dispositivo de entrada de ar; D) tubo de alimentação. Os algarismos correspondem às dimensões em mm.

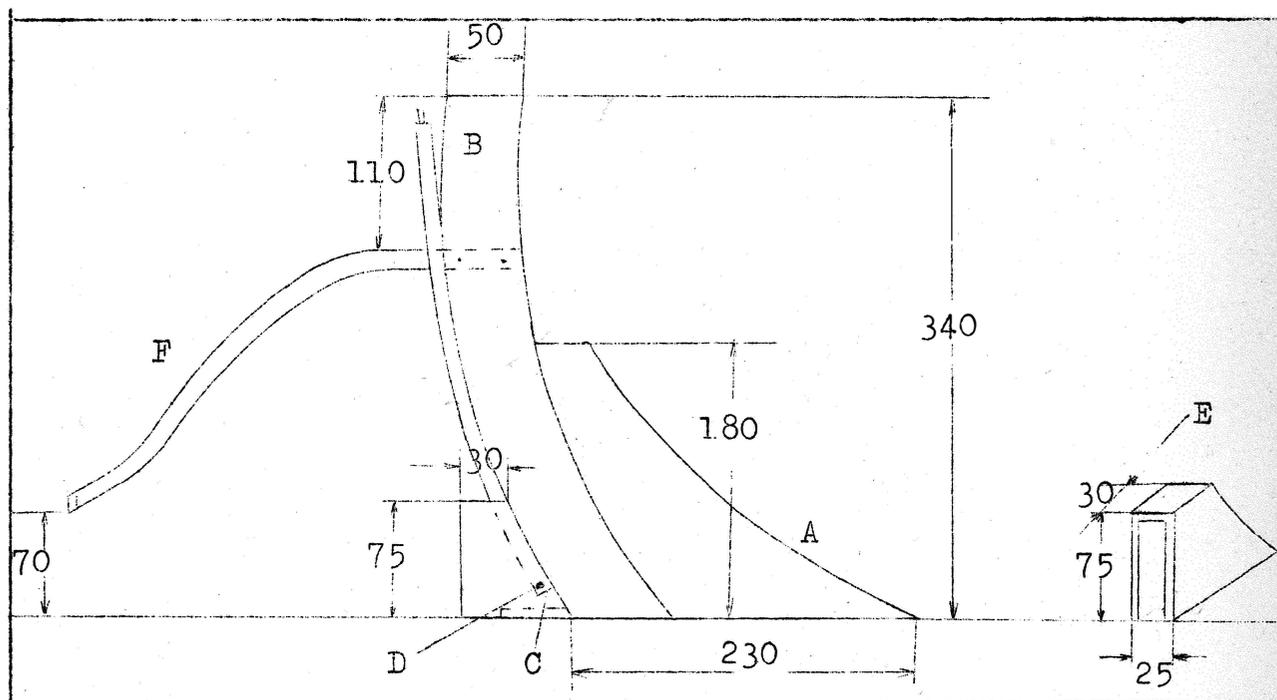


Fig. 4 Diagrama do sistema de aplicação.  
A) sêga ou facão; B) corpo; C) ponta; D) orifício; E) cápsula protetora; F) órgão de vedação. Os algarismos correspondem às dimensões em mm.

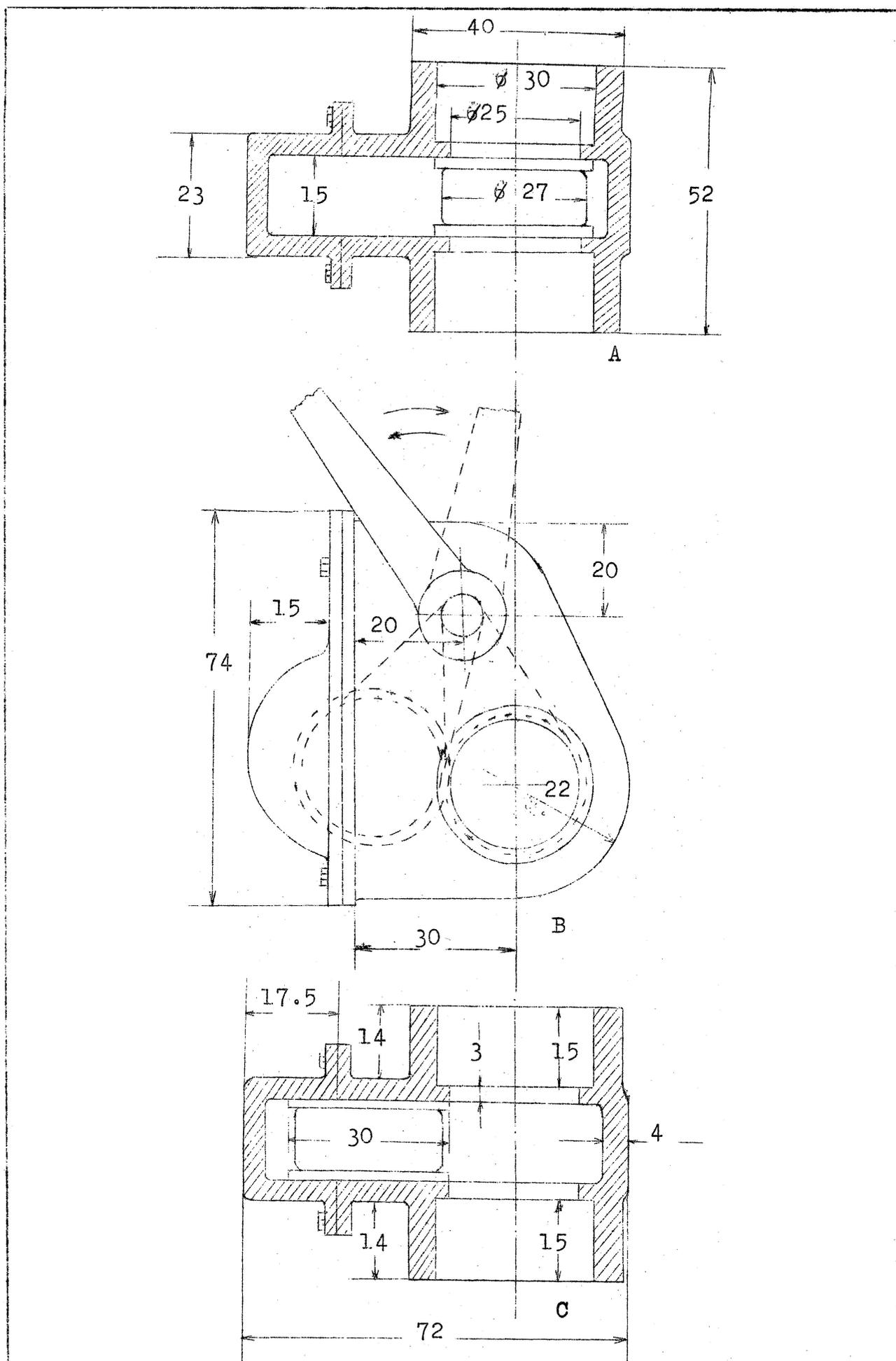


Fig. 5 Diagrama da válvula de controle  
A) fechada; B) operação realizada para abrir e fechar a válvula; C) aberta. Os algarismos correspondem às dimensões em mm.



### 3.1.2 Princípios de funcionamento

#### a) Sistema de alimentação

A principal função do sistema de alimentação é a de permitir que a pressão exercida pelo líquido ao nível do orifício de saída permaneça constante, independentemente de sua altura no reservatório. De acordo com HEDDEN et al., 1966, essa função poderá ser obtida através de um reservatório hermeticamente fechado e tendo na parte inferior, juntamente com o orifício de descarga, um dispositivo de entrada de ar, como ilustra a Fig. 7. Dessa forma há sempre um equilíbrio entre a pressão atmosférica  $P_a$  externa e a pressão interna do reservatório, logo:

$$P_a = P_l + P_d \quad (1)$$

Onde  $P_l$  é a pressão que se exerce sobre o líquido no interior do reservatório e  $P_d$  a pressão devida à coluna do líquido no reservatório. Da equação (1), resulta:

$$P_l = P_a - P_d \quad (2)$$

Por outro lado, a pressão do líquido à saída do respiro ( $P_o$ ), será:

$$P_o = P_k + P_d + P_l \quad (3)$$

Onde  $P_k$  é a pressão devida a coluna K (Fig. 7)

Substituindo-se (2) em (3), resulta:

$$P_o = P_k + P_a \quad (4)$$

De acordo com a equação (4) conclui-se que a pressão  $P_o$  é função de  $P_k$ , uma vez que  $P_a$  pode ser considerada constante durante a aplicação.

O líquido, ao sair do reservatório, é conduzido pelo tubo de alimentação, até uma válvula de controle. Esta é acionada através de uma alavanca que se prolonga até próximo ao assento do operador do trator (seta A da Fig. 8).

#### b) Sistemas de distribuição e aplicação

Da válvula de controle, o líquido atravessa o tubo de distribuição principal, passando às espirais de cobre. Estas têm sua extremidade inferior acoplada ao tubo de distribuição principal e a superior aos tubos de distribuição secundária. Enquanto o tubo de distribuição principal, colocado na posição horizontal, é comum a todas as espirais, cada tubo de distribuição secundária, disposto perpendicularmente ao principal, encontra-se ligado a uma espiral. O acoplamento da extremidade superior das espirais com o tubo secundário é feito pouco abaixo de sua extremidade livre, de modo a constituir um respiro, como

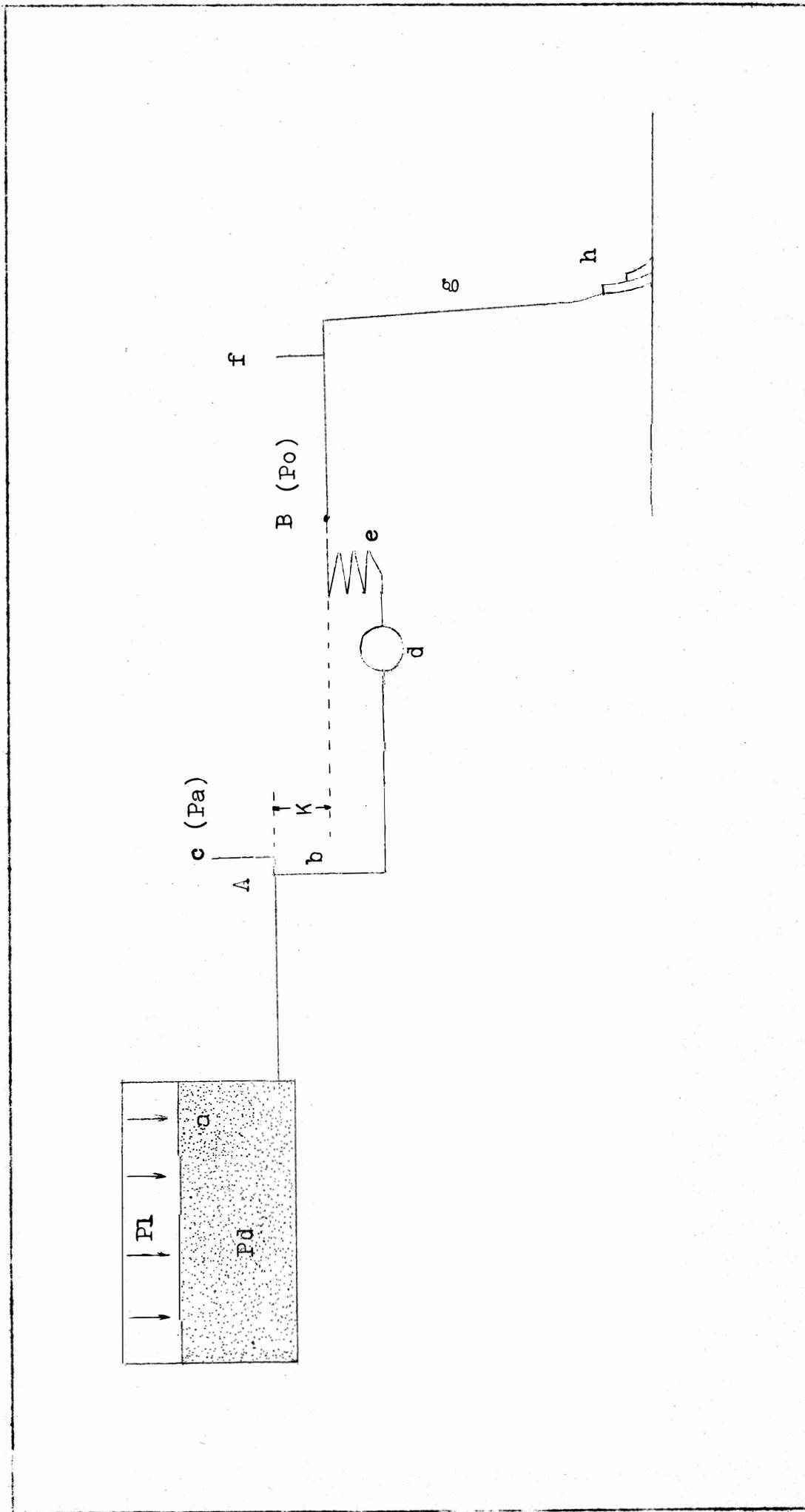


Fig. 7 Esquema do conjunto aplicador

a) depósito; b) tubo de alimentação; c) dispositivo de entrada de ar; d) tubo de distribuição principal; e) espiral; f) respiro; g) tubo de distribuição secundária para o solo; h) aplicador propriamente dito. A e B pontos que definem o sistema dosador.

ilustra a seta A da Fig. 9.

O líquido, conduzido pelos tubos de distribuição secundária atinge os aplicadores propriamente ditos, localizados na parte posterior do facão, e é formado de três partes: bico, cápsula protetora e órgão de vedação. O bico, situado na parte dorsal do facão, é constituído por um tubo metálico chamado corpo, tendo em sua extremidade uma ponta provida de dois orifícios dispostos lateralmente e em posições opostas. A cápsula protetora, localizada na extremidade do facão, envolve o bico totalmente, exceto na parte posterior, evitando a obstrução dos orifícios da ponta do bico (seta B da Fig. 10).

