



CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA SUB-IRRIGAÇÃO POR
TUBOS POROSOS DE STAUCH NAS CULTURAS DE
CENOURA (Daucus carota, L.),
ALFACE (Lactuca sativa, L.)
E *ERVILHA (Pisum sativum, L.)*

JOÃO BATISTA IORIATTI DEMATTÊ
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Instituto Agronômico do Estado de São Paulo
Bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas

*Tese para obtenção do título de doutor
em agronomia, apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
da Universidade de São Paulo.*

PIRACICABA
ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL
1972

E R R A T A

Página 6, 10ª linha- onde se lê: com o solo adjacente. leia-se com o solo adjacente. O autor recomenda, para a instalação de parcelas com sub-irrigação, a área de 250m².

Página 6, 23ª linha- onde se lê: GRUNEWALD (1957) leia-se GRUNEWALD (1957/58)

Página 7, 3ª linha- onde se lê: GRUNEWALD e GARTNER (1957) leia-se GRUNEWALD e GARTNER (1957/58)

Página 9, 21ª linha- onde se lê: IRRIGATION FARMER (1970) leia-se POROUS TUBING FOR SUB-IRRIGATION (1970)

Página 10, 23ª linha- onde se lê: DEMATTÊ et al. (1971) leia-se DEMATTÊ (1971)

Página 19, 3ª linha- onde se lê: SIMÃO (1955) leia-se SIMÃO (1955/56)

Página 42, 4ª linha- onde se lê: SOIL SURVEY MANUAL (1951), leia-se EUA. Department of Agriculture (1951),

Página 96, 18ª linha- onde se lê: média. leia-se média, com melhores resultados para a aspersão.

Página 96, 20ª linha- onde se lê: raízes não comercializáveis leia-se raízes comercializáveis e não comercializáveis

Página 100, 19ª linha- onde se lê: em 20/7. leia-se em 20/7, com melhores resultados para aspersão.

Página 104, 27ª linha- onde se lê: médio de graos. leia-se médio de grãos, com melhores resultados para sub-irrigação.

Página 146, 14ª linha- onde se lê: 1951 (a). p.121-153 leia-se 1951. p. 121-153

Página 146, 17ª linha- onde se lê: 1951 (b). p.1-32 leia-se 1951. p.1-32

A meus pais
meus irmãos
minha esposa
meus sogros

dedico

- A G R A D E C I M E N T O S -

O autor expressa seus mais sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Justo Moretti Filho, pelo apoio e orientação;

aos Profs. Dr. Salim Simão, Dr. José Luiz Ioriatti Demattê e Dr. Rubens Scardua pelas valiosas sugestões;

ao Prof. Dr. Décio Barbin, Eng^o Agr^o Toshio Igue e Eng^a Agr^a Violeta Nagai pelo auxílio na escolha do delineamento experimental e análises estatísticas;

ao Dr. Francisco Grohmann, pelas oportunas sugestões e auxílio nos testes de laboratório com os tubos porosos;

ao Dr. Leocádio de Souza Camargo, pela atenciosa colaboração na parte de Olericultura;

ao Eng^o Agr^o Francisco Lombardi Neto, pelo auxílio em algumas caracterizações do solo;

ao Dr. Geraldo Benedicto Barreto, Chefe Substituto da Seção de Irrigação e Drenagem, Eng^o Agr^o Francisco da Costa Verdade, Diretor Substituto da Divisão de Solos, Eng^o Agr^o Sebastião Alves, Chefe da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul e Eng^o Agr^o Heli Camargo Mendes, Diretor do Serviço de Divulgação Técnico-Científica, pelos auxílios e facilidades concedidas;

aos Eng^{os} Agr^{os} Reinaldo Forster e Gerd Walter Muller, senhoras Suzanne Stauch e Luiza S.E. Hermann pelo auxílio na tradução das bibliografias alemãs; à Profa. Judith Aparecida Soares Payão, pela revisão de parte do texto; à senhorita Roseli Rodrigues Destefano, pela composição datilográfica; aos senhores Paulino Mozer, José Domingos Mozer e Nelson Nunes Felix pela dedicação com que auxiliaram na condução do experimento; à FAPESP, pelo veículo fornecido e, a todos quantos, de uma forma ou de outra, concorreram para a realização deste trabalho.

C O N T E Ú D O

	página
1. - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. - <u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. - <u>Sub-irrigação por condutos porosos</u>	3
2.2. - <u>Disponibilidade de água do solo às plantas.</u>	12
2.2.1. - Teoria de VEIHMEYER e HENDRICKSON.....	12
2.2.2. - Teoria de RICHARD e WADLEIGH.....	13
2.2.3. - Teoria de DENMEAD e SHAW.....	15
2.3. - <u>Efeito da umidade do solo nas culturas de cenoura, alface e ervilha.</u>	16
3. - <u>MATERIAIS E MÉTODOS</u>	20
3.1. - <u>Solos</u>	20
3.2. - <u>Área experimental</u>	26
3.3. - <u>Captação, condução e distribuição da água.</u> ..	29
3.4. - <u>Regularização e medição da vazão</u>	34
3.5. - <u>Clima</u>	34
3.6. - <u>Formas para a construção dos tubos porosos, luvas de conexão e tubos de alimentação.</u>	34
3.7. - <u>Tubos porosos, luvas de conexão e tubos de alimentação.</u>	36
3.8. - <u>Determinação da permeabilidade do tubo poroso.</u>	39
3.9. - <u>Massa específica aparente, real e porosidade total do tubo poroso</u>	42

	<u>página</u>
3.10. - <u>Culturas utilizadas</u>	43
3.10.1. - Cenoura	43
3.10.2. - Alface	44
3.10.3. - Ervilha	45
3.11. - <u>Dados culturais</u>	46
3.11.1. - Cultura da cenoura	46
3.11.2. - Cultura da alface	48
3.11.3. - Cultura da ervilha	50
3.12. - <u>Delineamento estatístico e convenções utilizadas</u>	51
3.13. - <u>Características estudadas nas culturas</u>	57
3.13.1. - Cultura da cenoura	57
3.13.2. - Cultura da alface	58
3.13.3. - Cultura da ervilha	58
3.14. - <u>Funcionamento do sistema de sub-irrigação por tubos porosos segundo STAUCH (1953)</u>	59
3.15. - <u>Espaçamento das linhas de tubos porosos - teste prévio</u>	59
<u>Instalação das sub-parcelas com sub-irrigação</u>	65
3.17. - <u>Sub-parcela com o sistema de aspersão</u>	70
3.18. - <u>Manejo dos sistemas de irrigação</u>	70
3.19. - <u>Determinação da eficiência do sistema de sub-irrigação</u>	73

	<u>página</u>
3.20. - <u>Determinação da eficiência do sistema de as-</u> <u>persão</u>	74
3.21. - <u>Controle da umidade do solo</u>	74
3.22. - <u>Alturas brutas de água aplicadas e intensi-</u> <u>dade de irrigação</u>	75
3.23. - <u>Início e término das irrigações</u>	76
3.24. - <u>Resistência à compactação de uma linha de</u> <u>sub-irrigação</u>	76
4. - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	91
4.1. - <u>Cultura da cenoura</u>	91
4.1.1. - <u>Produção</u>	91
4.1.2. - <u>Dados biométricos</u>	96
4.2. - <u>Cultura da alface</u>	97
4.2.1. - <u>Produção</u>	97
4.2.2. - <u>Dados biométricos</u>	100
4.3. - <u>Cultura da ervilha</u>	101
4.3.1. - <u>Produção</u>	101
4.3.2. - <u>Dados biométricos</u>	104
5. - <u>CONCLUSÕES</u>	132
6. - <u>RESUMO</u>	134
7. - <u>SUMMARY</u>	139
8. - <u>BIBLIOGRAFIA CITADA</u>	141

1. INTRODUÇÃO

Irrigar é aplicar artificialmente água ao solo, sob condições controladas, com a finalidade de proporcionar a umidade necessária ao desenvolvimento normal das plantas nele existentes, suprindo a falta, insuficiência ou má distribuição das chuvas. Esta aplicação é feita através de um sistema planejado, a fim de que haja o máximo aproveitamento da água.

O problema de como aplicar racionalmente a água de irrigação envolve muitos aspectos, dentre os quais a escolha do sistema. De um modo geral pode-se considerar três sistemas fundamentais de irrigação: por inundação, por sulcos de infiltração e por aspersão.

Em condições especiais, algumas quais, presença de camada impermeável de solo a pequena profundidade (0,90m a 1,50m) e camada superficial não excessivamente compactada, pode-se utilizar a irrigação subterrânea. Esta consiste na aplicação da água sob a superfície do terreno e apresenta duas modalidades: por elevação do lençol freático e por tubos porosos.

De acôrdo com STAUCH (1954) o sistema de irrigação subterrânea por tubos porosos já era empregado pelos romanos, na antiguidade. Na era atual, muitos pesquisadores, entre os quais Korneff (França), Kluckhum (Alemanha), Abel, Lee, Sandford-Monterisi, Samarani (USA) e Sernagiotto (Itália) estudaram o assunto. Entretanto, a grande dificuldade encontrada foi a de construir um tubo que, colocado sob a superfície do solo, em nível ou com pouco declive, fosse capaz de conduzir a água e a fazer vazar uniformemente através de um comprimento aproximadamente igual a 100m ou 200m.

STAUCH (1953) resolveu esses problemas através de um tubo fabricado com areia e cimento que se mostrou poroso e permeável à água, soluções nutritivas e a gases.

No projeto desse tubo, além de trabalhar com materiais de fácil aquisição, STAUCH (1967 a) desenvolveu um processo tal que possibilitasse sua construção e instalação com a mão de obras dos próprios familiares de pequenos agricultores sem muitos recursos financeiros.

O sistema de sub-irrigação evita muitas das desvantagens que ocorrem com o de aspersão e sulcos de infiltração, pois permite uniformidade de distribuição da água, não necessita de altas pressões de operação, minimiza a perda de área útil, economiza mão de obra para o manejo do sistema, não é influenciado pela ação dos ventos e apresenta desprezíveis perdas de água por evaporação.

Os principais objetivos deste trabalho são:

a.- Efetuar testes com os componentes do sistema de sub-irrigação de STAUCH (1953).

b.- Instalação e modificação deste sistema, em solo Podzólico Vermelho Amarelo Orto unidade Monte Alegre.

c.- Comparação desse sistema com o de aspersão.

d.- Verificação das condições de melhor acessibilidade da água do solo às plantas.

e.- Aplicação dos estudos mencionados aos casos particulares das culturas de cenoura (Daucus carota, L.), alface (Lactuca sativa, L.) e ervilha (Pisum sativum, L.).

Dadas as condições restritas contidas nos itens enumerados, as conclusões desta pesquisa traduzem, despretenciosamente, esforços iniciais para a solução do problema em nosso país, na tentativa de subsídios para um equacionamento mais amplo e substancial, com certeza que advirão de pesquisas futuras.

2. - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica está dividida em três partes. Na primeira são particularizados aspectos da sub-irrigação por condutos porosos. Na segunda são sintetizados aspectos relativos às teorias existentes e que envolvem a disponibilidade da água do solo às plantas. Na última parte são resumidos alguns aspectos sobre a influência da umidade do solo nas culturas de cenoura, alface e ervilha.

2.1. Sub-irrigação por condutos porosos

Em experiências levadas a efeito, por muitos anos, na França, KORNEFF (1928), BORDAS E MATHIEU (1930/31) e MATHIEU (1931) demonstraram a possibilidade de se instalar no campo, sistema de irrigação subterrânea, com o emprego de condutos porosos, contínua ou intermitente, com ou sem drenagem, mas sempre com bons resultados.

SPENCER (1938) relatou que, para um sistema de sub-irrigação por tubos porosos ser usado com vantagens, são necessárias, dentre outras, as seguintes condições: a)- presença de uma camada impermeável de natureza argilosa ou rochosa, localizada a uma profundidade entre 0,90m e 1,50m, a fim de evitar que a água se infiltre para as camadas mais profundas; b)- superfície do solo constituída por camada argilo-arenosa, nem muito porosa nem excessivamente compactada, para que se processe facilmente o fenômeno da capilaridade. Ainda de acordo com o mesmo autor, foi relatado um sistema de sub-irrigação, constituído de manilhas com 0,30m de diâmetro por 0,75m de comprimento, colocadas em posição vertical, denominadas abastecedores e terminais, apresentando entre si, tubos de argila cozida (terracota), com 0,075m de diâmetro, através dos quais vertia a água. Esses tubos eram colocados em valetas de 0,30m de largura

por 0,45m de profundidade e com um declive de 0,0254m a cada 300m. Conjuntos de abastecedores e terminais podem ser instalados a 6,00m-7,20m de espaçamento, unidos entre si por tubos de terracota com 0,100m de diâmetro, formando, assim, uma rede subterrânea de irrigação. Com este sistema obteve-se bons resultados em culturas de aipo, alface e batata inglesa. Com tomate, melancia, melão e batata doce, os resultados não foram satisfatórios.

STAUCH (1948) relatou que, em um sistema de irrigação subterrânea por tubos porosos, feitos de cimento e areia, há economia da energia de bombeamento de água, constância no seu fornecimento, possibilidade de fornecer soluções nutritivas e gases ao solo, sendo mínimas as perdas de água por evaporação e de área superficial do terreno na época da instalação do sistema.

STAUCH (1953) relatou ter obtido bons resultados com um sistema de irrigação subterrânea, de baixa pressão, constituído por linhas de tubos porosos, permeáveis à água, a soluções nutritivas e a gases. Os tubos, colocados abaixo da camada arável, com pequeno desnível para longos comprimentos, são conectados por luvas, comunicando-se a tubos de alimentação e estes a caixas de pressão, podendo ser o sistema instalado em terrenos planos ou nas linhas de nível de terrenos acidentados. Segundo o mesmo autor, os tubos porosos são construídos, manual ou mecanicamente, com uma mistura de areias (granulometrias de 0,001m e 0,002m) e cimento, na proporção de 4:1. Sua superfície externa é revestida com nata de cimento (cimento + água), para evitar excessiva permeabilidade do tubo, exceto em uma faixa longitudinal, por onde flui o líquido ou gás que se desloca pelo interior do mesmo, atravessa sua parede, e atinge, desta maneira, o solo adjacente. A uniformidade de vazão é conseguida aplicando-se pequenas porções de nata de cimento sobre parte

das faixas longitudinais. As luvas de conexão e os tubos alimentadores são fabricados, manual ou mecanicamente, com mistura de areia (granulometria de 0,003m) e cimento na proporção de 3:1. Observou-se, na prática, bons resultados quando as peças apresentam as seguintes dimensões em metros: tubos porosos-comprimento, 0,50-0,62; diâmetro interno, 0,025-0,075; diâmetro externo, 0,050-0,100; espessura das paredes, 0,015-0,022; largura da faixa longitudinal, 0,095. Luvas de conexão - comprimento, 0,120; espessura das paredes, 0,015. Tubos de alimentação - comprimento, 0,600 e espessura das paredes, 0,030.

Com as peças acima caracterizadas é possível a construção de linhas com comprimento de 91,00m. O autor também observa que o grau de obstrução dos poros dos tubos ocasionado pelos componentes coloidais do solo pode ser reduzido, cobrindo-se a faixa longitudinal com areia, que age como filtro; a drenagem da água em solos arenosos pode ser reduzida, revestindo-se o fundo das valetas, onde estão assentados os tubos, com argamassa de cimento e areia na largura de 0,100m.

STAUCH (1954) relatou que, há mais de dois mil anos, o problema da sub-irrigação por tubos porosos vem sendo estudado e que, na época atual, muitos pesquisadores se dedicam ao assunto, entre os quais Korneff (França), Kluckhun (Alemanha), Abel, Lee, Sandford-Monterisi, Samarani (U.S.A.) e Sernagiotto (Itália). Entretanto, não obtiveram sucesso devido ao fato de não terem conseguido construir um tubo poroso que, colocado em nível sob a superfície do solo, ou com pequeno declive, tivesse a propriedade de deslocar a água sob baixas pressões e fazê-la vazar através de um comprimento de 100m ou 200m, em condições uniformes de vazão.

O que normalmente ocorria era não atingir a água o final da linha ou atingi-la em condições de vazão desprezível.

Estes problemas foram solucionados através do sistema de sub-irrigação com tubos porosos, de areia e cimento, descrito na Patente Nº 76.494 - Pat. 2.653.449-1953 dos Estados Unidos da América do Norte. O autor também relata que, na prática, as pressões de fornecimento de água, mais indicadas para este sistema, estão entre 0,30m a 0,50m, conseguidas pelo emprego de caixas de pressão, colocadas nas extremidades da rede subterrânea. Estas pressões são suficientes para que a água se desloque no interior dos tubos, atravesse suas paredes e entre em contato com o solo adjacente.

Compactações produzidas por máquinas agrícolas, pessoas e animais não danificaram instalações colocadas a 0,30m de profundidade, em solos leves e pesados. Nesses mesmos tipos de solos, com os tubos localizados a 0,50m de profundidade e espaçados de 1,20m, havia umidade disponível até uma distância de 0,60m de cada lado, 0,30m acima e a 0,50m abaixo dos tubos.

RIETHUS, GERDUNG e GRUNEWALD (1957) trabalhando com algumas hortaliças submetidas ao sistema de sub-irrigação de STAUCH, observaram que as maiores produções estavam associadas aos seguintes níveis de umidade disponível do solo; 80% para a cenoura, 40%-50% para tomate, 75% para salsa, 55%-60% para alho porro, 60% para ervilha, 55%-60% para espinafre.

GRUNEWALD (1957) relatou que, em experiência de campo e em estufa com o sistema de sub-irrigação de STAUCH, a distribuição da água no solo não foi satisfatória para as linhas colocadas à profundidade de 0,30m, quando o regime de irrigação era parcial (a água era fornecida conforme as indicações dos teores de umidade do solo); melhores resultados foram conseguidos quando o regime de irrigação era contínuo (as linhas de sub-irrigação recebiam água continuamente) ou parcialmente irrigados na superfície (fornecia-se água ao sistema con-

forme as necessidades evidenciadas pelas determinações de umidade do solo, por sub-irrigação e superficialmente).

GRUNEWALD e GARTNER (1957) observaram que a distribuição da água em torno das linhas de tubos porosos do sistema de sub-irrigação de STAUCH era circular, havendo cerca de 80-100% de umidade disponível até o diâmetro de 0,60m, a partir dos tubos, estando estes espaçados de 0,80m e colocados à profundidade de 0,30m. Os mesmos autores observaram maior produção em tomateiros irrigados por este sistema do que nos que foram irrigados por aspersão, não obtendo diferenças significativas de produção para as culturas de alface, e couve-flor. Durante as experiências o sistema de sub-irrigação economizou 12% de água e 15h de mão de obra, quando comparado ao sistema de aspersão.

KRZYSCH (1958) observou aumento de produção devida a um sistema de sub-irrigação de STAUCH, em beterraba, feijão, centeio de inverno, cevada de verão, aveia, trigo, nabo, batata, trevo vermelho e girassol.

BRYAN e BAKER (1964) obtiveram aumento de produção em cultura de algodão com a utilização de um sistema de sub-irrigação constituído por tubos plásticos com diâmetro de 0,0317m, perfurados com orifícios de 0,0003m de diâmetro e espaçados de 0,60m.

FIEGG (1965) observou, em experimentos de estufa, que cogumelos irrigados continuamente por capilaridade produzem maior peso total do que aqueles irrigados por sistemas de superfície, explicando esta diferença pela maior quantidade de água encontrada nos mesmos. O número de cogumelos não foi afetado pelos sistemas de irrigação utilizados.

BUSCH, KNEEBONE e MOLESTINA (1966) concluíram que a irrigação subterrânea, aplicada com tubos plásticos perfurados,

foi similar à irrigação por aspersão, com relação ao uso da água em experimento com capim Bermuda.

DAVIS (1967) relatou que, em estudos desenvolvidos em Riverside, na California, sobre diferentes tipos de tubos para irrigação subterrânea, verificou-se haver economia de água quando este sistema de irrigação foi comparado aos de superfície. Os tubos testados foram:

Linha "M" - consistiu de uma mangueira flexível de plástico polivinílico, com pequenos orifícios em sua superfície, destinados à saída da água. Esta mangueira estava associada a envoltório rígido de plástico e filtro de espuma, destinados a colocar a água em contato com o solo; apresentou falhas durante os testes, devido à penetração de raízes dos vegetais que cresciam em torno do filtro, reduzindo o fluxo da água.

Linha "B" - Foi uma modificação da anterior, sendo construído com tubo plástico rígido, perfurado para a saída de água, inserido em tubo polivinílico flexível, apresentando proteção do mesmo material sobre os orifícios, para impedir o contato direto dos mesmos com o solo adjacente. A pressão de operação neste conduto foi de 0,60m-1,50m, tendo o mesmo funcionado bem por dois anos, em pomar novo de citrus e, por um ano, em pomar adulto da mesma cultura.

Linha "G" - Foi construída com tubo extrudado de polietileno reforçado com cordões de "nylon", perfurados com pequenos orifícios destinados à saída da água. A pressão de operação foi de, aproximadamente, 35,15m, que fez a água vazar através do cordão de "nylon" e dos orifícios. Este tubo foi seccionado duas vezes em dois anos, por roedores, quando aplicado em pomar de citrus.

Linha "W" - Foi construída com tubos cerâmicos com diâmetro externo de 0,0112m conectados por mangueira flexível

polivinílica e submetidos à pressão de 1,20m-1,50m. O sistema deu bons resultados na Flórida, quando aplicado em gramados.

Linha "P" - Foi construída com tubos plásticos providos de pequenos orifícios para saída da água e feitos em geratrizes opostas, providos de filtros de fibra de vidro e areia. Pequenas laranjeiras mantiveram bom desenvolvimento, em 1965, com este sistema.

Segundo o mesmo autor, (DAVIS) as linhas menos dispendiosas foram as "G" e "P". Não houve dificuldade para a instalação de qualquer delas. A dificuldade foi a substituição de uma linha "G".

STAUCH (1967a) mencionou que técnicos alemães trabalhando com o sistema de sub-irrigação por tubos porosos, estimaram em 50 anos sua durabilidade.

Comparado ao sistema de aspersão, BARRETO (1969) assinalou maiores produções com um sistema de sub-irrigação por tubos porosos de STAUCH, na cultura de morangueiro (Fragaria spp.) variedade "Campinas IAC-2.712", em observação efetuada em solo Podzol Vermelho Amarelo Orto, estando as linhas de tubos porosos espaçadas de 1,20m e colocadas à profundidade de 0,60m.

IRRIGATION FARMER (1970) registrou as características de um tubo para irrigação subterrânea denominado "Micro Por", no qual cada centímetro de seu comprimento apresenta centenas de microscópicos orifícios formados por reação química durante o processo de fabricação. Estes orifícios deixam vazar a água sob pressão de 3,75m a 7,50m. O tubo é feito de plástico, podendo suportar ao uso subterrâneo pelo intervalo aproximado de 10 anos e é colocado na região de maior concentração das raízes. Verificou-se economia de 50% de água, em relação ao sistema de aspersão.

BARRETO (1970) observou não haver diferença significativa entre as produções da cultura da cebola (Allium cepa, L.) variedade "Monte Alegre IAC-3.335", irrigada por aspersão e sub-irrigação por tubos porosos de STAUCH, em solo Latossolo Roxo, estando as linhas de tubos espaçadas de 1,20m e colocadas à profundidade de 0,60m.

BARRETO (1971) efetuou experimento com diversas variedades de alho (Allium sativum, L.) irrigadas por aspersão e por sub-irrigação com tubos porosos de STAUCH, em solo Latossolo Roxo, chegando às seguintes conclusões: a)- a sub-irrigação proporcionou melhores resultados para as variedades "Cajuru" I.nº 2.315 e "Cateto Roxo" I.nº 99, tanto em número de bulbos perfeitos como em peso; b)- para a variedade "Lavínia" I.nº 1.632, os resultados obtidos em relação a essas variáveis foram semelhantes para os dois sistemas de irrigação; c)- o sistema radicular das plantas irrigadas por aspersão atingiu menor profundidade quando comparado ao das plantas irrigadas por tubos porosos; d)- as plantas irrigadas por aspersão atingiram altura superior às irrigadas por tubos porosos com exceção da variedade "Cajuru" I.nº 2.315. Nesse experimento, as linhas de tubos porosos encontravam-se localizadas à profundidade de 0,60m e espaçadas de 1,20m.

DEMATTE et al. (1971), em experimento realizado com os sistemas de sub-irrigação por tubos porosos de STAUCH, aspersão e também níveis de umidade do solo, aplicados a três tipos de hortaliças concluiu que: a)- para a cultura da cenoura (Daucus carota, L.), variedade "Nantes" I.nº 2.840, não houve diferença significativa de precocidade devida aos sistemas de irrigação utilizados, ou a variações dos níveis de umidade disponível do solo; b)- para a ervilha (Pisum sativum, L.), variedade "Perfectah" I.nº 1.670 houve diferença significativa para a

precocidade, sendo as maiores médias obtidas com o sistema de sub-irrigação aliado a baixos níveis de umidade do solo; c)- para a alface (Lactuca sativa, L.), variedade "White Boston" I. nº2.896, houve maior precocidade nas que foram irrigadas por tubos porosos e com altos níveis de umidade disponível no solo; d)- observou, também, maior diâmetro dos grãos de ervilha, nas parcelas submetidas à sub-irrigação, não tendo sido observadas variações de diâmetro, devidas às variações dos níveis de umidade utilizados. O experimento se desenvolveu em solo Podzol Vermelho Amarelo Orto com as linhas de tubos porosos colocadas à profundidade de 0,30m e espaçadas de 0,80m.

DEMATTE et al. (1972 a) em experimento efetuado com os sistemas de aspersão e sub-irrigação por tubos porosos de STAUCH (linhas colocadas à profundidade de 0,60m e espaçadas de 1,20m) e com três variedades de pepino (Cucumis sativus, L.), em solo Latossolo Roxo, concluiu o seguinte: a)- as variedades "Marketer" I. nº2.205, "Aoday" I. nº4.321 e "Palomar" I. nº3.050 quando sub-irrigadas não apresentaram diferenças significativas de produção total e de frutos perfeitos; b)- quando irrigadas por aspersão, as duas primeiras variedades, sem diferirem entre si, apresentaram diferenças significativas de produção total e de frutos perfeitos, quando comparadas à variedade "Palomar" I. nº3.050; c)- o sistema de aspersão proporcionou melhores resultados nas variáveis estudadas.

DEMATTE et al. (1972 b) estudaram o desenvolvimento do sistema radicular de uma cultura de pepino (Cucumis sativus, L.) variedade "Aoday" I. nº4.321, irrigada por aspersão e sub-irrigação com tubos porosos de STAUCH (linhas colocadas à profundidade de 0,60m e espaçadas de 1,20m) concluindo o seguinte: a)- as quantidades totais de raízes obtidas foram: 19,670g e 10,955g para as plantas irrigadas por aspersão e sub-irrigação

respectivamente; b)- as plantas irrigadas por aspersão apresentaram 80% a mais de raízes quando comparadas às irrigadas por sub-irrigação; c)- as plantas irrigadas por aspersão apresentaram 70% de suas raízes nos primeiros 10cm de profundidade do solo e as cultivadas com sub-irrigação, cerca de 55% na mesma profundidade; d)- as profundidades totais atingidas pelas raízes das plantas irrigadas pelos dois sistemas foram de 100cm.

2.2. - Disponibilidade de água do solo às plantas

Neste item são abordados alguns aspectos relacionados com as diferentes teorias sobre disponibilidade de água pelo solo, em função do desenvolvimento de algumas espécies vegetais.

2.2.1. - Teoria de VEIHMEYER e HENDRICKSON

VEIHMEYER (1927) constatou que em ameixeira a transpiração não foi afetada pelos teores de umidade do solo superiores ao P.M.P.

HENDRICKSON e VEIHMEYER (1942) comprovaram que o tamanho e a quantidade de peras, pêssegos e ameixas não foram influenciados pela variação do teor de umidade do solo, entre F.C. e P.M.P.

DONEEN e MACGILLIVRAY (1943) constataram que as sementes de várias espécies de vegetais germinaram, igualmente, com a variação do teor de umidade do solo contido no intervalo entre F.C. e P.M.P.

VEIHMEYER (1955) reafirmou, em revisão bibliográfica, a teoria na qual as variações do teor de umidade do solo, entre os limites de F.C. e P.M.P., não afetam, em termos mensu-

ráveis, os caracteres relacionados com o desenvolvimento das plantas.

UPCHURCH, PETERSON e HAGAN (1955) trabalhando com trevo (Trifolium repens, L.) e ASHTON (1956), com cana-de-açúcar, assinalaram a mesma intensidade de fotossíntese, com o teor de umidade do solo variando no intervalo compreendido entre F.C. e P.M.P.

2.2.2. - Teoria de RICHARD e WADLEIGH

RICHARDS (1928) concluiu que o problema da disponibilidade da água do solo às plantas simplifica-se quando estudado em termos de tensão e umidade do solo e que o termo "disponibilidade" deve ser considerado sob dois aspectos: a) - a capacidade das raízes em absorver e utilizar a água com que entram em contacto; b) - a velocidade com que a água do solo se movimenta para repor a que foi absorvida pela planta.

HUNTER e KELLEY (1946), trabalhando com Parthenium argentatum, Gray (planta que produz borracha), verificaram diferenças no crescimento vegetativo da mesma, em solos arenoso-barrento e barro-argilo-limoso, quando submetidos aos mesmos teores de umidade. As diferenças mencionadas foram atribuídas às respectivas tensões com que a água era retida. No primeiro solo, cerca de dois terços da umidade disponível eram retidos sob tensões inferiores a uma atmosfera, enquanto que no segundo, apenas vinte e cinco por cento eram retidos sob as mesmas tensões.

SHANKS e LAURIE (1949) constataram haver influência direta das variações do teor de umidade do solo, no intervalo de água disponível, sobre diversas características das raízes da roseira.

BLAIR, RICHARDS e CAMPBELL (1950) observaram que o alongamento do caule do girassol diminui sensivelmente antes de ser consumida a metade da água disponível e decai a zero nos vinte e cinco por cento próximos ao P.M.P.

RICHARDS e WADLEIGH (1952) e HAGAN (1955), em revisões, bibliográficas, afirmaram que os vegetais respondem favoravelmente às condições de baixas tensões de umidade do solo. À medida que as tensões aumentam, há redução no crescimento, evidenciando a influência da natureza do solo, pois os arenosos retêm a maior parte da água disponível a baixas tensões, portanto de fácil acesso às plantas, o mesmo não ocorrendo com os solos argilosos. Portanto, nestes últimos, os caracteres relacionados com o crescimento das plantas são mais bem observados sob diferentes condições de umidade do solo.

SALTER (1954) concluiu que teores de umidade do solo, próximos a F.C., favorecem o crescimento vegetativo, o tamanho e a produção do tomateiro.

BERNSTEIN e PEARSON (1954) afirmaram haver inibição do crescimento do tomateiro quando as tensões de umidade do solo eram superiores a cinco atmosferas.

GOODE (1956) assinalou que, quando a tensão de umidade do solo ultrapassava o valor de uma atmosfera, havia redução no crescimento vegetativo e no tamanho dos frutos do tomateiro.

STANHILL (1957), estudando as duas teorias até aqui relatadas, através de oitenta trabalhos publicados por diversos autores, verificou que os resultados de sessenta e seis deles mostravam haver diferenças significativas entre as diferentes condições de umidade do solo, contida no intervalo de água disponível, com maiores produções relacionadas aos tratamentos mantidos em altos teores de umidade.

Verificou que as plantas anuais ofereciam maiores evidências desses resultados, comparadas às perenes, o mesmo ocorrendo com os vegetais desenvolvidos em vasos, comparados aos mantidos no campo.

NAVARRO, MONTALVO e VELASCO (1963) observaram aumento na velocidade de crescimento e na produção do algodoeiro, através da manutenção da umidade do solo, próxima à F.C., porém houve retardamento na maturação dos capulhos. Não se verificaram influências dos diferentes teores de umidade do solo sobre o comprimento das fibras e outros caracteres a elas relacionados.

2.2.3. - Teoria de DENMEAD e SHAW

HAGAN (1957) mencionou que os diferentes aspectos do desenvolvimento das plantas, relacionados com a umidade do solo, dependem das características de cada vegetal, da natureza do solo e dos fatores de clima. O mesmo autor menciona também que as variações de tensão de umidade do solo, no intervalo de água disponível, não influíram, uniformemente, em diversos caracteres relacionados com o crescimento e desenvolvimento do trevo (Trifolium repens, L.). Alguns caracteres mostraram-se insensíveis e outros diretamente afetados. Assinalou, ainda, diferentes condições de desenvolvimento durante a noite, através do crescimento três vezes maior do pecíolo nesse período do que durante o dia, com diferenciação mais pronunciada, à medida que a umidade do solo tendia ao P.M.P.

