AVALIAÇÃO DA INTERCEPTAÇÃO HIDROLÓGICA E DO EFEITO DA VINHAÇA EM CANA-DE-AÇÚCAR (Saccharum spp)

Engº Agrº Dr. DIRCEU BRASIL VIEIRA
Docente do Deptº de Hidráulica
e Saneamento da Faculdade
de Engenharia de Limeira
UNICAMP

Tese apresentado à Faculdade de Engenharia de Limeira - UNICAMP para a obtenção do título de Livre Docente.

LIMEIRA
ESTADO DE SÃO PAULO
1982

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

À memória de Mário Vieira, meu pai

HOMENAGEM

À dna. Zoraide B. Vieira, minha mãe

AGRADECIMENTO

À Rosemeire, minha esposa, e a Cláudia e Vanessa, minhas filhas.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O autor consigna seus agradecimentos aos senhores Luis Ometto, Engº Nelson Ometto e Engº João Guilherme Sabino Ometto, diretores da Companhia Industrial e Agrícola Ometto, Usina Iracema, pelo apoio dado permitindo a condução da pesquisa em área da companhia. Ao Engº Agrº Luis Alcides Colletti, chefe do Departamento Agrícola da Usina Iracema pelo apoio amigo e pelas facilidades oferecidas. Ao Engº Agrº Susir Aparecido Calça pelas sugestões e pela colaboração na área estatística. Ao Engº Químico Mário Fazanaro, responsável pelo Laboratório de Análise da Usina Iracema pela realização das análises e apoio oferecidos. Aos funcionários do Departamento Agrícola da Usina Iracema pela colaboração prestada.

Ao Dr. Paulo Rodolfo Leopoldo da Faculdade de Ciências Agrárias, UNESP, Botucatu, pelas sugestões apresentadas e pelo empréstimo de equipamentos, sem os quais este trabalho não teria sido possível.

Ao Dr. Antonio Evaldo Klar chefe do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias, UNESP, Botucatu, pelo apoio oferecido.

Ao Engº M.S. Abel Maia Genovez, assistente da Área de Hidrologia do Departamento de Hidráulica e Saneamento, Faculdade de Engenharia de Limeira, UNICAMP, pela revisão e incentivo.

Ao Engº Bruno Coraucci Filho, da Área de Saneamento do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Faculdade de Engenharia de Limeira, UNICAMP, pela revisão e apoio.

Ao Bel. Mauro Fernandes do Setor de Administração pelo contínuo apoio.

À Sra. Iêda Maria Stahl Hergert pela dedicação e carinho nos trabalhos de datilografia. Aos Senhores Assis Aparecido Piffer, Antônio Roberto Siviero, Benedito Dragone e Carlos Alberto Alcaide pela eficaz colaboração e dedicação na condução da pesquisa. Ao Sr. Orlando Aparecido Fazenaro pela dedicação nos desenhos.

Aos Senhores Gilberto Aparecido Leonel e Luiz Augusto Barbosa do Setor Gráfico pela dedicação no serviço executado.

Finalmente a todos quantos de uma ou outra forma, concorreram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

página

1. INTRODUÇÃO..... 01

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 04
2.1. Fertirrigação da Cana-de-Açúcar com Vinhaça..... 04
2.2. Poluição da Água do Solo com Vinhaça..... 06
2.3. Interceptação Hidrológica..... 08

3. MATERIAL E MÉTODO..... 15
3.1. Localização e Características do Ensaio..... 15
3.2. Natureza do Solo..... 18
3.2.1. Propriedades Físicas do Solo..... 18
3.2.2. Propriedades Químicas do Solo..... 34
3.3. Variedade de Cana-de-Açúcar..... 35
3.4. Tratos Culturais..... 36
3.5. Equipamento de Aspersão..... 36
3.6. Líquido Aplicado..... 37
3.7. Pluviômetro..... 37
3.8. Medição do Escoamento pelo Colmo..... 39
3.9. Pôsto Meteorológico..... 41
3.10. Controle da Umidade do Solo..... 41
3.11. Retirada da Água do Solo..... 43
3.12. Análise Química da Água do Solo..... 47
3.12.1. Determinação do pH..... 50
3.12.2. Teste Alfa-Naftol..... 50
3.12.3. Sólidos Dissolvidos..... 50
3.12.4. Teor de Sílica..... 50
3.12.5. Teor de Fosfato..... 51
3.12.6. Dureza..... 51
3.17.7. Demanda Química de Oxigênio (D.Q.O.)..... 52
3.13. Evapotranspiração da Cana-de-Açúcar..... 52
3.13.1. Método de Thornthwaite..... 52
3.13.2. Método de Blaney-Criddle..... 53

página

3.13.3. Método de Hargreaves..... 54
3.14. Medição da Altura da Planta..... 55
3.15. Avaliação da Produtividade da Cultura..... 56
3.16. Modelo Estatístico..... 56

4. RESULTADOS..... 61
4.1. Produtividade Agrícola..... 61
4.2. Dados Meteorológicos e de Consumo de Água pela Cultura..... 61
4.3. Análise Química da Água do Solo..... 63
4.4. Repartição das Chuvas..... 78

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS..... 96

6. CONCLUSÕES..... 111

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA..... 113

ANEXO I 121
ANEXO II 122
ANEXO III 123
ANEXO IV 124

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

Tabelas

página

Tabela 2.1 - Valores da repartição de chuva para algumas culturas, anuais, HAYNES (1937)..... 11

Tabela 2.2 - Valores da repartição das chuvas para povoamentos florestais. AUSSENAC (1968)..... 11

Tabela 2.3 - Valores da precipitação interna medidas em povoamentos florestais no Tennesse, E.U.A. HENDERSON et Alii (1977)..... 13