O órgão de vedação, como o próprio nome indica, tem por finalidade fechar o sulco aberto pelo facão, garantindo a retenção do produto químico no solo (setas A das Fig. 10 e 11). É constituído de uma lâmina metálica recurvada, tendo uma das extremidades parafusadas na parte superior do facão. Para complementar o sistema, adapta-se ao aplicador um pranchão, o qual, pela sua forma e peso, proporciona uma conveniente compactação da superfície do solo.

#### c) Sistema dosador

A partir do reservatório até o ponto de injeção, verifica-se a existência de dois pontos básicos no fluxo de líquido. Um, representado pelo respiro do sistema de alimentação, e outro, representado pelo respiro do sistema de distribuição cuja função é quebrar a coluna líquida formada a partir da saída da espiral (HANSEN, 1958 e PAGE, 1963). Os pontos A e B definem os limites do sistema dosador (Fig. 7). Considerando-se que a pressão no ponto A seja constante, os fatores que intervêm para que o líquido escoe de A para B, quando a válvula estiver aberta, são principalmente: diferença de nível K, dimensões dos condutores, além da viscosidade do líquido e do atrito nos condutores. Logo ao se fazer variar a diferença de nível K e as dimensões das espirais, provoca-se uma sensível variação na intensidade do fluxo de A para B. Devido à dificuldade em se determinar por meio de cálculos a influência do atrito, da viscosidade e de outras possíveis resistências entre os pontos A e B na vazão do sistema, as dimensões das espirais e da diferença de nível K, para uma determinada faixa de vazões, é obtida experimentalmente.

O equacionamento desenvolvido até aqui é válido desde que se o considere como um sistema estático. Entretanto, na prática, os choques provocarão sobrecargas que irão alterar pro

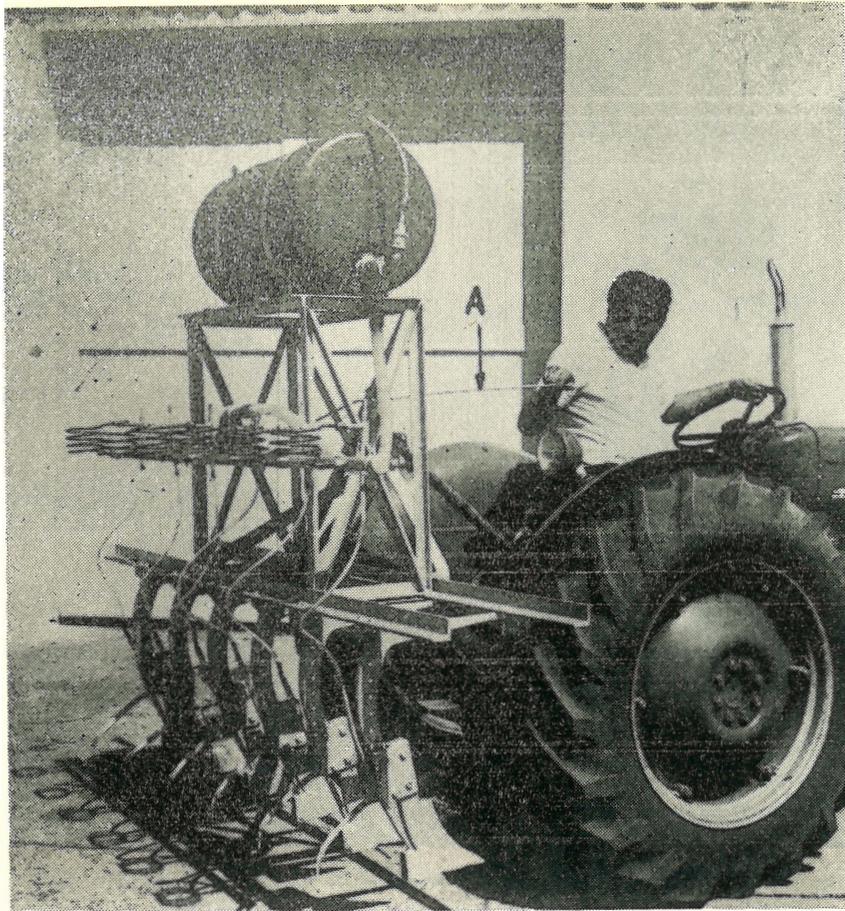


Fig. 8 — Vista lateral do aplicador montado no trator. A) Válvula de controle acionada por uma alavanca.

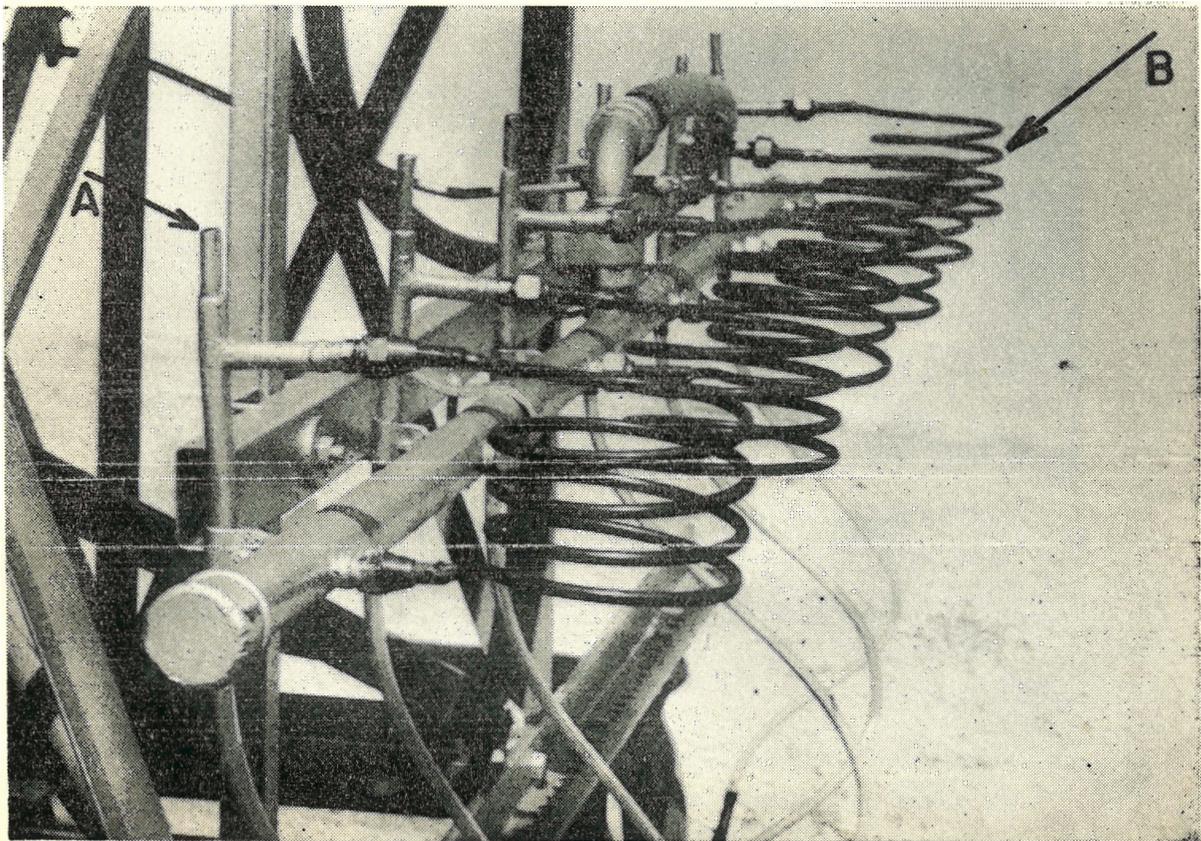


Fig. 9 — Sistema de distribuição e dosagem do aplicador de nematicidas. A) respiro; B) espiral.

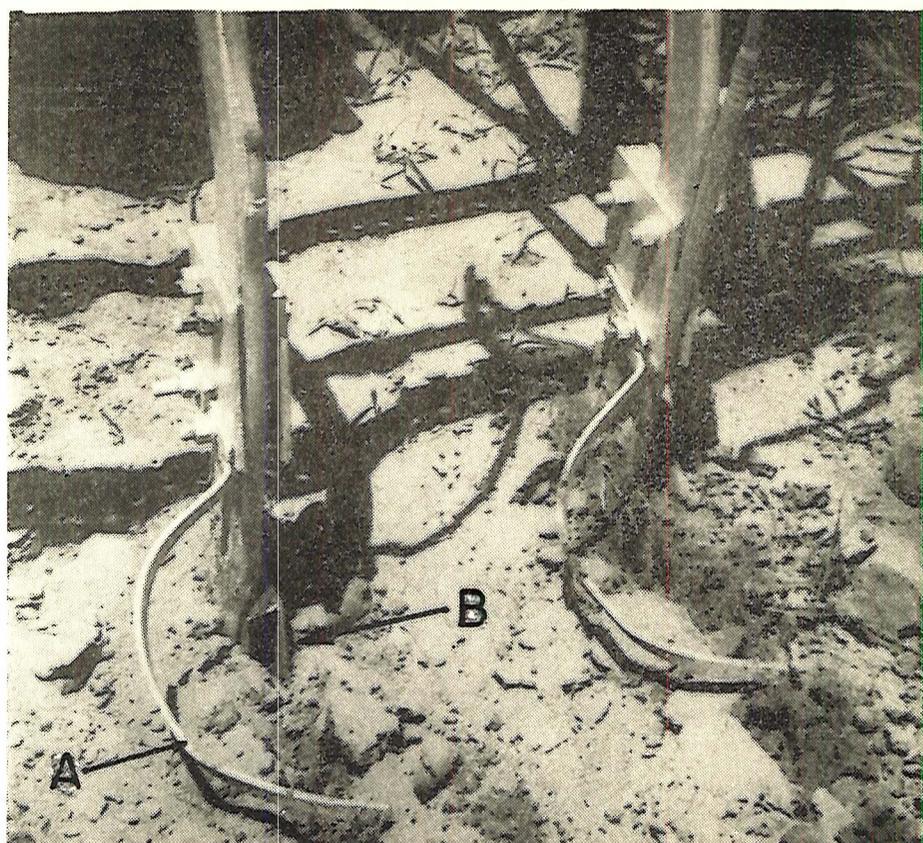


Fig. 10 — Sistema de aplicação do aplicador de nematicidas. A) órgão de vedação; B) cápsula protetora.

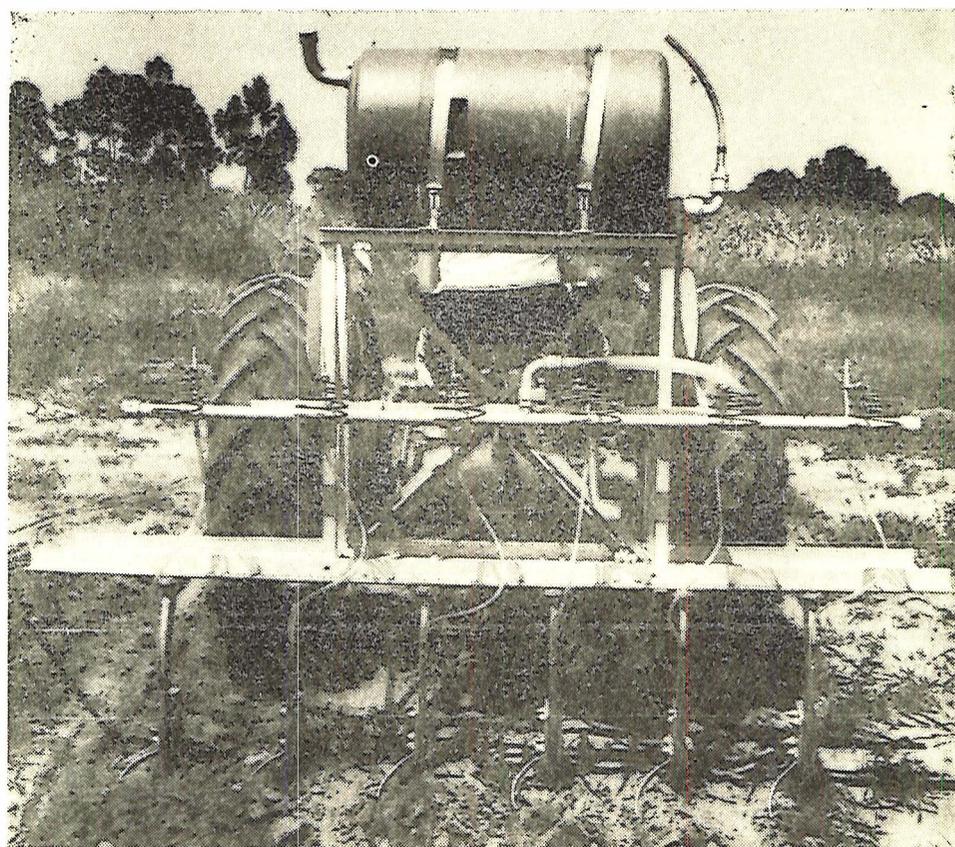


Fig. 11 — Vista posterior do aplicador montado no trator. A) órgão de vedação em funcionamento.

fundamente a uniformidade de descarga. A fim de atenuar este inconveniente foi interposto entre os pontos A e B, próximo de B, uma espiral (sota B da Fig. 9). A principal função desta espiral é a de amortecer as sobrecargas que possam ocorrer quando a máquina está em serviço. O diagrama de forças da Fig. 12, ilustra bem este fenômeno.

Considere-se uma partícula do líquido de peso p colocada no interior de uma espira, definida pelo plano inclinado OC, formando um ângulo com a horizontal. Esta partícula estará sujeita a uma componente  $f_h$  da pressão da coluna K.

A componente f de p anula parcialmente a componente  $f_h$ . Quando ocorrer uma sobrecarga o peso p da partícula receberá um incremento  $\Delta p$ , resultando para f um incremento  $\Delta f$ .