DENMEAD e SHAW (1962), em discussão sobre os aspectos da disponibilidade da água do solo às plantas, deram maior ênfase à "transpiração relativa", que foi definida como a relação entre a transpiração real e a potencial. Esta última, por

,sua vez, é aquela que ocorre com o solo em F.C. Salientaram que a velocidade de crescimento da planta é altamente dependente do "deficit" de água que nela ocorre, e este aparece quando a velocidade de transpiração real é menor do que a potencial, ou seja, a transpiração relativa é menor que um.

Os citados autores, através de seus experimentos, informaram que o aumento na velocidade de transpiração potencial, e o acréscimo da tensão de umidade do solo, influem na rapidez com que a transpiração relativa tende a tornar-se menor que um.

BENNET e DOSS (1963) assinalaram que, em espécies forrageiras, a água fora utilizada proporcionalmente às quantidades de umidade disponível do solo para a evapotranspiração.

KRAMER (1963) registrou que o crescimento vegetativo é controlado, diretamente, pela tensão de água da planta e só indiretamente pela tensão de umidade do solo, e que o balanço interno de água das plantas depende das velocidades relativas de perda e absorção de água. Embora interdependentes, a absorção é controlada por fatores de solo e a transpiração, por fatores atmosféricos.

MITCHELL e KERR (1966) afirmaram haver diferenças significativas nas velocidades de evapotranspiração, para um mesmo solo, entre diferentes variedades de trevo e centeio.

2.3. - Efeito da umidade do solo nas culturas de cenoura, alface e ervilha.

CAMARGO (s.d.) observou que é essencial manter o solo com conveniente teor de umidade, desde a semeadura, para se obter bom desenvolvimento e produção da cultura da cenoura.

LLOYD (1932) verificou ser necessário suficiente teor de umidade no solo para que se processe a germinação e o

normal desenvolvimento da cultura da cenoura.

BARNES (1936), em experiência com a cultura da cenoura, obteve maiores pesos e diâmetros de raízes, maiores pesos e altura de folhas com alto teor de umidade disponível do solo, associado a temperaturas ambientais que variavam entre 15,5°C e 21,1°C; obteve, também, maior comprimento de raízes com nível médio e umidade disponível do solo, associado à temperatura ambiental variando entre 10,0°C e 15,5°C.

BEATTIE, J.H. e BEATTIE, W.R. (1937) verificaram que o suprimento de umidade do solo é essencial para a germinação, para o normal desenvolvimento e produção da cultura da cenoura.

SHISUTO (1949) afirmou que a cultura da cenoura deve ser feita em terrenos de baixada, bem drenados e, se possível, com irrigação.

KNOTT (1951) assinalou que, em estudos efetuados nos Estados Unidos da América do Norte, verificou-se ter a umidade do solo influência sobre o formato das raízes; as irrigações leves produziram-nas mais finas e compridas e as irrigações mais intensas, curtas e pesadas.

HAWTHORN (1952) constatou aumento de produção da cenoura quando a cultura foi submetida a níveis médios de umidade.

SOUZA (1954) observou que a irrigação ativa a germinação das sementes de cenoura e que, nessa ocasião, deve ser feita mediante jatos fracos e sem formar correntes; após a germinação, as irrigações deverão ser efetuadas de acordo com a necessidade da cultura.

YUKIO (1957) afirmou ser necessário suprimento suficiente de água ao solo para que a cultura da cenoura tenha melhor desenvolvimento e que, prolongados períodos de seca, se-

guidos de irrigação, podem causar a rachadura das raízes.

BLOODWORTH et al. (s.d.) verificaram grande aumento de produção para a cultura da alface quando utilizaram pequenos espaçamentos e altos níveis de umidade do solo, em experimento irrigado, quando os níveis de 25%, 50% e 75% do intervalo de água disponível eram atingidos.

SCHWALEN e WHARTON (1930) observaram que a maior produção de alface foi conseguida com alto e uniforme teor de umidade do solo no decorrer do ciclo vegetativo e que a redução no conteúdo de umidade do solo no início do ciclo ocasiona grande queda no peso da cabeça.

KNOTT, ANDERSEN e SWEET (1939) afirmaram que um constante suprimento de umidade do solo é essencial para a formação de boas cabeças de alface.

KNOTT e TAVERNETTI (1944) observaram que, para o bom desenvolvimento, a cultura da alface deve ser adequadamente suprida de água, através de toda estação de crescimento e que a água em excesso é indesejável, bem como muitas flutuações no nível de umidade do solo, que poderá acarretar a produção de cabeças pequenas e mal formadas.

PRYOR (1944) verificou aumento de peso das plantas de alface, quando ocorria 'acréscimo de teor de umidade do solo.

VEIHMEYER e WHARTON (1949) observaram que diferentes teores de umidade do solo, no intervalo de água disponível, não afetavam a precocidade, a incidência de moléstias e a produção da alface.

KNOTT (1951) assinalou que a cultura da alface, para apresentar contínuo desenvolvimento, necessita que o teor de umidade do solo esteja situado na metade superior do intervalo entre P.M.P e F.C. Assinalou também, que o desenvolvimento é prejudicado quando este nível de umidade se situa próximo ao

P.M.P., obtendo-se nesta condição, menor crescimento, folhas menores e cabeças pequenas.

SIMÃO (1955) observou que as doses de 5-10 litros de água por metro quadrado por dia, normalmente indicadas, são insuficientes para provocar o contínuo e rápido desenvolvimento da alface. Obteve melhores resultados com aplicações de 15 litros por metro quadrado e por dia, observando também que a irrigação dividida em duas aplicações, uma pela manhã e outra à tarde (metade da dose em cada uma), não deu resultados satisfatórios.

HAWTHORN e POLLARD (s.d.) concluíram que altas produções de sementes de ervilha estão associadas a teores médios e altos de umidade do solo e que baixas produções estão, geralmente, relacionadas a teores baixos.

CORREIA (s.d.) afirmou que, para a cultura da ervilha, a água é necessária durante o período compreendido entre o plantio e a frutificação.

FIGUEIREDO (1936) relatou que para a cultura da ervilha ter pleno desenvolvimento e produção é necessário que seja cultivada em local onde as precipitações pluviométricas sejam abundantes e esparsas.

DIRECCION DE FRUTAS Y HORTALIÇAS (1942) registrou que a umidade do solo, em excesso, é o maior inimigo da cultura da ervilha e que as irrigações devem ser iniciadas quando as plantas mostrarem sinais de necessidade de água.

HADDOCK e LINTON (1957) registraram que a produção de ervilha foi aumentada significativamente pelos acréscimos de aplicação de água ao solo na seguinte ordenação: 12,5cm < 20,0cm < 25,0cm > 30,0cm.

ROCHA (1960) observou que a ervilha é muito prejudicada pelo excesso de umidade do solo, pois nessas condições ocorre o apodrecimento da parte inferior das plantas.

3. - MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste experimento, foram utilizados os materiais e métodos que se seguem:

3.1. - Solos

Empregou-se um solo descrito e classificado como Podzólico Vermelho Amarelo Orto pela COMISSÃO DE SOLOS (1960) e pertencente à unidade de mapeamento "Unidade Monte Alegre", do levantamento detalhado executado por ROTTA et al. (1969).

As principais características físicas e químicas deste solo, na área do experimento, são apresentadas no QUADRO 1. (*)

Os valores de peso específico aparente seco (Da), foram determinados em amostras de solo indeformáveis, de volume conhecido, obtidas pelo método convencional do cilindro amostrador. Da parede da trincheira aberta no solo do local do experimento foram retiradas duas amostras a profundidades, em centímetros, de 0-30, 30-60, 60-90 e 90-120, respectivamente, através do cilindro de aço de bordos biselados, com volume interno de 50,00 cm³, introduzido no solo por meio de percussão, tendo-se o cuidado de, ao retirá-lo, não danificar a amostra. Com uma espátula foi retirado o excesso de solo, de tal modo que se pudesse obter um volume de material idêntico ao volume interno do cilindro.

(*) Todos os quadros se encontram no final do capítulo a eles correspondente.

A quantidade de solo equivalente a duas amostragens foi conduzida à estufa, a 105°C - 110°C por 24h e pesada. O peso específico aparente seco foi calculado pela relação entre o peso do volume do solo seco e o volume interno do cilindro amostrador.

Para as determinações dos valores de Capacidade de Campo (F.C.) foi utilizado o método direto, isto é, de determinação no próprio campo: uma moldura de madeira, com dimensões aproximadas, em metros, de 1,40 x 0,70 x 0,40 (comprimento, largura e altura, respectivamente) foi cravada no solo, até a profundidade aproximada de 0,10m. Da parte central da área assim limitada, foram retiradas amostras de solo a profundidades, em metros, de 0-30, 30-60, 60-90 e 90-120, utilizando-se, nesta operação, um tubo Veihmeyer. As amostras foram colocadas em latas de alumínio, herméticamente fechadas, pesadas e levadas à estufa a 105°C - 110°C , onde permaneceram por 24h, a fim de terem seus teores de umidade determinados pelo método gravimétrico. Foi adicionada água sobre a superfície de solo emoldurado em quantidade previamente calculada, para que se obtivesse uma saturação até a profundidade de 1,20m. Após a aplicação de água, protegeu-se, com pó de serra, a referida superfície, a fim de minimizar a evaporação, para que depois se procedesse à retirada das amostras, a profundidades já mencionadas, após 24, 48, 72, 96 e 120 horas do início da operação. As perfurações resultantes das amostragens, espaçadas em média, de 20cm, foram sempre preenchidas com terra. Os valores adotados para a Capacidade de Campo foram aqueles correspondentes às porcentagens de umidade contida nas amostras e referentes ao tempo de 120h, isto é, quando as variações entre elas puderam ser consideradas negligíveis. Os resultados referentes a esta determinação constam do QUADRO 2, no qual as porcentagens de umidade do solo, antes da saturação, correspondem ao tempo 1.

As porcentagens de Murchamento Permanente (P.M.P.) foram determinadas pelo método da membrana de RICHARDS (1949) que consiste em relacionar este parâmetro com o potencial de água no solo a 15,00 atmosferas. As amostras de solo foram secadas ao ar, destorroadas com bastão de borracha e tamisadas em peneira com abertura de malhas de 0,002m. Quantidades de solo equivalentes a 25,00g-30,00g foram saturadas com água por 24h sendo, a seguir, colocadas no interior da membrana de pressão, em anéis de borracha. Aplicaram-se, gradativamente, pressões crescentes, até que o manômetro do aparelho acusasse 15,00 atmosferas. Esta pressão foi mantida até o final da drenagem da água retida a tensões menores que a aplicada. Ao término desta operação, a câmara foi aberta, as amostras colocadas em recipientes de alumínio e seus teores de umidade determinados pelo método gravimétrico. As porcentagens de umidade assim calculadas foram adotadas para os valores de P.M.P.

Foi obtida a curva de tensão-umidade (Fig. 1) que relaciona o potencial da água do solo com o teor de umidade nele contido, do seguinte modo: tensões entre 3,00 e 15,00 atmosferas, determinadas pela membrana de pressão de Richards e as inferiores a 1,00 atmosfera, pela placa porosa de pressão de Richards, operada de maneira idêntica à da membrana de pressão.

Determinou-se a capacidade de infiltração do solo pelo método de Muntz modificado, utilizado pela Seção de Pedologia do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo (citado por MEDINA, 1969) e que consistiu na utilização de dois anéis concêntricos: um com diâmetro de 0,16m e superfície interna de aproximadamente 200cm²; outro com diâmetro de 0,315m, ambos com altura de 0,20m e feitos com chapa de ferro de 0,0016m de espessura. Os anéis foram cravados no local do experimento de maneira a ficarem em nível e deixando uma altura livre de 0,075m sobre a

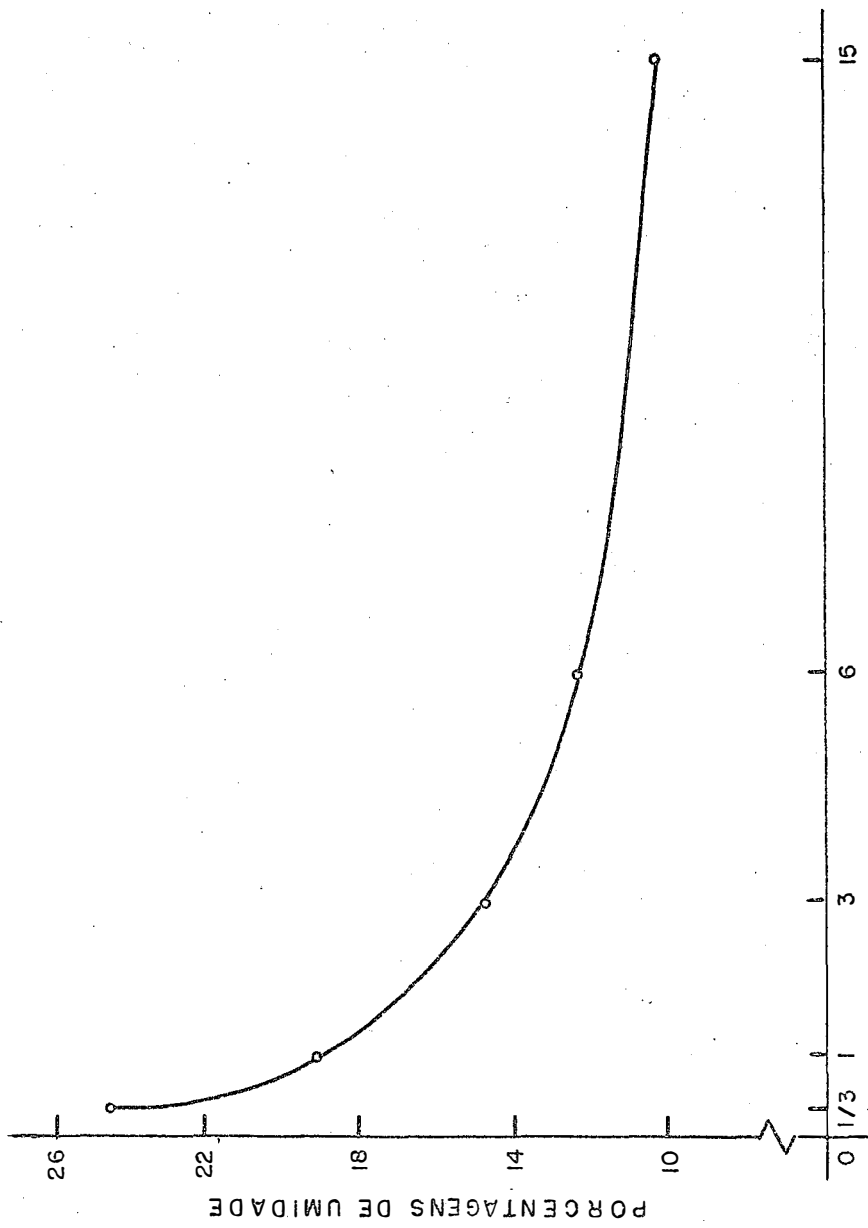


FIG. 1 - CURVA DE TENSÃO E UMIDADE DO SOLO

superfície do solo.

Foi adicionado água no interior dos dois anéis, procurando-se manter constante o nível da mesma no anel central através de um garrafão emborcado, contendo volume conhecido de água e cujo gargalo se comunicava com a existente no mesmo. O nível, no anel externo, era refeito periodicamente com água contida em um irrigador.

O volume de água infiltrada, após decorrido o tempo pré-estabelecido, era determinado, retirando-se o garrafão e completando-se, com proveta graduada, o seu volume.

Os coeficientes de permeabilidade foram calculados pela equação:

$$K = \frac{Q}{T} \cdot 3$$

onde,

K = coeficiente de permeabilidade em mm/h

Q = volume de água infiltrado em cm³

T = intervalo de tempo em minutos

A determinação foi interrompida quando os resultados tendiam a uma constância. Estes são apresentados no QUADRO 3. A Fig. 2 ilustra a curva da capacidade de infiltração obtida.

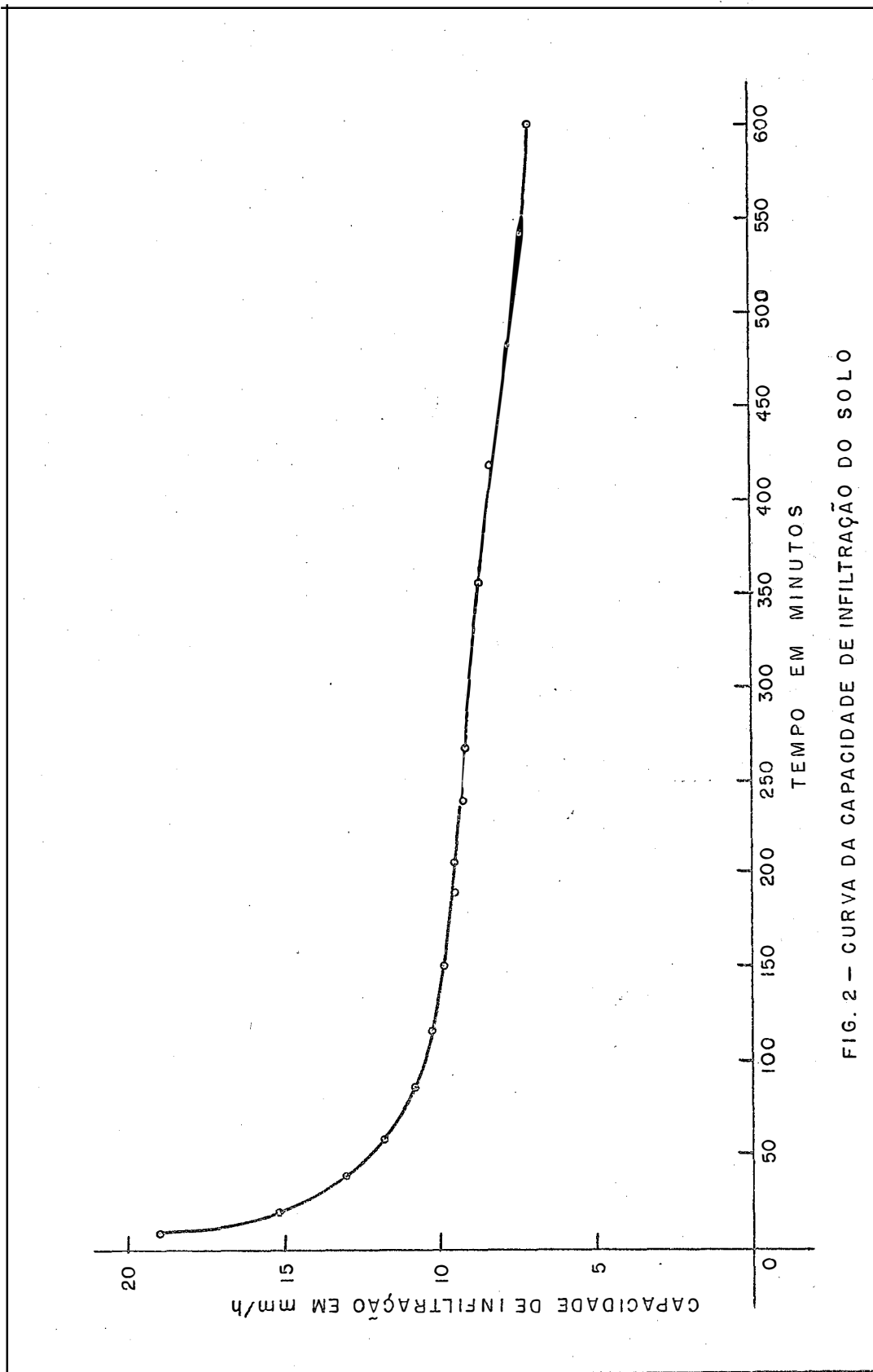


FIG. 2 - CURVA DA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DO SOLO

3.2. - Área experimental

A área experimental localizou-se na Estação Experimental de Monte Alegre do Sul onde, normalmente, se desenvolvem pesquisas sobre fruticultura de clima temperado e olericultura.

Essa Estação, pertencente ao Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, situa-se a 22°43' de latitude sul e a 46°37' de longitude oeste, a uma altitude que varia entre 700m e 1000m, distando cerca de 1 km da cidade de Monte Alegre do Sul e a 12 km da cidade de Amparo, no Estado de São Paulo, segundo ROTTA et al. (1969).

O terreno onde o experimento se desenvolveu (Fig. 3a) está a 700m, aproximadamente, de altitude, não tendo sido anteriormente cultivado com hortaliças, conforme recomendações de COUTO (1959). Segundo o mesmo autor, a área é própria para esta espécie de cultura por ser ligeiramente inclinada, bastante ensolarada, com suficiente água para irrigação e com camada superficial não excessivamente argilosa, o que impediria o bom desenvolvimento e a produção de hortaliças.

As características granulométricas deste solo são semelhantes às mencionadas por SPENCER (1938), como próprias para que se obtenha bons resultados com um sistema de sub-irrigação por tubos porosos: apresenta uma camada superficial de natureza barro argilo arenosa, nem muito porosa nem muito compactada, o que facilita a ascensão capilar da água, e também uma camada de natureza argilosa, entre 0,90m e 1,50m que minimiza a percolação da água.

Nas regiões periférica e central deste terreno foram abertos drenos destinados à retirada do excesso de águas de chuva, como ilustra a Fig. 3b.

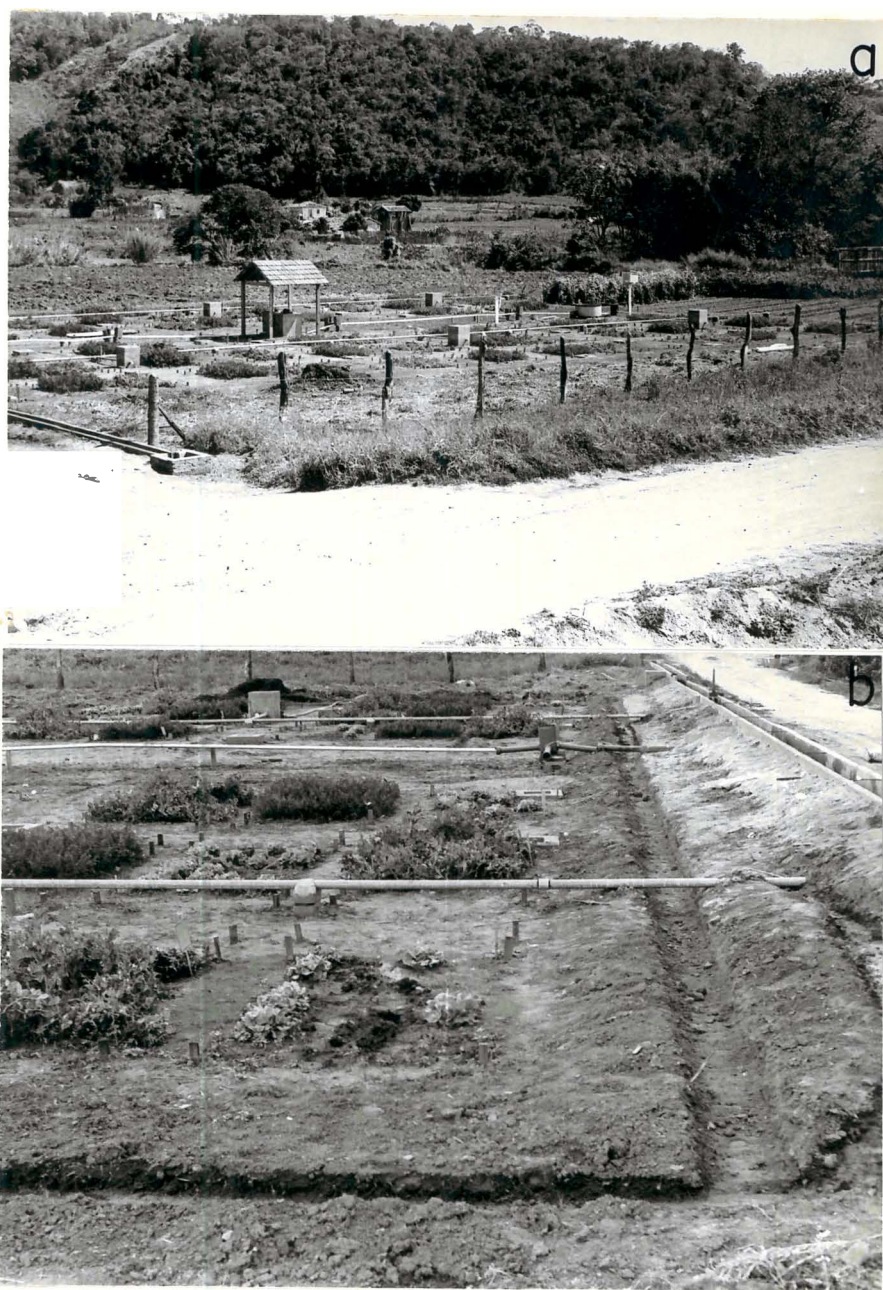


Fig. 3 - a) Vista geral do local do experimento; b) - Drenos para retirada do excesso de águas de chuva.

Sobre esse terreno foram distribuídos os blocos experimentais e uma linha subterrânea de tubos porosos, destinada à execução de um teste prévio, para se determinar o espaçamento ideal entre linhas, por ocasião da instalação do sistema de sub-irrigação. Na região central, foi construído pequeno galpão destinado a abrigar os equipamentos necessários a condução do experimento, conforme ilustra a Fig. 4.

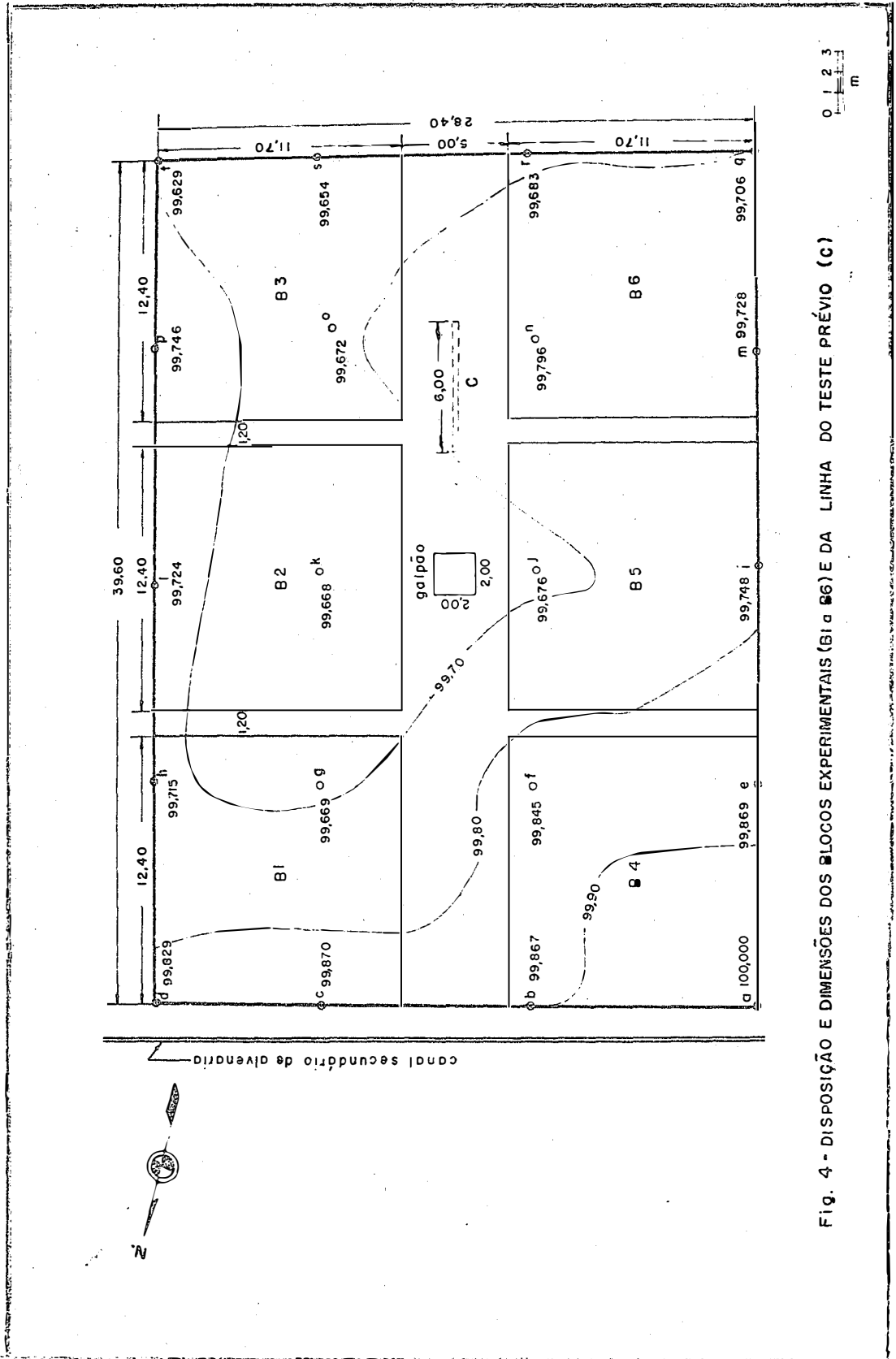


Fig. 4 - DISPOSIÇÃO E DIMENSÕES DOS BLOCOS EXPERIMENTAIS (B1 a B6) E DA LINHA DO TESTE PRÉVIO (C)

3.3.- Captação, condução e distribuição da água

Utilizou-se água do Rio Camanducaia, cujo ponto de captação fica, aproximadamente, a 600m do local do experimento. Esta água foi conduzida através de um canal principal de terra, com seção trapezoidal de dimensões médias, em metros, de 0,90 x 0,50 x 0,90, provido de comporta regulável, no local da tomada da água. Nas proximidades do terreno do experimento, ela foi barrada por uma estrutura formada de tábua retangular com dimensões, em metros, de 1,20 x 0,60 x 0,02, provida, em sua região central, de encaixe para deslize de uma comporta vertical de 0,30 x 0,23 metros a fim de regular a vazão. A água assim desviada, penetrava no canal secundário, de alvenaria, já existente, com dimensões médias de 0,30 x 0,24 metros revestido internamente de cimento.

Entre os dois canais foi construída uma caixa de alvenaria de tijolos revestida de cimento e provida de extravasor. Logo abaixo da mesma, no canal secundário, instalou-se um vertedor triangular de bordos delgados e de queda livre, de Thompson. As leituras da carga "H" sobre o vertedor foram efetuadas sobre uma estaca a montante do mesmo, a uma distância igual a quatro vezes a altura da lâmina vertente a fim de evitar erros provocados pela curvatura da mesma. O cálculo das vazões foi efetuado através da fórmula de Thompson dada pela expressão:

$$Q = 1,4 H^{5/2}$$

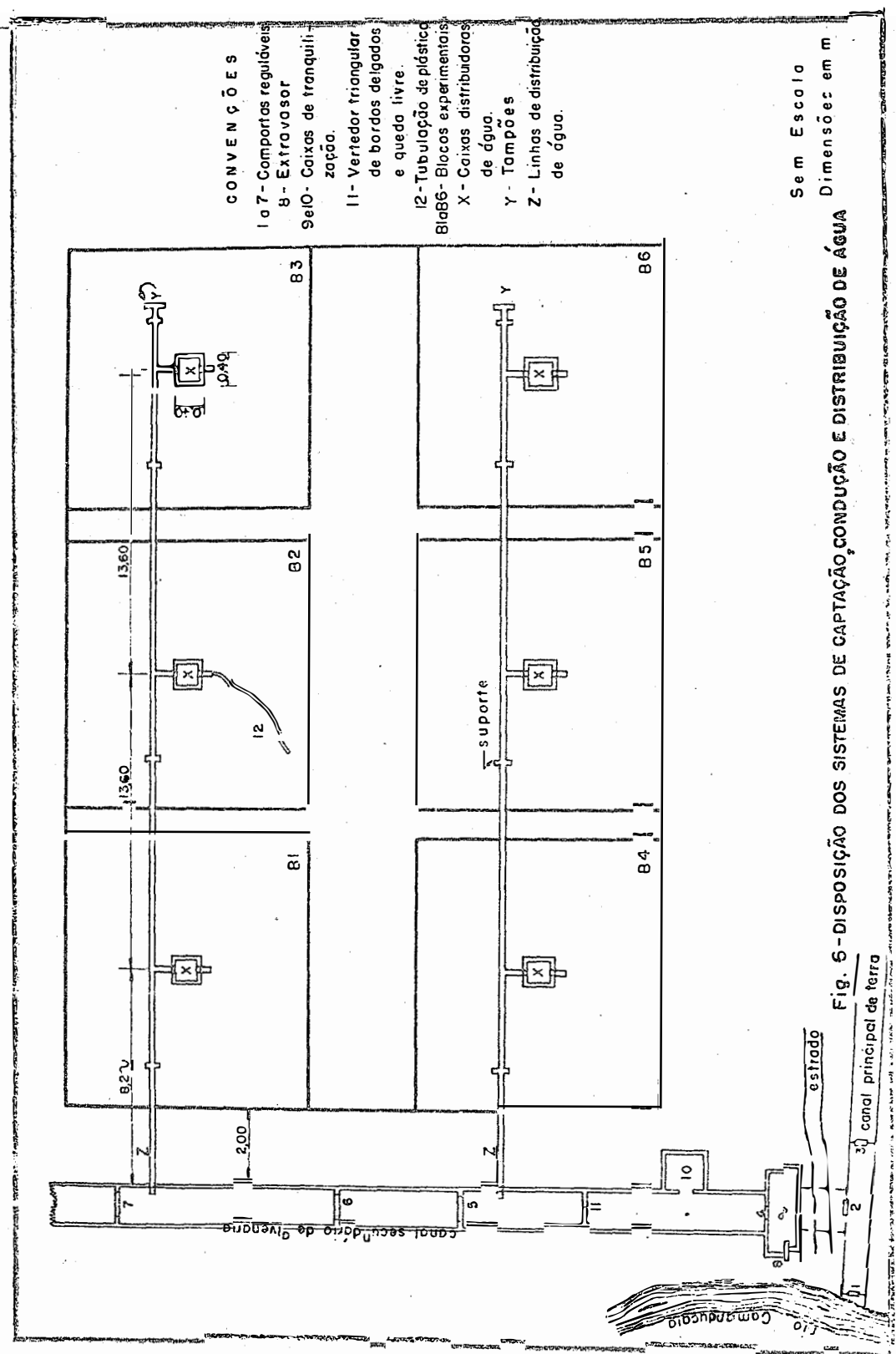
na qual, Q= vazão em metros cúbicos por segundo e H= carga do vertedor em metros.