Tabela 2.4 - Relação entre a precipitação total e suas respectivas repartições. LEOPOLDO (1981)..... 14

Tabela 3.1 - Teor de umidade do solo em porcentagem em relação ao peso sêco, para diferentes tensões e profundidades..... 32

Tabela 3.2 - Dados de física da água do solo..... 33

Tabela 3.3 - Valores médios da análise química do solo nas estações para o perfil de 0-50 cm de profundidade..... 35

Tabela 3.4 - Análise química do solo de todo talhão..... 35

Tabela 3.5 - Composição química da vinhaça da Usina Iracema..... 38

Tabela 4.1 - Valores da produtividade agrícola e tecnológicos..... 61

Tabela 4.2 - Dados meteorológicos e consumo de água pela cultura de cana-de-açúcar..... 62

Tabela 4.3 - Valores mensais de evapotranspiração potencial em mm..... 62

Tabela 4.4 - Valores dos coeficientes culturais (Kc)..... 63

Tabela 4.5 - Análise da água para a avaliação da seletividade da cápsula porosa..... 64

página

Tabela 4.6 - Análise química da água retirada do solo (data: 15/08/81)..... 65
Tabela 4.7 - Análise química da água retirada do solo (data: 10/09/81)..... 66
Tabela 4.8 - Análise química da água retirada do solo (data: 25/09/81)..... 67
Tabela 4.9 - Análise química da água retirada do solo (data: 15/11/81)..... 68
Tabela 4.10 - Análise química da água retirada do solo (data: 01/12/81)..... 69
Tabela 4.11 - Análise química da água retirada do solo (data: 05/12/81)..... 70
Tabela 4.12 - Análise química da água retirada do solo (data: 07/12/81)..... 71
Tabela 4.13 - Análise química da água retirada do solo (data: 16/12/81)..... 72
Tabela 4.14 - Análise química da água retirada do solo (data: 10/01/81)..... 73
Tabela 4.15 - Análise química da água retirada do solo (data: 11/02/82)..... 74
Tabela 4.16 - Análise química da água retirada do solo (data: 21/03/82)..... 75
Tabela 4.17 - Análise química da água retirada do solo (data: 12/04/82)..... 76
Tabela 4.18 - Análise química da água retirada do solo (data: 13/05/82)..... 77
Tabela 4.19 - Valores médios da análise química da água do solo..... 78
Tabela 4.20 - Valores médios da repartição das chuvas em cultura de cana-de-açúcar..... 79
Tabela 4.21 - Valores da repartição das chuvas medidos nas Áreas I e II..... 80

página

Tabela 4.22 - Repartição das chuvas nas áreas expressa em porcentagem..... 81
Tabela 4.23 - Valores acumulados de precipitação total, precipitação interna, escoamento pelo colmo, precipitação efetiva e interceptação..... 83
Tabela 4.24 - Dados finais da repartição das chuvas na cultura da cana-de-açúcar..... 93
Tabela 4.25 - Valores médios da repartição das chuvas seguindo classes de alturas pluviométricas..... 94
Tabela 4.26 - Valores médios da altura da primeira aurícula visível da cana-de-açúcar..... 93
Tabela 4.27 - Valores médios da repartição das chuvas em função da altura das plantas..... 95

Figuras

Figura 3.1 - Planta de localização da área experimental..... 16
Figura 3.2 - Esquema das instalações na área experimental 17
Figura 3.3 - Curva característica da água do solo tratamento dose completa- prof. 0-25 cm..... 20
Figura 3.4 - Curva característica da água do solo-tratamento dose completa- prof. 0-50 cm..... 21
Figura 3.5 - Curva característica da água do solo-tratamento dose completa- prof. 0-75 cm..... 22
Figura 3.6 - Curva característica da água do solo-tratamento dose completa- prof. 0-100 cm..... 23
Figura 3.7 - Curva característica da água do solo-tratamento meia dose - prof. 0-25 cm..... 24
Figura 3.8 - Curva característica da água do solo-tratamento meia dose - prof. 0-50 cm..... 25
Figura 3.9 - Curva característica da água do solo-tratamento meia dose - prof. 0-75 cm..... 26

página

Figura 3.10 - Curva característica da água do solo-tratamento meia dose - prof. 0-100 cm..... 27
Figura 3.11 - Curva característica da água do solo-tratamento dose nula - prof. 0-25 cm..... 28
Figura 3.12 - Curva característica da água do solo-tratamento dose nula - prof. 0-50 cm..... 29
Figura 3.13 - Curva característica da água do solo-tratamento dose nula - prof. 0-75 cm..... 30
Figura 3.14 - Curva característica da água do solo-tratamento dose nula - prof. 0-100 cm..... 31
Figura 3.15 - Vista geral do equipamento montagem direta em operação..... 38
Figura 3.16 - Modelo de pluviômetro empregado na pesquisa..... 40
Figura 3.17 - Dispositivo de captação do escoamento pelo colmo..... 41
Figura 3.18 - Gráfico da variação da deficiência da umidade do solo com o tempo para o tratamento dose completa..... 44
Figura 3.19 - Gráfico da variação da deficiência da umidade do solo com o tempo para o tratamento meia dose..... 45
Figura 3.20 - Gráfico de variação da deficiência da umidade do solo com o tempo para o tratamento dose nula..... 46
Figura 3.21 - Modelo de sonda para a captação da água do solo..... 48
Figura 3.22 - Aspécto da retirada da água da sonda, com o auxílio da bomba de vácuo..... 49
Figura 3.23 - Aspécto de colocação da sonda no solo..... 49
Figura 3.24 - Aspécto interno da cultura, observando-se pluviômetro e coletor de escoamento..... 59