Assim, temos:

$$\begin{aligned}
 f + \Delta f &= (p + \Delta p) \operatorname{sen} \alpha \quad (f = p \cdot \operatorname{sen} \alpha) \\
 p \operatorname{sen} \alpha + \Delta f &= (p + \Delta p) \operatorname{sen} \alpha \\
 \Delta f &= (p + \Delta p) \operatorname{sen} \alpha - p \operatorname{sen} \alpha \\
 \Delta f &= \operatorname{sen} \alpha (p + \Delta p - p) \\
 \Delta f &= \Delta p \operatorname{sen} \alpha \\
 \frac{\Delta f}{\Delta p} &= \operatorname{sen} \alpha \quad (5)
 \end{aligned}$$

A análise da equação (5) nos conduz às seguintes conclusões:

a) O incremento  $\Delta f$  é uma fração de incremento  $\Delta p$ , uma vez que  $\operatorname{sen} \alpha$  é menor que a unidade.

b) Sendo  $\alpha$  pequeno, cerca de  $11^\circ$ ,  $\Delta f$  será, aproximadamente  $1/5$  de  $\Delta p$ , isto é, a espira reduz para  $1/5$  toda e qualquer sobrecarga que possa ocorrer.

Com relação à dosagem de aplicação cujo valor é em termos de volume de nematocida aplicado por unidade de área, além da vazão da máquina, deverão ser considerados os fatores: distância entre bicos e a velocidade de deslocamento do trator. A distância entre bicos depende do método de aplicação utilizado, que para a máquina desenvolvida é o de cobertura total. A velocidade do trator variável de 1 a 6 Km/h, depende da topografia do terreno. Por tanto, em condições de campo, uma vez estabelecida a velocidade e largura da faixa de trabalho, a dosagem de aplicação, em litros por hectare, será obtida regulando-se a vazão do aplicador, através de um conveniente valor de K. A ajustagem da altura K é obtida deslocando-se verticalmente o suporte das unidades dosadoras e fixando-o na altura desejada. Para facilitar essa operação, na parte posterior do suporte do

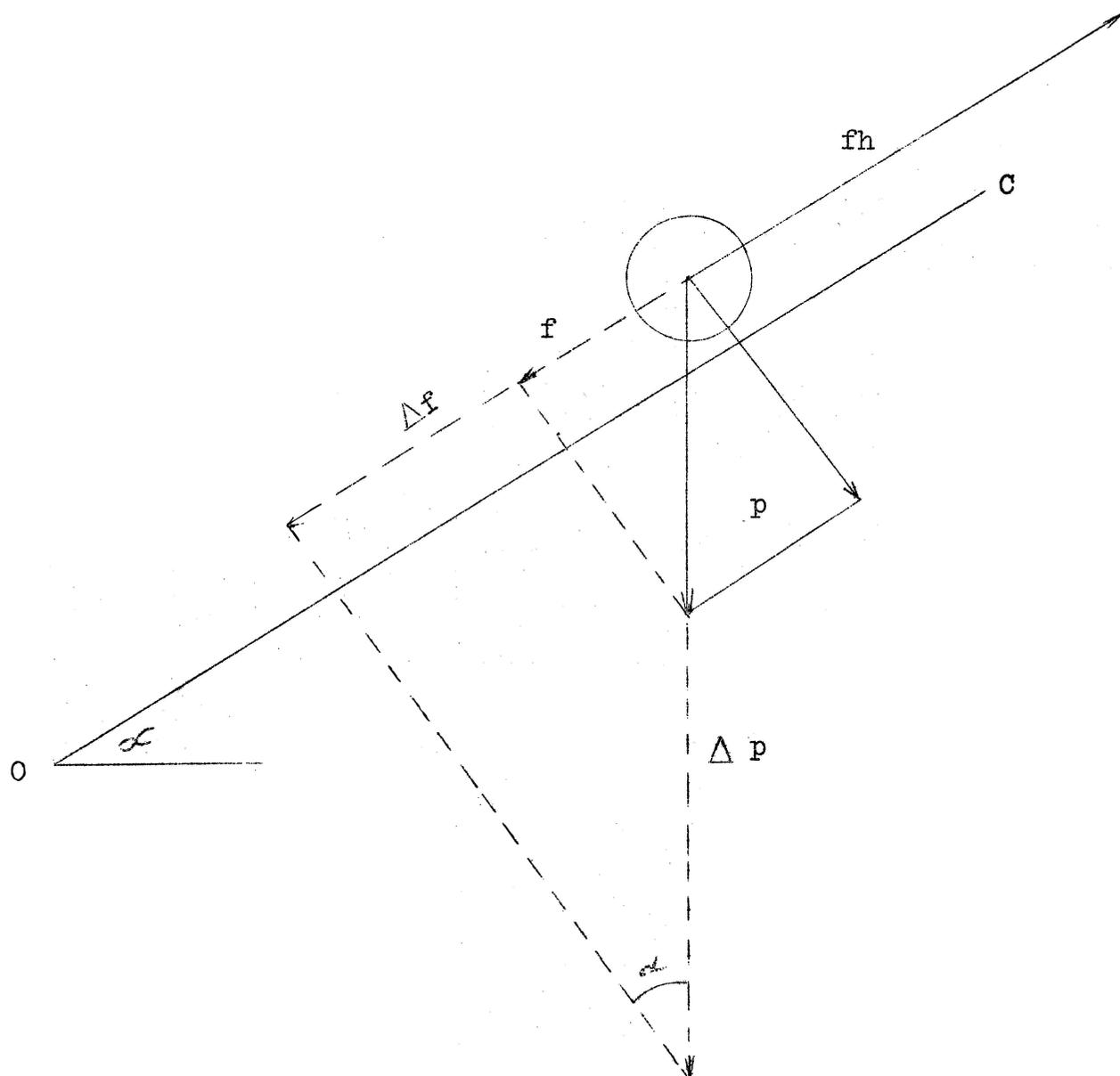


Fig. 12 Diagrama das forças que atuam sobre uma partícula.

reservatório, foi colocada uma escala graduada em centímetros (letra O da Fig. 1).

### 3.1.3 - Dimensionamento

#### a) dimensionamento das espirais

Desde que desconhecíamos o comportamento de líquidos nematocidas em condutores, julgamos mais prático determinar experimentalmente os diâmetros que atendessem aos limites estipulados de vazão necessária. Isso porque a determinação dos coeficientes necessários ao cálculo teórico das espirais teria que ser feito também experimentalmente.

Dos diâmetros utilizados, os de 4,76 mm (3/16") e 6,35 mm (1/4") atenderam aos limites desejados, observando-se que a razão de aumento de vazão por unidade de altura é constante. Ainda, visando atender os limites de vazão foram ensaiadas espiras com diâmetros de 100 e 150 mm, com comprimentos de 2030 e 1380 mm e passos de 10 e 20 mm, respectivamente.

Nos ensaios constatou-se que o passo não influenciou significativamente na vazão. As espiras de 100 mm de diâmetro interno, com comprimento de 1380 mm e passo de 20 mm, apresentavam uma vazão com faixa útil muito perto dos limites determinados, como se verifica na Fig. 13, elaborada com base aos resultados das Tabelas IV e V.

#### b) dimensionamento do tubo alimentador

Verificou-se experimentalmente que os canos de 4,76 mm (3/16 pol.) e 6,35 mm (1/4 pol.) satisfaziam as necessidades de vazão recomendada. Para se calcular o tubo alimentador, tomou-se como base as espirais em número de 6, construídas com cano de 7,93 mm (5/16 pol.) de diâmetro, isto é, atribuímos uma margem de segurança de 1,59 mm (1/16 pol.), para compensar os efeitos desconhecidos de viscosidade, de atrito e demais fatores variáveis com o tipo de líquido usado.

Assim sendo, temos:

- cálculo da secção equivalente a 6 diâmetros de 7,93 mm (5/16 pol.)

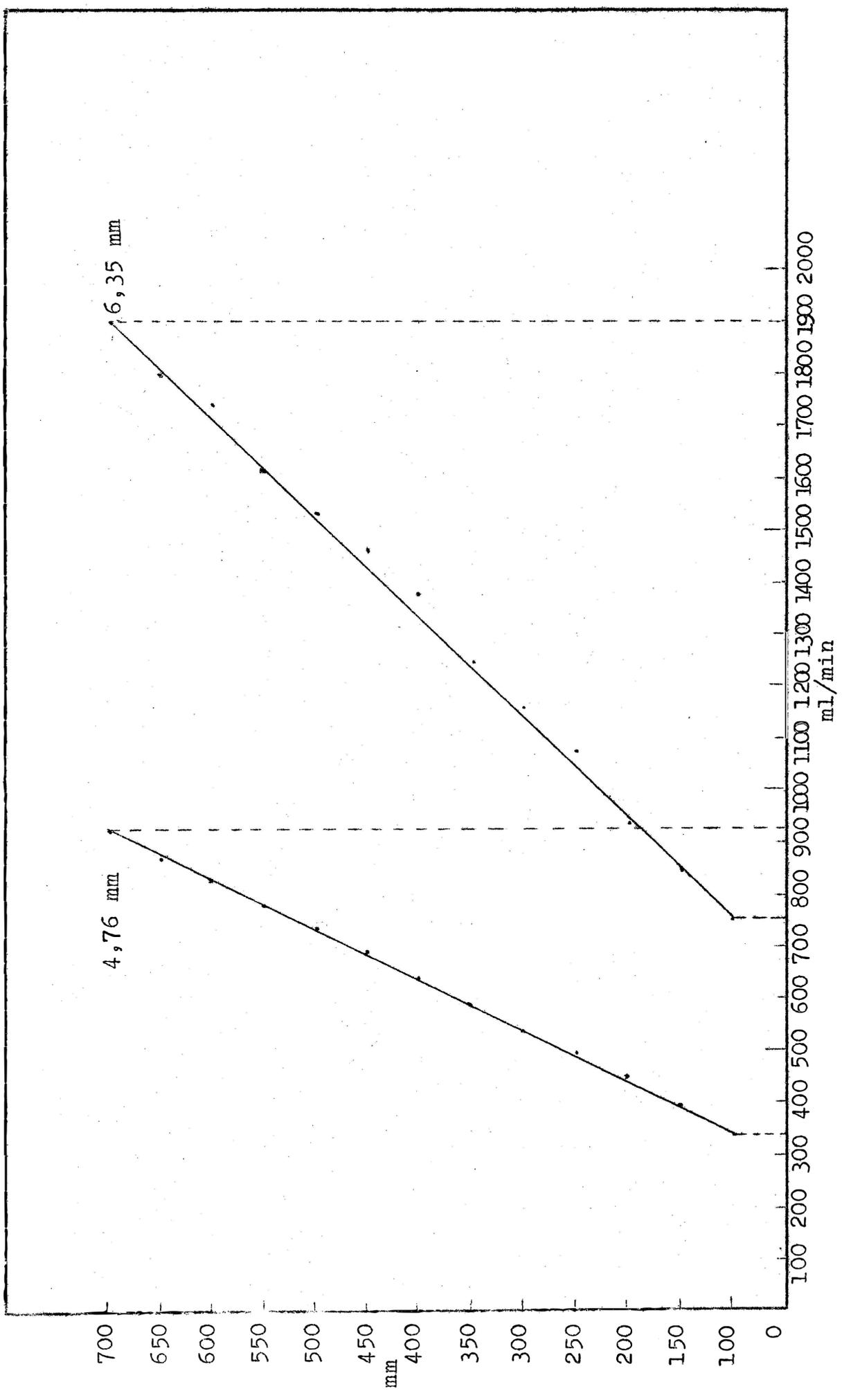
$$\frac{6 \times \pi \times (0,79)^2}{4} \quad (6)$$

- cálculo do diâmetro da secção equivalente

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{6 \times \pi \times (0,79)^2}{4} \quad (7)$$

$$d^2 = \sqrt{6 \times 0,79^2}$$

Fig. 13 - Gráfico obtido a partir dos dados das Tabelas IV e V, representando vazões em ml/min e alturas em mm.



$$d = 19,4 \text{ mm}$$

Como este é o valor do diâmetro mínimo, optamos pelo cano de 25,4 mm (1 pol.), embora um cano de 19,05 mm (3/4 pol.) fosse suficiente.

c) dimensionamento dos orifícios de saída de cada bico aplicador.

Desde que em cada bico aplicador existem dois orifícios de saída, o diâmetro de cada um, será o correspondente a uma secção equivalente à metade da secção do tubo secundário.

Sendo o diâmetro do tubo distribuidor secundário de 7,93 mm (5/16 pol.), ou aproximadamente 8 mm, temos:

$$1/2 \cdot \frac{\pi \times 8^2}{4} = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{32}$$

$$d = 5,66 \text{ mm}$$

Logo, cada orifício na extremidade de um bico deverá apresentar um diâmetro mínimo de 5,66 mm ou aproximadamente 13/64 de pol.

3.1.4 Materiais e construção

Em vista do poder altamente corrosivo dos nematicidas de uso comum, a seleção dos materiais empregados na construção de máquinas aplicadoras é da mais alta importância.

Quando se escolhem os materiais de construção de máquinas agrícolas, resistentes à corrosão, uma economia a longo prazo deve ser o objetivo principal. Entretanto, se em certos casos se justifica economicamente o uso de material resistente à corrosão, de alto preço, garantindo uma longa vida útil da máquina, em outros, poderá ser mais econômico a utilização de materiais de baixo preço, não resistentes à corrosão, que, no entanto, exigem manutenção periódica e substituições eventuais (SHAFFER, 1964).

De acordo com HEDDEN et al, 1966, os nematicidas em água ou superfícies úmidas, quando expostos ao ar, podem produzir compostos altamente corrosivos ao ferro, alumínio, magnésio e a ligas destes metais. Muitos tipos de aço inoxidável e ligas de cobre e níquel resistem à ação corrosiva da maioria dos defensivos de uso corrente. O Neoprene pode ser utilizado para arruelas, diafragmas ou em outras aplicações onde seja necessária flexibilidade. Polietileno, Nylon, Saran e outros plásticos que resistem a certos tipos de corrosão são usados satisfat-

tõriamente. No caso de se usar, estes devem apresentar solidez para resistir a choques e vibrações decorrentes do uso no campo.

A maior parte dos produtos químicos, denominados fumigantes, são altamente corrosivos para o ferro e neste caso aconselha-se a utilização de tubulações de cobre, bronze ou aço inoxidável. Também são geralmente destrutivos para tubulações de borracha natural e maior parte de borrachas sintéticas. Condutores de polietileno podem ser usados onde seja possível, em lugar de borracha (PAGE, 1963).