No canal secundário a água foi barrada por comporta regulável (de 0,30m x 0,24m) provida de dois extravasores como ilustra a Fig. 5.



Fig. 5 No círculo, comporta regulável provida de extravasores para a barragem de água no canal secundário.

A água assim barrada era desviada para o sistema de distribuição, constituído de duas tubulações de ferro com igual diâmetro de 0,038m, instaladas com declividade de um por mil, sobre suportes de alvenaria, apresentando tampões em suas extremidades livres, para evitar a saída da água. Cada tubulação comunicou-se a caixas de alvenaria de tijolos, revestidas de cimento, com dimensões em metros, de 0,60 x 0,40 x 0,40, construídas nas regiões centrais de cada bloco experimental. Elas apresentavam dois orifícios com igual diâmetro de 0,038m localizados em lados opostos, destinados à entrada e a saída da água: o de entrada, na região mediana e o de saída, próximo do fundo da caixa. No orifício de saída, através de juntas, foi adaptada uma tubulação de plástico, com paredes de 0,003m, diâmetro de 0,030m e comprimento de 10,00m, através da qual a água foi distribuída para os locais necessários, no interior de cada bloco. Esta tubulação podia funcionar sob regime de descarga livre, por ocasião da sub-irrigação, ou com um funil de crivos adaptado à extremidade livre, para as irrigações por aspersão. Os esquemas acima descritos poderão ser melhor observados nas Figs. 6 e 7.



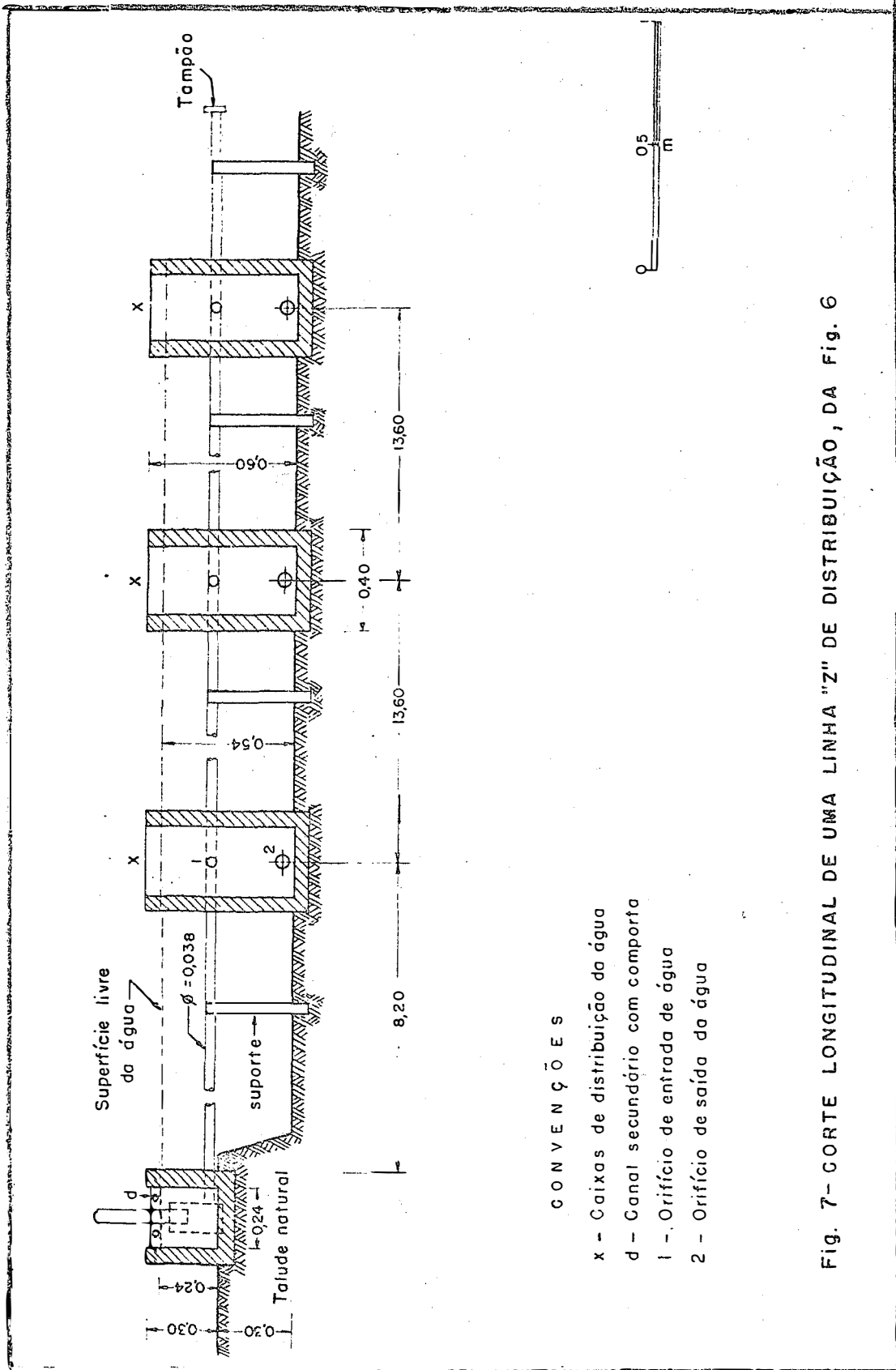


Fig. 7- CORTE LONGITUDINAL DE UMA LINHA "Z" DE DISTRIBUIÇÃO, DA FIG. 6

3.4.- Regularização e medição da vazão

Desde a fonte de água até a sua aplicação nos blocos, foram efetuadas regulagens de vazão através das comportas localizadas no local da tomada, no canal principal, no canal secundário e pelo extravasor interposto entre os dois canais, como mostram os esquemas apresentados nas Figs. 6 e 7.

Após as regularizações de vazão, a água penetrava pelo canal secundário, em excesso e sob nível constante de 8cm, correspondente aproximadamente a 2,53 litros por segundo, medidos no vertedor triangular. Após penetrar nas caixas de distribuição formava-se um sistema de vasos comunicantes entre o canal secundário e as mesmas. As medições de vazões na tubulação distribuidora foram efetuadas pelo método direto, determinando-se o tempo necessário para o preenchimento de um recipiente de volume conhecido. Essas determinações foram feitas com a tubulação sob descarga livre e quando a ela se adaptou o funil com crivos. Os dados assim obtidos constam do QUADRO 4.

3.5.- Clima

Os dados de precipitação pluviométrica envolvidos no experimento constam do QUADRO 5 e foram obtidos por pluviômetro "Ville-de-Paris", instalado próximo ao local. Os dados relativos às temperaturas do ar ocorridas durante o experimento, constam do QUADRO 6.

3.6.- Formas para a construção dos tubos porosos, das luvas de conexão e dos tubos de alimentação

As formas utilizadas para a construção desses ele-

mentos (Fig. 8), são constituídas de duas peças, uma externa e outra interna.

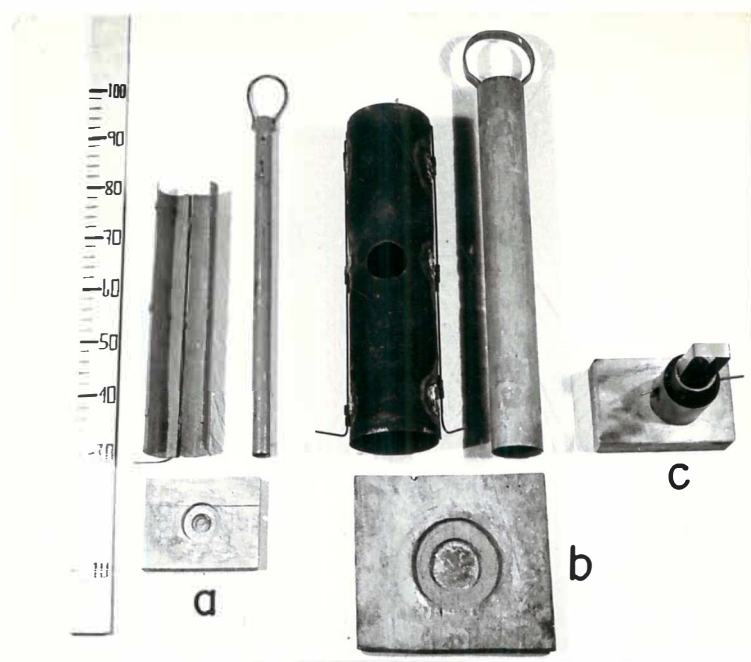


Fig. 8 - Formas utilizadas para a construção dos componentes do sistema de sub-irrigação. a)- Para tubos porosos; b)- Para tubos de alimentação; c)- Para luvas de conexão.

A externa é um cilindro de chapa de ferro com espessura de 0,002m, dividido em duas seções longitudinais, presas entre si por dobradiças, cujo pino pode ser retirado para sua separação. Na forma destinada à construção dos tubos de alimentação existe um orifício com 0,067m de diâmetro, localizado em sua região mediana e destinado a formar o encaixe circular, para a conexão com o tubo poroso, por ocasião da instalação do sistema. A parte interna é um cilindro de ferro, provido de alça, para facilitar sua remoção quando concluída a construção. As duas peças (externa e interna) assentam-se sobre pranchas de madeira providas de dois rebaiços circulares concêntricos, com alturas

Aproximadas de 0,0095m e diâmetros pouco maiores que os das peças correspondentes. A Fig. 8c mostra uma das formas pronta para ser utilizada. Outras dimensões dessas formas podem ser verificadas no QUADRO 7.

3.7. - Tubos porosos, luvas de conexão e tubos de alimentação

Os tubos porosos, principais componentes do sistema de sub-irrigação empregado neste experimento e as luvas de conexão foram construídos segundo especificações mencionadas por STAUCH (1953); os tubos de alimentação, de acordo com instruções obtidas de STAUCH. (*)

Na construção dos tubos porosos, entretanto, foi empregada mistura de areias (granulometria de 0,002m e 0,003m) e cimento, na proporção de 4:1 segundo STAUCH (1967 c), gastando-se na construção de cada tubo, 1,940Kg da mistura de areias e 0,480Kg de cimento. As luvas de conexão foram fabricadas com mistura de areia (granulometria de 0,003m) e cimento na proporção de 3:1, tendo sido gastos, na construção de cada unidade, 0,510Kg de areia e 0,170Kg de cimento. Os tubos de alimentação foram construídos com o mesmo material e mesmo traço de cimento e areia utilizados na construção das luvas de conexão, gastando-se, em cada um, 9,840Kg de areia e 3,280Kg de cimento.

Os tubos porosos, luvas de conexão e tubo de alimentação poderão ser verificados na Fig. 9; as dimensões dessas peças, empregadas no experimento, são apresentadas no QUADRO 8.

Na construção desses elementos um operário gastou os seguintes tempos médios, em minutos, para preparar a mistura de material e com ela preencher as formas: tubos porosos, 8; luvas de conexão, 6 e tubos de alimentação, 15.

(*) Instruções verbais obtidas em 1967 no Centro Experimental de Campinas.

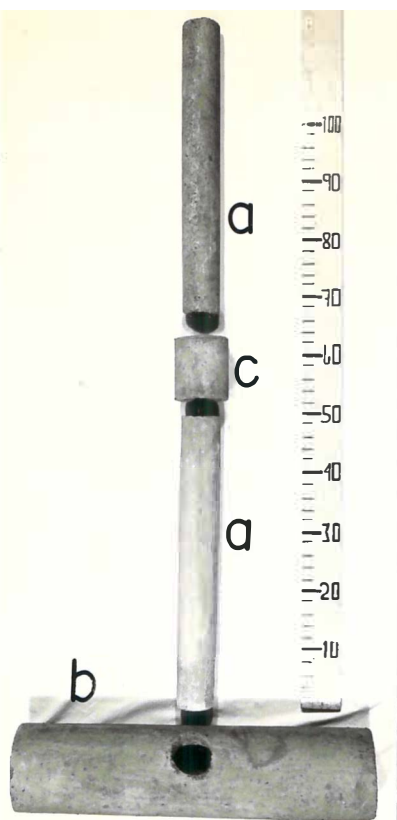


Fig. 9 - Componentes do sistema de sub-irrigação: a)- Tubos porosos; b)- Tubo de alimentação; c)- luva de conexão.

Para a fabricação dos tubos porosos, a mistura de areia e cimento, ligeiramente umedecida, foi colocada na forma apropriada, como mostra a Fig. 10a, sendo ligeiramente compactada (Fig. 10b) à medida que a forma ia sendo preenchida. Após repouso de aproximadamente 24h, tendo já seca, a peça foi retirada da forma (Fig. 10c). A seguir, sua superfície externa foi revestida com nata de cimento (cimento + água), com o objetivo de limitar sua permeabilidade, exceto em uma faixa longitudinal, que permaneceu porosa. Esta faixa foi obtida com o emprego de um gabarito de madeira, como mostra a Fig. 10d. O tubo ficou em condições de ser utilizado logo que este revestimento secou.

Na construção das luvas de conexão e tubos de alimentação, seguiu-se o mesmo processo descrito, eliminando-se a fase de revestimento da sua superfície externa com nata de ci-

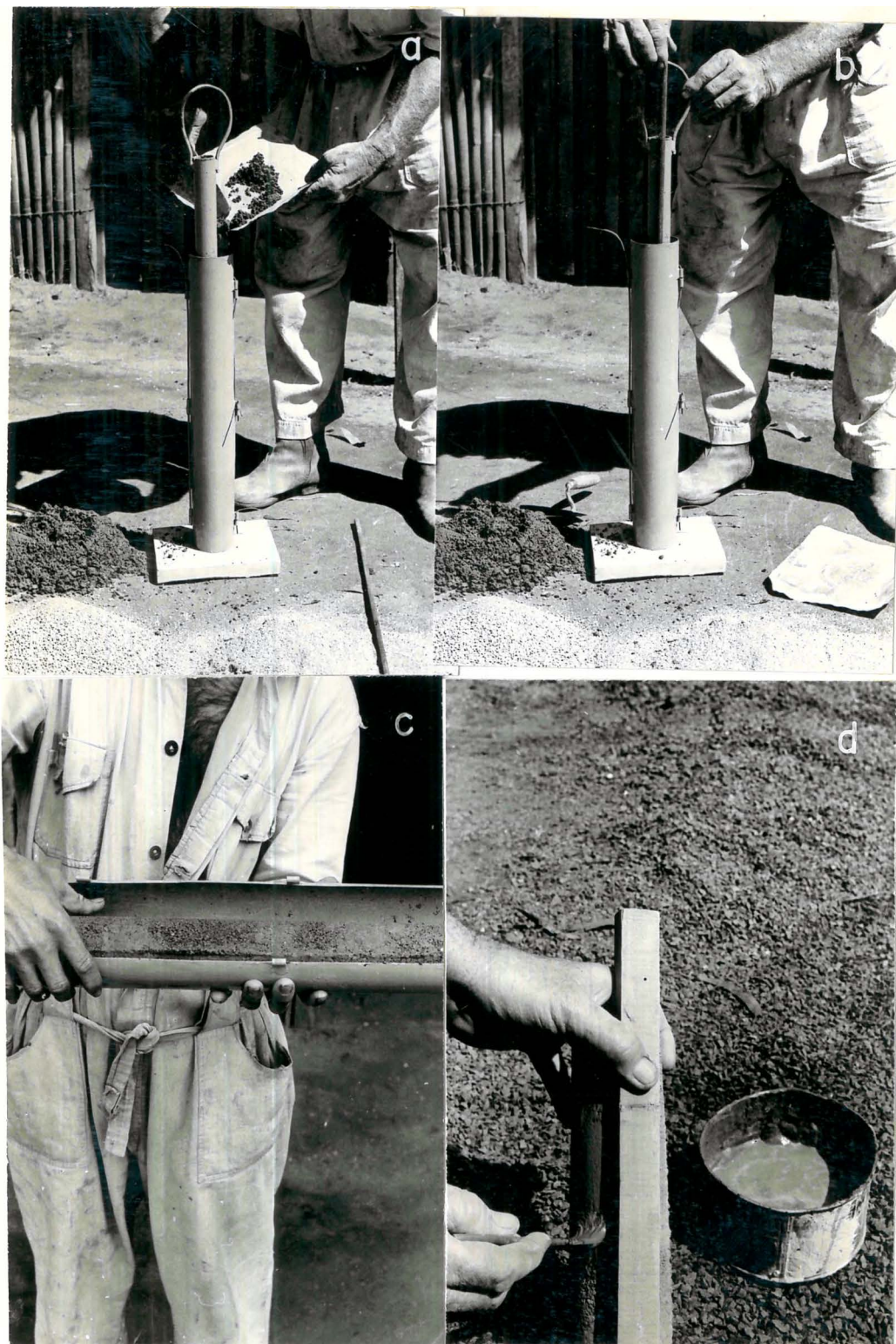


Fig. 10 - Fases da construção dos tubos porosos: a) - Colocação da mistura de areia + cimento na forma; b) - Compactação da mistura; c) - Retirada do tubo poroso da forma; d) - Impermeabilização da superfície externa e construção da faixa longitudinal.

mento. As peças ficaram prontas para uso, após o repouso de 24h no interior das formas.

3.8. - Determinação da permeabilidade do tubo poroso

Com a finalidade de se conhecer a capacidade dos tubos porosos em fornecer água ao solo, calcularam-se alguns coeficientes de permeabilidade hidráulica correspondentes a dez cargas hidráulicas diferentes. Sendo aqui necessários os dados de vazões do tubo, para cada carga considerada, idealizamos o dispositivo ilustrado pela Fig. 11 que dispensa explicações. Nas determinações das vazões foram utilizados dois tubos tomados ao acaso, de um lote recém-construído, repetindo-se duas vezes cada determinação. As vazões obtidas com as diferentes cargas, foram determinadas medindo-se o tempo gasto para ser preenchido um recipiente de volume conhecido.

Os coeficientes de permeabilidade hidráulica foram calculados com o auxílio da equação da Lei de Darcy:

$$K = \frac{Q \cdot L}{A(H + L)}$$

onde,

H = carga hidráulica (10 a 100cm)

K = coeficiente de permeabilidade hidráulica em cm/hora

Q = vazão do tubo poroso em cm³/hora

A = superfície da faixa longitudinal porosa (112cm² para o primeiro tubo e 120cm² para o segundo)

L = espessura da parede dos tubos (2cm)

Os valores encontrados nas determinações das vazões e nos cálculos dos coeficientes de permeabilidade hidráulica constam do QUADRO 9.

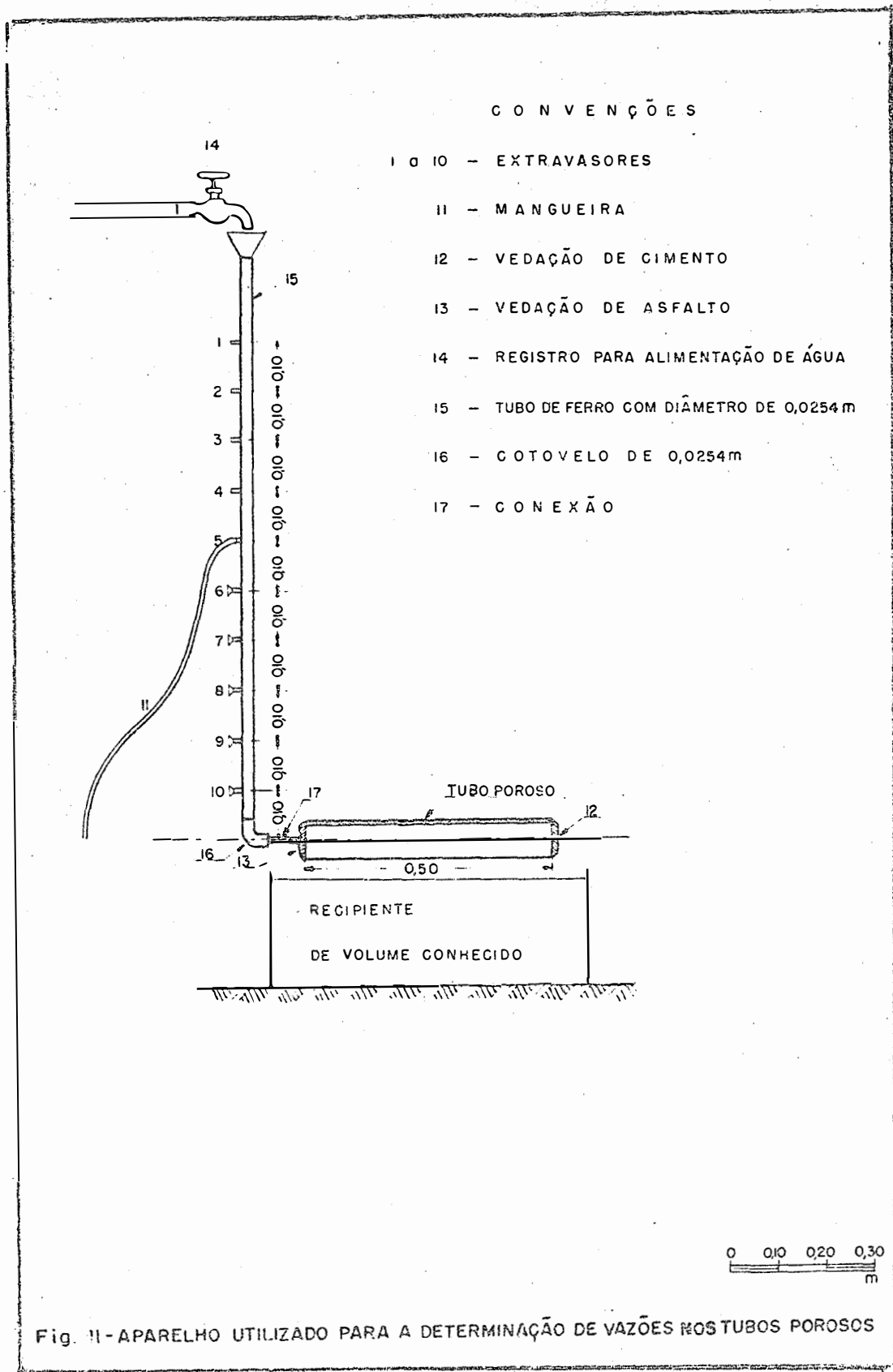


Fig. II - APARELHO UTILIZADO PARA A DETERMINAÇÃO DE VAZÕES NOS TUBOS POROSOS

Com as médias dos valores destes coeficientes, calculados para os dois tubos, e com os valores das cargas hidráulicas correspondentes, para melhor compreensão, foi construído o gráfico representado na Fig. 12.

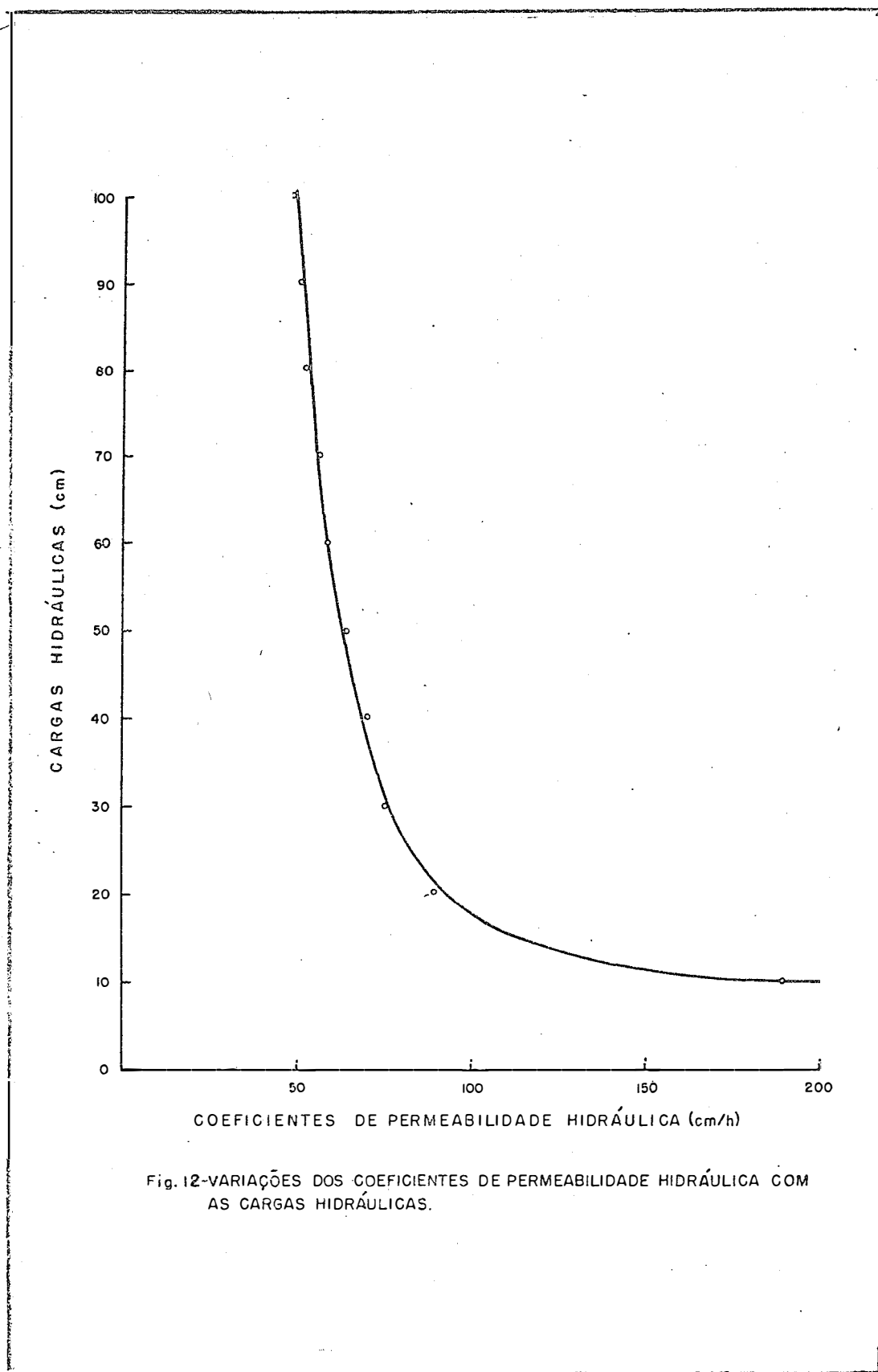


Fig. 12-VARIAÇÕES DOS COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE HIDRÁULICA COM AS CARGAS HIDRÁULICAS.

3.9.- Massa específica aparente, real e porosidade total do tubo poroso

A massa específica aparente foi determinada utilizando-se o método descrito em SOIL SURVEY MANUAL (1951), seguindo esta marcha: um segmento da faixa porosa do tubo foi pesado e impermeabilizado com Vinylite em solução a 10%. A fim de se determinar o peso de Vinylite aderente ao material, efetuou-se nova pesagem, observando-se que esta quantidade foi insignificante, não interferindo, portanto, na determinação. A massa específica aparente (S') foi obtida dividindo-se o peso de material + Vinylite pelo volume da amostra.

Para a determinação da massa específica real (S) empregou-se o método convencional, isto é, um segmento da faixa porosa de aproximadamente 20g foi seco em estufa a 105°C por 4 horas. Depois de resfriado em dessecador, triturou-se o material em almofariz sendo em seguida, colocado em balão volumétrico de 50ml. De uma bureta de 50ml (aferida com o balão volumétrico), contendo álcool etílico absoluto até o traço zero, transferiu-se para o balão uma alíquota de 25ml. O balão foi agitado por algum tempo, para auxiliar a penetração do álcool nos micro capilares do material em estudo. Completou-se o volume do balão com a porção do álcool restante na bureta. A quantidade desse líquido que nela restou, após esta operação, forneceu um volume de (L) ml. O volume (V) do material testado foi pois, de:

$$V \text{ (cm}^3\text{)} = (50 - L)$$

A massa específica real foi dada pela expressão:

$$S = \frac{20}{V}$$

Calculou-se a porosidade do material através da ex-

pressão:

$$P(\%) = 100 - \frac{100 S'}{S}$$

em que, $\frac{100 S'}{S}$ = volume de matéria sólida.

Os dados relativos a essas determinações constam do QUADRO 10.

3.10.- Culturas utilizadas

No presente experimento um dos objetivos foi verificar como reagiriam representantes de hortaliças de raiz, de folhas e de frutos submetidas a diferentes níveis de umidade disponível do solo e a sistemas de irrigação por aspersão e por sub-irrigação por tubos porosos.

Foi escolhida a cenoura (Daucus carota, L.) pertencente à Família Umbelliferae, a alface (Lactuca sativa, L.) da Família Compositae e a ervilha (Pisum sativum, L.) da Família Leguminosae como representantes das hortaliças de raiz, de folhas e frutos respectivamente. A partir deste capítulo, a fim de evitar desnecessárias repetições não serão utilizadas as denominações científicas quando se fizer referências às culturas mencionadas.

3.10.1. - Cenoura

A cenoura foi escolhida devido à sua grande importância econômica, da qual se pode ter idéia através dos dados fornecidos pela COOPERATIVA AGRÍCOLA DE COTIA-COOPERATIVA CENTRAL (1968): produção de 253.400 caixas de 24 Kg em 1964/65 e 286.492 caixas em 1968/69 e ainda através dos dados fornecidos por HORINO (1968): 958.665 caixas comercializadas em 1968 do

CEAGESP (Centro Estadual de Abastecimento do Governo do Estado de São Paulo).

A semente de cenoura germina quando, além de outras condições necessárias, a temperatura do solo está entre 7,0°C e 29,0°C, segundo KNOTT (1957).

De acôrdo com KNOTT (1951), estudos efetuados nos Estados Unidos da América do Norte mostraram que a temperatura tem influência sobre as raízes, que apresentam melhor desenvolvimento e coloração, quando a média mensal da temperatura do ar varia entre 15,0°C e 21,0°C. Verificou, também, que temperaturas médias baixas conduzem à formação de raízes mais compridas que o normal, acontecendo o contrário quando as temperaturas médias são elevadas.

O rendimento médio dessa cultura, em nossas condições, é de 3.600g de raízes comercializáveis, sem folhas, por metro quadrado, segundo CAMARGO (1963).

A variedade empregada no experimento foi a "Nantes Strog Top" I. nº 2.840, cujas sementes, produzidas pela Firma "Ferry Morse Seed Co. INC." do Estado da Califórnia, nos Estados Unidos da América do Norte, foram adquiridas em Casa Agropecuária de Campinas, SP.

Foi escolhida esta variedade por apresentar maior valor econômico em nosso meio, segundo estudos efetuados por CAMARGO (1963).