página

Figura 3.25 - Vista dos pluviômetros instalados a céu aberto..... 60
Figura 4.1 - Curva de regressão para valores de precipitação interna em porcentagem..... 84
Figura 4.2 - Curva de regressão para valores de precipitação interna em porcentagem..... 85
Figura 4.3 - Curva de regressão para valores de escoamento pelo colmo da cana-de-açúcar em porcentagem..... 86
Figura 4.4 - Curva de regressão para valores de escoamento pelo colmo da cana-de-açúcar em porcentagem..... 87
Figura 4.5 - Valores da precipitação interna acumulada, em milímetros..... 88
Figura 4.6 - Valores da precipitação interna, acumulada, em milímetros..... 89
Figura 4.7 - Valores acumulados de escoamento pelo colmo, em milímetros..... 91
Figura 4.8 - Valores acumulados de escoamento pelo colmo, em milímetros..... 92
Figura 5.1 - Colmos dos tratamentos dose completa, meia dose e dose nula. Observa-se da esquerda para direita, internódios de colmos desses tratamentos, mostrando o efeito da ferrirrigação..... 98
Figura 5.2 - Vista de uma touceira de cana-de-açúcar do tratamento dose completa..... 100
Figura 5.3 - Vista de uma touceira de cana-de-açúcar do tratamento meia dose..... 101
Figura 5.4 - Vista de uma touceira de cana-de-açúcar do tratamento dose nula..... 102

página

Anexo I - Fatores de correção da evapotranspiração potencial mensal, dada pelo nomograma de Thornthwaite, para ajustá-la ao número de dias do mês e à duração do brilho solar diário, nos vários meses do ano e latitudes entre 15 graus norte e 37 graus sul..... 121

Anexo II - Nomograma para cálculo da evapotranspiração potencial mensal, não ajustada, pela fórmula de Thornthawaite, em função da temperatura média diária e da anual normal..... 122

Anexo III - Porcentagem mensal do total anual de horas possíveis de insolação para diferentes latitudes.... 123

Anexo IV - Radiação no topo da atmosfera, RMM, expressa em altura, RMM, expressa em altura de evaporação mensal equivalente em mm..... 124

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo contribuir no esclarecimento desses dois ítens, ou seja verificar a possibilidade da fertirrigação com vinhaça vir a poluir a água do solo e estudar a repartição das chuvas na cultura da cana-de-açúcar. A pesquisa foi conduzida em área gentilmente cedida pela Companhia Industrial Agrícola Ometto, Usina Iracema. A variedade de cana-de-açúcar cultivada foi a CB-41-76, terceira soca. A fertirrigação foi executada com base na capacidade de retensão do solo e utilizando-se conjuntos de aspersão tipo montagem direta. Para a extração da água do solo, destinada as análises químicas, instalou-se nove estações cada qual com quatro sondas com 50, 100, 150 e 200 cm de profundidade. Sendo três em cada um dos tratamentos: Dose Completa, Meia Dose e Dose Nula; o primeiro com 100 % de fertirrigação, o segundo com 50 % e o terceiro não recebendo aplicação. A captação da água retida no solo foi feita aplicando - se vácuo, com o auxílio de uma bomba manual. Para o estudo da repartição das chuvas foram instalados 30 pluviômetros ao acaso, em duas áreas de 5 x 5 metros, entre os tratamentos dose completa e meia dose, e dez pluviômetros a céu aberto, num carreador. Tais pluviômetros tinham a finalidade de medir somente as precipitações pluviométricas. Coletores de escoamento pelo colmo captavam a água e a conduzia a recipientes para posterior medição. Tais coletores foram instalados em todos os colmos de sete touceiras, quatro na Área I e três na Área II. Foram também determinados alguns parâmetros de irrigação.

Os resultados obtidos permitiram concluir que nas condições da experiência, a fertirrigação com vinhaça aplicada de acordo com a capacidade de retensão do solo e empregando o conjunto de aspersão montagem direta, não causa problemas de contaminação à água do solo. As perdas por interceptação na cultura de cana-de-açúcar, terceira soca, foram de 24,07 %, enquanto a precipitação interna e escoamento pelo colmo 64,42 % e 11,51 %, respectivamente. A precipitação efetiva atingiu 75,92 %, obteve-se equações de regressão para a precipitação interna e o escoamento pelo colmo.

Quanto a parâmetros de irrigação, determinou-se coeficiente de cultura (Kc) para o tanque evaporimétrico Classe A, de 0,421 de 2 a 6 meses do ciclo da cultura e de 0,642 de 6 a 12 meses. As fórmulas de Blaney-Criddle e Hargreaves, forneceram resultados melhores que a de Thornthwaite para a avaliação da evapotranspiração real.

SUMMARY

The present research had the objective to furnish details to these two itens; or checking the watering-fertilization possibility with sugar cane alcohol destilation residue in future polute the ground water and study the rainfall distribution in the sugar cane cultivation.

The research was conducted at "Companhia Industrial e Agrícola Ometto, Usina Iracema", nicely offered for our work. The sugar cane variety grown was CB-41-76, third ratoons. The ferti-irrigation was done, based in the soil wates retention and utilizang sets of sprinkling irrigation of straight mounting type.

For the extraction of the soil water retention used nine station which one with four sounding-lead with 50, 100, 150 and 200 cm of depth, Being three in cach of the treatments: Full Dose, Half Dose and Nule Dose; the first with 100% ferti-irrigation the second with 50% and the third receiving no application. The extraction of the soil water retention was made by applying vacuum, with a handle bomb help. To the water distribution was set 30 pluviometers by chance in two areas of 5 x 5 meters, between the full dose and half dose tratments, and ten pluviometers in open air, in path. There pluviometers had the purpose of measuring only the rainfall. Stemflow collectors capture the water and led it to containers in order to be measured afterwards. These collectors were set in each stem of seven stubs of trees; four in the Area I and three in the Area II was also

determined some irrigation parameters.