De acordo com FEICHTMEIR, 1957, os metais ferrosos são adequados para uso em curto período ou onde substituições de peças não é importante, tal como no caso do equipamento por gravidade. Deve-se dar atenção especial à manutenção e limpeza que reduzirá os custos de substituição. O cobre e o bronze são adequados para muitos equipamentos de aplicação, apresentando boa durabilidade com manutenção adequada. O uso de aço inoxidável é recomendado em alguns casos onde determinadas substâncias químicas são usadas ou onde existem problemas de limpeza; entretanto, há recipientes de plástico que competem como substituto do aço inoxidável em preço e qualidade; é o caso dos plásticos de polietileno.

Não obstante, dada a impossibilidade de serem confeccionadas peças, especialmente construídas para o nosso projeto, utilizamos aquelas que julgamos convenientes entre as encontradas no mercado. Dessa forma, acreditamos que alguns dos componentes da máquina por nós desenvolvida, não suportarão a ação dos nematocidas por tempo prolongado, como seria o desejado em máquinas produzidas comercialmente. É o caso das peças de ferro que, em se tratando de máquinas de fabricação em série, deverão ser substituídas por similares de cloreto de polivinil rígido (PVC) ou outros materiais semelhantes.

Para a construção do aplicador desenvolvido, foram empregados os seguintes materiais:

- 1 - Polietileno a baixa pressão
  - a) depósito.
- 2 - Cloreto de polivinil cristal (PVC)
  - a) dispositivo de entrada de ar;
  - b) tubo de alimentação;
  - c) tubos de distribuição secundária.

- 3 - Cloreto de polivinil rígido (PVC)
  - a) conexões do sistema de alimentação.
- 4 - Cobre
  - a) unidades dosadoras (espirais);
  - b) fixadores das espirais e respiros.
- 5 - Aço
  - a) barra porta-ferramentas e colunas do cultivador.
- 6 - Bronze
  - a) válvula de controle;
  - b) conexões das espirais.
- 7 - Ferro galvanizado
  - a) tubo de distribuição principal;
  - b) conexões do sistema de alimentação.
- 8 - Ferro doce
  - a) suporte do depósito;
  - b) suporte das unidades dosadoras e fixador de altura;
  - c) cápsula protetora dos bicos;
  - d) órgão de vedação.

### 3.2 Ensaio do aplicador

#### 3.2.1 Condições de ensaio

##### a) tipo de solo

Os ensaios de campo foram conduzidos em dois tipos de solos, com características opostas quanto a textura, visando-se assim observar o comportamento do aplicador sob condições extremas. Os solos trabalhados foram: série "Sertãozinho", barro arenoso grosso e série "Luiz de Queiroz", barro argiloso (RANZANI et al., 1966), com declividade de 2 a 4% respectivamente.

Desde que as condições de preparo do solo afetam a eficiência do fumigante e o desempenho da máquina aplicadora (SHELL AGRICULTURAL CHEMICAL, 1964), a área escolhida para os ensaios foi previamente arada e gradeada numa profundidade superior a 15 cm.

##### b) Nematicida

O nematicida escolhido foi 1,2 dibromo-3-cloropropano, com as seguintes denominações comerciais: "Nemagon" e "Fumazone". Este nematicida se caracteriza por não ser fitotóxico, por não apresentar especificidade, por ser volátil, por ter efeito residual e por ser aplicável em solução ou na forma sólida. A importância desse nematicida pode ser comprovada pelos

dados de sua produção nos Estados Unidos do Norte, que, segundo SHEPARD e MAHAN, 1964, já em 1961 alcançava mais de 500 toneladas e, em 1963 atingia 2.441 toneladas.

McBETH, 1960, constatou que o 1,2 dibromo-3-cloropropa no apresentava resultados satisfatórios quando aplicado juntamente com fertilizantes e com água de irrigação. Quanto à sua volatilidade e efeito residual, LEMBRIGHT, 1965, verificou que este produto, além de se difundir lentamente no solo, aí permanece por tempo prolongado. LEAR e AKESSON, 1959, demonstraram sua não fitotoxicidade para um grande número de culturas.

Para os ensaios foi preparada uma emulsão contendo 5% de "Nemagon", partindo de uma concentração emulsionável deste nematicida a 75%, cujas características físicas, segundo análises feitas pela Cadeira de Tecnologia do Açúcar e do Alcool, Nº 8, da E.S.A. "Luiz de Queiroz", foram:

- viscosidade absoluta ou dinâmica a 28°C

$$\eta = 1,277 \text{ centipoises}$$

- densidade a 28°C

$$d = 1,0184$$

- densidade cinemática a 28°C

$$\mu = 1,254 \text{ centistokes}$$

- peso específico a 28°C/28°C

$$\text{p.e.} = 1,0241$$

c) características de aplicação

As principais características, do ponto de vista da máquina aplicadora, a serem consideradas na aplicação de nematicidas no solo por meio de aplicadores por gravidade, são:

- dosagem de aplicação;

- espaçamento e profundidade de aplicação.

Dados fornecidos por fabricantes de nematicidas (SHELL CHIMIE, sem data), indicam que, dependendo da cultura a ser tratada e do tipo de solo, as dosagens recomendadas para o "Nemagon" oscilam entre 300 e 1.000 l/ha. HEDDEN et al., 1966, trabalhando com vários fumigantes verificaram que, em condições experimentais, poderão ser utilizadas dosagens desde 180 até 1.800 l/ha. Por outro lado, HUNG, 1966, também em condições experimentais, trabalhando com "Fumazone", utilizou dosagens de 190 a 560 l/ha. LEAR e AKESSON, 1959, utilizando "Nemagon" empregaram dosagens de 220 a 560 l/ha.

Com base nessas indicações, a máquina aplicadora foi

projetada de maneira que sua faixa de dosagens permita aplicações desde 100 até 1.000 litros por hectare.

Desde que a dosagem por unidade de área pode ser medida em termos de volume por metro linear de sulco, a medida que a velocidade do trator aumenta, a dosagem será menor com qualquer grau de vazão dado. Por outro lado, sendo variável a velocidade do trator para as diferentes condições de aplicação, é de todo conveniente obter-se uma regulagem linear de vazão entre os limites máximo e mínimo da faixa de dosagem da máquina aplicadora.

O espaçamento entre os bicos aplicadores e a profundidade de trabalho dos mesmos dependem, principalmente, do nematicida, da dosagem e do tipo de solo.

O nematicida é efetivo quando aplicado a profundidades de 150 a 200 mm, com espaçamento lateral de 300 mm. Com espaçamentos menores e mesma dosagem, não se comprovaram diferenças significativas do controle ou do efeito sobre a produção (GRAINGER, 1951). De acordo com GORING, 1962, a melhor profundidade de aplicação é de 200 mm, com separação entre bicos de 300 mm. McBETH, 1960, afirma que a profundidade de aplicação varia entre 150 e 300 mm, dependendo do nematicida e da dosagem utilizada. Quanto ao espaçamento lateral o mais usual é de 300 mm de centro a centro de sulcos adjacentes. SHELL AGRICULTURAL CHEMICAL, 1964, recomenda espaçamento máximo de 600 mm, quando são feitas aplicações em cobertura, sendo a mais usual 300 mm e a uma profundidade de 200-250 mm. HUTCHINSON, 1957, constatou que o solo deve ser completamente trabalhado na profundidade de 200 a 250 mm, algumas semanas antes do tratamento. Segundo LEMBRIGHT, 1965, é necessária uma aração de 200 mm de profundidade para se fazer injeção a 150 mm, desde que com aplicações mais rasas, o controle dos nematóides não será satisfatório.

Em vista das recomendações acima citadas, escolhemos para os ensaios uma profundidade de aplicação de 200 mm e um espaçamento lateral de 300 mm.

#### d) estrutura e trator utilizados

Considerando-se a importância da profundidade da aplicação do nematicida torna-se necessário a utilização de um perfeito sistema de acoplamento da máquina aplicadora ao trator.

Desta forma, escolhemos o trator de marca "Massey-Ferguson", modelo "50X", cujas características fornecidas pelo fa-

bricante são:

- 6 velocidades para a frente e 2 a ré;
  - motor de ignição por compressão, marca "Perkins";
  - 3 cilindros;
  - rodas pneumáticas;
  - potência do motor 45,1 c.v a 2.500 rpm;
  - potência máxima na barra de tração 38,5 c.v.;
  - capacidade de levante:
  - peso máximo admissível, aplicado aos extremos dos braços inferiores, desde a posição mais baixa 1.134 Kg;
  - peso máximo recomendável para trabalhos de campo a baixas velocidades de transporte 1.179 Kg;
  - peso máximo recomendado em estradas 817 Kg;
- contrôle hidráulico:  
válvula de segurança ajustada para 175,8 Kg/cm<sup>2</sup>.

Como o projeto de implementos montados está condicionado às características do engate de três pontos do trator, escolhemos para estrutura do aplicador de nematicidas a barra porta-ferramentas e as colunas de um cultivador mecânico, de engate de três pontos, da marca "Massey-Ferguson" modelo "NKU-21".-

Procuramos desta forma, aliar as vantagens do sistema de levantamento hidráulico desse trator, o qual permite um controle de profundidade preciso e constante, às características de projeto de estrutura do cultivador, evitando-se assim a necessidade de rodas de terra reguladoras de profundidade.

### 3.2.2 Condução dos ensaios

Os ensaios do aplicador de nematicidas foram programados em duas fases. Inicialmente foram feitos diversos ensaios em condições de laboratório, que nos permitiram fazer uma análise do comportamento das unidades dosadoras e nos indicar a proximadamente seu comportamento. Posteriormente, com a máquina montada em sua forma final, procedeu-se aos ensaios no laboratório e no campo.

#### a) ensaios com água

Nos experimentos de laboratório foram empregados os seguintes materiais e equipamentos:

- espirais, construídas de tubos de PVC, com diâmetros internos de 9,52 mm (3/8 de pol.); de 7,93 mm (5/16 de pol.); de 6,35 mm (1/4 de pol.); e 4,76 mm (3/16 de pol.), diâmetros internos das espiras de 100 e 150 mm, passos de 10 e 20 mm e comprimentos de 1380 e 2030 mm;

- água;
- um cronômetro marca "Galco";
- recipientes metálicos para amostragem, com capacidade de 2 litros;
- balança marca "Toledo", modelo 4030, série 11272, com capacidade para 5 Kg.

O aplicador desenvolvido foi colocado num suporte metálico devidamente nivelado. Fechada a válvula de controle, a basteceu-se o reservatório totalmente, fechando-o a seguir hermeticamente. O suporte da unidade dosadora foi fixado no suporte do depósito no primeiro centímetro da escala graduada. Abrindo-se a válvula de controle, observou-se que a coluna de líquido, no dispositivo de entrada de ar, baixou até o nível do orifício de saída do reservatório, demonstrando com isso a completa vedação do depósito.

O suporte das unidades dosadoras foi deslocado de 10 em 10 mm, fazendo-se 5 repetições de vazão para cada 10 mm. Esta operação foi repetida para todas as espirais.

b) ensaios com o nematicida

Uma vez determinadas as dimensões das unidades dosadoras que se enquadravam na faixa de dosagem preconizada, através dos primeiros ensaios, procedemos à substituição das espirais de plástico (PVC) pelas correspondentes de cobre. Os seguintes materiais foram utilizados:

- o nematicida líquido 1,2 dibromo-3-cloropropano (Nemagon);
- espirais de canos de cobre com diâmetro de 4,76 mm (3/16 de pol.) e de 6,35 mm (1/4 de pol.), diâmetro interno da espira: 100 mm, passo de 20 mm e comprimento de 1380 mm;
- cronômetro usado, marca "Galco";
- recipientes plásticos (PVC) para a coleta das amostras, com capacidade de 3 litros cada um;
- provetas graduadas de vidro, com capacidade de 0,5 e 1 litro.

Procedemos aos ensaios de laboratórios com as espirais de 4,76 mm e 6,35 mm. O suporte das unidades dosadoras foi deslocado desde 100 até 700 mm, de 50 mm em 50 mm, sendo feitas 3 repetições de cada ponto. As amostras foram coletadas nos recipientes plásticos e as medições feitas nas provetas graduadas.

Para os ensaios no campo, o aplicador foi acoplado no engate de três pontos do trator "Massey-Ferguson" modelo "50X" regulado para uma profundidade de 200 mm. As operações efetuadas no laboratório foram repetidas no campo, onde também se verificou o comportamento dos aplicadores pròpriamente ditos, órgão de vedação, assim como as demais partes da máquina aplicadora; as amostras foram recolhidas nos recipientes de plástico, os quais eram colocados na estrutura do cultivador, quando o trator estava em funcionamento.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 Resultados dos ensaios

Os resultados obtidos encontram-se nas Tabelas I a X.

##### 4.1.1 Ensaio com água

Na Tabela I, constam os dados de vazão quando se utiliza água, os quais foram obtidos com material obedecendo às seguintes características: espirais de tubo de plástico com diâmetro interno de 4,76 mm (3/16 de pol.), espira com diâmetro interno de 100 mm, passo igual a 20 mm; sendo de 1380 mm o comprimento da espiral. Os dados de cada repetição são médias da vazão de 6 bicos. Como se pode verificar o menor intervalo de carga sensível às diferenças de vazão foi de 50 mm. A escala de altura de carga (K) deve ficar entre 100 e 700 mm; abaixo de 100 mm, ela será insuficiente para a faixa de dosagem requerida; por outro lado, alturas maiores de que 700 mm viriam -- comprometer a estabilidade da máquina.

##### 4.1.2 Ensaio com o nematicida.

Nas Tabelas II e III, encontram-se os dados de vazão (ml/min), os quais foram obtidos, em condições de laboratório, com espirais de canos de cobre de diâmetro interno de 4,76 mm (Tabela II) e de 6,35 mm (Tabela III).

As Tabelas IV e V mostram os dados de vazão obtidos - em condições de campo, utilizando espirais de canos de cobre de 4,76 mm de diâmetro interno (Tabela IV) e 6,35 mm de diâmetro interno (Tabela V). Estes dados estão objetivados na Fig. 13. As outras características, no que diz respeito a diâmetro interno da espira, passo, comprimento da espiral e altura de carga, são iguais às já mencionadas em 4. 1. 1.