3.10.2.- Alface

Como hortaliça de folhas foi escolhida a alface, devido ao grande consumo em nosso meio e pela crescente comercialização nos últimos anos. Segundo dados obtidos da COOPERA-

TIVA AGRÍCOLA DE COTIA-COOPERATIVA CENTRAL (1968), houve a produção de 24.929 engradados, de 12 dúzias em média cada um, em 1964/65, passando para 32.499 engradados em 1968/69. HORINO (1968) informou que, durante o ano de 1968, foram comercializados no CEAGESP cerca de 403.900 engradados.

A alface é uma hortaliça de inverno, produzindo bem nas condições do Estado de São Paulo, na época mais fria do ano, de acordo com BERNARDI (1956).

Segundo KNOTT (1957), sua semente germina com a temperatura do solo variando de 4,5°C a 26,0°C e a temperatura média mensal do ar, mais indicada para o bom desenvolvimento e produção dessa cultura, varia entre 15,5°C e 18,3°C.

O rendimento médio, por metro quadrado de terreno, é da ordem de 2.000g a 3.000g, segundo BERNARDI (1968/69).

Utilizou-se a variedade "White Boston" I. nº 2.896, cujas sementes, procedentes de "SRS-Waldo Rohnert C. Hollister", Estado da Califórnia, nos Estados Unidos da América do Norte, foram multiplicadas pela Seção de Hortaliças Diversas do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. Para este experimento foram utilizadas sementes obtidas da colheita de 22 de julho de 1.969.

Justifica-se a escolha dessa variedade ("White Boston" I. nº 2.896) por contar com a preferência do mercado consumidor, sendo por isso mais cultivada em nosso meio, de acordo com BERNARDI (1968/69).

3.10.3. - Ervilha

Como hortaliça de frutos foi escolhida a ervilha. Segundo ROCHA (1960), o Rio Grande do Sul ocupa o primeiro lugar como produtor desta leguminosa, que é cultivada na quasi

totalidade de seus municípios, principalmente para consumo imediato e para industrialização de grãos verdes e, em menor escala, para o consumo de grãos secos. As produções obtidas neste Estado, em toneladas de vagens verdes foram: 5.840,3 em 1.954, 6.049,2 em 1.955 e 5.943,8 em 1.956.

De acordo com KNOTT (1957), a temperatura do solo mais favorável para a germinação da semente de ervilha varia entre $-4,4^{\circ}\text{C}$ e $24,0^{\circ}\text{C}$ e a temperatura média mensal do ar, favorável ao desenvolvimento e produção da cultura, oscila entre $15,5^{\circ}\text{C}$ e $18,3^{\circ}\text{C}$.

Foi empregada a variedade "Perfectah" I. nº 1.670, cujas sementes foram introduzidas na Seção de Hortaliças de Frutos do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, pela Cia. Swift do Brasil S/A, da cidade de Rio Grande, no Rio Grande do Sul, sendo multiplicadas nesta Seção. Para este experimento utilizaram-se sementes obtidas das colheitas de 14 de julho a 2 de setembro de 1.970.

Esta variedade, do tipo de debulhar, para obtenção de grãos para consumo ao natural ou para enlatamento, tem grande aceitação em nosso meio consumidor, segundo BERNARDI (1961). Segundo o mesmo autor, a produção provável é de 100g a 300g de sementes no ponto de consumo, por metro quadrado, em nossas condições.

3.11. - Dados culturais

Na instalação e condução do presente experimento, observaram-se os seguintes dados culturais:

3.11.1. - Cultura da cenoura

- Semeação, quantidade de sementes e germinação.

A semeação foi feita, segundo CAMARGO (1963), em sulcos espaçados de 0,20m, à profundidade de 0,05m, em 12 de maio de 1.971, tendo-se gasto cerca de 2,0g de sementes por metro quadrado de terreno. A germinação se deu a 20 de maio do mesmo ano.

- Desbaste e espaçamento (*)

O primeiro desbaste, 15 dias após a germinação, deixou as plantas espaçadas de 0,04m a 0,06m; o segundo realizado 15 dias após o primeiro, aumentou o espaçamento para 0,07m a 0,075m.

- Adubação (*)

Foi efetuada 10 dias antes da semeação, constando da aplicação, por metro quadrado de terreno, de 5.000g de esterco curtido de curral, 150g de Superfosfato Simples (com 20% de P_2O_5) e 20g de Cloreto de Potássio (com 60% de K_2O). Em cobertura, por ocasião do primeiro e do segundo desbastes, foi aplicado Sulfato de Amônio (com 20% de N), gastando-se cerca de 25,0g do produto por metro quadrado de terreno, em cada aplicação.

Não houve necessidade da aplicação de calcário, pois a análise química do solo (QUADRO 1) revelou na camada de 0-30cm o pH igual a 6,30, considerado satisfatório para o bom desenvolvimento e produção da cultura, segundo CAMARGO (1960).

- Tratamento fitossanitário (*)

O controle de pragas e moléstias foi realizado mediante pulverizações com Phosdrin, Dithane M-45 (com adição de espalhante adesivo Esapon), Rothane e Malatol E-50.

(*) Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças de Frutos do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo.

- Preparo do terreno e cultivo (*)

O terreno foi preparado através de aração e gradeação. Os canteiros, com enxada e rastelo. A escarificação foi realizada com sacho, sempre que necessária.

- Colheitas

Foram efetuadas ao ponto de consumo, de acordo com CAMARGO (1963), quando as folhas inferiores começaram a amarelcer ou secar e as superiores se abriam, chegando a encostar as extremidades na superfície do solo. As datas das colheitas foram: 31 de agosto, 1º de setembro e 2 de outubro de 1.972.

3.11.2. - Cultura da alface

- Semeação, quantidade de sementes e germinação

A semeação foi feita segundo BERNARDI (1956), em sulcos com 0,005m de profundidade, espaçados de 0,10m em canteiros com 1,20m de largura, em 12 de maio de 1.972, gastando-se cerca de 2,50g - 3,00g de sementes por metro quadrado de terreno. A germinação se deu a 16 de maio.

- Transplante e espaçamento no local definitivo

Aos 25 dias da sementeação, quando as mudas atingiram a altura aproximada entre 0,08 - 0,10m, apresentando cerca de 4 folhas verdadeiras, efetuou-se o transplante para os canteiros definitivos, segundo BERNARDI (1968/69). Nesses canteiros, o espaçamento adotado foi de 0,30m x 0,30m, de acordo com BERNARDI e IGUE (1969).

(*) Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças de Frutos do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo.

Adubação (**)

Nos canteiros de sementeação a adubação consistiu na aplicação de 1.500g de esterco curtido de curral, 150g de Superfosfato Simples (com 20% de P_2O_5), 15g de Cloreto de Potássio (com 60% de K_2O), por metro quadrado de terreno. Em cobertura aplicamos tres vezes Sulfato de Amônio (com 20% de N), aos 10, 20 e 30 dias após o transplante, utilizando, em cada vez, 15g do produto por metro quadrado de terreno. Não houve necessidade da aplicação de calcário, pois a análise química do solo (QUADRO 1) revelou na camada de 0-30cm o pH igual a 6,30, considerado satisfatório para o bom desenvolvimento e produção da cultura, segundo BERNARDI (1968/69).

- Tratamento fitossanitário (**)

As sementes foram desinfetadas com Arasan a 2,5%. Após a emergência, os canteiros foram irrigados duas vezes com Dithane M-45 (20g por litro), a fim de prevenir a incidência de enfermidades fúngicas. Insetos vetores de moléstias causadas por vírus foram combatidos com pulverizações semanais da sementeira, usando Malatol E-50, em emulsão (20cm³ em 10 litros de água). As pragas, após o transplante, foram combatidas com aplicações de Phosdrin, na dosagem de 10cm³ em 10 litros de água.

- Preparo do terreno e cultivo (**)

O terreno foi preparado através de aração e gradeação e os canteiros com enxada e rastelo. O cultivo foi realizado, quando necessário, com enxada e sacho.

(**) Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças Diversas do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo.

- Colheitas

Efetuada ao ponto de consumo, de acordo com BERNARDI (1968/69), quando as folhas estavam bem desenvolvidas e tenras: iniciaram-se a 3 de agosto, isto é, aproximadamente 83 dias após a sementeação, continuando-se a 10 e 16 do mesmo mês.

3.11.3. - Cultura da ervilha

- Sementeação, quantidade de sementes e germinação

A sementeação, foi efetuada de acordo com BERNARDI (1961), em covas, colocando-se 4 sementes em cada uma, em 12 de maio de 1971. A germinação se deu a 21 do mesmo mês.

- Desbaste e espaçamento

O desbaste foi efetuado de acordo com BERNARDI (1961), aos 28 dias da sementeação, deixando-se duas plantas por cova, espaçadas de 0,50m x 0,10m.

- Adubação (*)

Realizada aos 10 dias antes da sementeação, aplicando 2.000g de esterco curtido de curral, 100g de Superfosfato Simples (com 20% de P_2O_5) e 20g de Cloreto de Potássio (com 60% de K_2O), por metro quadrado de terreno. Em cobertura, aplicou-se Sulfato de Amônio (com 20% de N), duas vezes, com 20g do produto por metro quadrado, em cada vez, por ocasião do desbaste e 30 dias após esta data.

Não houve necessidade da aplicação de calcário ao solo devido ao pH igual a 6,30 existente na camada 0-30cm (QUADRO 1) e considerado satisfatório para o bom desenvolvimento e produção da cultura segundo BERNARDI (1961).

(*) Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças de Frutos do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo.

- Tratamento fitossanitário (*)

Efetuuou-se o controle de pragas e moléstias mediante pulverizações com Phosdrin , Dithane M-45 (com adição e espalhante adesivo Esapon), Rothane e Malatol E-50.

- Preparo do terreno e cultivo (*)

O terreno foi preparado mediante aração e gradeação e os canteiros, com enxada e rastelo, sendo o cultivo feito com sacho, sempre que necessário.

- Colheitas

Foram realizadas ao ponto de consumo, segundo BERNARDI (1961), quando os grãos de ervilha se apresentavam bem desenvolvidos, embora ainda verdes e tenros e nas seguintes datas: 17 de agosto, 23 de agosto, 3 de setembro, 13 de setembro e 21 de setembro de 1971.

3.12. - Delineamento estatístico e convenções utilizadas

O experimento constou de um ensaio de vegetação em campo, em parcelas sub-divididas delineadas em blocos ao acaso.

Esse delineamento foi escolhido por ser o que mais facilitou a instalação e condução do experimento e principalmente no que diz respeito ao manejo dos sistemas de irrigação empregados.

Nas parcelas os tratamentos estudados foram os seguintes:

- Tratamento 20 - fornecia-se água sempre que o solo apresentasse cerca de 80% de água disponível.

(*) Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças de Frutos do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo.

- Tratamento 35 - quando havia cerca de 65% de água disponível no solo, acrescentava-se água.

- Tratamento 50 - o solo recebia água sempre que a porcentagem de umidade do mesmo encontrava-se próxima ao nível correspondente a 50% do intervalo de água disponível.

Esses tratamentos foram adotados uma vez que as maiores produções das culturas de cenoura, alface e ervilha geralmente estão associadas aos teores de umidade do solo compreendidos na metade superior do intervalo de água disponível, de acordo com diversos autores entre os quais BARNES (1936), PRYOR (1944) e HAWTHORN (s.d.), respectivamente.

Nas sub-parcelas os tratamentos foram os seguintes:

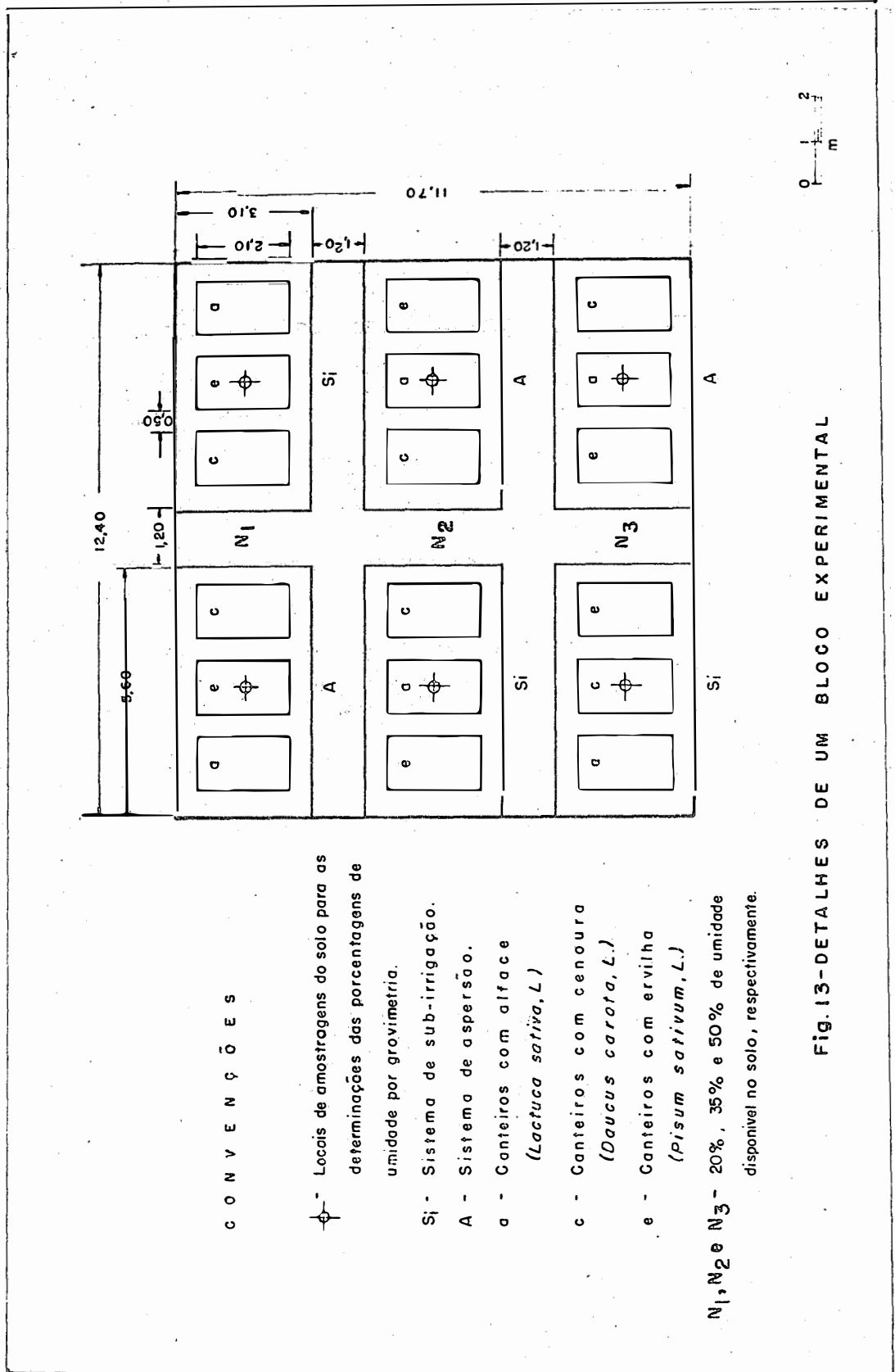
- Tratamento A - fornecia-se água pelo sistema de aspersão

- Tratamento Si - o sistema de fornecimento da água era o de sub-irrigação por tubos porosos de STAUCH (1953).

Em todos os tratamentos das parcelas foi feita a elevação dos teores de umidade do solo até o nível de F.C., através da irrigação.

As parcelas e sub-parcelas foram dispostas em 6 blocos experimentais, um dos quais é representado na Fig. 13; nela pode-se também verificar a disposição dos canteiros cultivados com cenoura, alface e ervilha. Um esquema da composição de todos os blocos experimentais é apresentado na Fig. 14.

As dimensões de cada canteiro com alface foram de 2,10m x 1,20m de acordo com BERNARDI e IGUE (1969). Aqueles cultivados com cenoura tiveram a largura de 1,20m segundo CAMARGO (1963) e comprimento de 2,10m. Os cultivados com ervilha apresentaram as mesmas dimensões dos anteriores para uniformidade de instalação do experimento.



C O N V E N Ç Õ E S

⊕ - Locais de amostragens do solo para as determinações das percentagens de umidade por gravimetria.

Si - Sistema de sub-irrigação.

A - Sistema de aspersão.

a - Canteiros com alface (*Lactuca sativa, L.*)

c - Canteiros com cenoura (*Daucus carota, L.*)

e - Canteiros com ervilha (*Pisum sativum, L.*)

N₁, N₂ e N₃ - 20%, 35% e 50% de umidade disponível no solo, respectivamente.

Fig.13-DETALHES DE UM BLOCO EXPERIMENTAL

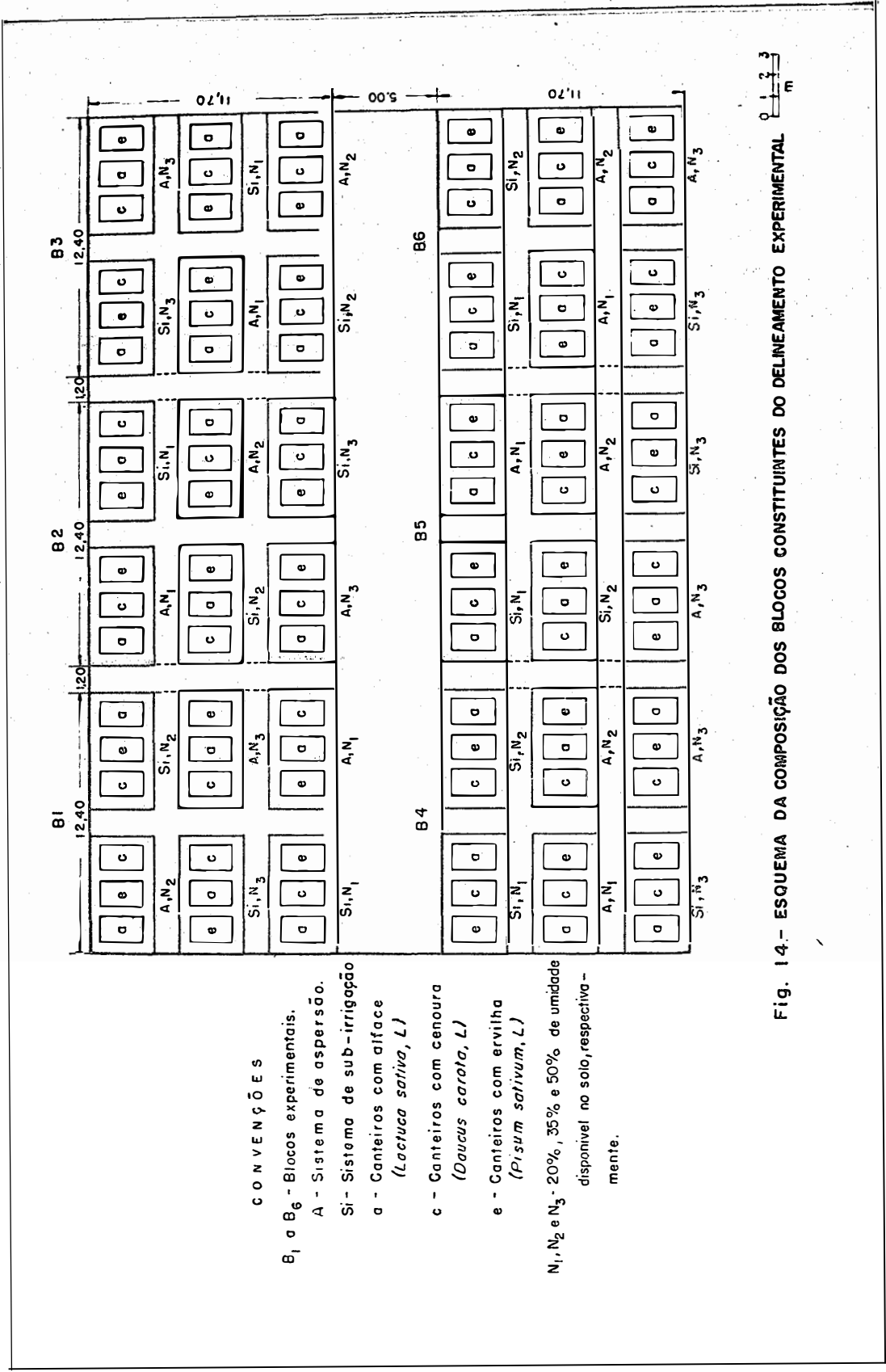


Fig. 14.- ESQUEMA DA COMPOSIÇÃO DOS BLOCOS CONSTITUINTES DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O espaçamento adotado entre os canteiros foi de 0,50m considerado por diversos autores como suficiente para facilitar as operações de tratamentos culturais, pulverizações, irrigações, etc., entre os quais BERNARDI (1967, 1968/69) e CAMPOS (1969).

Entre as sub-parcelas deixou-se um caminho de 1,20m considerado suficiente para o tráfego de pessoas e pequenos veículos agrícolas, segundo CAMPOS (1969). Devido a limitações impostas pelo terreno, os blocos foram dispostos em dois conjuntos de três cada um, espaçados de 5,00m.

Desta maneira, as dimensões de cada sub-parcela foram 5,60m x 3,10m; de cada bloco, 12,40m x 11,70m e de toda área experimental, 39,60m x 28,40m.

A análise da variância deste delineamento foi efetuada pela maneira usual, tomando-se como padrão o exemplo de PIMENTEL GOMES (1970).

Quando o teste de F foi significativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey. Nos quadros das análises estatísticas, os limites de F, significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, estão representados por um e dois asterísticos respectivamente; as médias que não diferem estatisticamente entre si, estão ligadas através de barras; os graus de liberdade estão representados por G.L., a soma de quadrados, por S.Q., os quadrados médios por Q.M., os coeficientes de variação e os desvios padrão dos erros (a) e (b), por C.V. (a), C.V.(b), s (a) e s(b) respectivamente; a diferença mínima significativa do teste de Tukey, por d.m.s., e as médias dos tratamentos das parcelas, por m_{20} , m_{35} e m_{50} .

Por convenção, denominaram-se "plantas de aproveitamento" aquelas pertencentes à área útil e "bordadura" as de-

mais; "plantas comercializáveis" foram aquelas, pertencentes às de aproveitamento e cujas características as tornam mais aceitas pelo mercado consumidor, não ocorrendo o mesmo com as "não comercializáveis".

As plantas comercializáveis de cenoura caracterizaram-se por serem bem formadas e apresentarem peso superior a 35,0g (*); as de alface, por serem bem formadas e se apresentarem sem sintomas de moléstias causadas por vírus (**); as de ervilha, por apresentarem vagens bem formadas e grãos normais (*).

Para as finalidades da análise da variância, os dados expressos em números inteiros (x) e os expressos em porcentagem, por seguirem distribuições inviesadas da normal e binomial respectivamente, sofreram transformações, a fim de que fossem aproximados da distribuição normal.

Os primeiros foram transformados em \sqrt{x} e os segundos em $\text{arc sen } \sqrt{p/100}$, (SNEDECOR, 1956), onde,

$$p = \frac{100 X}{N}$$

sendo N = número total de plantas de aproveitamento e X = número de plantas comercializáveis.

O número total de plantas de cenoura em cada canteiro foi de 144 após o segundo desbaste, dispostas em 8 fileiras com 18 plantas cada uma. Destas, 6 fileiras com 16 plantas cada uma foram consideradas de aproveitamento e as demais, bordadura (*).

(*) - Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças de Frutos do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo.

(**) - Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças Diversas do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo.

Em cada canteiro com alface, transplantaram-se 28 mudas distribuídas em 7 fileiras de 4 mudas cada uma, de acordo com BERNARDI e IGUE (1969). Destas, colheram-se duas fileiras centrais com 5 plantas cada uma, qualificadas de aproveitamento, sendo as demais, bordadura (**).

Cada canteiro com ervilha apresentou-se com 96 plantas dispostas em 4 fileiras com 12 covas cada uma e em cada cova duas plantas. Destas, duas fileiras centrais com 10 covas foram consideradas de aproveitamento e as restantes de bordadura (*).

3.13. - Características estudadas nas culturas

Como parte principal deste trabalho, foram estudados os dados referentes à produção e como parte complementar, os dados biométricos.

3.13.1. - Cultura da cenoura

- Produção

Para a análise da produção tomaram-se todas as plantas de aproveitamento já especificadas e consideraram-se as seguintes variáveis (*): peso total e peso médio das raízes comercializáveis e não comercializáveis.

- Dados biométricos

(*) - Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças de Frutos do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo.

(**) - Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças Diversas do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo.

As seguintes variáveis foram mensuradas (*); altura da parte aérea de uma planta média, logo após a colheita, alongadas as folhas; peso, comprimento, diâmetro no topo e no meio de dez raízes, logo após a colheita; número de raízes comercializáveis e não comercializáveis, logo após a colheita.

3.13.2. - Cultura da alface

- Produção

Foram consideradas todas as plantas de aproveitamento contidas nos canteiros já especificados, sendo consideradas para finalidades da análise da produção, as variáveis relativas ao peso total e peso médio da parte aérea e a porcentagem de plantas comercializáveis (**).

- Dados biométricos

As seguintes variáveis foram consideradas (**): número de plantas comercializáveis, peso total e peso médio das raízes, altura, diâmetro e número de folhas em cinco plantas de aproveitamento tomadas ao acaso e de dez em dez dias após o transplante.

3.13.3. - Cultura da ervilha

- Produção

Foram consideradas todas as plantas de aproveitamento já especificadas, escolhendo-se para a análise da produção (*), os dados relativos ao peso total de grãos e de vagens.

(*) - Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças de Frutos do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo

(**) - Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças Diversas do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo

- Dados biométricos

As seguintes variáveis foram mensuradas: altura de determinada haste mais longa, alongando-se os ramos, no início da floração, início da colheita e final da colheita; "stand" inicial e final, número de vagens, peso médio das vagens, comprimento e largura de uma vagem média, número de grãos, média de grãos por vagem e peso médio de grãos logo após a colheita (*).

3.14. - Funcionamento do sistema de sub-irrigação por tubos porosos segundo STAUCH (1953)

Esse sistema funciona por intermédio das linhas construídas com tubos porosos que, abaixo da camada arável do solo, comunicam-se a caixas de pressão, capazes de fornecer cargas hidráulicas variáveis entre 0,30m a 0,50m, suficientes para fazer a água percorrer as linhas, vazar através das paredes dos tubos e entrar em contacto com o solo adjacente; por ascensão capilar a água encaminha-se para a superfície do terreno onde o sistema foi instalado.

Nessas condições, o fluxo de água se processa de baixo para cima, partindo de um nível saturado para outro insaturado, obedecendo à equação da continuidade.

3.15. - Espaçamento das linhas de tubos porosos - teste prévio

Devido à inexistência, em nosso meio, de dados referentes ao assunto, efetuou-se um teste prévio no local do

(*) - Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças e Frutos do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

experimento, a fim de se estimar o espaçamento a ser observado ao se instalarem as linhas subterrâneas de tubos porosos.

Sabe-se, por outro lado, que o caminhamento lateral e vertical da água no solo varia com o tipo do mesmo.

A opinião de muitos autores, entre os quais, BARNES (1936), SCHWALEN e WHARTON (1930) e HADDOCK e LINTON (1957) é que são necessárias altas porcentagens de umidade disponível no solo, na região de maior concentração de raízes, para se obter bom desenvolvimento e produção das culturas de cenoura, alface e ervilha, respectivamente.

Com relação ao desenvolvimento do sistema radicular sabe-se que o mesmo varia com o tipo de vegetação, com as características físicas, químicas e mecânicas do solo.

KNOTT (1957) observou que, em solos onde não havia impedimento à penetração das raízes de alface, estas se desenvolveram até profundidade variáveis entre 0,45m e 0,60m; essa cultura foi classificada como hortaliça de sistema radicular raso; nas mesmas condições, raízes de cenoura e ervilha penetravam a profundidades variáveis entre 0,90m e 1,20m tendo sido classificadas como hortaliças de sistema radicular de profundidade média.

Nos projetos de irrigação aconselha-se distinguir a profundidade total do sistema radicular da profundidade efetiva, não sendo vantajoso irrigar o solo a grandes profundidades, pois parte da água não seria aproveitada, resultando em perdas.

Sob esse aspecto considera-se, em geral, como profundidade efetiva, aquela onde se encontram cerca de 80% das raízes, sendo essa profundidade de solo que deve ser umidecida pela irrigação. Para hortaliças em geral a profundidade efetiva aconselhada varia entre 0,30m e 0,40m.

Desta maneira, efetuou-se o teste prévio, fixando-se a profundidade da linha de tubos em 0,30m, procurando-se, a seguir, determinar qual seria o espaçamento que proporcionasse alta porcentagem de umidade disponível no solo, entre as linhas de tubos e acima delas.

Para isso, uma linha de tubos porosos foi instalada no terreno do experimento, em local ilustrado na Fig. 4, seguindo-se as especificações mencionadas por STAUCH (1953), através da seguinte marcha: abriu-se uma valeta com profundidade de 0,365m, largura de 0,15m e comprimento de 6,00m nivelando-se o fundo com nível de precisão.

Nesta etapa da instalação foram introduzidas duas modificações no método original: a)- colocar, em locais separados, as camadas de solo dos primeiros vinte centímetros, das mais profundas, por ocasião da abertura da valeta, a fim de evitar a inversão das mesmas por ocasião do enchimento; b)- abrir, no fundo da valeta, depressões com dimensões de 0,12m x 0,10m x 0,015m, espaçadas de 0,50m e destinadas a abrigar as luvas de conexão, evitando, desta maneira, que os tubos ficassem sem apoio em seu comprimento.

Os tubos foram colocados com as faixas longitudinais voltadas para cima, facilitando, assim, a saída da água em direção à superfície do solo. A profundidade dessas faixas foi de 0,30m e a conexão dos tubos com as luvas foi feita com argamassa de areia e cimento na proporção de 3:1.

Nas extremidades da linha foram ligadas manilhas verticais com diâmetro de 0,10m que funcionaram como caixas de pressão. Essas ligações foram feitas com argamassa de areia e cimento na proporção de 3:1, tendo-se o cuidado de aplicar Neutrol em sua superfície a fim de evitar a saída da água por essa

região.

Após 24h, com a argamassa já seca, efetuou-se um teste que consistiu em adicionar água em uma das manilhas, sob altura constante, verificando-se, nessa ocasião, a existência de vazamentos nas juntas: procederam-se, então, aos necessários reparos. Nesta oportunidade foram aplicadas pequenas porções de nata de cimento em determinados locais da faixa longitudinal do tubo (como ilustra a Fig. 15) com o objetivo de regularizar a vazão. A Fig. 16 ilustra o esquema da instalação dos tubos porosos e das luvas de conexão no interior da valeta.