The results obtained allowed us to conclude that under the conditions experiences, the ferti-irrigation with sugar cane alcohol destilation residue with applied in accordance with the water soil retention capacity and applying the sets splinker irrigation mounting do note cause problems in ground water contamination. The losses by interception in sugar cane, third ratoons were 24,07 % of gross rainfall, white the through fall and stemflow were 64,42 % and 11,51 %, respectivaly. The net rainfall reacherd 75,92 %, one got equations of regression to throughfall and setemflow.

By the irrigation parameters were determined the culture coefficients (kc) to the evaporometric pan Class A, of 0,421 from 2 to 6 months of culture cycle and of 0,642 from 6 yo 12 months. Blaney -Criddle and Hargreaves formulas, furnished better results than Thorntwaite ones to evaluate the real evapotranspiration.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (Saccharum spp) desde os tempos coloniais está intimamente ligada com a atividade econômica e social do País. A produção do açúcar, do álcool e da aguardente, representa importante setor da economia brasileira, proporcionando a criação de grande número de empregos desde as operações agrícolas, como preparo do solo, plantio e colheita, até no próprio processamento industrial. A área atual cultivada com cana-de-açúcar é de 2,6 milhões de hectares, estando recebendo acentuado incremento devido o Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL) que objetiva a produção de 10,7 bilhões de álcool em 1985. Tal esforço oriundo dos problemas advindos da desenfreada elevação do custo do petróleo, fez-se necessário por ser o álcool a solução brasileira para a produção de um combustível renovável, sem necessidade de importação. Para tanto, além de um programa técnico-científico no sentido de melhorar a produtividade agrícola das zonas canavieiras tradicionais, está se procedendo um acelerado processo de ampliação das áreas de plantio nessa zonas, bem como a implantação da cultura em outras regiões.

Sem dúvida, um problema, que todas as destilarias enfrentam e que deve aumentar com essa expansão da cultura canavieira para produção do álcool, é a vinhaça.

A vinhaça, também denominada restilo de vinhoto, é o principal resíduo da destilaria de álcool, sendo produzida na proporção de 13 a 15 vezes o volume de álcool. Portanto, ao atingir a meta do

PROALCOOL será produzido paralelamente cerca de 160 bilhões de litros de vinhaça, o que corresponde a uma vazão de 10,32 m^3/s para uma safra de 180 dias. A vinhaça deixa a destilaria com uma temperatura ao redor de 80°C, é altamente poluente e corrosiva, portanto seu destino final sempre é um problema para a indústria. Contudo, trata-se de um líquido muito rico em potássio e matéria orgânica, que são fertilizantes essenciais. Dessa forma, a aplicação da vinhaça na própria lavoura canavieira é muito benéfica, ALMEIDA (1952). Tal aplicação pode ser feita por vários processos, sendo porém, a aspersão a mais vantajosa, porque permite proceder a uma verdadeira fertirrigação, aliando os benefícios do fertilizantes aplicado aos da água. Todavia, em geral cada destilaria em função de sua localização, natureza do solo, prerrogativas administrativas, etc., adota um método principal de aplicação da vinhaça, mantendo outro para a complementação.

O presente trabalho teve duplo objetivo. Dessa forma ao proceder determinações e análises numa cultura de cana-de-açúcar, procurou-se detectar a possibilidade da aplicação da vinhaça na área estar afetando as características da água retida no sub-solo. Paralelamente, procedeu-se a determinação da repartição das chuvas no canavial, afim de avaliar a interceptação hidrológica e a precipitação efetiva, importantes componentes do ciclo hidrológico cuja dinâmica interfere diretamente na atividade humana. Ao procurar detectar alterações na água do sub-solo, ainda que qualitativamente, procurou-se apresentar uma modesta contribuição aos técnicos que trabalham no setor, e aos ecologistas, a respeito da dúvida oriunda da possibilidade da vinhaça vir a afetar os recursos hídricos subterrâneos. Dessa forma, através de sondas retirou-se a água retida no sub solo até a uma profundidade de 2,00 metros, procedendo-se a sua análise química, através da qual pode-se observar a situação ao longo do tempo. A repartição das chuvas foi estudada através de pluviometros instalados fora da cultura, no interior da cultura e de coletores da água que escoa pelo colmo da planta durante a precipitação. Tais determinações foram feitas após cada chuva, durante o ciclo da cultura, permitindo verificar o efeito do desenvolvimento da cultura sobre o fenômeno. Paralelamente, foram ainda avaliados outros parâmetros hidrometeorológicos, ligados a

fertirrigação da cana-de-açúcar.

Este trabalho em absoluto, tem a pretensão de apresentar conclusões definitivas sobre o assunto, o que por si só seria incoerente com a própria dinâmica da lavoura canavieira e do ciclo hidrológico mas sim apresentar uma modesta contribuição para a solução do problema de deposição de resíduos industriais e a repartição das chuvas, segmento do ciclo hidrológico tão importante para a Hidrologia Aplicada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Fertirrigação da Cana-de-Açúcar com Vinhaça