Nas Tabelas VI e VII tom-se a diferença de vazão (3ª coluna) entre os ensaios em condições de campo e de laboratório. Os dados desta diferença (Tabela VI) foram obtidos, subtraindo

as médias dos dados de vazão da Tabela II ( $Q_2$ ) daqueles da Tabela IV ( $Q_1$ ), quando se utilizaram espirais de canos de cobre de 4,76 mm de diâmetro interno. A mesma operação foi feita para a obtenção dos dados da Tabela VII com o auxílio dos dados de vazão das Tabelas III e V, quando se utilizaram espirais de canos de cobre de 6,35 mm de diâmetro interno.

Os dados sobre dosagem de aplicação para espirais construídas de canos de 4,76 mm e 6,35 mm de diâmetro interno constam das Tabelas VIII e IX; estes dados foram obtidos relacionando aqueles da vazão em função da altura de carga (Tabelas IV e V) com a velocidade de deslocamento do trator e a largura da faixa de aplicação. Para isso, aplicou-se a seguinte fórmula:-

$$D = \frac{Q \times 10000}{L \times V} \quad (6)$$

onde:

D = dosagem de aplicação ( $\text{cm}^3/\text{ha}$ )

Q = vazão ( $\text{cm}^3/\text{min}$ )

L = largura da faixa de aplicação (m)

V = velocidade do trator (m/min)

Com base nos dados obtidos nas Tabelas VIII e IX, foram elaboradas as Fig. 14 e 15.

Para verificar uma possível influência da altura do líquido no depósito na vazão das unidades dosadoras, procedemos no laboratório, para uma mesma altura de carga, 23 repetições, de minuto em minuto, até o esvaziamento completo do depósito. Os dados obtidos são mostrados na Tabela X, sendo as seguintes as características das espirais: diâmetro interno do cano de cobre 4,76 mm, diâmetro interno da espira 100 mm, passo 20 mm e comprimento da espiral 1380 mm.

A eficiência de um aplicador de nematicidas está condicionada a determinadas características de seu projeto, como foi relatado em 1.

#### a) constância da vazão

Pelos dados contidos nas Tabelas I, II, III, IV, V e X, verifica-se que a intensidade do fluxo foi praticamente constante para cada altura de carga fixada, entre os limites de 100 a 700 mm, seja para água, seja quando nematicida é usado. Essa constância de vazão é observada tanto no conjunto como em cada bico individualmente.

TABELA I. Vazão (ml/min) no ensaio realizado com água, para alturas diferentes.

Altura de carga (mm)	R E P E T I Ç Õ E S					
	1	2	3	4	5	6
100	267	265	267	264	266	265
150	335	337	335	335	336	337
200	400	405	397	400	399	399
250	463	464	461	463	464	463
300	520	522	516	518	524	523
350	576	577	575	578	579	576
400	627	625	626	629	628	628
450	675	677	675	677	679	676
500	725	727	725	723	724	727
550	777	775	769	776	778	777
600	820	822	816	823	820	821
650	875	873	872	874	876	871
700	945	948	942	946	945	946

TABELA II. Vazão (ml/min) no ensaio realizado com Nemagon em condições de laboratório com canos de cobre de  $\varnothing$  igual a 4,76 mm (3/16").

Altura de carga (mm)	Repetições	B I C O S						Vazão total (ml/min)
		1	2	3	4	5	6	
100	1ª	340	340	340	340	335	335	2030
	2ª	340	332	340	335	340	338	2025
	3ª	338	340	340	340	335	338	2031 $\bar{X} = 2029$
150	1ª	390	390	390	395	390	390	2345
	2ª	390	392	392	392	394	390	2350
	3ª	392	392	394	390	392	388	2348 $\bar{X} = 2348$
200	1ª	440	444	442	446	440	440	2652
	2ª	445	445	440	445	440	440	2655
	3ª	442	442	440	438	442	440	2644 $\bar{X} = 2650$
250	1ª	480	480	485	484	480	480	2889
	2ª	480	480	480	482	485	480	2887
	3ª	480	482	480	480	480	480	2882 $\bar{X} = 2886$
300	1ª	530	535	536	535	530	534	3200
	2ª	535	535	538	542	540	534	3224
	3ª	540	536	540	535	535	530	3216 $\bar{X} = 3213$
350	1ª	580	585	590	585	575	570	3485
	2ª	585	590	575	580	576	570	3476
	3ª	585	582	580	590	580	575	3492 $\bar{X} = 3484$
400	1ª	630	630	625	630	630	620	3765
	2ª	630	635	625	635	630	625	3780
	3ª	630	630	625	635	625	625	3770 $\bar{X} = 3772$
450	1ª	660	660	660	670	670	660	3980
	2ª	660	660	658	665	670	662	3975
	3ª	668	660	665	664	668	664	3989 $\bar{X} = 3981$

Segue

Altura de carga (mm)	Repetições	B I C O S						Vazão total (ml/min)
		1	2	3	4	5	6	
500	1ª	720	710	708	715	715	710	4278*
	2ª	715	710	710	715	710	712	4272
	3ª	718	720	715	710	712	715	4290 $\bar{X} = 4280$
550	1ª	745	740	745	750	742	760	4482
	2ª	750	745	745	750	754	747	4491
	3ª	750	745	745	748	746	745	4479 $\bar{X} = 4484$
600	1ª	800	795	798	790	798	800	4781
	2ª	800	805	795	800	798	795	4793
	3ª	805	800	795	796	795	800	4791 $\bar{X} = 4788$
650	1ª	825	823	825	835	830	830	4968
	2ª	830	825	820	827	835	840	4977
	3ª	835	829	833	830	831	835	4993 $\bar{X} = 4979$
700	1ª	890	894	896	898	900	905	5383
	2ª	895	898	896	895	895	895	5374
	3ª	894	895	895	895	894	896	5369 $\bar{X} = 5375$

TABELA III. Vazão (ml/min) no ensaio realizado com Ne-magon em condições de laboratório com ca-nos de cobre de  $\varnothing$  igual a 6,35 mm (1/4").

Altura de carga (mm)	Repe-tições	B I C O S						Vazão total (ml/min)
		1	2	3	4	5	6	
100	1ª	720	724	734	724	734	734	4370
	2ª	718	722	730	724	732	730	4356
	3ª	720	720	732	726	730	732	4360 $\bar{X} = 4362$
150	1ª	810	815	810	810	815	820	4880
	2ª	808	810	815	815	810	815	4873
	3ª	810	815	818	816	810	815	4884 $\bar{X} = 4879$
200	1ª	900	910	905	908	905	900	5428
	2ª	905	910	905	905	908	900	5433
	3ª	900	908	906	908	905	900	5427 $\bar{X} = 5429$
250	1ª	1045	1042	1045	1046	1045	1035	6258
	2ª	1042	1040	1045	1044	1045	1040	6256
	3ª	1045	1046	1046	1045	1042	1045	6269 $\bar{X} = 6261$
300	1ª	1115	1115	1108	1110	1116	1115	6679
	2ª	1115	1118	1112	1115	1118	1120	6698
	3ª	1116	1115	1110	1115	1120	1120	6696 $\bar{X} = 6691$
350	1ª	1225	1230	1228	1225	1225	1223	7356
	2ª	1220	1228	1225	1230	1225	1225	7353
	3ª	1225	1235	1225	1230	1230	1225	7370 $\bar{X} = 7360$
400	1ª	1355	1360	1355	1355	1350	1360	8135
	2ª	1365	1360	1360	1355	1355	1360	8155
	3ª	1360	1360	1355	1358	1356	1360	8149 $\bar{X} = 8146$
450	1ª	1430	1425	1425	1430	1435	1430	8575
	2ª	1435	1430	1430	1435	1430	1430	8590
	3ª	1430	1425	1430	1430	1434	1432	8581 $\bar{X} = 8582$

Segue

Altura de carga (mm)	Repe- tições	B I C O S						Vazão total (ml/min)
		1	2	3	4	5	6	
500	1ª	1520	1515	1525	1520	1515	1510	9105
	2ª	1515	1520	1520	1515	1508	1510	9088
	3ª	1515	1515	1520	1515	1510	1510	9085 $\bar{x} = 9093$
550	1ª	1590	1595	1588	1590	1594	1590	9547
	2ª	1590	1592	1590	1588	1590	1585	9535
	3ª	1590	1595	1590	1590	1595	1590	9550 $\bar{x} = 9544$
600	1ª	1700	1705	1700	1702	1700	1700	10207
	2ª	1700	1708	1705	1700	1704	1700	10217
	3ª	1700	1705	1705	1700	1700	1710	10220 $\bar{x} = 10215$
650	1ª	1775	1770	1775	1780	1765	1770	10635
	2ª	1775	1780	1775	1778	1770	1770	10648
	3ª	1772	1778	1780	1780	1775	1774	10659 $\bar{x} = 10647$
700	1ª	1840	1845	1840	1850	1850	1840	11065
	2ª	1845	1845	1846	1845	1850	1850	11081
	3ª	1845	1844	1848	1845	1850	1845	11077 $\bar{x} = 11074$

TABELA IV. Vazão (ml/min) no ensaio realizado com Nema-  
gon em condições de campo com canos de cobre  
de  $\varnothing$  igual a 4,76 mm (3/16").

Altura de carga (mm)	Repe- tições	B I C O S						Vazão total (ml/min)
		1	2	3	4	5	6	
100	1ª	338	337	340	338	342	337	2032
	2ª	340	335	340	338	340	335	2028
	3ª	339	335	342	345	338	336	2035 $\bar{X} = 2032$
150	1ª	396	392	391	393	393	393	2358
	2ª	392	390	392	395	390	392	2351
	3ª	400	393	394	392	392	390	2361 $\bar{X} = 2357$
200	1ª	455	455	450	450	450	445	2705
	2ª	452	448	447	450	450	448	2695
	3ª	455	450	448	450	448	446	2697 $\bar{X} = 2699$
250	1ª	500	495	500	500	498	492	2985
	2ª	490	495	490	500	500	490	2965
	3ª	500	492	495	500	495	490	2973 $\bar{X} = 2974$
300	1ª	550	535	545	540	530	540	3240
	2ª	545	540	538	535	540	540	3238
	3ª	540	530	535	530	535	540	3210 $\bar{X} = 3229$
350	1ª	580	600	595	595	585	580	3535
	2ª	582	600	590	585	585	580	3522
	3ª	580	595	590	585	582	580	3512 $\bar{X} = 3523$
400	1ª	628	640	635	640	638	630	3811
	2ª	640	642	639	638	640	639	3838
	3ª	640	640	641	630	638	640	3829 $\bar{X} = 3826$
450	1ª	680	685	690	685	680	688	4108
	2ª	690	685	686	686	685	685	4117
	3ª	688	690	690	688	685	690	4131 $\bar{X} = 4119$

Segue

Altura de carga ( mm )	Repe- tições	B I C O S						Vazão total (ml/min)
		1	2	3	4	5	6	
500	1ª	730	735	735	735	730	735	4400
	2ª	735	738	737	736	733	736	4415
	3ª	730	735	732	738	735	734	4404 $\bar{X} = 4406$
550	1ª	776	775	780	775	775	775	4656
	2ª	780	778	778	775	776	775	4662
	3ª	782	778	778	776	778	778	4670 $\bar{X} = 4663$
600	1ª	820	815	825	825	830	830	4945
	2ª	815	818	825	822	828	830	4938
	3ª	820	818	825	823	827	827	4940 $\bar{X} = 4941$
650	1ª	870	860	865	865	868	865	5193
	2ª	870	860	868	868	870	864	5200
	3ª	868	861	865	865	868	863	5190 $\bar{X} = 5194$
700	1ª	920	924	920	920	922	925	5531
	2ª	925	918	922	925	920	920	5530
	3ª	920	918	922	920	920	925	5525 $\bar{X} = 5529$

TABELA V. Vazão (ml/min) no ensaio realizado com Nemagon em condições de campo com canos de cobre de  $\varnothing$  igual a 6,35 mm (1/4").

Altura de carga (mm)	Repetições	B I C O S						Vazão total (ml/min)
		1	2	3	4	5	6	
100	1ª	750	755	754	760	752	750	4521
	2ª	752	750	750	748	745	755	4500
	3ª	753	754	753	746	750	754	4510 $\bar{X} = 4510$
150	1ª	845	850	845	850	852	840	5082
	2ª	840	848	844	845	840	845	5062
	3ª	842	840	842	840	850	845	5059 $\bar{X} = 5068$
200	1ª	936	935	940	938	936	937	5622
	2ª	935	936	935	934	935	934	5609
	3ª	933	930	929	930	929	930	5581 $\bar{X} = 5604$
250	1ª	1076	1075	1078	1075	1080	1080	6464
	2ª	1072	1074	1072	1073	1075	1075	6441
	3ª	1075	1071	1070	1071	1072	1070	6429 $\bar{X} = 6445$
300	1ª	1155	1158	1155	1150	1153	1155	6926
	2ª	1160	1158	1158	1160	1158	1155	6949
	3ª	1160	1160	1158	1160	1160	1159	6957 $\bar{X} = 6944$
350	1ª	1248	1250	1248	1250	1248	1245	7489
	2ª	1245	1248	1246	1250	1250	1245	7484
	3ª	1245	1245	1240	1245	1240	1240	7455 $\bar{X} = 7476$
400	1ª	1375	1370	1375	1370	1365	1370	8225
	2ª	1376	1372	1374	1378	1370	1374	8244
	3ª	1378	1375	1380	1375	1375	1378	8261 $\bar{X} = 8243$
450	1ª	1455	1455	1455	1453	1456	1455	8729
	2ª	1457	1455	1456	1454	1455	1457	8734
	3ª	1458	1460	1460	1457	1460	1458	8753 $\bar{X} = 8739$

Segue

Altura de car- ga (mm)	Repe- tições	B I C O S						Vazão total (ml/min)
		1	2	3	4	5	6	
500	1ª	1535	1528	1535	1534	1535	1534	9201
	2ª	1530	1530	1530	1532	1530	1532	9184
	3ª	1534	1530	1534	1530	1532	1530	9190 $\bar{X} = 9192$
550	1ª	1610	1615	1608	1610	1615	1610	9668
	2ª	1605	1610	1610	1610	1609	1612	9656
	3ª	1608	1608	1606	1608	1610	1608	9648 $\bar{X} = 9657$
600	1ª	1735	1740	1740	1738	1740	1730	10423
	2ª	1738	1742	1736	1735	1738	1735	10424
	3ª	1740	1738	1740	1738	1735	1740	10431 $\bar{X} = 10426$
650	1ª	1802	1794	1799	1803	1799	1794	10791
	2ª	1799	1803	1798	1794	1799	1794	10787
	3ª	1798	1792	1796	1791	1797	1791	10765 $\bar{X} = 10781$
700	1ª	1900	1900	1900	1893	1903	1900	11396
	2ª	1900	1903	1900	1897	1904	1900	11404
	3ª	1902	1903	1903	1897	1907	1903	11415 $\bar{X} = 11405$

TABELA VI. Diferença de vazão em condições de campo e de laboratório com a utilização de canos de cobre de diâmetro interno de 4,76 mm (3/16").