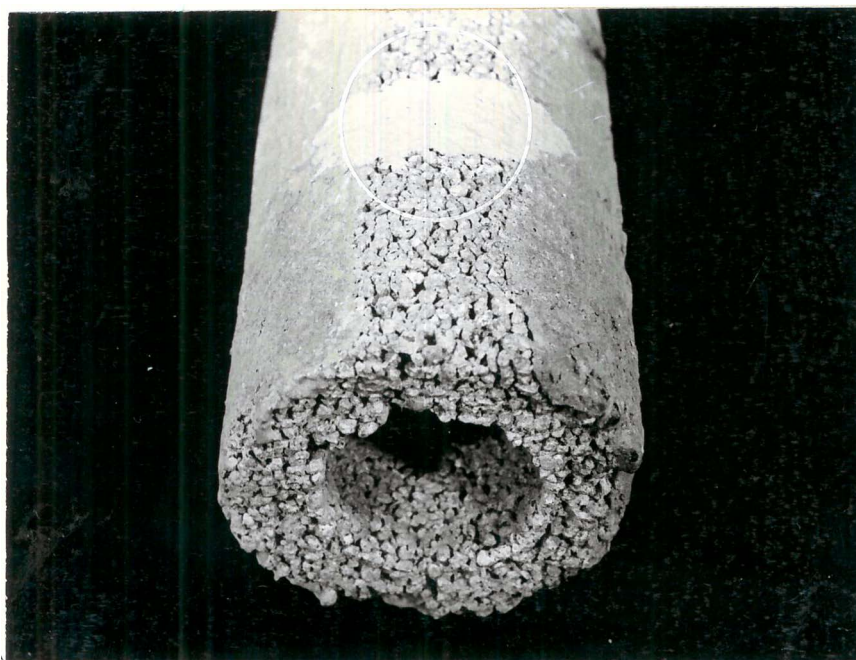
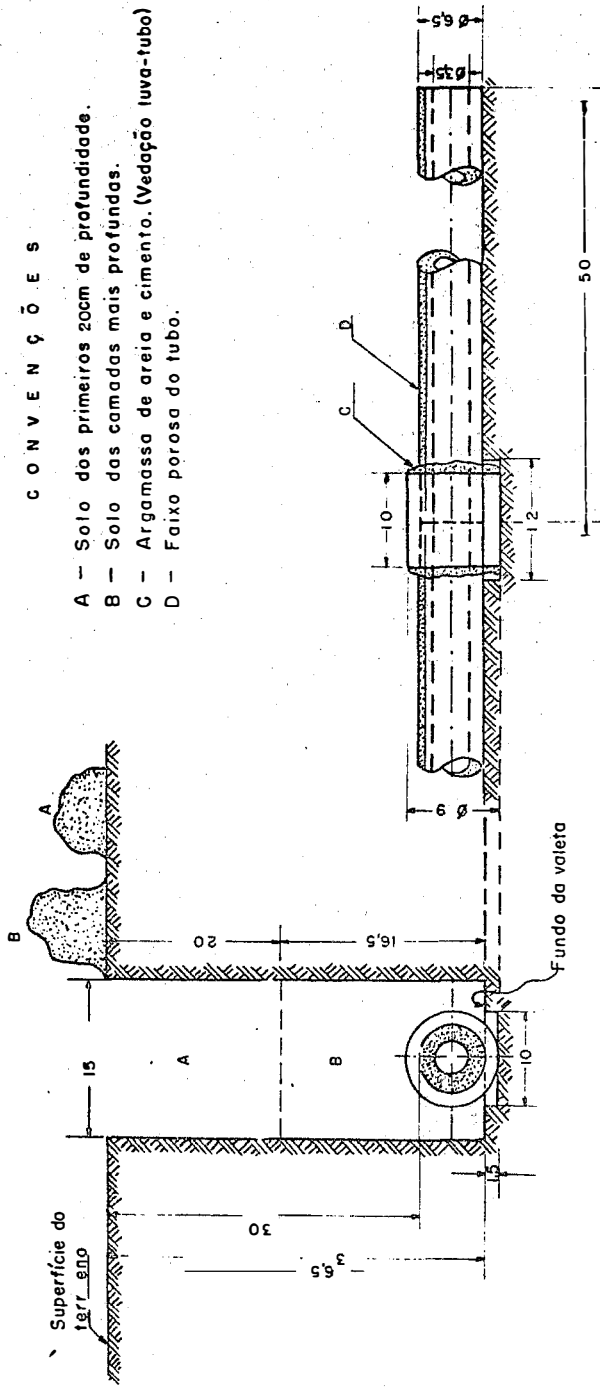


Fig. 15 - Detalhes de um tubo poroso. No círculo, aplicação de nata de cimento sobre a faixa longitudinal com a finalidade de regularização da vazão.



SEM ESCALA
 DIMENSÕES EM CM

Fig. 16 - DETALHES DA INSTALAÇÃO DOS TUBOS POROSOS E LUVAS DE CONEXÃO

A seguir as camadas de solo foram retornadas valeta na ordem inversa de sua retirada. Efetuou-se uma tentativa para uniformizar a compactação desse solo. A determinação de sua densidade aparente evidenciou o valor de $1,33\text{g/cm}^3$, bastante próximo à densidade do solo não removido.

Procede-se, logo após, à operação destinada obter os teores de umidade do solo existentes nos lados e sobre a linha de tubos: durante 72 horas consecutivas a linha foi alimentada, mantendo-se constante o nível da água na manilha vertical de entrada, por meio de um extravasor. Doze horas após o início desta operação (às 7,00 horas do dia 13 de Julho de 1.970) foi efetuada a primeira amostragem do solo às distâncias de 0,50m, 1,50m à direita e 1,00m, 2,00m à esquerda da região mediana da linha de tubos, toda à profundidade de 0,30m. Uma amostragem foi efetuada diretamente sobre esta linha e à profundidade de 0,15m.

A segunda e a terceira amostragens, às mesmas profundidades e localizações, foram realizadas às 13,00h e 19,00h, repetindo-se esta mesma sequência nos dias 14 e 15 do mesmo mês, determinando-se as porcentagens de umidade por gravimetria.

As porcentagens de umidade assim obtidas foram transformadas em milímetros de água existentes na camada considerada e estes foram relacionados, em termos de porcentagem, ao total da água disponível. Os dados constam do QUADRO 11 no qual, os correspondentes ao tempo "Inicial", se referem às condições de umidade existentes no solo antes do início da aplicação da água.

Pelo exame desses dados pode-se observar que para a profundidade estudada, as maiores porcentagens de água disponível ocorrem no volume de solo compreendido entre o plano

vertical que contém o eixo da linha até, aproximadamente, ao plano vertical distante dele 0,50m. Com esses dados, para melhor ilustração, construíram-se os gráficos das Figs. 17a, 17b e 17c.

Desta maneira, as condições pré-estabelecidas de umidade do solo, podem ser conseguidas com linhas paralelas de tubos porosos espaçadas de aproximadamente 1,00m, mas para melhor garantir essas condições, neste experimento as linhas foram espaçadas de 0,80m.

3.16. - Instalação das sub-parcelas com sub-irrigação

Inicialmente, todo o local do experimento foi capinado e estaqueado, delimitando-se a posição dos blocos, parcelas e sub-parcelas, de acordo com o esquema apresentado na Fig. 14.

Os tubos foram instalados em valetas paralelas espaçadas de 0,80m, seguindo-se a mesma técnica descrita no item 3.15. As demais etapas da instalação foram feitas também de acordo com STAUCH (1953), através da seguinte marcha: transversalmente às linhas de tubos porosos instalaram-se, em valetas, os tubos de alimentação, que se conectaram aos primeiros e entre si, por argamassa de areia e cimento na proporção de 3:1. As Figs. 18a e 18b ilustram aspectos da instalação dessas linhas.

Nas extremidades da sub-parcela foram construídas as caixas de pressão que se comunicavam, por sua parte inferior, aos tubos de alimentação; estes penetravam nas caixas a uma altura aproximada de 0,080m do fundo das mesmas a fim de facilitar a sedimentação de impurezas contidas na água. A extremidade do tubo de alimentação era protegida por tela metá-

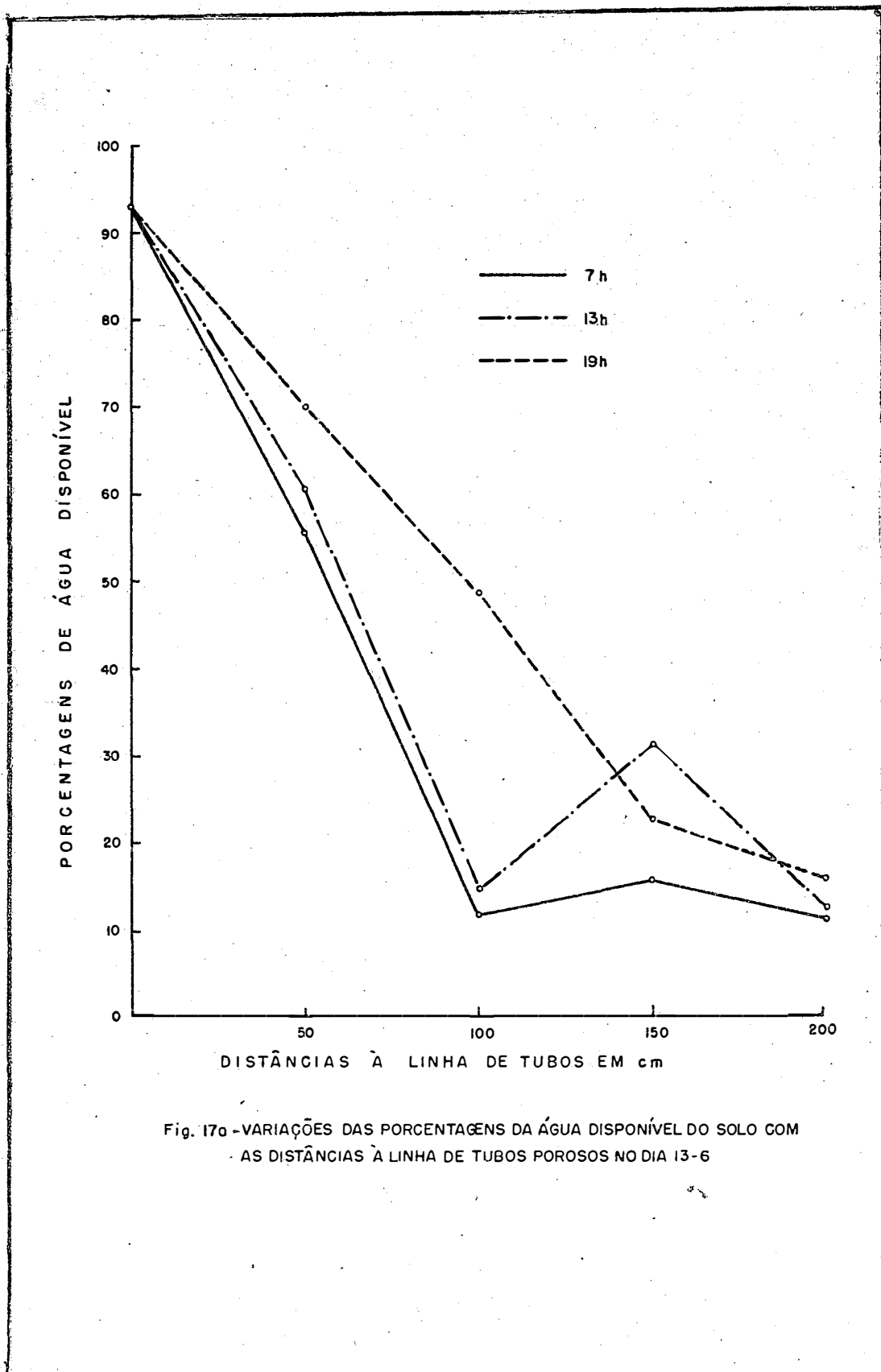


Fig. 17a - VARIÇÕES DAS PORCENTAGENS DA ÁGUA DISPONÍVEL DO SOLO COM AS DISTÂNCIAS À LINHA DE TUBOS POROSOS NO DIA 13-6

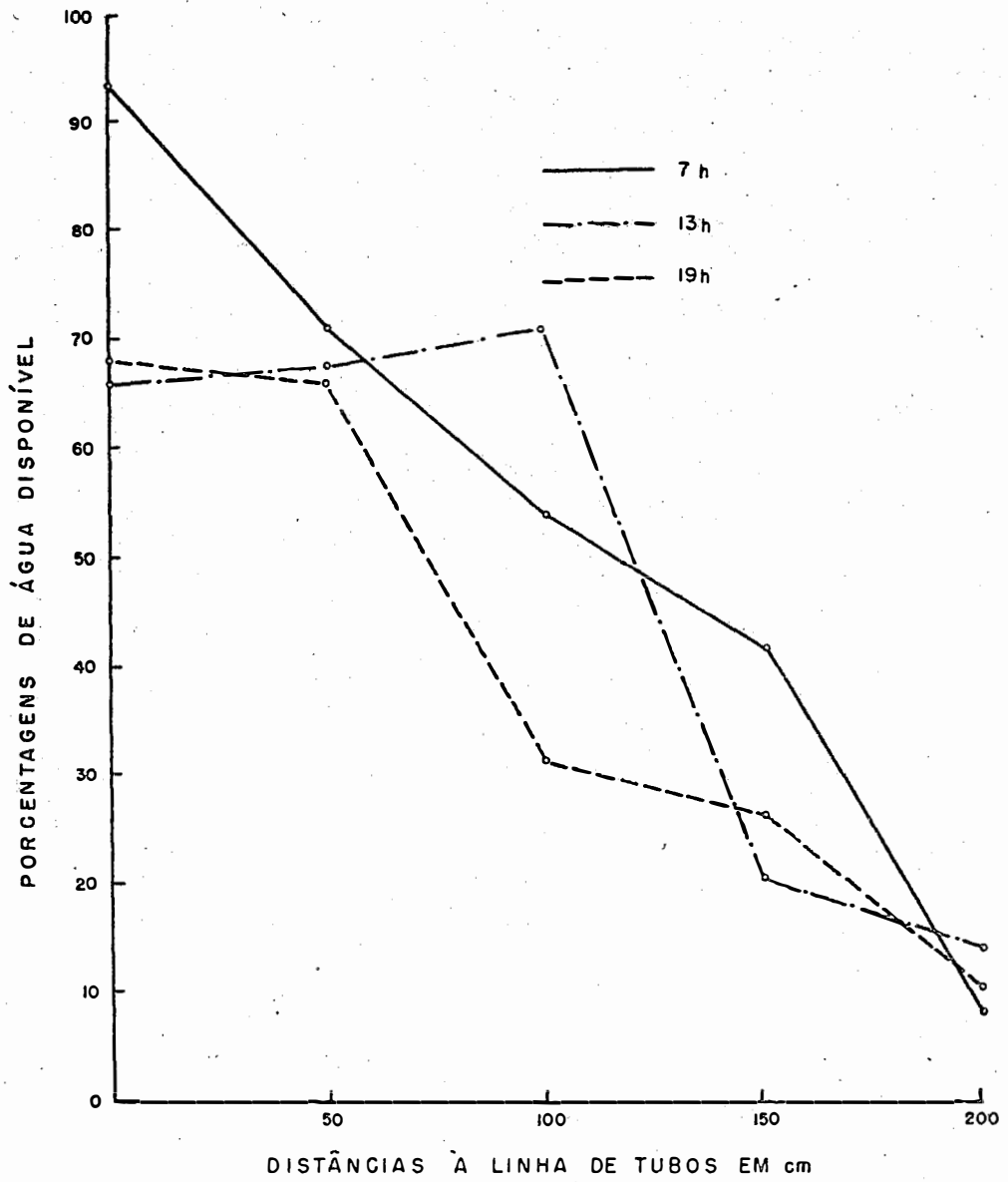


Fig. 17b. VARIÇÕES DAS PORCENTAGENS DA ÁGUA DISPONÍVEL DO SOLO COM AS DISTÂNCIAS À LINHA DE TUBOS POROSOS NO DIA 14-6

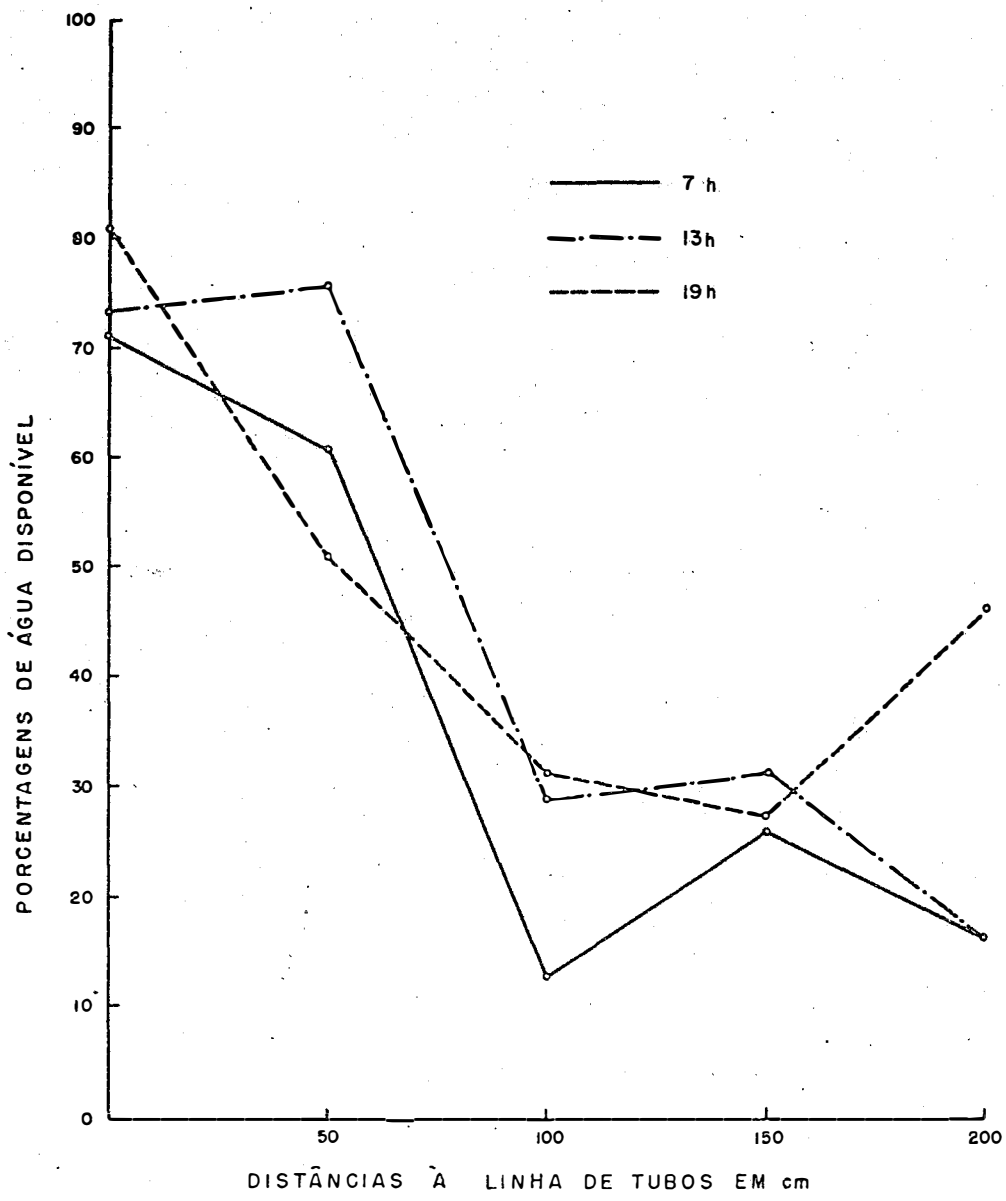


Fig. 17c - VARIAÇÕES DAS PORCENTAGENS DA ÁGUA DISPONÍVEL DO SOLO COM AS DISTÂNCIAS À LINHA DE TUBOS POROSOS NO DIA 15-6

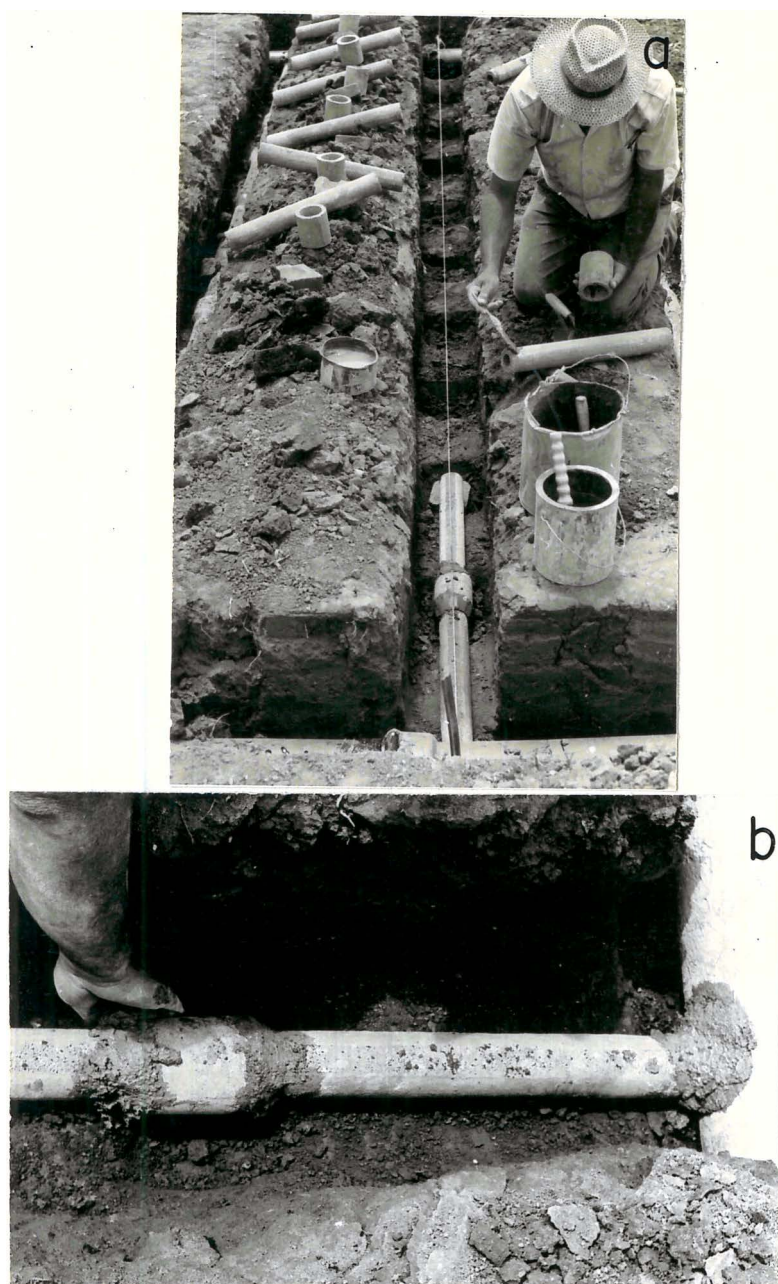


Fig. 18 - a) Instalação das linhas de tubos porosos
b) Detalhes das conexões dos tubos porosos com as luvas e com os tubos alimentadores.

lica para dificultar a entrada de corpos estranhos nas tubulações.

Após a compactação do solo nas valetas, foram coletadas amostras para a determinação da densidade aparente, cujos valores constam do QUADRO 12. Onde esses valores foram muito menores que os do solo não removido, procedeu-se a outra compactação. As valetas encontram-se numeradas segundo a ordem crescente dos blocos e segundo a sucessão das sub-parcelas sub-irrigadas, conforme Fig. 14.

Após a instalação, delimitaram-se sobre a superfície do terreno, os locais a serem ocupados com os canteiros de cenoura, alface e ervilha. A Fig. 19 ilustra o esquema de uma sub-parcela com sub-irrigação.

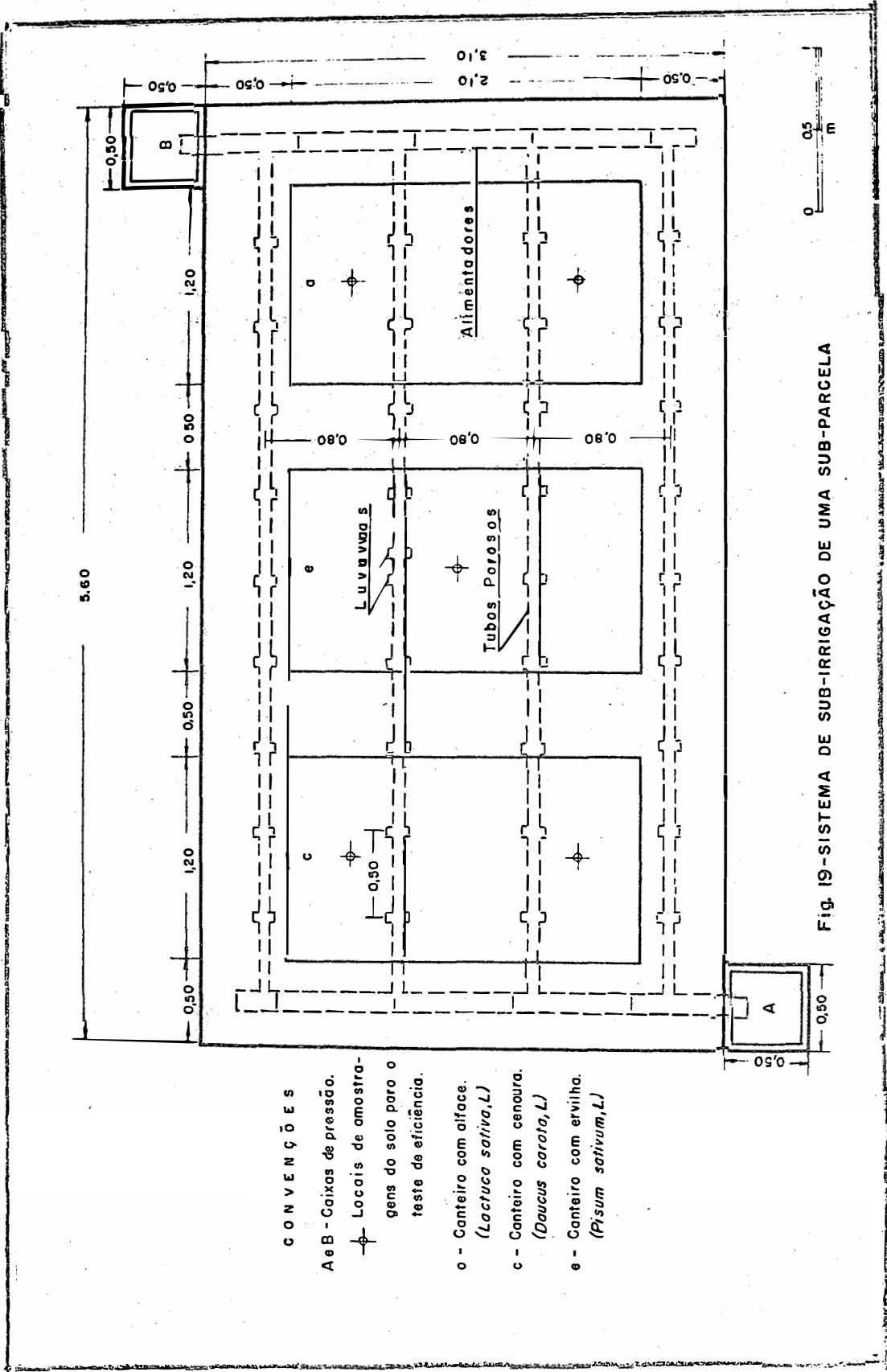
Os tempos gastos por dois funcionários nas diversas fases dessa instalação constam do QUADRO 13, e nos permitem deduzir que o tempo médio para a construção da sub-parcela com sub-irrigação foi de 39h30min.

3.17. - Sub-parcela com o sistema de aspersão

Cada sub-parcela com o sistema de aspersão apresentou-se com o formato retangular e dimensões de 5,60m x 3,10m, idênticas às sub-parcelas com o sistema de sub-irrigação, conforme se verifica pelo esquema apresentado na Fig. 13.

3.18. - Manejo dos sistemas de irrigação

Após a regularização da vazão, por ocasião das irrigações, a água era aplicada sobre as sub-parcelas com aspersão, através de um funil com crivos adaptado à extremidade livre da tubulação distribuidora, como ilustra a Fig. 20a.



CONVENÇÕES

- A e B - Caixas de pressão.
- ⊕ - Locais de amostragem do solo para o teste de eficiência.
- o - Canteiro com alface. (*Lactuca sativa, L*)
- c - Canteiro com cenoura. (*Daucus carota, L*)
- e - Canteiro com ervilha. (*Pisum sativum, L*)

Fig. 19 - SISTEMA DE SUB-IRRIGAÇÃO DE UMA SUB-PARCELA

A altura desse funil era de aproximadamente 0,40m e proporcionava cômoda posição de trabalho ao operário encarregado das irrigações, bem como facilitava a tarefa da distribuição uniforme da água sobre a superfície do solo.

As sub-parcelas sub-irrigadas recebiam água diretamente nas caixas de pressão conforme orientação de STAUCH (1953). A Fig. 20b ilustra este fornecimento de água.



Fig. 20 a) Aplicação da água pelo sistema de aspersão; b) Aplicação da água pelo sistema de sub-irrigação.

3.19. - Determinação da eficiência do sistema de sub-irrigação

Com a finalidade de se estimar a quantidade de água incorporada ao solo, em relação ao total aplicado, determinou-se a eficiência do sistema de sub-irrigação. A equação utilizada foi:

$$E_{ap} = \frac{V_{arm.}}{V_{ap.}} \cdot 100$$

onde,

E_{ap} = eficiência de aplicação em porcentagem

$V_{arm.}$ = volume de água armazenado à profundidade de 0,30m, em litros

$V_{ap.}$ = volume de água aplicado em litros

Para a determinação do volume de água armazenado no solo escolheu-se, ao acaso, uma sub-parcela com sub-irrigação, retirando-se, de cinco pontos de sua superfície, amostras de solo à profundidade de 0,30m, nas quais foram determinadas as porcentagens de umidade, pelo método gravimétrico. Com as médias dessas porcentagens (U_a) calculou-se a quantidade de água necessária para se elevar o teor de umidade do solo até o nível de F.C. A fórmula para isso empregada, de largo emprego em irrigação, foi a seguinte:

$$h_1 = \frac{(F.C. - U_a)}{10} \cdot H \cdot D_a$$

onde,

h_1 = altura líquida de água incorporada ao solo, em milímetros

H = profundidade considerada para a incorporação, em centímetros

D_a = densidade aparente seca em g/cm^3 , na camada de 0,30m.

A quantidade de água assim calculada foi derivada do canal secundário e aplicada à caixa de pressão da sub-parcela escolhida, recobrando-se, depois, a superfície da mesma com pó de serra a fim de minimizar a evaporação. Amostras de solo foram retiradas após 72 horas da aplicação da água e nelas determinadas as porcentagens de umidade, calculando-se então o volume de água armazenado. Os dados referentes à determinação da eficiência do sistema de sub-irrigação constam do QUADRO 14.

3.20. - Determinação da eficiência do sistema de aspersão

A eficiência do sistema de aspersão, utilizado no experimento, foi determinada com o auxílio da mesma equação apresentada no item anterior.

A água foi aplicada em uma superfície de aproximadamente um metro quadrado, recoberta com pó de serra após a aplicação. Após 72 horas retirou-se uma amostra à profundidade de 0-0,30m, na região central dessa área determinando-se a sua porcentagem de umidade. Os dados referentes à essa determinação constam do QUADRO 15.

3.21. - Controle da umidade do solo

Foi utilizado o método gravimétrico para as determinações das porcentagens de umidade do solo. As amostragens foram efetuadas à profundidade de 0-0,30m em torno dos locais assinalados na Fig. 13. O teor médio das porcentagens de umidade na camada considerada dos tratamentos semelhantes foi o valor empregado para estimar "quando" irrigar. Esse teor foi de aproximadamente 22,90% para o tratamento 20, 20,61% para o tratamento 35 e 18,32% para o tratamento 50.

3.22. - Alturas brutas de água aplicadas e intensidade de irrigação

A altura bruta de água aplicada em cada tratamento, foi calculada pela seguinte expressão:

$$h_b = \frac{(F.C. - U_a)}{10} \cdot H \cdot Da \cdot \frac{100}{Ef.}$$

onde,

F.C. - Capacidade de Campo, em porcentagem

U_a = Teor médio das porcentagens de unidade considerado, em cada tratamento, para o início das irrigações

Ef. = Eficiência do sistema; 78,12% para o de sub-irrigação e 92,00% para o de aspersão

H = Profundidade de solo considerada

As alturas calculadas para os tratamentos 20, 35 e 50 foram respectivamente: para o sistema de sub-irrigação, 9,4, 16,2 e 23,7 milímetros e 7,9, 13,9 e 19,9 milímetros para o de aspersão.

No caso de precipitações pluviométricas, dependendo da quantidade precipitada, as irrigações eram feitas de maneira complementar.

As intensidades de irrigação empregadas foram de 7,48mm/h para a sub-irrigação e 4,50mm/h para a aspersão.

3.23. - Início e término das irrigações

As culturas de cenoura e ervilha foram irrigadas desde o dia do plantio até os dias das colheitas (*), o mesmo ocorrendo com a cultura da alface (**). As sub-parcelas com sub-irrigação foram irrigadas por aspersão até a germinação das culturas de cenoura e ervilha.

3.24. - Resistência à compactação de uma linha de sub-irrigação

Próximo ao local do experimento, instalou-se uma linha de sub-irrigação com 8,00m de comprimento colocada à 0,30m de profundidade, seguindo-se a mesma técnica descrita em 3.15, efetuando-se, a seguir, um teste que possibilitasse verificar a resistência dos componentes do sistema à compactação do solo acima deles, quando produzida por máquina agrícola à tração motora.

O teste foi iniciado a 6 de Março de 1972 e consistiu em passar sobre a valeta, 10 vezes a cada 4 dias, as duas rodas laterais de um trator marca Massey Ferguson com peso aproximado de 1.600Kg. Durante o teste foram efetuadas 17 destas operações, totalizando-se 170 passagens da máquina agrícola. Ao final do mesmo, toda a terra da valeta foi removida para que se procedesse ao exame da linha de sub-irrigação, não se verificando, nesta ocasião, qualquer tipo de dano à mesma.

(*) Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças de Frutos do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo.

(**) Conforme recomendações recebidas na Seção de Hortaliças Diversas do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo.