A aplicação da vinhaça na própria lavoura de cana-de-açúcar é, atualmente, prática rotineira na maioria das Usinas da região. Ao que parece as primeiras aplicações desse efluente industrial na agricultura datam de 1918 ANDRADE (1966). Contudo, as primeiras tentativas não foram frutíferas, de sorte que somente por volta de 1943, iniciou-se a aplicação da calda "in natura" nos solos cultivados ou diluída com água como processo de irrigação e fertilização, como acentuam ALMEIDA (1952) e LIMA (1969). A utilidade da vinhaça na fertirrigação da cana-de-açúcar rapidamente se desenvolveu nas zonas canavieiras tradicionais.MORETTI Fº (1965) procedendo detalhado estudo para a caracterização da sêca agronômica na zona canavieira do estado de São Paulo, observou que em um de cada 10 anos, nos solos que retêm 50 mm de água disponível, poderão ocorrer 134 a 175 dias sêcos, conforme a localidade da zona canavieira; poderão ser esperados números maiores que 90 a 123 dias sêcos em 5 de cada 10 anos, ou seja, num ano sim noutro não. Em solos com capacidade de retensão de água menor que 50 mm, a ocorrência de dias sêcos é ainda maior. Cita ainda, que na zona canavieira de São Paulo são esperados a ocorrência de longos períodos sêcos durante o inverno e o início da primavera.Concluiu sobre a necessidade da irrigação da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, ressalvando porém que conclusão categória sobre o assunto dependeria de

resultados de experimentos de irrigação nos seus múltiplos aspéctos, devidamente estudados, interpretados e acompanhados de uma análise econômica.

Vários pesquisadores procuraram estudar o efeito da irrigação na cultura de cana-de-açúcar. BARRETO et alii (1971) conduziram pesquisas para verificar o efeito da irrigação pelo sistema de sulcos de infiltração na cultura de cana-de-açúcar conduzida em latossolo roxo, obtiveram nos tratamentos irrigados a produção de 126,8 e 123,0 ton. de cana/ha respectivamente para as variedades CO-419 e CB-41-76 contra 75,6 e 82,3 nos não irrigados. CRUCIANI (1971) procedeu determinações de consumo de água em cultura de cana-de-açúcar não irrigada, obtendo correlações com a evaporação medida no tanque evaporimétrico Classe A. Observou que de 2 a 6 meses (119 dias) o consumo de água pela cultura foi de 158,9 mm ou seja 1,33 mm/dia, sendo o coeficiente de correlação com o tanque 0,42; de 6 a 12 meses (188 dias) o consumo foi de 644,0 mm, isto é 3,42 mm/dia com coeficiente de 0,76 e de 12 a 16 meses (116 dias) consumo de 273,0 mm ou 2,35 mm/dia, com coeficiente de 0,79. SCARDUA e SOUSA (1975) desenvolveram estudo sobre o comportamento da cultura da cana-de-açúcar submetida a diferentes dotações de água, em Araras, SP, verificaram que a melhor produtividade ocorria quando se aplicava na irrigação 60% da evaporação do tanque Classe A.

SOUSA (1976) estudando o consumo de água da cultura de cana-de-açúcar irrigada por aspersão em Araras, SP, obteve-se 3,28 mm/dia a um nível de água total disponível do solo de 55%. Obteve ainda coeficientes de proporcionalidade (K) entre a evapotranspiração real (Er) e a evaporação (Ev) do tanque Classe A foram 0,597, 0,720 e 0,705 respectivamente para estágios: menor que 7 meses; 7 a 12 meses e, 12 a 14 meses.

Com base em uma série de trabalhos de campo com aplicação de vinhaça por sistema convencional de aspersão conduzidas na Usina São José, em Macatuba estado de São Paulo, LORENZETTI et Alii (1978) citam que tais aplicações proporcionam altas produções de cana-de-açúcar em áreas inadequadas à cultura, possibilitando uma distribuição mais homogênea no solo que o método de sulcos. A aplicação em soquei-

ras ou em cana planta de pouca idade é facilitada sem os inconvenientes de sulcos em desnível, canais secundários e terciários, sendo os custos de aplicação baixos, por isso totalmente absorvidos pela economia de fertilizantes segundo esquema de adubação da Usina São José.

MAGRO (1978) tecendo considerações sobre aplicação da vinhaça na lavoura da Usina da Pedra em Serrana, SP, conclue que todo o sistema é válido quando o objetivo é aproveitar o potencial fertilizante, que a vinhaça contém. Não é possível, afirma o autor, aceitar a idéia de poluir o ambiente onde vive uma comunidade com um produto tão valioso.

LEME, ROSENFELD e BAPTISTELLA (1979) trabalhando com o sistema de aspersão com canhão hidráulico, conhecido comercialmente como conjunto montagem direta, citam como vantagens: não há necessidade de sistematização do terreno ou sulcação em desnível; pode ser usado em área com declive acentuado; pode operar em qualquer tipo de solo; pode ser usado em todos os ciclos da cultura; perfeito controle da quantidade de vinhaça aplicada; irriga áreas extensas por unidade de tempo; economia de mão de obra e baixo custo operacional por unidade de área. Afirmam que a aplicação deve ser baseada na base de 200 kg de K_2O por hectare. O sistema permite levar a aplicação de vinhaça a se aproximar de uma irrigação.

VIEIRA (1981) tecendo considerações sobre a aplicação de vinhaça por aspersão montagem direta na Usina Iracema, SP, acentua as vantagens do sistema. ORLANDO (1981) afirma que a fertirrigação por aspersão canhões hidráulicos setoriais é uma prática, que está se difundindo bastante entre os produtores de álcool.

2.2. Poluição da Água do Solo com Vinhaça

ALMEIDA (1952) cita os problemas da poluição de rios com a vinhaça das destilarias de álcool. Contudo, acentua benefícios de sua aplicação no solo para lavouras de cana-de-açúcar, milho, trigo, feijão e capineiras.

A utilização da vinhaça na fertirrigação da cana-de-açúcar é uma solução praticamente obrigatória para as destilarias, que lhes

permite eliminar o efluente industrial altamente poluente e corrosivo, sem poluir os recursos hídricos superficiais e, ainda, beneficiando a lavoura com as suas qualidades fertilizantes. Quanto a possibilidade desse líquido vir a poluir a água do solo pouca referência é encontrada na literatura.