Altura de carga (mm)	$Q_1$ (*)	$Q_2$ (*)	Diferença de Vazão ( $Q_1 - Q_2$ ) em ml/min
100	2032	2029	3
150	2357	2348	9
200	2699	2650	49
250	2974	2886	88
300	3229	3213	16
350	3523	3484	39
400	3826	3772	54
450	4119	3981	138
500	4406	4280	126
550	4663	4484	179
600	4941	4788	153
650	5194	4979	215
700	5529	5375	154

(\*)

$Q_1$  = Vazão total no campo, em ml/min

$Q_2$  = Vazão total no laboratório, em ml/min

TABELA VII. Diferença de vazão em condições de campo e de laboratório com a utilização de canos de cobre de diâmetro interno de 6,35 mm (1/4").

Altura de carga (mm)	$Q_1$ (*)	$Q_2$ (*)	Diferença de Vazão ( $Q_1 - Q_2$ ) em ml/min
100	4510	4362	148
150	5068	4879	189
200	5604	5429	175
250	6445	6261	184
300	6944	6691	253
350	7476	7360	116
400	8243	8146	97
450	8739	8582	157
500	9192	9093	99
550	9657	9544	113
600	10426	10215	211
650	10781	10647	134
700	11405	11074	331

(\*)

$Q_1$  = Vazão total no campo, em ml/min

$Q_2$  = Vazão total no laboratório, em ml/min

TABELA VIII. Dosagem de aplicação em l/ha.

Altura de carga ( mm )	Velocidade do trator (km/h)										
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
100	677	452	339	271	226	194	169	151	135	123	113
150	786	524	393	314	262	224	196	175	157	143	131
200	900	600	450	360	300	257	225	200	180	164	150
250	991	661	496	397	330	283	248	220	198	180	165
300	1076	718	538	431	359	308	269	239	215	196	179
350	1174	783	587	470	391	336	294	261	235	214	196
400	1275	850	638	510	425	364	319	283	255	232	213
450	1373	915	687	549	458	392	343	305	275	250	229
500	1469	979	734	587	490	420	367	326	294	267	245
550	1554	1036	777	622	518	444	389	345	311	283	259
600	1647	1098	824	659	549	471	412	366	329	299	275
650	1731	1154	866	693	577	495	433	385	346	315	289
700	1843	1229	922	737	614	527	461	410	369	335	307

TABELA IX. Dosagem de aplicação em l/ha.

Altura de carga ( mm )	Velocidade do trator (Km/h)										
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
100	1503	1002	752	601	501	430	376	334	301	273	251
150	1689	1126	845	676	563	483	422	375	338	307	282
200	1868	1245	934	747	623	534	467	415	374	340	311
250	2148	1432	1074	859	716	614	537	477	430	391	358
300	2315	1543	1157	926	772	661	579	514	463	421	386
350	2492	1661	1246	997	831	712	623	554	498	453	415
400	2748	1832	1374	1099	916	785	687	611	550	500	458
450	2913	1942	1457	1165	971	832	728	647	583	530	486
500	3064	2043	1532	1226	1021	875	766	681	613	557	511
550	3219	2146	1610	1288	1073	920	805	715	644	585	537
600	3475	2317	1738	1390	1158	993	869	772	695	632	579
650	3594	2396	1797	1437	1198	1027	898	799	719	653	599
700	3802	2534	1901	1521	1267	1086	950	845	760	691	634

TABELA X. Vazão (ml/min) do nematicida em condições de laboratório a altura constante de 450 mm

Repetições	B I C O S						Vazão total ml/min
	1	2	3	4	5	6	
1	680	670	675	670	685	680	4060
2	680	670	675	675	680	675	4055
3	675	672	675	678	680	678	4058
4	678	670	676	675	680	680	4059
5	680	670	674	676	680	680	4060
6	678	673	675	675	678	680	4059
7	680	673	676	676	680	681	4066
8	679	675	675	675	682	680	4066
9	678	670	674	675	678	680	4055
10	680	672	675	678	680	678	4063
11	678	670	675	675	681	680	4059
12	680	670	675	675	681	680	4061
13	678	674	675	670	682	680	4059
14	675	676	674	678	680	678	4061
15	680	675	675	674	677	680	4061
16	680	678	675	670	680	682	4065
17	675	675	672	676	682	682	4062
18	680	675	675	676	680	678	4064
19	680	676	673	675	680	680	4064
20	681	675	675	676	680	678	4065
21	680	672	675	678	680	681	4066
22	680	675	675	674	681	680	4065
23	680	672	675	672	682	680	4061

Fig. 14 - Curva (obtida da Tabela IV) representando a variação na dosagem de aplicação em função da velocidade do trator, para diferentes alturas de carga, com espiral de 4,76 mm de  $\phi$ .

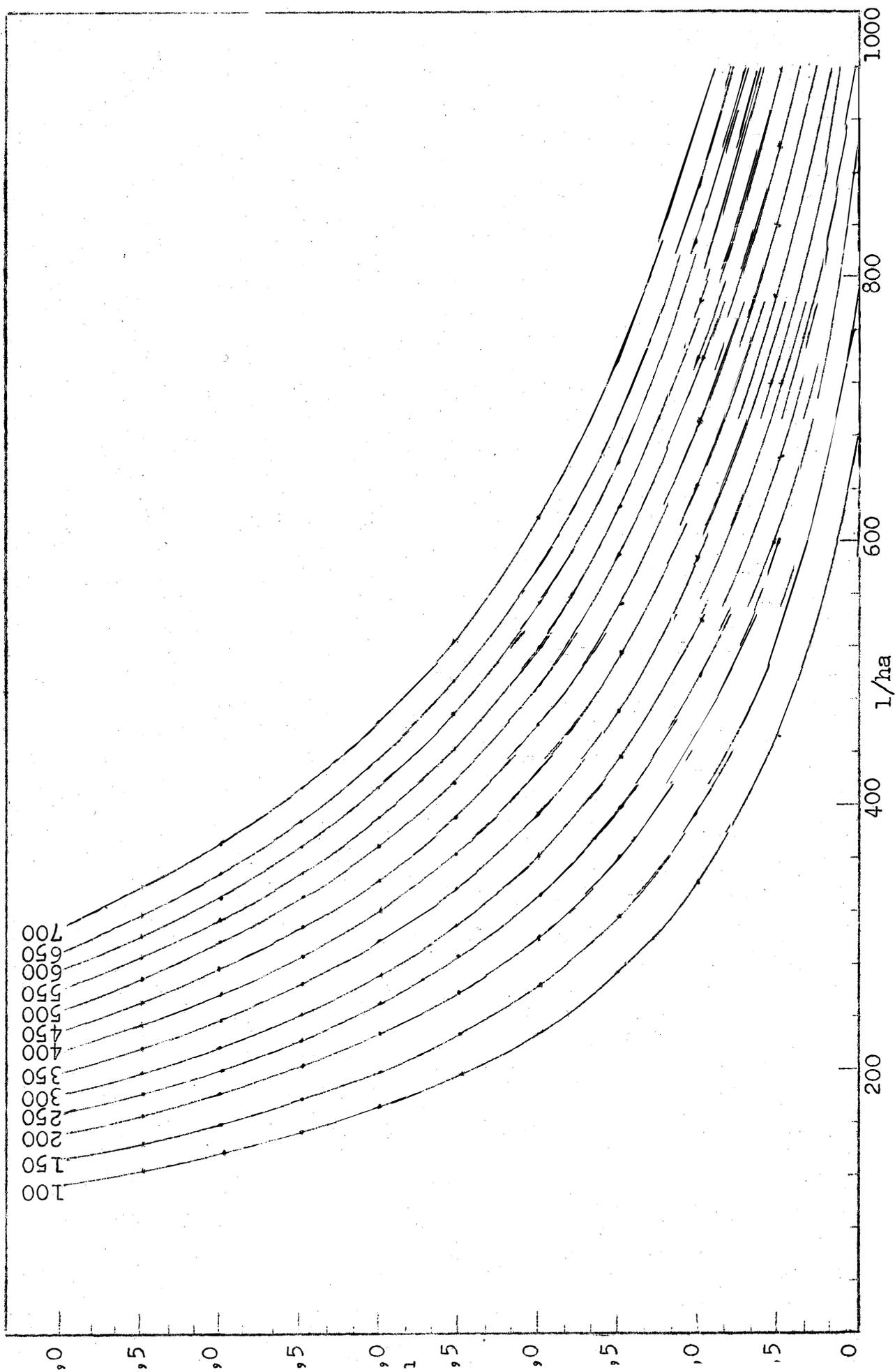
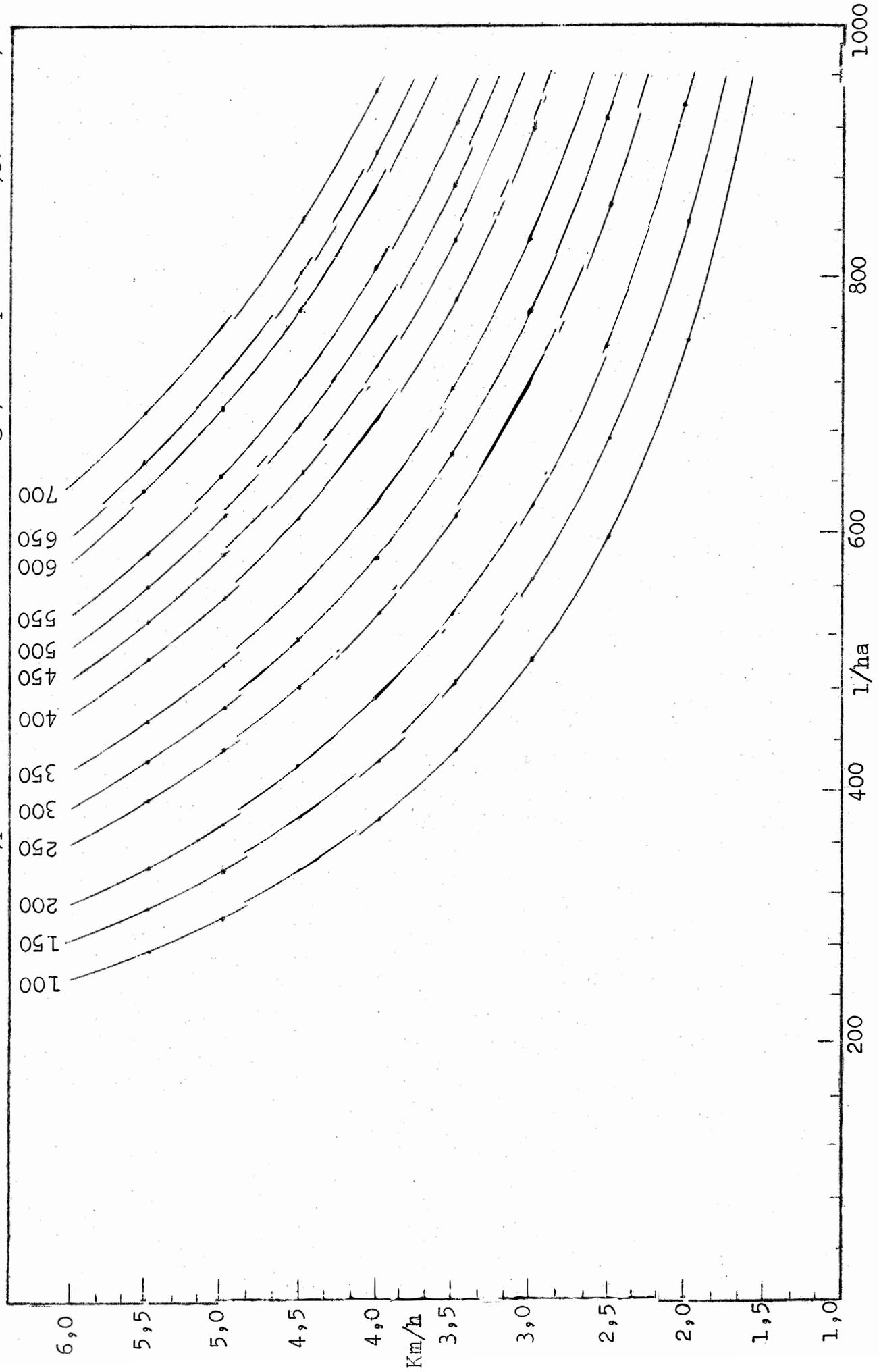


Fig. 15 - Curva (obtida da Tabela V) representando a variação na dosagem de aplicação em função da velocidade do trator, para diferentes alturas de carga, com espiral de 6,35 mm de  $\phi$ .



b) faixa de dosagem

Pela Fig. 13, observamos que a faixa de dosagem das espirais escolhidas (4,76 mm e 6,35 mm) é satisfatória, atendendo aos limites preconizados em 3.2.1.c. Construímos ainda, as Fig. 14 e 15 com o objetivo de verificar mais facilmente a extensão da faixa de dosagem, além de permitir a obtenção de valores não calculados por meio de interpolação gráfica.

A fórmula (6) é a equação de uma hipérbole equilátera da forma:

$$x \cdot y = K \quad (7)$$

onde

x = velocidade do trator, V

y = dosagem de aplicação, D

K = 10000.Q/L, sendo Q a vazão do aplicador e L a largura da faixa de aplicação.

Toda função produto, como é o caso da equação (7), representada em papel logarítmico dá uma reta. Por conseguinte, o desempenho das espirais de 4,76 mm e 6,35 mm de diâmetro interno, às alturas de 400 e 200 mm e à velocidade de 3 e 4 Km/h, respectivamente, são representadas graficamente por retas, como ilustra a Fig. 16.

c) facilidade de controle de operação.