QUADRO 1 - Dados das análises física e química do solo no local do experimento. (Análise granulométrica efetuada pela Seção de Pedologia do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo; análise química efetuada pela Seção de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo e Departamento de Solos e Agrotecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz")

Profundidades (cm)	Análise Granulométrica (%)			Classe Textural	Da. (g/cm ³)	F.C.	P.M.P.	
	Areia	Limo	Argila					
0-30	60,00	13,80	26,20	b. arg. a.	1,22	25,94	10,70	
30-60	46,30	10,00	43,70	arg.	1,30	24,08	15,30	
60-90	41,30	7,50	51,20	arg.	1,27	29,96	9,80	
90-120	42,50	7,50	50,00	arg.	1,26	33,60	15,00	
pH	C (%)	PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺² + Mg ⁺²	H ⁺	Al ⁺³	CTC	V (%)
6,30	1,90	0,26	0,43	5,00	3,70	0,11	9,24	58,77
5,30	0,80	0,02	0,18	2,80	3,68	0,08	6,24	44,21
5,20	1,00	0,14	0,15	2,50	3,83	0,11	6,59	40,21
5,40	0,50	0,02	0,12	2,30	3,38	0,11	5,91	40,95

QUADRO 2 - Dados de porcentagens de umidade obtidos na determinação da Capacidade de Campo pelo método direto.

Tempo (h)	1	24	48	72	96	120
Prof. (cm)						
0-30	13,27	24,16	25,02	25,38	25,64	25,94
30-60	21,84	26,33	27,35	27,35	26,05	27,35
60-90	31,44	31,56	33,21	33,38	35,15	32,06
90-120	35,36	32,07	33,35	33,95	32,07	33,40

QUADRO 3 - Determinação da capacidade de infiltração do solo, do local do experimento, em mm/h.

Hora	Dados de campo			Infiltração (mm/h)	Volume infilt. acum. (cm ³)	Infilt. acumul. (mm)	Infilt. média (mm/h)
	Tempo (min.)		Volume infiltrado (cm ³)				
	Leitura	Acumulada					
8:00	---	---	---	---	---	---	---
8:10	10	10	64	19,2	64	3,2	19,2
8:20	10	20	40	12,0	104	5,2	15,6
8:40	20	40	72	10,8	176	8,8	13,2
9:00	20	60	64	9,6	240	12,0	12,0
9:30	30	90	88	8,7	328	16,4	11,0
10:00	30	120	90	9,0	418	21,0	10,5
10:30	30	150	86	8,6	504	25,2	10,0
11:00	30	180	80	7,8	584	29,2	9,7
11:30	30	210	89	8,9	673	33,6	9,6
12:00	30	240	74	7,4	747	37,3	9,3
12:30	30	270	74	7,4	821	41,0	9,1
13:00	30	300	70	7,0	891	44,6	8,8
14:00	30	360	140	6,0	1.031	51,5	8,5
15:00	60	420	130	5,5	1.161	58,0	8,3
16:00	60	480	122	5,1	1.283	64,2	7,9
17:00	60	540	123	5,1	1.406	70,3	7,8
18:00	60	600	123	5,1	1.529	76,4	7,6

QUADRO 4 - Dados de vazões obtidos na tubulação distribuidora, com funil de crivos e em descarga livre.

Repetições	Com funil de crivos		Em Descarga Livre			
	Tempos	Vazões (l/seg.)	Vazão Média	Tempos	Vazões (l/seg.)	Vazão Média
1	01 min. 32 seg.	0,217		00 min. 55 seg.	0,364	
2	01 min. 31 seg.	0,219		00 min. 55 seg.	0,364	
3	01 min. 32 seg.	0,217	0,217	00 min. 55 seg.	0,364	0,363
4	01 min. 32 seg.	0,217		00 min. 56 seg.	0,357	
5	01 min. 32 seg.	0,217		00 min. 55 seg.	0,364	
6	01 min. 32 seg.	0,217		00 min. 55 seg.	0,364	

QUADRO 5 - Precipitações pluviométricas ocorridas na área do experimento durante o ano de 1971 e coletadas em pluviômetro "Ville-de-Paris", instalado próximo ao local. (milímetros)

meses dias	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiio	Junho
1	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0
2	28,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
3	0,2	0,0	0,0	6,1	14,7	0,0
4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	3,5	0,0	12,5	0,0
6	31,5	1,5	16,1	0,0	9,5	0,0
7	35,6	0,0	10,4	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	3,0	0,1	0,0	0,0
9	0,0	14,2	0,0	2,1	4,3	7,9
10	0,0	14,5	33,5	14,5	0,0	0,0
11	1,2	6,7	23,0	0,2	0,0	0,0
12	0,8	0,0	47,6	0,0	0,0	8,1
13	1,5	0,0	5,1	0,0	0,0	7,2
14	7,1	0,5	3,0	9,4	0,0	7,8
15	52,5	15,2	0,1	0,0	0,0	0,0
16	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,8
17	0,0	0,1	0,0	23,0	0,0	6,4
18	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	42,4
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,4
20	2,0	23,1	0,0	0,0	0,0	8,0
21	3,0	2,7	2,0	0,0	0,0	3,0
22	1,4	0,7	0,8	10,7	0,0	0,0
23	0,0	2,0	0,0	3,6	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,3	6,7	0,0	0,0
25	0,0	8,5	2,5	0,0	5,6	0,0
26	0,0	0,0	28,7	0,0	13,3	0,0
27	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	14,5	0,0	0,0	0,0
29	2,3	-	4,4	0,0	0,0	0,0
30	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	-	5,4	-	0,0	-

QUADRO 5 - (continuação)

meses dias	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	0,0	0,0	8,0	12,3	0,0	6,1
2	2,2	0,0	0,0	3,5	31,0	3,2
3	7,1	0,0	1,0	0,2	19,3	0,1
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	36,1
5	8,1	0,0	0,0	12,1	0,0	1,3
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
8	0,0	5,2	1,7	35,4	0,0	0,0
9	0,0	0,0	13,4	0,0	0,0	2,4
10	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	17,8
11	0,0	0,0	0,0	10,6	9,4	0,0
12	0,0	5,0	8,4	37,6	0,0	2,6
13	0,0	0,0	0,0	0,9	30,9	4,6
14	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	13,2
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
16	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	34,7	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
24	0,0	0,0	5,3	0,0	5,1	30,0
25	0,0	0,0	16,5	10,4	7,5	14,5
26	0,0	0,0	0,0	12,2	0,9	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	6,2
28	3,1	10,2	0,0	0,0	3,6	13,6
29	0,0	0,8	0,4	0,2	0,0	6,8
30	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6
31	1,0	0,0		0,0		5,1

QUADRO 6 - Temperaturas médias mensais do ar ocorridas no Posto Meteorológico da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, próximo ao local do experimento, durante o ano de 1971. (Dados obtidos dos arquivos da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo)

Meses	Temperatura (°C)	Meses	Temperatura (°C)
Janeiro	22,8	Julho	15,5
Fevereiro	23,1	Agosto	17,5
Março	22,1	Setembro	18,4
Abril	19,4	Outubro	19,3
Maiο	16,9	Novembro	19,6
Junho	15,8	Dezembro	21,3

QUADRO 7 - Dimensões de comprimento e diâmetro das peças externas e internas constituintes das formas utilizadas para a fabricação dos tubos porosos, tubos de alimentação e luvas de conexão.

Di- men- sões (m)	Tubos porosos		Tubos de alimentação		Luvas de conexão	
	Peças		Peças		Peças	
	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna
Compri- mento (m)	0,500	0,650	0,600	0,700	0,100	0,400
Diâme- tro (m)	0,065	0,061	0,150	0,090	0,090	0,063

QUADRO 8 - Dimensões dos tubos porosos, tubos de alimentação e luvas de conexão.

Peças	Tubos porosos	Tubos de Ali- mentação	Luvas de co- nexão
Comprimento	0,500	0,600	0,100
Diâmetro ex- terno	0,065	0,150	0,090
Diâmetro in- terno	0,061	0,090	0,063
Espessura da parede	0,020	0,030	0,013
Largura da faixa porosa	0,015	-----	-----

QUADRO 9 - Dados de vazões e coeficientes de permeabilidade hidráulica (K_1 e K_2) obtidos em dois tubos porosos.

Cargas hidráulicas (cm)	Tubo nº 1		K_1 (cm/h)	Tubo nº 2		K_2 (cm/h)	Médias $\frac{K_1+K_2}{2}$		
	Vazões em cm ³ /h			Vazões em cm ³ /h					
	Repetições			Repetições					
	1	2		1	2				
10	84.600	88.800	86.700	129,01	81.600	85.200	83.400	231,66	180,33
20	115.800	119.400	117.600	95,45	107.400	112.200	109.800	83,18	89,31
30	141.600	145.800	143.700	80,18	135.000	136.200	135.600	70,62	75,40
40	165.600	166.200	165.900	70,53	156.000	154.200	155.100	61,54	66,04
50	186.000	187.800	186.900	64,18	175.800	174.600	175.200	56,15	60,16
60	206.400	209.400	207.900	59,87	196.800	191.400	194.100	52,17	56,02
70	220.200	229.200	224.700	55,72	213.000	208.200	210.600	48,75	52,24
80	243.000	246.000	244.500	53,24	227.400	220.800	224.100	45,54	49,39
90	260.400	273.000	266.700	51,76	246.000	240.000	243.000	44,02	47,89
100	278.800	277.200	278.000	48,66	256.600	250.800	253.700	41,45	45,06

QUADRO 10 - Massa específica aparente, massa específica real e porosidade total de amostras de tubos porosos utilizados no sistema de sub-irrigação.

Amostra do Material	Peso Seco a 110°C	Peso Seco + Vinylite (g)	Volume do Material (cm ³)	Densidade Aparente (g/cm ³)	Densidade Real (g/cm ³)	Porosidade Total (%)
1	36,60	37,24	16,00	2,29	2,68	14,60
2	40,81	41,35	19,00	2,15	2,68	19,80
3	28,66	28,89	14,00	2,05	2,68	23,50
Médias	35,35	35,82	16,33	2,16	2,68	19,30

QUADRO 11 - Porcentagens de água disponível, em milímetros, ocorridas na determinação do espaçamento da linha de tubos porosos, à distâncias de 0,50m, 1,50m à direita, 1,00m e 2,00m à esquerda e sobre a mesma (C) em diferentes datas, à profundidade de 0,30m.

Data	Tempo	Porcentagem de água disponível (mm)				
		Direita da linha (m)		Esquerda da linha (m)		C
		0,50	1,50	1,00	2,00	
12/6	Inicial	27,50	28,86	29,10	27,05	28,00
13/6	7h	56,42	15,74	13,51	13,12	93,83
13/6	13h	60,32	32,81	15,07	12,46	93,83
13/6	19h	93,83	22,30	49,86	15,07	58,52
14/6	7h	60,37	27,55	13,77	17,05	71,52
14/6	13h	75,47	31,34	29,53	30,14	73,49
14/6	19h	51,04	25,58	33,45	46,58	80,06
15/6	7h	70,86	43,23	54,45	9,18	93,11
15/6	13h	68,24	21,83	72,83	14,34	66,93
15/6	19h	66,24	27,52	32,14	10,48	68,24

QUADRO 12 - Valores de densidade aparente seca obtidos em amostras de solo das valetas, após a compactação, nas sub-parcelas com sub-irrigação. (Determinações efetuadas pela Seção de Pedologia do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo).

Valetas	Da (g/cm ³)	Valetas	Da (g/cm ³)	Valetas	Da (g/cm ³)	Valetas	Da (g/cm ³)
1	1,20	19	1,05	37	1,22	55	1,14
2	1,00	20	1,17	38	1,11	56	1,21
3	1,10	21	1,16	39	1,17	57	0,95
4	1,53	22	0,96	40	1,39	58	1,10
5	1,32	23	1,04	41	1,27	59	1,13
6	1,19	24	1,28	42	1,19	60	1,24
7	1,11	25	1,03	43	1,15	61	1,28
8	1,30	26	1,09	44	1,24	62	1,31
9	1,22	27	1,13	45	1,18	63	1,22
10	1,10	28	1,34	46	1,12	64	1,19
11	1,19	29	1,17	47	1,16	65	1,06
12	1,28	30	1,21	48	1,27	66	1,17
13	1,15	31	1,09	49	1,07	67	1,18
14	1,05	32	1,26	50	1,18	68	1,37
15	1,30	33	1,30	51	1,09	69	1,07
16	1,36	34	1,17	52	1,30	70	1,07
17	1,13	35	1,14	53	1,32	71	1,10
18	1,20	36	1,27	54	1,14	72	1,26

QUADRO 13 - Intervalos de tempo decorridos nas operações de abertura das valetas, nivelamento do fundo, abertura das depressões, instalação dos tubos porosos + alimentação + teste de vazamento, cons-trução das caixas de pressao, retorno do solo e compactação nas sub-parcelas com sub-irrigação.

Blocos	Sub Parcelas	Abertura das valetas	Nivelamento do fundo	Abertura das depressões	Instalação dos tubos porosos, de alimentação + teste de vazamento	Caixas de pressao	Retorno do solo e compactação
B ₁	1	4h 15min.	2h 05min.	2h 40min.	13h 20min.	19h 40min.	3h 48min.
	2	5h 15min.	1h 50min.	2h 20min.	14h 50min.	12h 20min.	2h 50min.
	3	6h 30min.	2h 10min.	2h 15min.	12h 50min.	18h 00min.	2h 30min.
B ₂	4	5h 00min.	2h 10min.	2h 20min.	13h 40min.	13h 00min.	2h 45min.
	5	5h 30min.	2h 06min.	2h 25min.	10h 50min.	11h 50min.	3h 40min.
	6	5h 15min.	2h 10min.	2h 20min.	12h 50min.	14h 10min.	2h 40min.
B ₃	7	6h 00min.	2h 00min.	2h 25min.	13h 40min.	14h 40min.	2h 15min.
	8	5h 40min.	2h 08min.	2h 20min.	16h 00min.	13h 50min.	2h 15min.
	9	5h 50min.	1h 55min.	2h 10min.	12h 40min.	12h 00min.	2h 20min.
B ₄	10	6h 50min.	1h 56min.	2h 15min.	11h 30min.	12h 40min.	2h 15min.
	11	5h 40min.	2h 03min.	2h 17min.	11h 40min.	14h 00min.	2h 15min.
	12	5h 35min.	2h 10min.	2h 14min.	17h 00min.	13h 40min.	2h 10min.
B ₅	13	5h 40min.	2h 09min.	2h 20min.	16h 30min.	14h 30min.	2h 20min.
	14	5h 35min.	2h 00min.	2h 00min.	15h 30min.	12h 50min.	2h 25min.
	15	5h 10min.	2h 03min.	1h 50min.	12h 30min.	13h 00min.	2h 10min.
B ₆	16	5h 15min.	1h 56min.	1h 50min.	11h 00min.	11h 40min.	2h 00min.
	17	5h 10min.	2h 03min.	1h 50min.	10h 30min.	13h 00min.	2h 00min.
	18	4h 50min.	2h 10min.	2h 00min.	12h 40min.	10h 40min.	2h 10min.
Totais	99h 00min.	37h 04min.	39h 48min.	239h 30min.	245h 30min.	44h 48min.	
Médias	05h 30min.	02h 30min.	02h 12min.	13h 18min.	13h 36min.	02h 24min.	
		30seg.	36seg.	18seg.	18seg.	18seg.	

QUADRO 14 - Dados obtidos na determinação da eficiência do sistema de sub-irrigação.

Porcentagem de umidade inicial	Volume de água derivado (litros)	Porcentagem de umidade após 72h	Volume de água armazenado (litros)	Eficiência (%)
23,10	243,90	25,10	190,55	78,12

QUADRO 15 - Dados obtidos na determinação da eficiência do sistema de aspersão

Porcentagem de umidade inicial	Volume de água derivado (litros)	Porcentagem de umidade após 72h	Volume de água armazenado (litros)	Eficiência (%)
13,91	42,05	24,99	38,71	92,00

4. - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. - Cultura da cenoura

4.1.1. - Produção

Os dados de produção obtidos com a cultura da cenoura constam do QUADRO 16, onde se observa que o peso total das raízes comercializáveis das plantas irrigadas por aspersão foi superior, na maior parte dos blocos e tratamentos de umidade do solo, quando comparado às irrigadas por sub-irrigação. Assim é que a média total relativa ao sistema de aspersão é de 4.910,60g por canteiro contra 3.537,80g por canteiro, no sistema de sub-irrigação.

Por outro lado, a análise da variância apresentada no QUADRO 17, comprovou, ao nível de 5% de probabilidade que realmente existe diferença significativa entre os sistemas de irrigação. Nesse mesmo Quadro, observa-se que houve diferença significativa, ao nível de 1% de probabilidade entre as repetições.

Com relação aos tratamentos de umidade do solo verifica-se, ainda pelos dados do QUADRO 17, que não existe diferença significativa entre os tratamentos, cabendo as médias de 4.417,58, 4.549,67 e 3.307,42 gramas por canteiro para os tratamentos 20, 35 e 40 respectivamente. Tal fato sugere que, para o presente caso, pode-se aplicar a teoria da disponibilidade de água ao solo, apresentada por VEIHMEYER e HENDRICKSON (1927).

Os resultados obtidos, com relação a esses níveis de umidade, são discordantes com os obtidos por BARNES (1936) que, com altos teores de umidade no solo, conseguiu maiores pesos de raízes e com os obtidos por HAWTHORN (1952), que comprovou aumento da produção de raízes, quando o solo foi mantido a

níveis médios de umidade disponível.

Os resultados obtidos em relação ao sistema de sub-irrigação são discordantes com os obtidos por RIETHUS et al. (1957), que conseguiu maiores produções de raízes quando o nível de umidade no solo foi mantido em 80% do total disponível.

Com relação às diferenças obtidas entre os dois sistemas de irrigação, deve-se considerar o seguinte: as sementes de cenoura são pequenas, sendo que, em média, um grama possui 950 sementes. Elas devem ser semeadas no local definitivo e, as sementes sendo pequenas, dão origem a plantas frágeis, que necessitam cuidados especiais, como a eliminação do mato (CAMARGO, 1963). Comprova este fato o trabalho de BLANCO e OLIVEIRA (1970), que concluiu ser necessário manter no limpo a cultura da cenoura, desde a germinação até 20 dias do ciclo da mesma, a fim de que não haja quebra de produção devida à concorrência das ervas daninhas nos fatores de crescimento, entre eles a água, de grande importância para o desenvolvimento e produção.

A cultura em questão foi mantida no limpo, mas os dados obtidos sugerem que, provavelmente, a água fornecida na quantidade necessária, por sub-irrigação, não atingiu a camada de solo mais superficial onde se localizavam a quase totalidade das raízes das plantas jovens.

Ainda pelos dados do QUADRO 17, verifica-se que as interações entre os sistemas de irrigação e níveis de umidade do solo não foram significativas. Este fato indica serem semelhantes os efeitos desses níveis, quando a água foi fornecida através de cada um dos sistemas, o que poderá ser comprovado através dos dados apresentados no QUADRO 18, isto é, à medida que os níveis de umidade disponível decrescem as produções também decrescem, nos dois sistemas de irrigação.

Também pelos dados do QUADRO 16, nota-se que o peso

médio das raízes comercializáveis das plantas irrigadas por aspersão foi superior, na maior parte dos blocos e tratamentos de umidade do solo, quando comparados às irrigadas por sub-irrigação. Assim é que a média total relativa ao sistema de aspersão é de 78,50g por planta contra 64,55g por planta no sistema de sub-irrigação. Por outro lado, a análise da variância apresentada no QUADRO 19, comprova, ao nível de 1% de probabilidade, que existe diferença significativa entre os sistemas de irrigação. Nesse mesmo Quadro observa-se haver diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre as repetições.

Com relação aos tratamentos de níveis de umidade do solo observa-se, ainda pelos dados do QUADRO 19, que não houve diferença significativa entre os mesmos, cabendo as médias de 75,33, 76,00 e 62,25 gramas por planta, para os tratamentos 20, 35 e 50, respectivamente. Tal fato sugere que, para o presente caso, pode-se aplicar a teoria da disponibilidade de água ao solo apresentada por VEIHMEYER e HENDRICKSON (1927).

Com referência às diferenças obtidas entre os dois sistemas de irrigação, deve-se considerar o fato, já abordado anteriormente, de que a água fornecida, na quantidade necessária pelo sistema de sub-irrigação não atingiu a camada de solo mais superficial onde se localizavam as raízes das plantas jovens.

Ainda pelos dados do QUADRO 19, verifica-se que as interações entre os sistemas de irrigação utilizados e os níveis de umidade do solo não foram significativas. Este fato indica serem semelhantes os efeitos desses níveis, quando a água foi fornecida através de cada um dos sistemas, o que poderá ser comprovado através dos dados apresentados no QUADRO 18, isto é, à medida que os níveis de umidade disponível decrescem as produções obtidas também decrescem nos dois sistemas de irrigação.

Pelos dados apresentados no QUADRO 16, observa-se também que o peso total das raízes não comercializáveis das plantas irrigadas por aspersão foi superior, na maior parte dos blocos e tratamentos de umidade do solo, quando comparado ao sistema de sub-irrigação. Assim é que a média total relativa ao sistema de aspersão é de 1.431,89g por canteiro contra 1.094,72g por canteiro, no sistema de sub-irrigação.

Por outro lado, a análise da variância apresentada no QUADRO 20, comprovou, ao nível de 5% de probabilidade, que realmente houve diferença entre os sistemas de irrigação. Nesse mesmo Quadro, observa-se que não houve diferença significativa entre as repetições.

Com relação aos tratamentos de umidade do solo, verifica-se, ainda pelos dados do QUADRO 20, que houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, cabendo as médias de 1.456,50, 1.238,00 e 1.095,00 gramas por canteiro para os tratamentos 20, 35 e 50 respectivamente. Esses resultados são concordantes com os obtidos por BARNES (1936) que, com altos teores de umidade no solo, conseguiu maiores pesos de raízes e com HAWTHORN (1952), que comprovou aumento de produção de raízes quando o solo foi mantido a níveis médios de umidade disponível.

Relativamente às diferenças obtidas entre os dois sistemas de irrigação, deve-se considerar o fato, já abordado anteriormente, de que a água fornecida, em quantidade suficiente por sub-irrigação, não atingiu a camada de solo mais superficial, onde se localizavam a quase totalidade das raízes das plantas jovens.

Também pelos dados do QUADRO 20, observa-se que as interações entre níveis de umidade do solo e os sistemas de irrigação utilizados não foram significativos, fato esse que

indica serem semelhantes os efeitos desses níveis, quando a água foi fornecida através de cada sistema, o que poderá ser verificado pelos dados apresentados no QUADRO 18, nele, observa-se que há decréscimo na produção à medida que os níveis de umidade decrescem, dois sistemas de irrigação.

Ainda pelos dados do QUADRO 16, nota-se que o peso médio das raízes não comercializáveis das plantas irrigadas por aspersão foi superior, em todos os blocos e tratamentos de umidade do solo, quando comparadas às irrigadas por sub-irrigação. Assim é que a média total relativa ao sistema de aspersão é de 42,05g por planta contra 26,89g por planta no sistema de sub-irrigação. Por outro lado, a análise da variância apresentada no QUADRO 21, comprovou, ao nível de 1% de probabilidade que existe diferença significativa entre os sistemas de irrigação. Nesse mesmo Quadro, observa-se que houve diferença significativa ao nível de 5%, entre as repetições.

Com relação aos tratamentos de níveis de umidade do solo, observa-se, também, pelos dados do QUADRO 21, que houve diferença significativa entre os mesmos, ao nível 1% de probabilidade, cabendo as médias de 39,67, 35,08 e 28,67 gramas por planta para os tratamentos 20, 35 e 50, respectivamente.

Com referência às diferenças obtidas entre os dois sistemas de irrigação deve-se considerar o fato, já abordado anteriormente, de que a água fornecida, em quantidade suficiente, pelo sistema de sub-irrigação, não atingiu a camada de solo mais superficial onde se localizavam a quase totalidade das raízes das plantas jovens.

Pelos dados do QUADRO 21, nota-se também que as interações entre sistemas de irrigação e níveis de umidade do solo foram significativas ao nível de 1% de probabilidade. Esse fato indica que não foram semelhantes os efeitos desses níveis

quando a água foi fornecida por aspersão e sub-irrigação, o que pode ser verificado pelos dados do QUADRO 18, isto é, no sistema de aspersão, à medida que o teor de umidade decresce, as produções também decresceram e no de sub-irrigação, houve maior produção no nível intermediário, ou seja, no tratamento 35.

4.1.2. - Dados biométricos

Além dos dados de produção, foram também obtidos os dados biométricos apresentados nos QUADROS 22, 23 e 24.

Entretanto, a discussão, aqui, de tais dados foge aos principais objetivos deste trabalho. Por outro lado, examinando-se, de maneira geral, as análises da variância relativas a esses dados, verifica-se o seguinte:

- Sistemas de irrigação

Houve diferenças significativas entre sistemas de irrigação, para as seguintes variáveis: peso total e peso médio das folhas, peso médio de dez raízes, diâmetros médios no topo e no meio de dez raízes e altura da parte aérea de uma planta média.

Não houve diferenças significativas para número de raízes não comercializáveis e comprimento médio de dez raízes.

- Tratamentos de umidade do solo

Houve diferenças significativas entre tratamentos para as seguintes variáveis: peso total e peso médio das folhas, peso médio de dez raízes, diâmetro médio no topo e no meio de dez raízes.

Não houve diferenças significativas para o número de raízes comercializáveis e não comercializáveis, comprimento médio de dez raízes e altura da parte aérea de uma planta média.

- Interações entre sistemas de irrigação e níveis

de umidade do solo

Houve diferenças significativas para peso total e peso médio das folhas, peso e comprimento médio de dez raízes e diâmetro médio no topo de dez raízes.

Não houve diferenças significativas para número de raízes comercializáveis e não comercializáveis, diâmetro médio no meio em dez raízes e altura da parte aérea de uma planta média.

4.2. - Cultura da alface

4.2.1. - Produção

Os dados de produção obtidos com a cultura da alface constam do QUADRO 25, onde se observa que o peso total da parte aérea das plantas irrigadas por aspersão foi superior, na maior parte dos blocos e tratamentos de umidade do solo, quando comparado às irrigadas por sub-irrigação. Assim é que a média total relativa ao sistema de aspersão foi de 2.016,29g por canteiro contra 1.563,15g por canteiro, no sistema de sub-irrigação.

Por outro lado, a análise da variância apresentada no QUADRO 26, comprovou, ao nível de 1% de probabilidade, que realmente existe diferença entre os sistemas de irrigação. Nesse mesmo Quadro, observa-se que houve, ao nível de 5% de probabilidade, diferenças significativas entre as repetições.

Com relação aos tratamentos de níveis de umidade no solo, verifica-se que houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os mesmos, cabendo as médias de 2.007,80, 1.899,30 e 1.462,00 gramas por canteiro para os tratamentos 20, 35 e 50 respectivamente. Tal fato sugere que, para

o presente caso, pode-se aplicar a teoria da disponibilidade de água ao solo apresentada por RICHARD e WADLEIGH (1952). Esses resultados são concordantes com os obtidos por BLOODWORTH et al. (s.d.), SCHWALEN e WHARTON (1930) e PRYOR (1944), que obtiveram maiores produções quando mantiveram o solo com altos teores de umidade disponível; e discordam com os obtidos por VEIHMEYER e WHARTON (1949) que não verificaram aumento de produção com as variações dos teores de umidade do solo.

Com referência às diferenças de produção obtidas com os dois sistemas de irrigação deve-se considerar o seguinte: SWEET (1943) verificou que, na cultura de alface, poucas raízes saem da raiz central. Estas, quando a planta é jovem, apresentam grande número de ramificações na camada de solo próxima à superfície, não ocorrendo o mesmo em profundidades maiores. Desde que são essas pequenas raízes que absorvem os elementos fertilizantes e a água, os mesmos deverão ser colocados na superfície do solo.

A cultura em questão foi mantida convenientemente adubada, na superfície do solo, mas os dados obtidos sugerem que, provavelmente, a água fornecida, em quantidade suficiente por sub-irrigação, não atingiu a camada de solo mais superficial onde se localizavam a quase totalidade das raízes das plantas jovens.

Ainda pelos dados do QUADRO 26, verifica-se que as interações entre os sistemas de irrigação e os níveis de umidade do solo não foram significativos. Este fato indica serem semelhantes os efeitos dos níveis quando a água foi fornecida por aspersão e sub-irrigação, o que poderá ser observado pelos dados do QUADRO 27, isto é, à medida que os níveis de umidade no solo decrescem, as produções também decrescem para os dois sistemas de irrigação.

Pelos dados do QUADRO 25, ainda observa-se que o peso médio da parte aérea das plantas irrigadas por aspersão foi superior, na maior parte dos blocos e tratamentos de umidade do solo, quando comparado às irrigadas com o sistema de sub-irrigação. Assim é que a média total relativa ao sistema de aspersão foi de 230,54g por planta contra 187,41g por planta do sistema de sub-irrigação. Por outro lado, a análise da variância apresentada no QUADRO 28, comprovou, ao nível de 5% de probabilidade que realmente existe diferença entre os sistemas de irrigação. Nesse mesmo Quadro observa-se que houve, ao nível de 5% de probabilidade, diferença significativa entre as repetições.

Com relação aos tratamentos de níveis de umidade do solo, observa-se que houve diferença significativa entre os mesmos, ao nível de 5% de probabilidade, cabendo as médias de 224,50, 225,95 e 176,49 gramas por planta para os tratamentos 20, 35, e 50 respectivamente. Tal fato sugere que para o presente caso pode-se aplicar a teoria da disponibilidade de água do solo apresentada por RICHARD e WADLEIGH (1952). Esses resultados concordam com os obtidos por BLOODWORTH *et al.* (s.d.), SCHWALEN e WHARTON (1930) e PRYOR (1944) que obtiveram maiores produções quando mantiveram o solo com altos teores de umidade disponível; e discordantes com os obtidos por VEIHMEYER e WHARTON (1949), que não verificaram aumento de produção com a variação dos teores de umidade no solo.

Com referência às diferenças obtidas com os dois sistemas de irrigação, deve-se considerar o fato, já mencionado, de que a água fornecida, em quantidade suficiente, pelo sistema de sub-irrigação não atingiu a camada de solo onde se encontravam a maioria das raízes das plantas jovens.

Ainda pelos dados do QUADRO 28, observa-se que as

Interações existentes entre os níveis de umidade do solo e os sistemas de irrigação, não foram significativos. Isto indica que foram semelhantes os efeitos dos níveis, quando a água foi fornecida por aspersão e por sub-irrigação, o que pode ser comprovado pelos dados do QUADRO 27, isto é, à medida que os níveis de umidade decrescem, os pesos médios também decrescem para os dois sistemas de irrigação.

4.2.2. - Dados biométricos

Além dos dados de produção, foram obtidos os biométricos apresentados nos QUADROS 29, 30, 31, 32 e 33. Entretanto, a discussão aqui de tais dados foge aos principais objetivos deste trabalho. Por outro lado, examinando-se, de maneira geral as análises da variância relativas a esses dados, pode-se verificar o seguinte:

- Sistemas de irrigação

Houve diferenças significativas entre sistemas de irrigação, para as seguintes variáveis: altura média em cinco plantas em 10/7, 20/7, 2/8, diâmetro médio em cinco plantas em 20/7, 30/7, 2/8 e número de folhas em cinco plantas em 20/7.

Não houve diferenças significativas para as seguintes variáveis: altura média em cinco plantas em 30/6, diâmetro médio em cinco plantas em 30/6, 10/7, número de folhas em cinco plantas em 30/6, 10/7, número de plantas comercializáveis, peso total das raízes, peso médio das raízes, e porcentagem de plantas comercializáveis.

- Tratamentos de umidade do solo

Houve diferenças significativas para as variáveis de diâmetro médio em cinco plantas em 10/7, 20/7, 30/7 e número de folhas em cinco plantas em 30/6.

Não houve diferenças significativas para altura média em cinco plantas em 30/6, 10/7, 20/7, 2/8, diâmetro médio em cinco plantas em 30/6, número de folhas em cinco plantas em 10/7, 20/7, número de plantas comercializáveis, peso total e peso médio de raízes e porcentagens das plantas comercializáveis.

- Interações entre sistemas de irrigação e níveis de umidade do solo

Não houve diferenças significativas para todas as variáveis estudadas.

4.3. - Ervilha

4.3.1. - Dados de produção

Os dados de produção obtidos com a cultura da ervilha constam do QUADRO 34, onde se observa que o peso total de vagens das plantas irrigadas por sub-irrigação, foi superior, na maioria dos blocos e tratamentos de umidade do solo, quando comparado ao sistema de aspersão. Assim é que a média total relativa ao sistema de sub-irrigação é de 786,94g por canteiro contra 515,44g por canteiro, no sistema de aspersão.

Por outro lado a análise da variância apresentada no QUADRO 35, comprovou, ao nível de 5% de probabilidade que realmente existe diferença significativa entre os sistemas de irrigação. Neste mesmo Quadro, observa-se que não houve diferença significativa entre as repetições.