As captações praticadas em terrenos aluviais ribeirinhos podem levar água contaminada por substâncias químicas solúveis não retidas pelo mecanismo de filtragem do solo e também pelas bactérias, se sua capacidade de filtração for insuficiente, afetando as águas do sub-solo. Poluentes como detergentes sintéticos, produtos pretolíferos, produtos tóxicos de usinas químicas, pesticidas agrícolas, estercos agrícolas e fossas, podem contaminar a água subterrânea, as quais são naturalmente puras, sendo difícil eliminar a sua poluição. MORETTE (1964)

GELLMAN e BLOSSER (1959) citam que havia nos Estados Unidos mais de 100 sistemas de irrigação por aspersão ou de camalhões ou de sulcos usando águas efluentes da fabricação de papel. Os melhores resultados obtiveram com solo recoberto com pastagens, ainda que existam dificuldades em sua conservação. A irrigação com águas efluentes da indústria de papel, afirma SCOTT (1962) em proporções elevadas causa danos severos na vegetação. O volume da aplicação e a decomposição do efluente são os problemas mais importantes.

A contaminação da água subterrânea pode ser resultado de métodos deliberados de eliminação de águas residuárias, pode provir de causas acidentais ou não intencionais ou de origem indireta como resultando de atividade humana de uso da água e do solo, LEGRAND (1973). Cita ainda esse autor, que o controle da poluição depende do alto grau da zona de aeração devido: 1) o ar destroe ou atenua alguns contaminantes; 2) os materiais do solo, especialmente as argilas, em geral tem uma alta capacidade de absorção de resíduos; 3) a dispersão na zona de aeração é rápida em comparação com a zona de saturação

A contaminação da água do lençol freático não é fato desconhecido como cita, OLIVEIRA (1973) todavia no que diz respeito a água do solo não se tem referência. Talvez por falta de método adequado para a captação dessa água, REICHARDT et Alii (1977) em trabalho

sobre extração e análise de nitratos em solução do solo cita que o problema da medida de concentração ou atividades de ions, nutrientes, ou quaisquer substâncias presentes, tem sido abordado há muito tempo, porém sem uma solução plenamente satisfatória, talvez devido à própria complexidade do sistema solo-solução do solo. O método mais comumente utilizado consta da agitação de certa quantidade de solo com uma solução extratora, em dada proporção e por determinado tempo. Várias críticas podem ser impostas a este procedimento, a principal delas por envolver a completa distruição do arranjo natural do sistema poroso, solo-solução do solo. Cita esse autor que recentemente tem sido aplicada uma nova técnica na qual a solução do solo é extraída aplicando-se vácuo a uma cápsula de cerâmica colocada no solo em dada profundidade. CERVELINI et Alii (1980) conduziram pesquisas sobre aplicação de nitrogênio marcado em cultura de feijão, retirando amostra de água do solo. LEOPOLDO (1981) em trabalho conduzido na Floresta Amazônica, utilizou a mesma metodologia para estudo dos Isotópicos da Água do Solo. Todavia com respeito a alterações que possam ser causadas pela poluição ou contaminação da água do solo não se tem conhecimento na literatura.

2.3. Interceptação Hidrológica

O ciclo hidrológico é o comportamento natural da água, quanto à sua ocorrência, transformação de estado e relações com a vida, GARCEZ (1967). As entradas e saídas de água de uma bacia hidrográfica estão intimamente ligadas com os processos hidrológicos como: precipitações pluviométricas, escoamento superfial, escoamento sub-terrâneo e subsuperficial, e perdas por evaporação e transpiração. Os estudos e projetos para preservação e utilização dos recursos hídricos, dependem fundamentalmente desses processos hidrológicos.

A interceptação hidrológica, também denominada intercepção, representa a quantidade de chuvas retida pela parte aérea das plantas e redistribuída através da precipitação interna, escoamento pelo caule e evaporação. HAMILTON e ROWE (1949). Quando as primeiras gotas de

chuva atingem uma cobertura vegetal, ficam quase completamente retidas pelas folhas como gotículas ou delgada película de água sobre a superfície foliar. Enquanto as folhas não atinjam sua máxima capacidade de armazenamento, somente uma pequena parcela chega ao solo. LINSLEY, KOHLER e PAULHUS (1949). Quando a folha atinge a sua máxima capacidade de armazenamento, prosseguindo o processo de precipitação pluviométrica, a adição de mais água propicia a formação de gotas, que vão crescendo de tamanho, até que as forças de tensão superficial ficam superadas pelas de gravidade, forçando a sua precipitação para o solo. A precipitação interna é a parcela da precipitação bruta, que atinge a superfície do solo, diretamente através dos espaços existentes entre a cobertura vegetal e pela precipitação de gotas provenientes das folhas, ramos e galhos. A quantidade de precipitação interna é muito influenciada pela ocorrência de ventos e pelo impacto da própria gota de chuva com a folha.

Após a saturação da copa da planta pela água de precipitação, o líquido começa a escoar pelas folhas, pecíolo, ramos e galhos, atingindo o caule em direção ao solo. Tal processo denomina-se escoamento pelo caule, que em função do tipo de vegetação tem maior ou menor participação no abastecimento de água do solo. A soma da contribuição da precipitação interna mais a do escoamento pelo caule denomina-se precipitação efetiva e indica a parcela da precipitação bruta, que realmente atinge o solo. A precipitação total é a quantidade de chuva medida fora da cultura ou acima de sua copa. Tais parâmetros, também são valiosos quando é feita a irrigação por aspersão da cultura.