A máquina foi construída de tal sorte que o operador possa facilmente, abrir ou fechar a válvula de controle, como ilustra a seta A da Fig. 17. Nessa mesma figura, constata-se a disposição dos respiros (seta B) que permite ao operador observar rapidamente qualquer obstrução que venha a ocorrer nos bicos de aplicação, denunciada por extravasamento do líquido.

O tubo de alimentação (seta C) e os tubos de distribuição secundária (seta D), sendo de plástico (PVC) transparente, permite, por inspeção visual, verificar seu bom funcionamento. O dispositivo de entrada de ar (seta A, Fig. 18) sendo também transparente, facilita verificar se o depósito está hermeticamente fechado.

d) diferença de vazão

Como se pode observar nas Tabelas VI e VII, os dados indicam que existe uma diferença na vazão quando os ensaios são conduzidos em condições de laboratório e em condições de campo. Esse resultado é esperado devido a que no campo fatores como temperatura, umidade do solo, topografia do terreno, e outros, podem afetar os resultados. O que interessa, na realidade, é que a vazão seja constante como foi acima discutido.

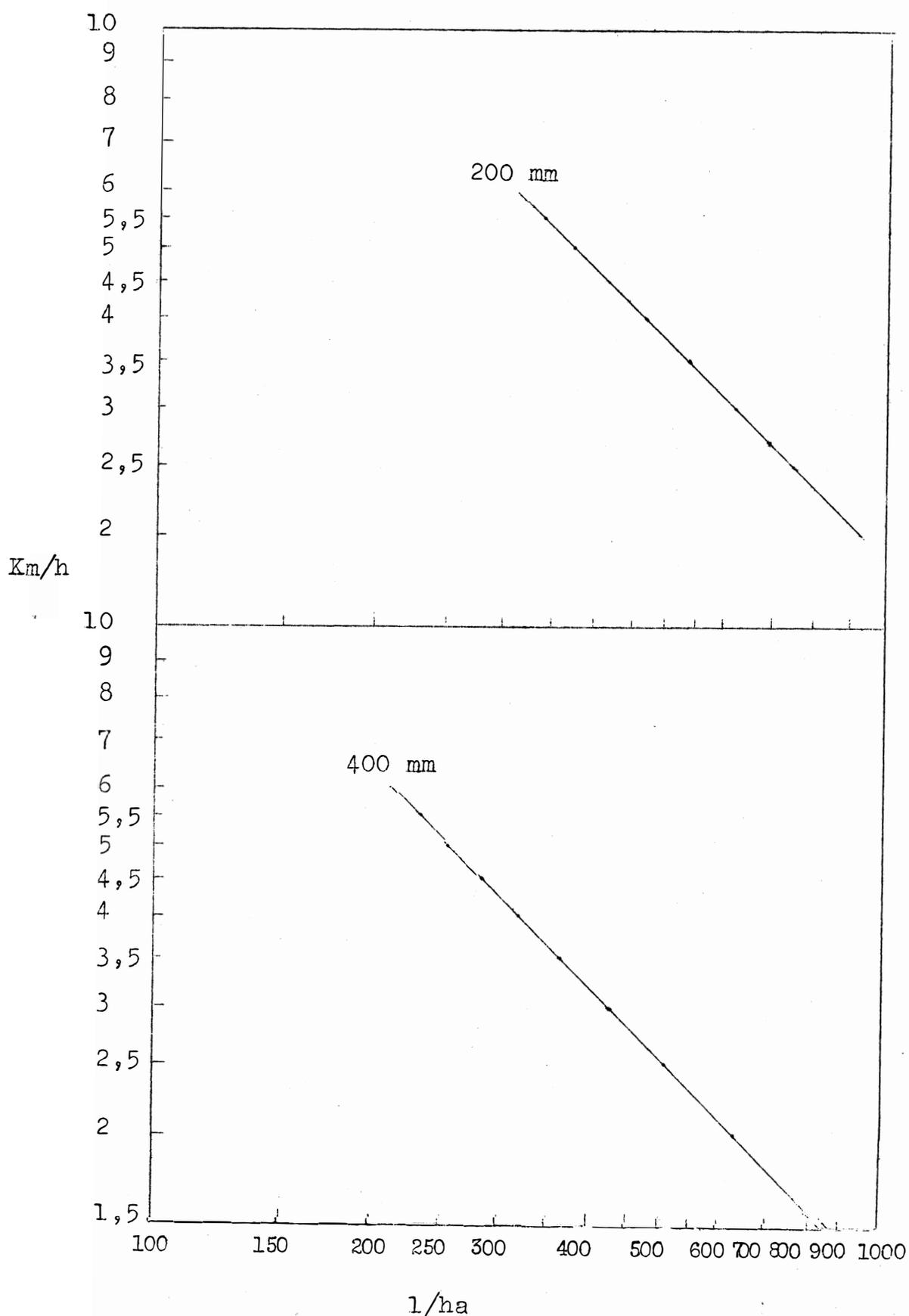


Fig. 16 Função produto representado em papel log-log (equação 7), apresentando dosagens em l/ha, velocidades do trator em Km/h para alturas de 400 mm, nas espirais de 4,76 mm (3/16") e de 200 mm, nas espirais de 6,35 mm (1/4").

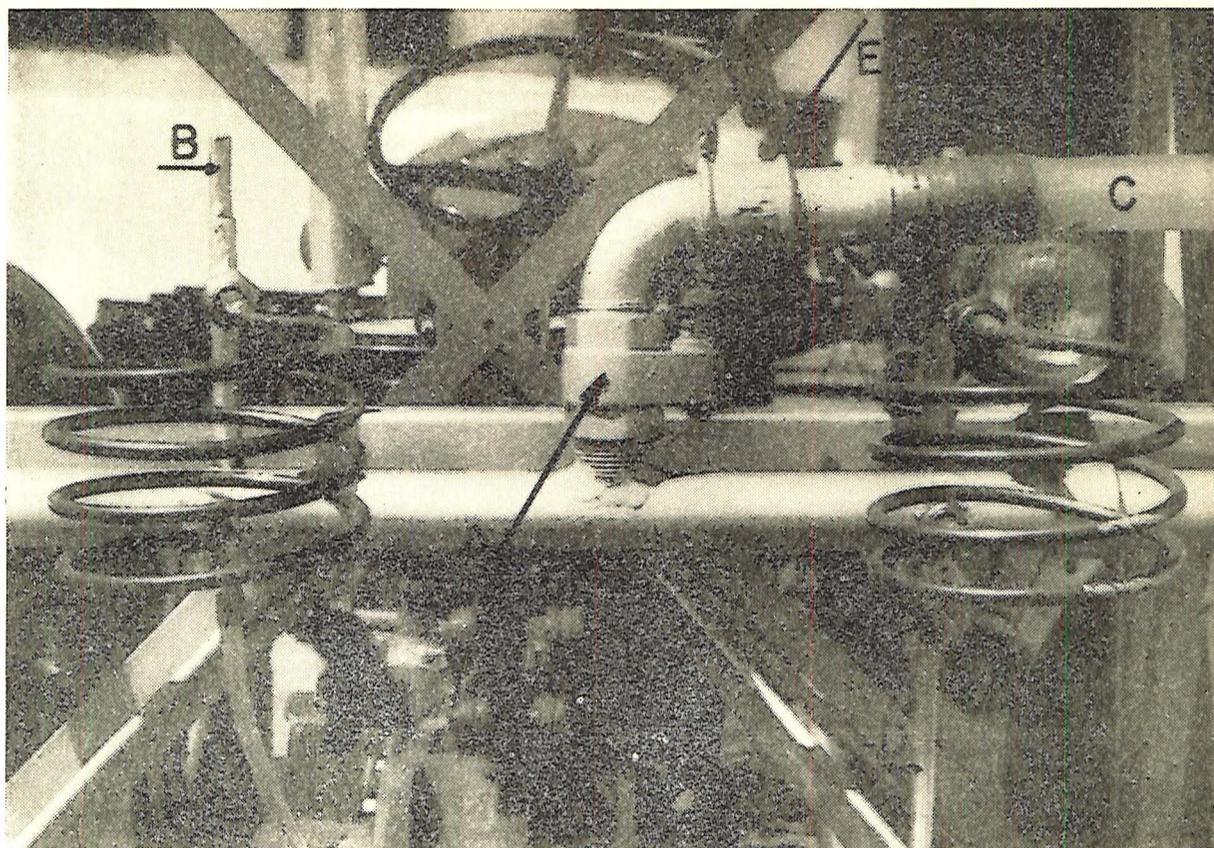


Fig. 17 — Vista parcial dos sistemas do aplicador de nematicidas. A) válvula de controle; B) respiro; C) tubo de alimentação; D) tubos de distribuição secundária para o solo; E) alavanca para abrir e fechar a válvula de controle.

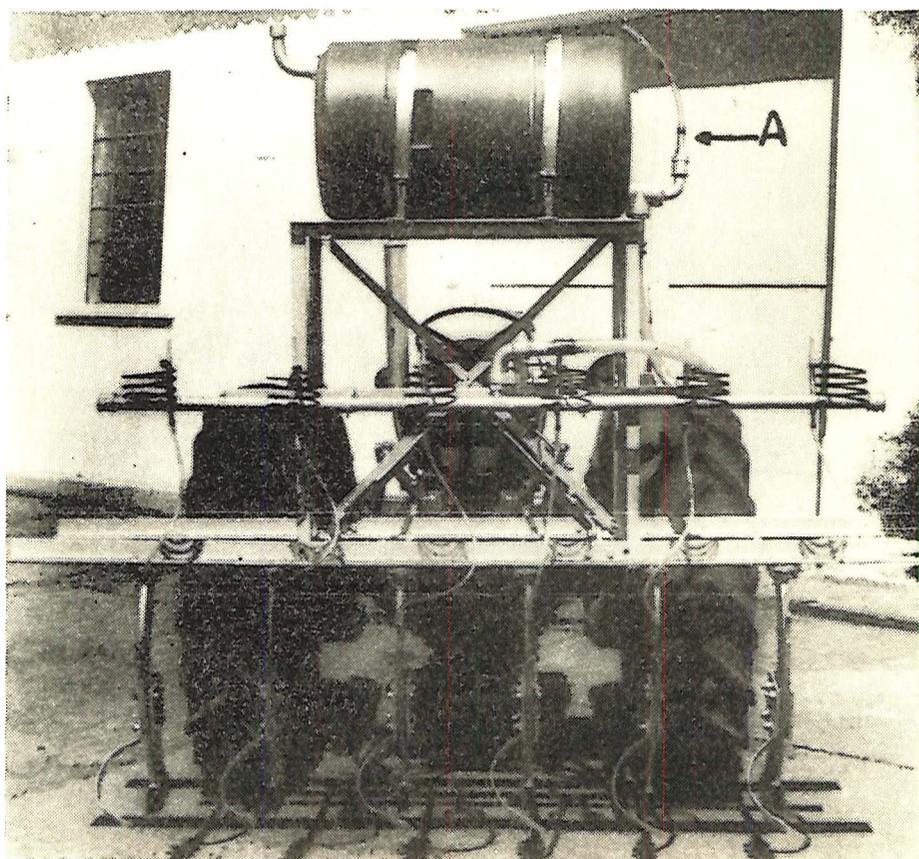


Fig. 18 — Vista posterior do aplicador de nematicidas montado no trator. A) dispositivo de entrada de ar.

e) regulagens

São em número de 3 as regulagens necessárias para o efetivo funcionamento da máquina aplicadora de nematicidas desenvolvida:

1) vazão do aplicador, feita através da variação da altura do suporte das unidades dosadoras;

2) profundidade de aplicação, que é determinada pela regulagem do sistema hidráulico do trator;

3) espaçamento entre linhas, determinado pela distância entre as colunas, que poderão ser variadas através de deslocamentos laterais na barra porta-ferramenta. Esse deslocamento é realizável mediante orifícios implantados nessa barra.

f) manutenção e reposição de peças

A máquina não possuindo peças móveis, dispensa qualquer cuidado de lubrificação. Sua manutenção restringe-se à limpezas periódicas e pulverização das peças metálicas com substâncias anti-corrosivas.

As peças constituintes do aplicador de nematicidas não sendo de construção especial, podem ser encontradas facilmente no mercado.

g) custo de construção

O custo de construção da máquina aplicadora foi de NCr\$400,00. Aliás, pela própria natureza das peças componentes da máquina aplicadora de nematicidas, evidencia-se o baixo custo de sua construção. Não possuindo mecanismos complicados, a mão de obra utilizada para sua construção é relativamente barata e não requer máquinas-ferramentas e oficinas especializadas para sua produção.

h) estabilidade e segurança do operador.

Sendo o peso da máquina aplicadora, da ordem de 272 Kg, muito inferior ao limite de carga do sistema de levantamento hidráulico do trator, a estabilidade do conjunto trator-máquina é assegurado.

Uma vez que o manejo da aplicadora de nematicidas não requer qualquer contacto do produto químico com o operador os riscos de intoxicação são praticamente eliminados.

A distribuição do líquido sendo feito por gravidade e não por pressão, a ruptura das tubulações e os consequentes danos ao operador foram afastados.

i) versatilidade

Este aparelho é caracterizado pela sua grande versatilidade, uma vez que permite a sua utilização para aplicação de

adubos líquidos ou qualquer outra substância nessa mesma forma, bastando para isso fazer-se pequenas modificações no depósito de líquido e nas unidades dosadoras.

## 5. CONCLUSÕES

Da análise das características funcionais da máquina, chegamos às seguintes conclusões:

1) Devido ao seu princípio de funcionamento, poderá ser facilmente adaptada para aplicação de outros produtos químicos, tais como adubos e inseticidas, por via líquida, no solo.

2) Com unidades dosadoras constituídas de espiras de 100 mm de diâmetro interno e passo de 20 mm, construídas de canos de 4,76 mm e 6,35 mm de diâmetro interno, a faixa de dosagem se estende desde 113 a 1.000 litros por hectare, como mostram as curvas das Figs. 14 e 15.

3) A altitude do local onde o aplicador será utilizado influi na vazão, como demonstra a equação (4). Logo, os dados aqui apresentados são válidos para altitude de 527 metros que é a do local onde se realizaram os ensaios.