Com relação aos tratamentos de umidade do solo, verifica-se, ainda pelos dados do QUADRO 35, que não existe diferença significativa entre os tratamentos, cabendo as médias

de 650,58, 628,16 e 674,83 gramas por canteiro para os tratamentos 20, 35 e 50 respectivamente. Tal fato sugere que para o presente caso, pode-se aplicar a teoria da disponibilidade de água do solo, apresentada por VEIHMEYER E HENDRICKSON (1927).

Os resultados obtidos com relação aos níveis de umidade do solo são discordantes com os obtidos por HAWTHORN e POLLARD (s.d.) que obtiveram altas produções com os níveis alto e médio de umidade no solo.

Com relação às diferenças obtidas entre os dois sistemas de irrigação, deve-se considerar o seguinte:

KNOTT (1950) observa que a profundidade de sementeação deve ser aproximadamente igual a quatro vezes o diâmetro das sementes.

No presente caso, esta profundidade esteve em torno de 2,8cm, pois foi de aproximadamente 7,0mm o diâmetro médio das sementes.

Por outro lado, é sabido que o sistema radicular da ervilha é vigoroso e se aprofunda rapidamente nos primeiros dias após a sementeação. Os resultados obtidos indicam que, provavelmente, desde essa ocasião, as raízes se desenvolveram até profundidades onde existia água em quantidade disponível, fornecida pelo sistema de sub-irrigação.

Ainda pelos dados do QUADRO 35, verifica-se que as interações entre os sistemas de irrigação e níveis de umidade do solo foram significativos ao nível de 5% de probabilidade. Esse fato indica não serem semelhantes os efeitos desses níveis, quando a água foi fornecida através de cada sistema, o que poderá ser comprovado através dos dados apresentados no QUADRO 36, isto é, à medida que os níveis de água disponível decrescem as produções crescem para o sistema de aspersão e decrescem para o

sistema de sub-irrigação.

Também pelos dados do Quadro anterior verifica-se que a maior produção foi obtida com o nível alto de umidade disponível associado ao sistema de sub-irrigação; esse resultado discorda com o de RIETHUS et al. (1957) que obtiveram maiores produções com o sistema de sub-irrigação associado a níveis médios de umidade do solo.

Também pelos dados do QUADRO 34, observa-se que o peso total de grãos das plantas irrigadas por sub-irrigação foi superior, na maior parte dos blocos e tratamentos de umidade do solo, quando comparados às irrigadas por aspersão. Assim é que a média total relativa ao sistema de sub-irrigação é de 338,70g por canteiro contra 210,30g por canteiro do sistema de aspersão. Por outro lado, a análise da variância apresentada no QUADRO 37, comprova, ao nível de 1% de probabilidade que houve diferença significativa entre os sistemas de irrigação. Nesse mesmo Quadro observa-se que não há diferença significativa entre as repetições.

Com relação aos tratamentos de níveis de umidade do solo observa-se, ainda no QUADRO 37, que não houve diferença significativa entre tratamentos, cabendo as médias de 278,00, 264,00 e 281,00 gramas por canteiro para os tratamentos 20, 35 e 50 respectivamente. Tal fato sugere que, para o presente caso pode-se aplicar a teoria da disponibilidade de água apresentada por VEIHMEYER e HENDRICKSON (1927).

Com referência às diferenças obtidas entre os dois sistemas de irrigação, deve-se considerar o fato já mencionado anteriormente, de que as raízes se desenvolveram até profundidades onde havia água disponível fornecida pelo sistema de sub-irrigação, desde os primeiros dias após a sementeação.

Ainda pelos dados do QUADRO 37, verifica-se que as interações entre os sistemas de irrigação e os níveis de umidade foram significativos ao nível de 1% de probabilidade, indicando assim serem diferentes os efeitos dos níveis de água quando aplicados por sub-irrigação e aspersão, o que pode ser verificado pelos dados do QUADRO 36, onde se observa que à medida que decrescem os níveis de umidade do solo, crescem as produções no sistema de aspersão, ocorrendo, para o sistema de sub-irrigação, um decréscimo até o tratamento 35 para tornar a crescer, no tratamento 50. Também, pelos dados do QUADRO 36, verifica-se que a maior produção foi obtida com o nível de 50% de água disponível associado ao sistema de sub-irrigação, resultado que discorda com RIETHUS et al. (1957), que obtiveram maiores produções com níveis de 60% associado ao mesmo sistema.

4.3.2. - Dados biométricos

Além dos dados de produção, foram também obtidos os dados biométricos apresentados nos QUADROS 38, 39 e 40.

Entretanto, a discussão, aqui, de tais dados foge aos principais objetivos deste trabalho. Por outro lado, examinando-se, de maneira geral, as análises da variância relativas a esses dados verifica-se o seguinte:

- Sistemas de irrigação

Houve diferenças significativas entre sistemas de irrigação, para as seguintes variáveis: número de vagens por canteiro, peso médio de vagens, largura de uma vagem média, número de grãos por canteiro, média de grãos por vagem, e peso médio de grãos.

Não houve diferença significativa para comprimento de uma vagem média.

- Tratamento de umidade do solo

Não houve diferença significativa para todas as variáveis estudadas.

Interações entre sistemas de irrigação e níveis de umidade do solo

Houve diferenças significativas para: número de vagens e peso médio de grãos.

Não houve diferenças significativas para: peso médio de vagens, comprimento de uma vagem média, largura de uma vagem média e número de grãos por canteiro.

- Comentário final

Como comentário final relativo às culturas de cenoura e alface, examinando-se os itens 4.1.1. e 4.2.1. às páginas 91 e 97, verifica-se que o sistema de sub-irrigação se evidenciou inferior ao de aspersão, no que concerne às variáveis de produção estudadas, segundo resultados estatisticamente significantes.

Assim é que, as médias gerais relativas ao peso total das raízes comercializáveis de cenoura, apresentadas no QUADRO 17 à página 108, têm valores de 3.537,80g/canteiro e 4.910,60g/canteiro correspondentes a 2.620,66g/m² e 3.637,48g/m² para os sistemas de sub-irrigação e aspersão respectivamente. Observa-se que a produção obtida com o sistema de sub-irrigação foi 27,20% menor que a produção média de 3.600,00g/m² mencionada por CAMARGO (1963), para as nossas condições.

Com relação à cultura da alface, observa-se que as médias gerais relativas ao peso total da parte aérea, apresentadas no QUADRO 26 à página 117, tem valores de 1.563,15g/canteiro e 2.016,29g/canteiro correspondentes a 1.736,72g/m² e 2.240,32g/m² para os sistemas de sub-irrigação e aspersão res-

pectivamente. Verifica-se que a produção obtida com o sistema de sub-irrigação foi de 13,16% menor que a produção média de 2.000g/m² mencionada por BERNARDI (1968/69), para as nossas condições.

Por outro lado, já foi também mencionado que, provavelmente, a água fornecida em quantidade suficiente pelo sistema de sub-irrigação, não chegou a atingir a camada de solo mais superficial onde se concentravam a maioria das raízes das plantas jovens de cenoura e alface.

Desta maneira, para o caso destas hortaliças, provavelmente, a linha de tubos deverá ser colocada à profundidade menor.

QUADRO 16 - Dados de produção obtidos em plantas de cenoura, na colheita das sub-parcelas irrigadas por aspersão (A) e por sub-irrigação (Si)

Blocos	Parcelas	Peso total das raízes comercializáveis (g/canteiro)		Peso médio das raízes comercializáveis (g/planta)		Peso total das raízes não comercializáveis (g/canteiro)		Peso médio das raízes não comercializáveis (g/planta)	
		A	Si	A	Si	A	Si	A	Si
B ₁	20	7.416,00	4.368,00	103,00	91,00	1.296,00	1.824,00	54,00	38,00
	35	6.745,00	4.484,00	95,00	76,00	1.200,00	1.221,00	48,00	33,00
	50	6.887,00	4.592,00	97,00	82,00	1.100,00	1.240,00	44,00	31,00
B ₂	20	4.680,00	4.020,00	78,00	67,00	1.980,00	1.116,00	55,00	31,00
	35	6.630,00	4.640,00	85,00	80,00	684,00	1.140,00	38,00	30,00
	50	6.075,00	4.550,00	81,00	65,00	714,00	650,00	34,00	25,00
B ₃	20	5.676,00	4.736,00	86,00	74,00	1.500,00	928,00	50,00	29,00
	35	5.700,00	3.600,00	75,00	72,00	740,00	1.058,00	37,00	23,00
	50	5.100,00	3.410,00	68,00	62,00	714,00	1.025,00	34,00	25,00
B ₄	20	5.456,00	2.754,00	88,00	51,00	1.870,00	840,00	55,00	20,00
	35	5.520,00	3.500,00	92,00	50,00	1.728,00	884,00	48,00	34,00
	50	1.815,00	4.080,00	55,00	68,00	1.953,00	1.080,00	31,00	30,00
B ₅	20	4.698,00	2.829,00	87,00	69,00	2.184,00	1.375,00	52,00	25,00
	35	2.907,00	3.200,00	57,00	80,00	1.530,00	1.848,00	34,00	33,00
	50	1.848,00	1.155,00	44,00	35,00	1.350,00	945,00	25,00	15,00
B ₆	20	4.218,00	2.160,00	74,00	36,00	1.989,00	576,00	51,00	16,00
	35	4.370,00	3.300,00	95,00	55,00	2.000,00	828,00	40,00	23,00
	50	2.650,00	2.303,00	53,00	49,00	1.242,00	1.127,00	27,00	23,00

QUADRO 17 - Análise da variância para peso total das raízes comercializáveis de cenoura.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Repetições	5	40,0851	8,0170	10,47**
Níveis (N)	2	4,9495	2,4747	3,23 n.s.
Erro (a)	10	7,6585	0,7658	
Sub-total	17	52,7513		
Sistemas (S)	1	16,9606	16,9606	22,82**
(N) x (S)	2	2,1403	1,0701	1,44 n.s.
Erro (b)	15	11,1464	0,7430	
Total	35	82,9986		

Médias dos tratamentos (g/canteiro)	Desvios padrão	d.m.s.
-------------------------------------	----------------	--------

$m_{20} = 4.417,58$		$s(a) = 0,8750$
$m_{35} = 4.549,67$		
$m_{50} = 3.705,42$		
$A = 4.910,60$		$s(b) = 0,8619$
$Si = 3.537,80$		

C.V.(a) = 20,73%

C.V.(b) = 20,42%

QUADRO 18 - Interações entre sistemas de irrigação por aspersão (A) e sub-irrigação (Si) e níveis de umidade disponível no solo, para os dados de produção da cultura da cenoura.

Parcelas	Peso total das raízes comercializáveis (g/canteiro)		Peso médio das raízes comercializáveis (g/planta)		Peso total das raízes não comercializáveis (g/canteiro)		Peso médio das raízes não comercializáveis (g/planta)	
	A	Si	A	Si	A	Si	A	Si
20	5.357,33	3.477,83	86,00	64,66	1.803,17	1.109,83	52,83	26,50
35	5.312,00	3.787,33	83,16	68,83	1.313,67	1.163,17	40,83	29,33
50	4.062,50	3.348,33	66,33	60,16	1.178,83	1.011,16	32,50	24,83

QUADRO 19 - Análise da variância para peso médio das raízes comercializáveis de cenoura.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Repetições	5	3.730,1388	746,0277	4,58*
Níveis (N)	2	1.236,0555	618,0277	3,80 n.s.
Erro (a)	10	1.628,2779	162,8277	
Sub-total	17	6.594,4722		
Sistemas(S)	1	1.750,0278	1.750,0278	11,86**
(N) x (S)	2	345,7222	172,8611	1,17 n.s.
Erro (b)	15	2.212,7502	147,5166	
Total	35	10.902,9723	311,5134	
Médias dos tratamentos (g/planta)		Desvios padrão		d.m.s.
$m_{20} = 75,33$		$s(a) = 12,7603$		
$m_{35} = 76,00$				
$m_{50} = 62,25$				
A = 78,50		$s(b) = 12,1456$		
Si = 64,55				
C.V.(a) = 17,80%			C.V.(b) = 17,00%	

QUADRO 20 - Análise da variância para peso total de raízes não comercializáveis de cenoura.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Repetições	5	1,2901	0,2580	2,83 n.s.
Níveis (N)	2	0,7952	0,3976	4,37*
Erro (a)	10	0,9092	0,0909	
Sub-total	17	2,9945		
Sistemas (S)	1	1,0231	1,0231	5,66*
(N) x (S)	2	0,5713	0,2856	1,58 n.s.
Erro (b)	15	2,7140	0,1809	
Total	35	7,3029		

Médias dos tratamentos (g/canteiro)	Desvios padrão	d.m.s.
$m_{20} = 1.456,50$	$s(a) = 0,3014$	0,3196
$m_{35} = 1.238,42$		
$m_{50} = 1.095,00$		
$A = 1.431,89$	$s(b) = 0,4253$	
$Si = 1.094,72$		

C.V.(a) = 23,90%	C.V.(b) = 33,60%
------------------	------------------

QUADRO 21 - Análise da variância para peso médio das raízes não comercializáveis de cenoura.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Repetições	5	529,4723	105,8944	4,87*
Níveis (N)	2	732,7222	366,3611	18,88**
Erro (a)	10	217,2777	21,7278	
Sub-total	17	1.479,4722		
Sistemas (S)	1	2.070,2500	2.070,2500	110,09**
(N) x (S)	2	583,1666	291,5833	15,50**
Erro (b)	15	282,0835	18,8055	
Total	35	4.414,9723	126,1420	

Médias dos tratamentos (g/planta)	Desvios padrão	d.m.s.
$m_{20} = 39,67$	$s(a) = 4,66$	
$m_{35} = 35,08$		
$m_{50} = 28,67$		5,22
A = 42,05	$s(b) = 4,34$	
Si = 26,89		

C.V.(a) = 13,50%	C.V.(b) = 12,60%
------------------	------------------

QUADRO 22 - Dados biométricos obtidos em plantas de cenoura, logo após a colheita das sub-parcelas irrigadas por aspersão (A) e sub-irrigação (Si) (média aritmética de 10 raízes)

Blocos	Parcelas	Nº total de raízes	Peso total das folhas (g/canteiro)		Peso médio das folhas (g/planta)		Nº de raízes comercializáveis		Nº de raízes não comercializáveis	
			A	Si	A	Si	A	Si	A	Si
B ₁	20	96	2.592,00	1.824,00	27,00	19,00	72	48	24	48
	35	96	1.920,00	1.536,00	20,00	16,00	71	59	25	37
	50	96	2.016,00	1.440,00	21,00	15,00	71	56	25	40
B ₂	20	96	2.304,00	1.248,00	24,00	13,00	60	60	36	36
	35	96	2.016,00	1.536,00	21,00	16,00	78	58	18	38
	50	96	1.632,00	1.248,00	17,00	13,00	75	70	21	26
B ₃	20	96	2.304,00	1.248,00	24,00	13,00	66	64	30	32
	35	96	1.728,00	1.440,00	18,00	15,00	76	50	20	46
	50	96	1.632,00	1.056,00	17,00	11,00	75	55	21	41
B ₄	20	96	3.072,00	1.536,00	32,00	16,00	62	54	34	42
	35	96	2.784,00	1.824,00	29,00	19,00	60	70	36	26
	50	96	1.536,00	1.536,00	20,00	16,00	33	60	63	36
B ₅	20	96	2.496,00	1.056,00	26,00	11,00	54	41	42	55
	35	96	1.440,00	1.344,00	18,00	14,00	51	40	45	56
	50	96	1.344,00	864,00	14,00	9,00	42	33	54	63
B ₆	20	96	2.208,00	1.056,00	23,00	11,00	57	60	39	36
	35	96	1.440,00	1.152,00	21,00	12,00	46	60	50	36
	50	96	1.536,00	864,00	16,00	9,00	50	47	46	49

QUADRO 23 - Dados biométricos obtidos em raízes de cenoura logo após a colheita das sub-parcelas irrigadas por aspersão (A) e sub-irrigação (Si). (Média aritmética de 10 raízes)

Blocos	Parcelas	Peso médio das raízes (g)		Comprimento médio das raízes (cm)		Diâmetro médio no topo das raízes (cm)		Diâmetro médio no meio das raízes (cm)	
		A	Si	A	Si	A	Si	A	Si
B ₁	20	127,10	97,40	16,50	15,20	3,90	3,30	3,40	3,00
	35	125,80	81,50	16,40	14,50	3,70	3,10	3,40	2,90
	50	109,20	97,50	16,10	16,10	3,50	3,20	3,20	3,00
B ₂	20	98,30	85,70	14,20	15,50	3,60	3,00	3,10	2,80
	35	111,50	38,30	14,40	15,50	3,50	3,10	3,30	2,90
	50	98,20	72,50	14,50	15,10	3,30	2,90	3,00	2,60
B ₃	20	104,20	85,80	15,00	15,60	3,60	3,00	3,20	2,80
	35	102,20	80,60	15,30	14,30	3,50	3,20	3,20	2,70
	50	93,50	82,20	14,00	15,20	3,50	3,20	3,20	2,70
B ₄	20	104,00	71,10	14,90	14,10	3,60	2,90	3,20	2,70
	35	114,40	78,30	15,70	14,90	3,50	3,00	3,10	2,70
	50	57,50	94,00	13,10	15,20	2,70	3,30	2,40	2,90
B ₅	20	99,70	60,60	13,90	13,20	3,60	2,70	3,20	2,50
	35	80,10	70,50	13,90	13,40	3,00	3,00	2,80	2,80
	50	58,20	52,90	12,50	13,00	2,70	2,80	2,50	2,40
B ₆	20	103,00	56,80	14,80	13,70	3,50	2,60	3,10	2,50
	35	86,40	77,10	14,30	14,30	3,30	2,90	2,90	2,80
	50	68,70	72,00	13,70	14,70	2,90	3,00	2,70	2,70

QUADRO 24 - Dado biométrico obtido da parte aérea de uma planta média de cenoura, logo após a colheita das sub-parcelas irrigadas por aspersão e sub-irrigação.

Blo- cos	Par- ce- las	ALTURA DA PARTE AÉREA (cm)	
		Aspersão	Sub-irrigação
	20	45,50	41,00
B ₁	35	47,00	38,00
	50	46,00	39,00
	20	44,00	41,00
B ₂	35	49,50	41,00
	50	45,00	39,00
	20	57,00	35,00
B ₃	35	46,50	37,00
	50	41,00	31,00
	20	46,00	35,00
B ₄	35	36,00	37,00
	50	40,00	40,00
	20	46,00	34,00
B ₅	35	35,00	35,00
	50	29,00	23,00
	20	47,00	36,00
B ₆	35	46,50	34,00
	50	46,00	33,00

QUADRO 25 - Dados de produção obtidos na colheita de plantas comercializáveis de alface, nas sub-parce-
las irrigadas por aspersão (A) e sub-irrigação (Si).

Blo- cos	Par- ce- las	Peso total da parte aérea (g/canteiro)		Peso médio da parte aérea (g/planta)	
		A	Si	A	Si
B ₁	20	1.872,00	1.156,00	208,00	144,50
	35	2.279,90	1.636,80	325,70	204,60
	50	1.528,80	1.657,00	218,40	165,70
B ₂	20	2.810,00	1.503,60	281,00	214,80
	35	2.226,60	2.516,40	247,40	279,60
	50	3.188,00	1.145,60	318,80	143,20
B ₃	20	2.662,00	2.603,70	266,20	289,30
	35	2.494,80	2.051,00	277,20	205,10
	50	2.289,00	1.367,20	228,20	150,80
B ₆	20	2.340,00	2.723,00	234,00	272,30
	35	2.084,00	1.586,40	260,50	198,30
	50	1.211,	1.352,40	134,60	193,20
B ₆	20	1.836,00	1.368,90	229,50	152,10
	35	1.228,50	759,60	175,50	126,60
	50	1.229,90	471,00	175,70	94,20
B ₆	20	1.380,00	1.838,40	172,50	229,80
	35	2.298,00	1.629,90	229,80	181,10
	50	1.334,40	769,80	166,80	128,30

QUADRO 26 - Análise da variância para peso total da parte aérea de plantas comercializáveis de alface.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Repetições	5	5,3502	1,0700	5,40*
Níveis (N)	2	2,0110	1,0055	5,07
Erro (a)	10	1,9833	0,1983	
Sub-total	17	9,3445		
Sistemas (S)	1	1,8528	1,8528	8,97**
(N) x (S)	2	0,2354	0,1177	0,57 n.s.
Erro (b)	15	3,0994	0,20666	
Total	35	14,5321	0,4152	
Médias dos tratamentos (g/canteiro)			Desvios padrão	d.m.s.
$m_{20} = 2.007,80$			$s(a) = 0,4453$	499,30
$m_{35} = 1.899,30$				
$m_{50} = 1.462,00$				
A = 2.016,29			$s(b) = 0,4545$	
Si = 1.563,15				
C.V.(a) = 24,90%				C.V.(b) = 25,40%

QUADRO 27 - Interações entre sistemas de irrigação por aspersão (A) e sub-irrigação (Si), para os dados de produção da cultura de alface.

Parce- las	Peso total da parte aérea (g/canteiro)		Peso médio da parte aérea (g/planta)	
	A	Si	A	Si
20	2.150,00	1.865,60	231,87	217,13
35	2.101,90	1.696,68	252,68	199,22
50	1.796,91	1.127,17	207,08	145,90

QUADRO 28 - Análise da variância para peso médio da parte aérea de plantas comercializáveis de alface.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Repetições	5	32.153,44	6.430,68	4,30*
Níveis (N)	2	19.012,11	9.506,05	6,37*
Erro (a)	10	14.920,73	1.492,07	
Sub-total	17	66.086,28		
Sistemas (S)	1	16.740,04	16.740,04	8,44*
(N) x (S)	2	3.717,43	1.858,71	0,93 n.s.
Erro (b)	15	29.734,18	1.982,27	
Total	35	116.277,93		

Médias dos tratamentos (g/planta)	Desvios padrão	d.m.s.
$m_{20} = 224,50$	$s(a) = 38,62$	43,30
$m_{35} = 225,95$		
$m_{50} = 176,49$		
$A = 230,54$	$s(b) = 43,11$	
$S_i = 187,41$		

C.V.(a) = 18,40%	C.V.(b) = 20,60%
------------------	------------------

QUADRO 29 - Dados biométricos obtidos após a colheita de plantas de alface, nas sub-parcelas irrigadas por aspersão (A) e sub-irrigação (Si).

Blocos	Parcelas	Número de plantas comercializáveis		Peso total das raízes (g)		Peso médio das raízes (g/planta)	
		A	Si	A	Si	A	Si
B ₁	20	9	8	100,80	74,40	11,20	9,30
	35	7	8	99,40	102,40	14,20	12,80
	50	7	10	86,80	100,10	12,40	10,10
B ₂	20	10	7	133,00	70,00	13,30	10,00
	35	9	9	124,20	132,30	13,80	14,70
	50	10	8	146,00	72,80	14,60	9,10
B ₃	20	10	9	122,00	142,20	12,20	15,80
	35	9	10	108,90	125,00	12,10	12,50
	50	10	9	128,00	105,30	12,80	11,70
B ₄	20	10	10	118,00	126,00	11,80	12,60
	35	8	8	97,60	84,00	12,20	10,50
	50	9	7	80,10	77,70	8,90	11,10
B ₅	20	8	9	90,40	106,20	11,30	11,80
	35	7	6	66,50	50,40	9,50	8,40
	50	7	5	68,70	50,50	9,80	10,10
B ₆	20	8	8	78,40	106,40	9,80	13,30
	35	10	9	100,00	103,50	10,00	11,50
	50	8	6	76,00	54,60	9,50	9,10

QUADRO 30 - Alturas médias de plantas de alface, obtidas de dez em dez dias à partir do transplante, nas sub-parcelas irrigadas por aspersão (A) e sub-irrigação (Si). (Média aritmética de cinco plantas. Dimensões em cm. Dado biométrico).

Blo- cos	Par- ce- las	D A T A S											
		30/6		10/7		20/7		2/8					
		A	Si	A	Si	A	Si	A	Si	A	Si	A	Si
B ₁	20	5,80	5,80	9,20	8,80	13,00	11,20	13,60	10,90				
	35	6,10	6,00	8,70	9,60	13,30	11,50	15,60	11,00				
	50	6,20	5,90	11,60	11,20	12,60	11,30	12,20	11,40				
B ₂	20	6,90	7,30	10,40	10,00	12,20	10,90	13,00	11,90				
	35	7,80	7,60	10,40	9,60	10,90	12,20	13,20	14,10				
	50	7,70	7,20	11,20	7,60	13,40	10,00	14,60	11,30				
B ₃	20	7,40	7,60	10,60	10,60	12,40	11,30	13,30	13,50				
	35	7,40	7,20	10,00	9,00	11,40	10,60	12,70	12,00				
	50	6,70	7,30	11,00	9,60	13,00	10,80	14,10	12,40				
B ₄	20	7,60	7,00	10,60	8,80	12,70	12,10	15,30	13,30				
	35	7,20	6,70	9,20	8,00	11,90	10,80	14,20	11,00				
	50	6,70	7,60	8,10	9,60	11,60	11,10	11,10	11,90				
B ₅	20	7,00	8,30	9,60	8,00	11,90	10,00	13,40	10,80				
	35	6,20	6,70	8,30	7,90	10,00	9,00	12,70	10,00				
	50	6,90	6,70	8,30	7,10	10,40	8,40	13,20	9,40				
B ₆	20	6,70	7,30	9,00	7,60	10,80	10,60	13,00	11,70				
	35	6,50	5,50	8,90	8,60	10,60	9,80	13,40	11,10				
	50	7,30	6,60	8,20	6,90	9,60	9,00	12,40	10,00				

QUADRO 31 - Diâmetros médios de plantas de alface, obtidas de dez em dez dias à partir transplante, nas sub-parcelas irrigadas por aspersão (A) e sub-irrigação (Si) (Média aritmética de cinco plantas. Dimensões em centímetros. Dado biométrico).

Blocos	Parcelas	D A T A S											
		30/6		10/7		20/7		2/8					
		A	Si	A	Si	A	Si	A	Si	A	Si	A	Si
B ₁	20	11,50	9,60	20,80	15,00	23,70	24,00	26,40	25,50				
	35	13,20	11,80	20,40	19,40	25,10	24,20	25,70	25,20				
	50	12,90	11,20	16,80	15,60	25,40	21,30	26,00	25,10				
B ₂	20	12,60	12,00	20,20	21,00	26,80	23,70	27,90	23,20				
	35	13,00	12,80	16,00	21,60	23,70	25,60	25,30	26,70				
	50	13,60	11,10	21,60	15,30	26,20	17,80	27,80	17,50				
B ₃	20	11,00	12,80	19,60	21,40	23,60	25,60	25,50	27,20				
	35	12,60	11,20	20,40	18,00	25,20	20,60	26,80	22,00				
	50	11,60	10,30	18,80	16,60	24,40	20,40	25,80	21,60				
B ₄	20	12,40	11,80	22,40	19,50	24,40	22,60	26,00	25,80				
	35	12,00	10,60	17,40	14,50	21,80	18,00	25,40	21,40				
	50	10,40	10,20	16,00	18,20	19,80	24,80	22,80	23,20				
B ₅	20	6,40	11,80	18,10	24,30	24,40	18,00	24,80	21,00				
	35	10,20	9,60	15,30	15,00	21,60	18,40	21,60	19,60				
	50	10,40	10,20	16,90	12,40	22,60	15,80	24,00	16,90				
B ₆	20	13,40	12,20	18,80	18,70	22,80	22,00	23,00	22,40				
	35	11,80	12,40	16,00	16,70	21,40	20,40	23,60	22,00				
	50	11,40	10,00	14,80	13,00	20,40	15,40	22,60	17,40				

QUADRO 32 - Número de folhas de plantas de alface existentes à cada dez dias à partir do transplante, nas sub-parcelas irrigadas por aspersão (A) e sub-irrigação (Si). (Média aritmética de 5 plantas c.f. = cabeça fechada. Dado biométrico).

Blo- cos	Par- ce- las	D A T A S											
		30/6		10/7		20/7		2/8					
		A	Si	A	Si	A	Si	A	Si	A	Si	A	Si
B ₁	20	7,00	6,00	11,40	12,00	16,60	17,00	16,60	17,00	16,60	17,00	c.f.	c.f.
	35	8,00	7,00	13,00	11,40	16,20	20,00	16,20	20,00	16,20	20,00	c.f.	c.f.
	50	7,00	7,00	16,60	11,60	19,60	20,80	19,60	20,80	19,60	20,80	c.f.	c.f.
B ₂	20	8,00	8,00	12,60	14,00	8,80	21,20	8,80	21,20	8,80	21,20	c.f.	c.f.
	35	6,00	8,00	12,00	14,40	21,20	21,60	21,20	21,60	21,20	21,60	c.f.	c.f.
	50	9,00	6,00	14,40	11,00	14,60	17,00	14,60	17,00	14,60	17,00	c.f.	c.f.
B ₃	20	7,00	9,00	12,40	13,00	21,00	16,70	21,00	16,70	21,00	16,70	c.f.	c.f.
	35	8,00	8,00	12,20	13,00	19,30	20,20	19,30	20,20	19,30	20,20	c.f.	c.f.
	50	7,00	7,00	13,00	13,80	17,60	18,20	17,60	18,20	17,60	18,20	c.f.	c.f.
B ₄	20	7,00	7,00	13,60	14,00	14,40	13,40	14,40	13,40	14,40	13,40	c.f.	c.f.
	35	6,00	6,00	11,40	12,20	19,50	20,20	19,50	20,20	19,50	20,20	c.f.	c.f.
	50	4,00	6,00	11,60	12,00	16,80	19,70	16,80	19,70	16,80	19,70	c.f.	c.f.
B ₅	20	7,00	6,00	12,60	12,20	21,00	17,40	21,00	17,40	21,00	17,40	c.f.	c.f.
	35	5,00	6,00	11,60	11,60	16,50	17,60	16,50	17,60	16,50	17,60	c.f.	c.f.
	50	6,00	5,00	10,80	10,20	12,60	17,80	12,60	17,80	12,60	17,80	c.f.	c.f.
	20	7,20	9,00	12,00	13,60	20,60	20,40	20,60	20,40	20,60	20,40	c.f.	c.f.
	35	6,80	7,40	12,20	13,00	18,00	17,00	18,00	17,00	18,00	17,00	c.f.	c.f.
	50	5,80	6,00	11,00	11,00	16,60	14,50	16,60	14,50	16,60	14,50	c.f.	c.f.

QUADRO 33 - Porcentagens de plantas comercializáveis de alface nas sub-parcelas irrigadas por aspersão e por sub-irrigação. (Dado biométrico)

Par- ce- las	Blo- cos	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆
		<u>Sistema de Aspersão</u>					
20		90	100	100	100	80	80
35		70	90	90	80	70	100
50		70	100	100	90	70	80
<u>Sistema de Sub-irrigação</u>							
20		80	70	90	100	90	80
35		80	90	100	80	60	90
50		100	80	90	70	50	60

QUADRO 34 - Dados de produção obtidos nas colheitas de plantas de ervilha das sub-parcelas irrigadas por aspersão (A) e sub-irrigação (Si). (Resultados de cinco colheitas).

Blo- cos	Par- ce- las	Peso total de vagens (g/canteiro)		Peso total de grãos (g/canteiro)	
		A	Si	A	Si
B ₁	20	423,00	995,00	170,00	471,00
	35	540,00	836,00	222,00	361,00
	50	552,00	772,00	305,00	305,00
B ₂	20	362,00	886,00	157,00	357,00
	35	412,00	889,00	148,00	351,00
	50	645,00	797,00	235,00	324,00
B ₃	20	606,00	751,00	237,00	301,00
	35	340,00	767,00	133,00	331,00
	50	563,00	651,00	226,00	258,00
B ₄	20	197,00	1.123,00	175,00	465,00
	35	601,00	967,00	227,00	404,00
	50	590,00	811,00	241,00	315,00
B ₅	20	622,00	851,00	258,00	383,00
	35	584,00	269,00	232,00	236,00
	50	668,00	629,00	290,00	263,00
B ₆	20	242,00	749,00	102,00	360,00
	35	617,00	716,00	226,00	298,00
	50	714,00	706,00	302,00	314,00

QUADRO 35 - Análise da variância para peso total de vagens.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Repetições	5	59.527,80	11.905,56	0,75 n.s.
Níveis (N)	2	13.073,38	6.536,69	0,18 n.s.
Erro (a)	10	184.437,95	18.443,80	
Sub-total	17	257.039,13		
Sistemas (S)	1	663.410,25	663.410,25	22,50*
(N) x (S)	2	224.245,17	112.122,58	3,80*
Erro (b)	15	442.285,08	29.485,67	
Total	35	1.586.979,63		

Médias dos tratamentos (g/canteiro)	Desvios padrão	d.m.s.
$m_{20} = 650,58$	$s(a) = 135,80$	
$m_{35} = 628,16$		
$m_{50} = 674,83$		
$A = 515,44$	$s(b) = 171,71$	
$S_i = 786,94$		

C.V.(a) = 20,80%	C.V.(b) = 26,40%
------------------	------------------

QUADRO 36 - Interações entre os sistemas de irrigação por aspersão (A) e sub-irrigação (Si) e níveis de umidade do solo para os dados de produção da cultura da ervilha.