Os estudos sobre interceptação são feitos indiretamente mediante a medição da precipitação interna e do escoamento pelo caule. A equação abaixo obtida por HELVEY e PATRIC (1965) permite correlacionar os parâmetros:

$$I = PT - (PI + Ec) = PT - PE \qquad (2.1)$$

onde:

I = quantidade de água interceptada perdida por evaporação ou perda por interceptação ou ainda simplismente interceptação;

PT = precipitação total;

PI = precipitação interna;

Ec = escoamento pelo câule;

PE = precipitação efetiva, todos expressos em altura em milímetros.

A maioria dos estudos sobre interceptação foram conduzidos em cobertura florestal, devido a preocupação sobre seu efeito sobre a parcela das chuvas, que realmente seria útil ao homem, não se perdendo por evaporação. Nas culturas para subsistência, anuais ou perenes, os trabalhos são reduzidos. Em geral os trabalhos experimentais sobre interceptação são trabalhosos e onerosos, exigindo a instalação de vários pluviômetros para a medição da precipitação interna e coletores para o escoamento pelo câule. O pequeno volume e o custo da sua medição, tornam o escoamento pelo câule muitas vezes negligenciado nos estudos sobre interceptação. HELVEY e PATRIC (1965).

O primeiro trabalho que se tem notícia levantando questão sobre o problema da interceptação em cana-de-açúcar foi o de MORETTI Fº (1965), que estudou a caracterização da sêca agronômica na zona canavieira do estado de São Paulo com base para os estudos de irrigação. Cita o autor, que uma certa quantidade de chuva nunca alcança a superfície do solo porque fica retida pela cobertura vegetal. Embora não tenha realizado determinações, afirma que um número razoável de fatores intervem no processo.

A interceptação varia com a espécie vegetal, idade, densidade da cultura, com a estação do ano e com a intensidade pluviométrica. As gramas e as plantas herbáceas interceptam surpreendentemente grande quantidade de chuva. Sua relação área foliar por área do terreno aproxima-se da observada em florestas LULL (1964), trabalhando com alfafa, milho, soja e aveia HAYNES (1937) obteve interessantes resultados, tendo sido um dos primeiros pesquisadores a pesquisar o assunto. Tais resultados estão na tabela 2.1. Vários pesquisadores procuraram determinar a interceptação em plantas herbáceas como CLARK (1940), BEARD (1956) e BURGY e POMEROY (1958), citados por LULL

(1964). Tais pesquisadores obtiveram valores de interceptação que variam de 17 a 60 %.

Contudo, afora estes trabalhos a maioria refere-se a estudos em povoamentos florestais. AUSSENAC (1968) conduzindo trabalho experimental sobre o assunto em povoamentos florestais de diferentes espécies e com cerca de 30 anos de idade, obteve os resultados de repartição das chuvas apresentados na tabela 2.2. Tais povoamentos eram constituídos de quatro espécies:

Tabela 2.1 - Valores da repartição de chuva para algumas culturas anuais, HAYNES (1937).

CULTURA	PRECIPITAÇÃO TOTAL mm (%)	PRECIPITAÇÃO INTERNA mm (%)	ESCOAMENTO-CÃULE mm (%)	INTERCEPTAÇÃO mm (%)
Alfafa	275 (100)	157 (57)	19 (7)	99 (36)
Milho	181 (100)	122 (67)	30 (17)	29 (16)
Soja	159 (100)	103 (65)	23 (15)	33 (21)
Aveia	172 (100)	160 (93)	—	12 (7)

Tabela 2.2 - Valores da repartição das chuvas para povoamentos florestais. AUSSENAC (1968).

POVOAMENTO FLORESTAL	PRECIPITAÇÃO TOTAL mm (%)	PRECIPITAÇÃO INTERNA mm (%)	ESCOAMENTO -CÃULE mm (%)	INTERCEPTAÇÃO mm (%)
Pinus sylvestris	750,5 (100)	510,2 (68,0)	11,4 (1,5)	228,9 (30,5)
Epicéia abies	750,5 (100)	479,7 (63,9)	13,4 (1,8)	257,2 (34,3)
Abies grandis	750,5 (100)	433,6 (57,8)	7,1 (1,0)	309,8 (41,2)
Folhosas	724,4 (100)	550,4 (76,0)	51,0 (7,1)	122,7 (16,9)

Pinus sylvestris L., Picea abies (L. Kaesten), Abies grandis, (Dougl Lindl) e folhosas com mistura de Fagus silvática L. e Carpitus

betulus L. A precipitação efetiva foi de 69,5%, 65,7%, 58,8%, e 83,1% respectivamente para o pinus, picea, abies e as folhosas.

KALMA, STANHIL e URIELI (1968) pesquisaram a repartição pluviométrica em Israel em cultura de laranjeiras, obtendo para uma precipitação total de 649 mm, 85,5% de precipitação interna, 47% de escoamento pelo caule e 47% de perdas por interceptação. As relações entre precipitação total (PT) e precipitação interna (PI) obtidas pelos autores são sintetizadas pela equação:

$$PI = 0{,}822\,PT - 0{,}3 \quad , \quad r = 0{,}980 \qquad (2.2)$$

Correlação idêntica relativa ao escoamento pelo câule, é dada pela equação:

$$Ec = 0{,}0888\,PT - 0{,}2 \quad , \quad r = 0{,}99 \qquad (2.3)$$

HENDERSON et Alii (1977) desenvolveram trabalho sobre quantidade e qualidade da água devida a precipitação interna, influenciada pelo tipo de floresta e da estação, no Tennesse, E.U.A. Não obtiveram diferenças fundamentais na quantidade de água precipitada internamente sob quatro tipos de florestas, como pode ser observado na tabela 2.3.

Outro autor a trabalhar no assunto foi SHEVELEV (1977), que realizou estudos em floresta de coníferas no "Central Verl Biogeocenological Station, Institute of Plant and Animal Ecology, USSR". Notou que a interceptação no verão era da ordem de 11 a 35% e no inverno de 0 a 25%.