4) Os fatores que poderiam comprometer a constância de vazão, durante seu funcionamento no campo, foram controlados como mostram os resultados dos ensaios, nas Tabelas IV e V.

5) A constância de vazão se deve ao fato de termos obtido uma pressão constante ( $P_0$ ) no orifício de saída, independente da altura do líquido no reservatório, e, ao amortecimento de sobrecargas obtido nas unidades dosadoras, como demonstrado pela equação (5).

6) Quanto as tolerâncias admitidas no julgamento da constância de vazão em máquinas aplicadoras de produtos químicos por gravidade, vários autores definem limites percentuais de variação. FABRICATED METAL, 1957, indica tolerâncias da ordem de 5%, na aplicação de fumigantes de solo; HILL, 1958, admite, na aplicação de fertilizantes líquidos, limites de tolerân-

cia de 5 a 10%; SHELL CHIMIE, sem data, para aplicação de nematicidas, aceita variações de até 10%. Com base nessas recomendações, concluímos que o aplicador desenvolvido apresenta vazão constante, pois a maior variação de vazão ocorrida no campo foi da ordem de 0,9% nas espirais de cano de 4,76 mm de diâmetro interno e de 0,7% nas espirais de cano de 6,35 mm.

7) Comparando-se os dados de vazão obtidas no laboratório, sob condições estáticas, com os dados de campo, observa-se que as vazões sob condições de trabalho no campo são sempre superiores àquelas obtidas no laboratório, como mostram os dados das Tabelas VI e VII. Embora essa diferença seja muito pequena com relação à vazão total, concluímos que, para maior precisão na elaboração das curvas de regulagem, os dados devem ser obtidos sob condições de campo.

8) A máquina aplicadora desenvolvida é de fácil manejo e manutenção. As regulagens da vazão, da profundidade de aplicação e espaçamento entre linhas são obtidas por operações simples, não exigindo qualquer cuidado especial. Por não ter órgãos ativos móveis, não exige lubrificação, resumindo sua manutenção em limpeza e aplicação periódica de produtos anti-corrosivos, tais como querosene ou óleo diesel.

9) Seu custo é, praticamente, desprezível quando comparado com outras máquinas aplicadoras de defensivos no solo, da mesma capacidade. As peças para reposição, além de baixo custo, são de fácil obtenção no mercado.

10) Sendo acoplada ao trator por engate de três pontos, o conjunto apresenta-se com estabilidade e segurança de operação idênticas àquelas do trator.

## 6. RESUMO

No presente trabalho, cujo objetivo fundamental é o desenvolvimento de um aplicador de nematicidas por gravidade - de fluxo controlado, procuramos satisfazer, da melhor maneira possível, os requisitos básicos enunciados por GRAINGER, 1951, HILL, 1958 e HEDDEN et al., 1966, para essas máquinas.

Até o presente momento não existe no mercado nacional de máquinas agrícolas, nenhuma marca ou modelo de aplicador de nematicidas que apresente alto rendimento e adequada qualificação técnica. Dessa forma, o aplicador por gravidade desenvolvido constitui um ponto de partida para novos projetos de máquinas e para um maior incremento tanto de pesquisas como de utilização em larga escala de produtos químicos destinados ao controle de nematóides.

O aplicador de nematicidas desenvolvido é constituído, basicamente, das seguintes partes: sistema de alimentação, de distribuição e dosagem e de aplicação. O sistema de alimentação é formado de um reservatório de polietileno, com capacidade para 100 litros, de forma cilíndrica, disposto horizontalmente sobre uma estrutura metálica montada em um cultivador mecânico de engate de três pontos. No orifício de descarga do reservatório foi colocado um "T" de polietileno rígido. A um dos ramos livres do "T" é acoplado um tubo vertical de PVC flexível, que funciona como dispositivo de entrada de ar. O outro ramo livre recebe o tubo de alimentação, de PVC flexível, em cuja extremidade se acha a válvula, de bronze, para controle da saída de nematicida. O dispositivo de entrada de ar e o reservatório hermêticamente fechado constituem um sistema no qual a pressão exercida pelo líquido no orifício de saída permanece constante, independente de sua altura no interior do reservatório.

O sistema de distribuição e dosagem é formado por um

tubo de distribuição principal, de ferro galvanizado, ao qual se acoplam várias unidades dosadoras. Estas são construídas de tubo de cobre enrolado em espiral tendo a extremidade superior ligada aos tubos de distribuição secundária de PVC flexível. O acoplamento da extremidade superior das espirais com o tubo secundário é feito pouco abaixo de sua extremidade livre, de forma a constituir um respiro. O dispositivo de entrada de ar, no reservatório, e os respiros nos tubos de distribuição secundária constituem pontos básicos no fluxo de líquido. A altura entre esses pontos determina a intensidade do fluxo que escoar do reservatório para o sistema de aplicação. Como esse escoamento é afetado por choques e vibrações, decorrentes do trabalho da máquina no campo, foi necessária a utilização de espirais de amortecimento no sistema dosador, como ilustra a Fig. 9.

O sistema de aplicação consta de uma sêga ou facção, tendo em sua parte dorsal o aplicador propriamente dito, constituído de: bico, cápsula protetora e órgão de vedação. O bico apresenta em sua extremidade dois orifícios dispostos lateralmente e em posições opostas. A cápsula protetora envolve o bico, exceto na parte posterior, permitindo a saída do líquido, evitando, porém, a obstrução dos orifícios. A vedação do sulco aberto pelo facção é feita por uma lâmina metálica recurvada.

Com base na literatura consultada, a máquina foi projetada para aplicações desde 100 até 1.000 l/ha. A dosagem de aplicação, para uma mesma regulagem de vazão, varia em função da velocidade de deslocamento do trator e do espaçamento entre os bicos aplicadores. Como este espaçamento é condicionado pelas características do nematicida e do tipo de solo, sua regulagem se mantém constante sob determinada condição de aplicação. Logo, para uma dada condição de aplicação, os fatores a serem considerados na dosagem são a vazão do sistema dosador e a velocidade de deslocamento do trator. A variação nas dosagens de aplicação, em função de diferentes velocidades do trator, para determinadas regulagens de vazão do aplicador, foram calculadas a partir de ensaios realizados no campo, com unidades dosadoras constituídas de espirais de tubos de 4,76 mm e 6,35 mm de diâmetro. Os resultados obtidos indicaram que o aplicador por gravidade de fluxo controlado desenvolvido preencheu os requisitos exigidos e funciona a contento. Quanto ao seu desempenho funcional conseguiu-se uma vazão constante entre os bicos aplicadores para diferentes regulagens do sistema dosador, a eliminação de

sobrecargas no sistema dosador, a não interferência da altura - do líquido no reservatório na intensidade do fluxo, além do fácil manejo e manutenção. Deve ainda ser levado em conta o seu baixo custo de construção.

## 7. SUMMARY

This paper deals primarily with the design and construction of a soil injector machine based upon a gravity injection system for application of nematocide. In its development the requirements enumerated by GRAINGER, 1951; HILL, 1958 and HEDDEN et al., 1966, for this kind of equipment were considered. It consists of three fundamental parts: feed, calibration and injection systems.

The supply tank, the device for maintaining a constant head and the flexible PVC plastic tube form the feed system. The calibration system employs 6 copper-coil meterings units which received the fumigant from the distribution boom. The boom receives the fumigant through a shut-off valve in the center, dividing it into two shorter sections and is closed with screw caps at each end. The injection system is formed by a series of special discharge chisels (tines) which replace the cultivator chisels normally attached to the tool-bar. An outlet tube with nozzle, provided the injection of fumigant into the soil. The outlet tube is welded at the back of the injector chisel. Flexible PVC plastic tubes are used to connect the delivery point, at the end of copper-coil meterings units, with the injectors. The injector chisel is provided with a system of capsules to keep the soil away from the nozzle at lower end of the outlet tube.

The liquid flows by gravity from the constant-head -- tank, through the distribution boom and thence through coils and flexible tubing to the outlet tubes in each injector chisels.

In the field, changes in liquid head and tractor speed are the simplest means of controlling application rate. The vertical height between supply tank outlet orifice and delivery -- points determines the metering rate of the equipment, which varies from 100 to 1,000 l/ha with vertical height from 100 to 700 mm. In the use of these gravity flow applicators, the fil-

ling caps must be air-tight so that air can only enter through the air inlet tube in the device for maintaining a constant -- head.

The results obtained indicate that this gravity controlled flow applicator fills all the prerequisites for a good performance.

The applicator maintains a constant outflow in its functioning for different metering of the calibration system; it also prevents overloads in this system.

The intensity of flow does not depend on liquid level in the supply tank. Besides, its operation is simple and its maintenance is easy. The low cost of construction and its efficiency are characteristics that contribute to recommend the applicator in the nematode control.

## 8. AGRADECIMENTOS

- a) Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Luiz Geraldo Mialhe, Conselheiro Principal.
- b) Dr. Hugo de Almeida Leme e Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Nestor Carlos dos Santos.
- c) Drs. André Martin Luis Neptune, Otto J. Crocomo e Luiz Gonzaga Engelberg Lordello.
- d) Drs. Odilon Saad, Arthur Aparecido Neves, Duvilio Aldo Ometto e Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> João Baptista Guimarães Junior.
- e) Sr. Erik Andersen e demais funcionários da Cadeira de Mecânica, Motores e Máquinas.
- f) Ao Ministério de Agricultura y Cria de Venezuela, Divisão de Cooperação Intelectual do Ministério das Relações Exteriores do Brasil e ao Convênio OSU-ESALQ pelo auxílio financeiro concedido.

9. BIBLIOGRAFIA

1. BISTLINE, F.W., COLLIER, B.L. e DIETER, C.E. 1963. El valor de los nematicidas en la replantación de los cítricos. *Biokemia*, 2 (12): 6-10.
2. BOOCK, O.J. e LORDELLO, L.G.E. 1963. Nova contribuição ao estudo do controle de nematicida em culturas de batata doce. *Rev. Agric. (Piracicaba)*, 38 (1): 31-38.
3. DAULTON, R.A.A. 1964. Efeitos de la fumigación del suelo en el tabaco de Rodesia del Sur. *Biokemia*, 5: 10-15.
4. FABRICATED METALS INC. 1957. Operating instructions for gravity applicators. 6-188-I. 3pp.
5. FEICHTMEIR, E.F. 1957. Nematocide application equipment. -- *Agric. Res. Div., Shell Development Company, Modesto, Calif.* 7pp.
6. GOOD, J.M. 1965. New Approaches to nematode control. *Agric. Chem.*, 20 (7): 49-51, 85-86.
7. GORING, C.A.I. 1962. Theory and Principles of soil fumigation In: Metcalf, R.L. *Advances in pest control research*. Cap. Nº 5:47-84. John Wiley & Sons, New York.
8. GRAINGER, J. 1951. Soil Injectors. Machines for the control of potato root eelworm and other soil-borne diseases by the application of volatile liquids. *West of Scotland Agric. Coll. Res. Bull.*, Nº 11: 32pp.
9. HANSEN, C.M. 1958. Engineering Principles in handling liquid materials. *Agric. Eng.* 39 (9): 546-551.
10. HEDDEN, O.K., WILSON, J.D. e SLEESMAN, J.P. 1966. Equipment for applying soil pesticides. *Agr. Handbbok nº -- 297 U.S. Dept. Agr., Ohio Agr. Res. Serv.* 37pp.
11. HILL, C.L. 1958. With gravity flow equipment its easy to convert to liquid fertilizers. *Agric. Eng. Ext Cir Nº 455: 1-6.*

- 12. HOWE, R.G. e CLIFFORD, E.D. 1962. The effects of soil fumigants on disease and weed control in conifer seed and transplant beds. *Down to Earth*, 17 (4): 14-18.
- 13. HUNG, Y.P. 1966. Investigaciones sobre Nematologia en Taiwan. *Biokemia*, 12: 16-18.
- 14. HUTCHINSON, M.T. 1957. Preparation of soil prior fumigation. *Shell Nematology Workshop*, New York, 3pp.
- 15. LEAR, B. e AKESSON, N.B. 1959. Applying Nematocides. *Farm Chem.*, 122 (12): 38-41.
- 16. LEMBRIGHT, H.W. 1965. Soluble Nematocides in citrus and grapes. *Biokemia* Nº 10: 18-20.
- 17. LORDELLO, L.G.E. 1967. Nematoides das plantas cultivadas. (Em publicação).
- 18. MANZELLI, M.A. 1956. Whats new nematocides. *Farm. Chem.*, 119 (8): 41-43.
- 19. McBETH, C.W. 1960. New techniques for application of soil fumigants in the U.S. *Agr. Res. Div. Shell Development Company*. Modesto, Calif. 6 pp.
- 20. PAGE, G.E. 1963. Soil fumigation equipment. *Ore., State Univ. Ext. Bul.* 813, 14pp.
- 21. PEACHEY, J.E. 1962. The chemical control of plants parasitic Nematodes by soil fumigation. *Exp. Station, Harpenden, England*. 13 (57): 34-45.
- 22. RANZANI, G., FREIRE, O. e KINJO, T. 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. *Centro de Estudos de Solos. ESALQ. USP.*
- 23. RASKI, D.J., HART, W.H. e KASIMATIS, A.N. 1965. Como se controlan los nemátodos. *Agricultura Am.*, 14(6):43.
- 24. SAGGESE, A. 1966. Máquinas para aplicação de fumigantes de solo. *Divulg. Agronômica Shell* Nº 20: 11-15.
- 25. SHAFFER JR., T.F. 1964. Use of corrosion-resistant steels for agricultural chemicals. *Am. Soc. Eng. Trans.*, 7 (4): 439-443,447.
- 26. SHELL AGRICULTURAL CHEMICAL. 1964. Application techniques and equipment. *Agric. Chem. Tech. Inf. NEM/L/1/May*: 19 pp.
- 27. SHELL CHIMIE (sem data). *Applicateur de Nematicides liquids Shell. R.C.Seine 54B 8793, Paris*: 19 pp.
- 28. SHEPARD, H.H. e MAHAN, J.N. 1964. The pesticide situation for 1953-64. *Agric. Chem.* 19 (9): 24-26,168.
- 29. TAYLOR, A.L. 1957. The nematocide market. *Farm. Chem.*, 120 (3): 46-47.