Parcelas	Peso total de vagens (g/canteiro)		Peso total de grãos (g/canteiro)	
	A	Si	A	Si
20	408,66	892,50	166,50	389,50
35	515,66	790,66	198,00	330,16
50	622,00	727,66	266,50	421,00

QUADRO 37 - Análise da variância para peso total de grãos.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Repetições	5	12.527,47	2.505,49	1,47 n.s.
Níveis (N)	2	2.037,06	1.018,53	0,60 n.s.
Erro (a)	10	17.092,94	1.709,29	
Sub-total	17	31.657,47		
Sistemas (S)	1	148.353,36	148.353,36	39,75**
(N) x (S)	2	55.937,72	27.968,86	7,49**
Erro (b)	15	55.980,42	3.732,03	
Total	35	291.9 ,97	8.340,83	

Médias dos tratamentos (g/canteiro)	Desvios padrão	d.m.s.
$m_{20} = 278,00$ $m_{35} = 264,00$ $m_{50} = 281,50$ $A = 210,30$ $S_i = 338,70$	$s(a) = 41,3436$ $s(b) = 61,0903$	46,35
C.V. (a) = 15,10%		C.V. (b) = 22,30%

QUADRO 38 - Dados biométricos obtidos em plantas de ervilha após as colheitas das sub-parcelas irrigadas por sub-irrigação (Resultados de cinco colheitas)

Blocos	Parcelas	Nº de vagens por canteiro	Peso médio de vagens (g)	Comprimento de uma vagem média (cm)	Largura de uma vagem média (cm)	Nº de grãos por canteiro	Média de grãos por vagem	Peso médio dos grãos (g)
B ₁	20	382	2,60	6,90	1,50	1.407	3,60	0,33
	35	306	2,70	6,70	1,40	1.071	3,50	0,34
	50	267	2,80	6,60	1,40	969	3,60	0,31
B ₂	20	313	2,80	7,30	1,50	1.133	3,60	0,31
	35	364	2,40	6,70	1,40	1.200	3,20	0,29
	50	298	2,60	6,70	1,50	1.071	3,50	0,30
B ₃	20	257	2,90	6,90	1,60	981	3,80	0,30
	35	273	2,30	5,60	1,40	1.056	3,80	0,31
	50	230	2,80	7,00	1,40	839	3,60	0,30
B ₄	20	387	2,90	7,00	1,50	1.358	3,50	0,34
	35	393	2,40	7,00	1,50	1.252	3,10	0,32
	50	307	2,60	6,90	1,50	1.063	3,40	0,29
B ₅	20	342	2,40	6,60	1,30	1.085	3,10	0,35
	35	250	2,20	6,70	1,40	754	3,00	0,31
	50	236	2,60	6,80	1,50	821	3,40	0,32
B ₆	20	320	2,30	6,60	1,40	1.038	3,20	0,34
	35	294	2,40	7,30	1,50	1.037	3,50	0,28
	50	253	2,70	6,90	1,50	922	3,60	0,34

QUADRO 39 - Dados biométricos obtidos em plantas de ervilha após as colheitas das sub-parcelas irrigadas por aspersão (Resultados de cinco colheitas).

Blocos	Parcelas	Nº de vagens por canteiro	Peso médio de vagens (g)	Comprimento de vagem média (cm)	Largura de uma vagem média (cm)	Nº de grãos por canteiro	Média de grãos por vagem	Peso médio dos grãos (g)
B ₁	20	184	2,20	6,80	1,30	599	3,20	0,28
	35	242	2,20	6,50	1,40	672	2,70	0,33
	50	318	1,70	6,70	1,40	1.045	3,20	0,29
B ₂	20	195	1,80	6,90	1,50	572	2,90	0,27
	35	191	2,10	7,10	1,40	597	3,10	0,24
	50	248	2,60	6,90	1,40	868	3,50	0,27
B ₃	20	232	2,60	6,90	1,50	836	3,60	0,28
	35	146	2,30	6,60	1,50	455	3,10	0,29
	50	205	2,70	6,90	1,40	746	3,60	0,30
B ₄	20	103	1,90	6,40	1,40	297	2,80	0,25
	35	233	2,50	6,60	1,40	768	3,20	0,29
	50	242	2,40	6,50	1,30	773	3,10	0,31
B ₅	20	241	2,50	6,60	1,40	833	3,40	0,30
	35	215	2,70	6,80	1,40	717	3,30	0,32
	50	263	2,50	6,60	1,40	879	3,30	0,32
B ₆	20	114	2,10	6,60	1,30	353	3,00	0,28
	35	246	2,50	7,10	1,40	870	3,50	0,25
	50	299	2,30	6,60	1,30	931	3,10	0,32

QUADRO 40 - Alturas obtidas esticando-se uma determinada haste mais longa do canteiro com ervilha, das sub-parcelas irrigadas por aspersão (A) e sub-irrigação (Si), no início da floração (12/7), início das colheitas (16/8) e final das colheitas (21/9). (Dado biométrico).

Blo- cos	Par- ce- las	ALTURA DA HASTE MAIS LONGA (cm)					
		Início da flora- ção (12/7)		Início das co- lheitas (16/8)		Final das co- lheitas (21/9)	
		A	Si	A	Si	A	Si
	20	49,00	52,00	80,00	82,00	103,00	85,00
B ₁	35	40,00	49,00	90,00	80,00	94,00	85,00
	50	35,00	39,00	55,00	68,00	96,00	78,00
	20	38,00	38,00	76,00	76,00	84,00	84,00
B ₂	35	45,00	45,00	84,00	84,00	93,00	93,00
	50	50,00	50,00	82,00	82,00	89,00	89,00
	20	50,00	51,00	94,00	82,00	96,00	85,00
B ₃	35	43,00	52,00	64,00	80,00	79,00	98,00
	50	47,00	42,00	80,00	60,00	82,00	66,00
	20	32,00	51,00	72,00	80,00	94,00	86,00
B ₄	35	39,00	45,00	82,00	90,00	85,00	72,00
	50	41,00	31,00	80,00	70,00	84,00	86,00
	20	41,00	50,00	82,00	90,00	85,00	89,00
B ₅	35	48,00	41,00	92,00	86,00	95,00	96,00
	50	43,00	41,00	78,00	72,00	86,00	86,00
	20	31,00	38,00	62,00	60,00	89,00	64,00
B ₆	35	42,00	43,00	66,00	80,00	70,00	86,00
	50	45,00	50,00	86,00	90,00	88,00	96,00

5. - CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi realizado, e com os materiais e métodos empregados, os dados obtidos, analisados e interpretados, permitiram que se chegasse às seguintes conclusões.

1. - Os métodos convencionais de laboratório e campo são necessários à sub-irrigação, assim como a qualquer outro sistema.

2. - A colocação das luvas de conexão no interior das depressões e a separação das camadas de solo por ocasião da abertura das valetas, mostraram-se práticas oportunas.

3. - Os componentes do sistema de sub-irrigação revelaram-se suficientemente resistentes à compactação do solo promovida por máquina agrícola à tração motora.

4. - As linhas de tubos porosos devem ser instaladas a uma profundidade de 0,30m, sendo a distância entre elas, 0,80m.

5. - O sistema de sub-irrigação mostrou-se inferior ao de aspersão para as variáveis de produção estudadas das culturas de cenoura (peso total e peso médio das raízes comercializáveis e não comercializáveis), de alface (peso total e peso médio da parte aérea) e superior para as de ervilha (peso total de vagens e grãos).

6. - Os efeitos dos dois sistemas de irrigação, quando relacionados aos tratamentos de unidade do solo foram semelhantes para as variáveis de produção das culturas estudadas, exceto para peso médio das raízes não comercializáveis de cenoura, e peso total de vagens e de grãos de ervilha.

7. - Na cultura de cenoura, o sistema de aspersão aliado ao tratamento 20 produziu melhores resultados para peso total e médio das raízes não comercializáveis e quando associado a todos os tratamentos de umidade produziu melhores resultados para peso total e médio das raízes comercializáveis; na cultura da alface, tal sistema aliado aos tratamentos 20 e 35 produziu melhores resultados para o peso total e peso médio da parte aérea, respectivamente; na cultura da ervilha, o sistema de sub-irrigação aliado a todos os níveis de umidade do solo produziu melhores resultados para o peso total de vagens e de grãos.

6. - RESUMO

O presente trabalho versa sobre o sistema de sub-irrigação por tubos porosos de Stauch, sobre condições de disponibilidade da água do solo às plantas, aplicados aos casos particulares das culturas de cenoura, alface e ervilha, no que se refere à variáveis de produção e alguns dados biométricos; versa, também, sobre condições de eficiência e operação deste sistema, quando comparado ao de aspersão e sobre os efeitos conjugados destes sistemas de irrigação com os níveis de umidade disponível no solo.

Os estudos conduzidos sobre os componentes do sistema de sub-irrigação de Stauch (tubos porosos, luvas de conexão e tubos de alimentação) evidenciaram que, em sua fabricação, foram empregados, em cada unidade, 1,940Kg da mistura de areias com granulometrias de 0,002m - 0,003m e 0,480Kg de cimento para os tubos porosos; 0,510Kg de areia com granulometria de 0,003m e 0,170Kg de cimento para as luvas de conexão; 9,840Kg de areia com granulometria de 0,003m e 3,280Kg de cimento para os tubos de alimentação.

Na instalação de uma sub-parcela com sub-irrigação (17,36m²) empregaram-se 19,75 homens/hora, e os seguintes materiais: 77,60Kg da mistura de areias com granulometria de 0,002m - 0,003m, 97,50Kg de areia com granulometria de 0,003m e 51,91Kg de cimento.

O teste prévio, efetuado no local do experimento, evidenciou que as linhas de tubos porosos devem ser colocadas à profundidade de 0,30m e distantes, uma da outra, em cerca de 0,80m. Determinações efetuadas em laboratório mostraram que a vazão média do tubo poroso é de 139.750cm³/h, quando submetido à carga hidráulica de 0,30m, aproximadamente igual aquela uti-

lizada no experimento. Ainda, em laboratório, comprovou-se que a porosidade total média do tubo poroso é de 19,30%.

Em teste efetuado no campo, todos os componentes se mostraram suficientemente resistentes à compactação do solo por máquina agrícola à tração motora; a adaptação das luvas nas depressões no fundo das valetas e a colocação, em locais separados, das camadas de solo superficiais das mais profundas, mostraram-se oportunas modificações introduzidas no método.

A variedade empregada de cenoura foi a "Nantes Strong Top" I. nº 2.840, a de alface, a "White Boston" I. nº 2.896 e a de ervilha a "Perfectah" I. nº 1.670.

O experimento constou de um ensaio de vegetação no campo, em parcelas sub-divididas, delineadas em blocos ao acaso. Nas parcelas, os tratamentos foram três e se distribuíram, quanto aos níveis mínimos de umidade do solo em 20,35 e 50 por cento do intervalo de água disponível; nas sub-parcelas, os tratamentos foram dois e consistiram no fornecimento da água por sub-irrigação e por aspersão respectivamente.

As investigações se procederam durante os anos de 1970 e 1971 em solo classificado e mapeado pela COMISSÃO DE SOLOS (1960) como Podzólico Vermelho Amarelo Orto e pertencente à unidade de mapeamento "unidade Monte Alegre" do levantamento detalhado executado por ROTTA et al. (1969).

Os resultados obtidos com os sistemas de irrigação e os níveis de umidade do solo, sobre as variáveis estudadas, proporcionaram conclusões, que devem ser consideradas dentro das limitações advindas das condições e métodos em que foi desenvolvido o experimento.

Verificou-se que o sistema de sub-irrigação mostrou inferior ao de aspersão para as variáveis de produção estudadas das culturas de cenoura (peso total e peso médio das raízes

comercializáveis e não comercializáveis), de alface (peso total e peso médio da parte aérea) e superior para as de ervilha (peso total de vagens e grãos). Os efeitos dos dois sistemas de irrigação, quando relacionados aos tratamentos de umidade do solo foram semelhantes para as variáveis estudadas exceto para o peso médio das raízes não comercializáveis de cenoura, e peso total de vagens e grãos de ervilha.

Na cultura de cenoura, o sistema de aspersão, aliado ao tratamento 20 produziu melhores resultados para peso total e peso médio das raízes não comercializáveis e quando associado a todos os tratamentos de umidade, produziu melhores resultados para peso total e médio das raízes comercializáveis; na cultura de alface, tal sistema, aliado aos tratamentos 20 e 35 produziu melhores resultados para peso total e peso médio da parte aérea respectivamente e na cultura da ervilha, o sistema de sub-irrigação aliado a todos os níveis de umidade do solo produziu melhores resultados para peso total de vagens e grãos.

Com relação aos dados biométricos, da cultura da cenoura, observou-se que o sistema de sub-irrigação foi inferior ao de aspersão, e que este, quando associado ao tratamento 20 deu melhores resultados para peso total e peso médio das folhas, peso médio, diâmetro médio no topo e no meio de dez raízes e quando associado a todos os tratamentos de umidade produziu melhores resultados para número de raízes comercializáveis e não comercializáveis, comprimento médio de dez raízes e altura da parte aérea de uma planta média. Os efeitos dos dois sistemas de irrigação foram semelhantes quando associados aos tratamentos de umidade do solo, para número de raízes comercializáveis e não comercializáveis, diâmetro médio no meio de dez raízes e altura da parte aérea de uma planta média; houve diferença de efeito para peso total e peso médio das folhas, peso,

comprimento médio e diâmetro médio no topo de dez raízes.

Com referência aos dados biométricos da cultura da alface, observou-se que o sistema de sub-irrigação foi inferior ao de aspersão para algumas variáveis e que este último, quando associado ao tratamento 20 produziu melhores resultados para diâmetro médio em cinco plantas nos 3/5 finais do período do transplante à colheita e para à altura média em cinco plantas no período inteiro; os dois sistemas de irrigação não apresentaram resultados diferentes estatisticamente, quando associados aos tratamentos de umidade do solo, para diâmetro médio em cinco plantas no período, número e porcentagem de plantas comercializáveis, peso total e peso médio das raízes. Os efeitos dos dois sistemas de irrigação, quando comparados aos tratamentos de umidade do solo foram semelhantes para as variáveis estudadas.

O sistema de sub-irrigação associado a todos os tratamentos de umidade do solo, foi superior ao de aspersão, para número de vagens, peso médio das vagens, largura de uma vagem média, número de grãos por canteiro, média de grãos por vagem, peso médio de grãos e altura da haste mais longa no início da floração; os dois sistemas de irrigação, associados aos tratamentos de umidade do solo não apresentaram resultados estatisticamente diferentes para peso médio das vagens, comprimento de uma vagem média, altura da haste mais longa no início da colheita e no final da colheita. Os efeitos dos dois sistemas, quando relacionados aos níveis de umidade do solo foram semelhantes para as variáveis estudadas, exceto para número de vagens, e peso médio de grãos.

Em relação ao sistema de sub-irrigação neste trabalho abordado, para estudos futuros, sugere-se que se dê ênfase à parte econômica comparativa entre o mesmo e outros sistemas

de irrigação, à instalação e funcionamento em outros tipos de solos e com outras culturas.

7. - SUMMARY

A comparative study of the sub-irrigation with Stauch porous tubes and sprinkler system was carried out under different soil-moisture conditions, with carrot, lettuce and peas.

The experiment was carried out during 1970 and 1971 on a Red Yellow Podsollic Soil, Monte Alegre unity, at the Experimental Station of Monte Alegre do Sul, State of São Paulo.

The experiment was developed in split-plot design and arranged in ordinary randomized blocks with six blocks of five treatments each. The treatments were:

1. - Sub-irrigation with Stauch porous tubes;
2. - Sprinkler irrigation;
3. - Irrigation at 20% level of available soil-moisture;
4. - Irrigation at 35% level of available soil-moisture;
5. - Irrigation at 50% level of available soil-moisture;

The sub-irrigation pipes were buried a depth of 0,30m and spaced at a distance of 0,80m. Some characteristics of the tubes were determined in the laboratory and the following data were observed: porosity 19,30% and water flow 139.750 cm³/h at 0,30m head.

The study of two systems of irrigation led to the following conclusions:

1. - The sub-irrigation system had a lower efficiency as compared to the sprinkler system, when considering the yield components for carrot (total and average weights of marketable and unmarketable roots) and lettuce (total and average weights of the aerial part). For peas crop (total weight of pods and beans) the efficiency was higher;

2. - The effects of both systems were similar for the different soil-moisture conditions for all the yield components, but the average weight of unmarketable carrot roots and total weight of pods and beans was different;

3. - In the carrot crop, the sprinkler system with 20% level of available soil-moisture led to better results of total weight and average weight of unmarketable roots; with all soil moisture levels led to higher results for total weight and average weight of marketable roots; lettuce crop with sprinkler system with 20% and 35% levels of available soil-moisture led to better results respectively for total and average weights of aerial part. In pea crop, the sub-irrigation system with all levels of available soil-moisture led to the highest yield for the total weights of pods and beans.

8. = BIBLIOGRAFIA CITADA

- ASHTON, M.F. Effects of a series of cycles of alternating low and high soil water contents on the rate of apparent photosynthesis in sugar cane. *Pl. Physiol.* 31:266-274, 1956.
- BORDAS, J. & MATHIEU, G. Recherches sur la force de succion de sols et l'irrigation souterraine. *Ann. Sci. Agron.* 47:192-235, 1930.
- _____ & _____ Résultats de deux années d'irrigation souterraine. *Ann. Agron.* 1:186-194, 1931.
- BARNES, W.C. Effects of some environmental factors on growth and color of carrots. Ithaca, New York Agr. Exp. Sta., 1936. 36p. (Memoir 186).
- BEATTIE, J.H. & BEATTIE, W.R. Production of carrots. Washington, Department of Agriculture, 1937. 5p. (Leaflet 125).
- BLAIR, G.Y.; RICHARDS, L.A. & CAMBELL, R.B. The rate of elongation of sunflower plants and the freezing point of soil moisture in relation to permanente wilt. *Soil Sci.* 70(6):431-439, 1950.
- BERNSTEIN, L.A. & PEARSON, G.A. Influence of integrated moisture stress achieved by varying the osmotic pressure of culture solutions on growth of tomato and paper plants. *Soil Sci.* 77(5): 335-368, 1954.
- BERNARDI, J.B. Instruções para a cultura da alface. Campinas, Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, 1956. 8p. (Bol. 76).

- _____ Instruções práticas para a cultura da ervilha. O Agrônomo, Campinas, 13(9/10):11-14, 1961.
- _____ Instruções para o cultivo do alho. Campinas, Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, 1967. 23p. (Bol.173)
- _____ Salada só após a colheita. In: Guia Rural. São Paulo. Cooperativa Agrícola de Cotia, 1968/69. p.124-137.
- _____ & IGUE, T. Comportamento de variedades de alface na região de Campinas - Parte II. Bragantia 28:149-154, 1969.
- BENNET, D.L. & DOSS, B.D. Effects of soil moisture regime on yield and evapotranspiration from cool-season perennial forage species. Agr. J. 55(3):275-278, 1963.
- BRYAN, B.B. & BAKER, R.G. Small diameter plastic pipe for use in subirrigation. Arkansas Farm Research 13(6):1-15, 1964.
- BUSCH, C.D.; KNEEBONE, M.W. & MOLESTINA, J.C. Tuberia plástica para riego subterráneo. Turrialba 16(1):48-52, 1966.
- BLANCO, H.G. & OLIVEIRA, D. Determinação do período de competição de plantas daninhas com a cultura de cenoura (Daucus carota, L.). In: Seminário Brasileiro de Herbicidas e Ervas Daninhas, Botucatu, 1970. Seção Técnica I.
- BARRETO, G.B. Experiência de sub-irrigação de cebola (Projeto nº 10). In: Relatório anual da Seção de Irrigação e Drenagem do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, 1970. p.6-7. (Não publicado)
- _____ Experiência de sub-irrigação e aspersão em alho (Projeto nº 11). In: Relatório anual da Seção de Irrigação e Drenagem do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, 1971. p.38-39. (Não publicado)

- BLOODWORTH, M.E.; MAXWELL, P.E.; ROSS; & COLLEY, W.R. Irrigation and variety trials with lettuce in the lower Rio Grande Valley. Texas Agr. Exp. Sta. s.d. 5p. (Progress Report 1.258)
- COUTO, F.A.A. Condições gerais para a escolha de um terreno para horta. In: Olericultura Geral. Viçosa, Univ. Rural do Estado de Minas Gerais, 1959. p.32-34.
- CAMARGO, L.S. Influência de calcáreo na produção de cenoura. Bra-
gantia 19:35-40, 1960.
- _____ Instruções para a cultura da cenoura. Campinas, Insti-
tuto Agrônômico do Estado de São Paulo, 1963. 19p. (Bol.132)
- _____ Cenoura, aspargo e rabanete. São Paulo, Melhoramentos,
s.d. 31p.
- COOPERATIVA AGRÍCOLA DE COTIA-COOPERATIVA CENTRAL Suplemento Esta-
tístico. São Paulo, 1968. 16p.
- CAMPOS, H.R. Instruções para a cultura da cebola. 2ed. Campinas,
Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, 1969. 14p. (Bol.
164)
- CORREIA, G. Cultura da ervilha e feijão de vagem. Viçosa, Escola
Superior de Agricultura e Veterinária do Estado de Minas Gerais,
s.d. 2p. (Circ. 130)
- DIRECCION DE FRUTAS Y HORTALIÇAS. Arveja (Pisum sativum, L.). Bue-
nos Aires, Argentina, Ministério da Agricultura de la Nación, 1942.
6p. (Bol. 57)
- DONEEN, L.D. & MACGILLIVRAY, J.H. Germination (emergence) of vege-
table seed as affected by different soil moisture conditions. Pl.
Physiol. 18:524-529, 1943.

- DENMEAD, O.T. & SHAW, R.H. Availability of soil water to plants as affected by moisture content and meteorological conditions. *Agr. J.* 54(5):385-390, 1962.
- DAVIS, S. Subsurface irrigation - How soon a reality? *Agric. Enging.* 48:654-655, 1967.
- DEMATTE, J.B.I. Experiência de sub-irrigação por tubos porosos (Sistema Stauch) em hortaliças (Projeto n.º 10). In: Relatório anual da Seção de Irrigação e Drenagem do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, 1971. p.1-173. (Não publicado)
- _____ ; DEMATTE, M.E.S.P.; IGUE, T. & NAGAI, V. Comportamento de diferentes variedades de pepino (Cucumis sativus, L.) irrigadas por aspersão e por sub-irrigação com tubos porosos de Stauch - Resultados preliminares. Trabalho apresentado na XII Reunião Anual da Sociedade de Olericultura do Brasil, Fortaleza, Ce. 16-22 de Julho de 1972. (a).
- _____ ; INFORZATTO, R.; DEMATTE, M.E.S.P.; IGUE, T. & NAGAI, V. Estudo do desenvolvimento do sistema radicular da cultura do pepino (Cucumis sativus, L.) quando irrigada por sub-irrigação com tubos porosos de Stauch e por aspersão. Trabalho apresentado na XII Reunião Anual da Sociedade de Olericultura do Brasil, Fortaleza, Ce. 16-22 de Julho de 1.972 (b).
- EUA. Department of Agriculture. Collection and Examination of soil samples. In: *Soil Survey Manual*. Washington Soil Survey Staff, 1951. p.327-338.
- FLEGG, P.B. Watering the mushroom casing lower by capillarity. *J. hort. Sci.* 40:150-155, 1965.
- FIGUEIREDO, A.P. Cultura da ervilha. *Chácaras e Quintais* 53: 90-97, 1936.

GOODE, J.E. Soil moisture relationship in fruits plantation. *Ann. appl. Biol.* 44(3):525-530, 1956.

GRUNEWALD, J. Untersuchungen uber die Wassergabe und Verteilung der Untergrundbewasserung nach Stauch. *Wasser und Nahrung, Sonderheft 1*, 1957/58.

_____ & GARTNER, R.G. Vergleichende Untersuchungen zwischen Untergrund und Oberflachenbewasserung in Gewaschauss. *Wasser und Nahrung, Sonderheft 3*, 1957/58.

HENDRICKSON, A.H. & VEIHMEYER, F.J. Readily available soil moisture and sizes of fruits. *Proc. Am. Soc. hort. Sci.* 40:13-18, 1942.

HUNTER, A.S. & KELLEY, O.J. The growth and rubber content of guayule as affected by variation in soil moisture stress. *J. Am. Soc. Agron.* 38:118-134, 1946.

HAWTHORN, L.R. Interrelation of soil moisture, Nitrogen, and spacing in carrot seed production. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 60:321-329, 1952.

_____ & POLLARD, L.H. Effect of soil moisture, soil fertility and rate of seeding on the yield viability and quality of seed peas. *Utah Agr. Exp. Sta. s.d.* 19p. (Bul. 458)

HAGAN, R.M. Factors affecting soil moisture plant growth relations. *Int. hort. Congr. 14th, Wageningen, 1955.* p.82-102.

_____ Relationship of soil moisture stress to different aspects of growth in Ladino Clover. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 21(4): 360-365, 1957.

HADDOCK, J.L. & LINTON, D.C. Yield and phosphorus contents of enning peas as affected by fertilization, irrigation regime and sodium bicarbonate-soluble soil phosphorus. *Soil Sci. Amer. Proc.* 21(2):167-171, 1957.

- HORINO, Y. Consumo "per capita" de principais produtos hortigranjeiros em São Paulo em 1968. Cooperativa Agrícola de Cotia-Cooperativa Central. Departamento de vendas de produtos comuns. 9p. (Não publicado)
- KORNEFF, B.J. L'irrigation souterraine automatic des sols. Comp. Rend Acad. Agr. France, 14:1050-1052, 1928.
- KNOTT, J.E.; ANDERSEN, E.M. & SWEET, R.D. Problems in the productions of iceberg lettuce in New York. Cornell Univ. Agricultural Exp. Sta. Ithaca, New York, 1939. 17p. (Bul. 714)
- _____ & TAVERNETTI, A.A. Production of head lettuce in California. California Agr. Extension Service, 1944. 51p. (Circ.128)
- _____ A cultura da cenoura. In: Palestras sobre horticultura proferidas na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". São Paulo, Reitoria da Universidade, 1951 (a). p.121-153.
- _____ Cultura da alface. In: Palestras sobre horticultura proferidas na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". São Paulo, Reitoria da Universidade, 1951 (b). p.1-32.
- _____ Seedage. In: Vegetable growing. 4ed. Lea & Febiger, Philadelphia. 1950. p.53-67
- _____ Handbook for vegetable growers. New York, John Wiley. 1957. 238p.
- KRZYSCH, G. Der Einfluss der Untergrundbewässerung auf die Ertragsleistung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Wasser und Nahrung, Sonderheft 4, 1958.
- KRAMER, P.J. Water stress and plant growth. Agron. J. 55(1): 31-35, 1963.

- LLOYD, J.W. Carrot culture. Illinois, College of Agriculture and Experimental Station, 1932. 8p. (Circ. 386)
- MEDINA, H.P. Método prático de avaliação da infiltração da água no solo. In: Curso Básico de Solos. 10ª aula. Campinas, Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo. 1969. p.1-7.
- MATHIEU, G. Nouvelles recherches sur l'irrigation souterraine. Ann. Agron. 1:161-185, 1931.
- MITCHEL, K.J. & KERR, J.R. Differences in rate of use of soil moisture by stands of perennial ryegrass and white clover. Agron. J. 58 (1):5-8, 1966.
- NAVARRO, L.C.; MONTALVO, S.R. & VELASCO, L.J. Efectos de varios niveles de humedad aprovechable del suelo sobre el algodonoero. An. cient. La Molina, 1(13):221-245, 1963.
- PRYOR, E.D. The big vein disease of Lettuce in relation to soil moisture. I. Agr. Res. 68:1-9, 1944.
- POROUS TUBING FOR SUBIRRIGATION. Irrigation Farmer 6(2):27, 1970.
- PIMENTEL GOMES, F. Experiência em parcelas sub-divididas. In: Curso de Estatística Experimental. 4ªed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1970. p.198-223.
- RICHARDS, L.A. The usefulness of capillary potential to soil moisture and plant investigators. J. Agr. Res. 37:719-742, 1928.
- _____ Methods of measuring soil moisture tension. Soil Sci. 58:95-112, 1949.
- _____ & WADLEIGH, C.H. Soil water and plant growth. In: Shaw, B.T., ed. Soil physical conditions and plant growth. New York, Academic Press, 1952. p.73-251.

- RIETHUS, H.; GERDUNG, R. & GRUNEWALD, J. Einfluss der Wasser-
attung des Bodens auf dem Ertrag einiger Gemusearten. Garten-
bauwissenschaft 22(4):236-245, 1957.
- ROTTA, C.L.; JORGE, J.A.; OLIVEIRA, J.B. & K"UPPER, A. Levantamen-
to pedológico detalhado da Estação Experimental de Monte Alegre
do Sul. Trabalho apresentado no XII Congresso Brasileiro da
Ciência do Solo. Curitiba, Pr. 1969.
- ROCHA, F.F. Cultura da ervilha e feijão de vagem. In: Horta-
liças. Fasc. VII, Viçosa, Univ. Rural do Estado de Minas Gerais,
1960. p.1-19.
- SCHWALEN, H.C. & WHARTON, M.F. Lettuce irrigation studies.
arizona Agr. Exp. Sta. 1930. p.464-517. (Bul 133)
- SPENCER, A.P. A irrigação subterrânea. A Fazenda 8(33):286-288,
1938.
- SWEET, R.D. Cultivation studies of certain vegetables grown on
peat soils. Cornell Agr. Exp. Sta., 1943. 43p. (Bul. 795)
- SNEDECOR, W.G. Two - Way Experiments. Analysis of variance. In:
Statistical methods. 5ed. The Iowa State College Press,
Ames, Iowa. 1956. p. 291-328.
- STAUCH, F. An der Grenze der Ertragsteigerung? Neue Mitteilungen
für die Landwirtschaft, 27:1, 1948.
- _____ Patent Ser. Nr. 76,494 - Pat. 2.653.449. USA-1953.
- _____ Endlich Untergrundbewässerung? Deutsche Landwirtschaft-
liche Presse 24:1, 1954.
- _____ Carta recebida pela Seção de Irrigação e Drenagem do Ins-
tituto Agrônômico do Estado de São Paulo. Campinas, 1967 (a).
- _____ Carta rcccvida pela Seção de Irrigação e Drenagem do Ins-
tituto Agrônômico do Estado de São Paulo. Campinas, 1967 (b).

- _____ Carta recebida pela Seção de Irrigação e Drenagem do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo. Campinas. 1967 (c)
- SHIZUTO, J.M. A cultura da cenoura. Revista da Agricultura. 24(5/6):191-192, 1949.
- SHANKS, J.B. & LAURIE, A. Rose root studies: some effects of soil moisture content. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 54:473-476, 1949.
- SALTER, P.J. The effects of different water-regimes on the growth of plants under glass. J. hort. Sci. 29(4):258-268, 1954.
- COMISSÃO DE SOLOS. Serviço Nacional de Pesquisas Agrônomicas. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1960. 634p. (BoL. 12).
- SOUZA, G.U. Cultura da cenoura. Boletim de Agricultura, Belo Horizonte. 3(5/6):53-62, 1954.
- SIMÃO, S. Irrigação da alface. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba. 13:121-128, 1955/56.
- STANHILL, G. The effect of differences in soil moisture status on plant growth: a review and analysis of soil moisture regime experiments. Soil Sci. 84(3):205-214, 1957.
- UPCHURCH, R.P.; PETERSON, M.L. & HAGAN, R.M. Effect of soil moisture content on the rate of photosynthesis and respiration in Ladino Clover. Pl. Physiol. 30(4):205-303, 1955.
- VEIHMEYER, F.J. Some factors affecting the irrigation requirements of deciduous orchards. Hilgardia 2:125-191, 1927.
- _____ & HENDRICKSON, A.H. Soil moisture condition in relation to plant growth. Plant Physiol. 2(1):71-82, 1927.

_____ & WHARTON, M.F. Irrigation of lettuce. Berkeley, Monterey Bay Region Exp. California Agr. Exp. Sta., 1949. 51p.
(Bul. 711)

_____ Soil moisture and its availability to plants. Davis, Univ. of California, 1955. 95p.

YUKIO, N. Growing carrots in Havai. Univ. of Havai, 1957.
6p. (Ext. circular 378)