FORD e DEANS (1978) estudaram o efeito da estrutura da copa de um povoamento florestal de Picea sitchensis sobre o escoamento pelo câule, precipitação interna e perdas por interceptação, no Sul da Escócia. Sobre uma precipitação total anual de 1639 mm obtiveram a seguinte repartição pluviométrica: 27% correspondente ao escoamento pelo câule, 43% de precipitação interna e 30% de interceptação. Observaram que o escoamento pelo câule foi consistente durante o ano, toda

via a precipitação interna aumentou para 57 % no inverno (janeiro-março).

Tabela 2.3 - Valores de precipitação interna medidas em povoamentos florestais no Tennesse, E.U.A. HENDERSON et Alii (1977).

PERÍODO	PRECIPITAÇÃO TOTAL mm	Pinus mm (%)	Lírio dendron	Quercus prinus	Quercus caryca
Período de Desenvol/o					
18-5-1971 a 13-12-1971	710	596(83,9)	615(86,0)	591(83,2)	588(82,8)
18-5-1972 a 07-12-1972	732	625(85,5)	614(85,2)	617(84,3)	630(86,1)
Período de Dormência					
13-12-1971 a 18-5-1972	672	578(86,0)	587(87,4)	586(87,2)	601(89,4)
07-12-1971 a 18-5-1973	942	805(85,5)	806(85,6)	793(84,2)	801(85,0)

Outro autor a pesquisar a interceptação foi ROWE (1979), trabalhando no Norte da Nova Zelândia com floresta constituida de espécie de folhas decíduas. Para uma precipitação total de 6220 mm, obteve 4540 mm de precipitação interna, o que corresponde a 73 %. A variação sazonal foi evidente, a média de precipitação interna no verão (outubro a março) foi de 68% e nos meses de inverno (abril a setembro) foi de 77 %, em relação a precipitação total. A interceptação média foi de 26 %, sendo a 30 % no verão e 21 % no inverno. O autor obteve duas equações de regressão linear correlacionando a precipitação interna com a precipitação total:

$$PI = -(1{,}51 \pm 0{,}68) + (0{,}75 \pm 0{,}02)\ PT\ , \quad \text{para o verão e}$$

$$PI = -(1{,}60 \pm 0{,}72) + (0{,}84 \pm 0{,}02)\ PT\ , \quad \text{para o inverno.}$$

JORDAN e HEUVELDOP (1981) desenvolveram trabalho na floresta amazônica próximo a San Carlos de Rio Negro, Venezuela, determina

ram que para uma precipitação total de 3664 mm, ocorrida de 1º de setembro de 1975 à 31 de agosto de 1977, a precipitação interna foi de 87 %, o escoamento pelo câule 8 %, 47 % de transpiração, 5 % de evaporação da superfície foliar e 48 % de escoamento sub-superfície.

LEOPOLDO (1981) conduzindo pesquisa na Reserva Florestal do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia (INPA), localizado no Estado do Amazonas, Brasil, verificou que para a floresta amazônica 25,6 % da precipitação total é interceptada pela cobertura vegetal, perdendo-se por evaporação. A precipitação interna corresponde a 74 % e o escoamento câule 0,4 %.

Outros autores como ANDERSON et Alii (1969), CALDER (1975), RUTTER e MORTON (1977), BASCH (1978), BASCH e MORTON (1978), BASH, WRIGHT e LLOYD (1980) e LARSSON (1980) desenvolveram estudos sobre interceptação pela cobertura vegetal, procurando estabelecer modelos matemáticos para representar o fenômeno.

Recentemente, LEOPOLDO (1981) desenvolveu pesquisa sobre repartição da precipitação pluviométrica em cultura de cana-de-açúcar, planta, em Botucatu, SP, obtendo os resultados da tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Relação entre a precipitação total e suas respectivas repartições. LEOPOLDO (1981).

	PRECIPITAÇÃO TOTAL (PT)	PRECIPITAÇÃO INTERNA (PI)	ESCOAMENTO P/ COLMO Ec	PRECIPITAÇÃO EFETIVA PI + Ec	INTERCEPTAÇÃO
milímetros	684	389	267	656	28,0
porcentagem	100	56,9	39,0	95,9	4,1 %

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Localização e Características do Ensaio

O presente trabalho foi conduzido em área normal de cultivo de cana-de-açúcar, pertencente a Usina Iracema - Companhia Industrial e Agrícola Ometto, município paulista de Iracemápolis. Toda a sistemática adotada pelo Departamento Agrícola da Usina Iracema, foi observada como se não houvesse pesquisa, de sorte que os tratos culturais foram aqueles normalmente empregados em toda área agrícola da Iracema, que em linhas gerais assemelham-se aos das demais usinas da região. A área experimental em questão é parte do projeto de fertirrigação da usina, que utiliza o sistema de aspersão, sendo localizada ao lado direito da rodovia pavimentada de acesso Via SP-127 à Fazenda Boa Vista. A figura 3.1 apresenta uma planta de localização da área experimental. O experimento compreende uma área de 100 x 100 metros, sendo limitado acima pelo canal secundário do projeto de fertirrigação, e abaixo com as margens do córrego Paramirim. O equipamento de aplicação da vinhaça diluída foi posicionado no centro do limite superior da área, sendo que a 100 metros de cada lado desse local haviam outros dois pontos de aplicação, de modo a propiciar o recobrimento do jato necessário para manter homogênea a lâmina líquida aplicada. A figura 3.2 apresenta o esquema da área experimental, nota-se a divisão em três tratamentos: Dose Completa, Meia Dose e Dose Nula. O tratamento dose completa, compreende as estações 1, 2 e 3, referindo-se a região onde a

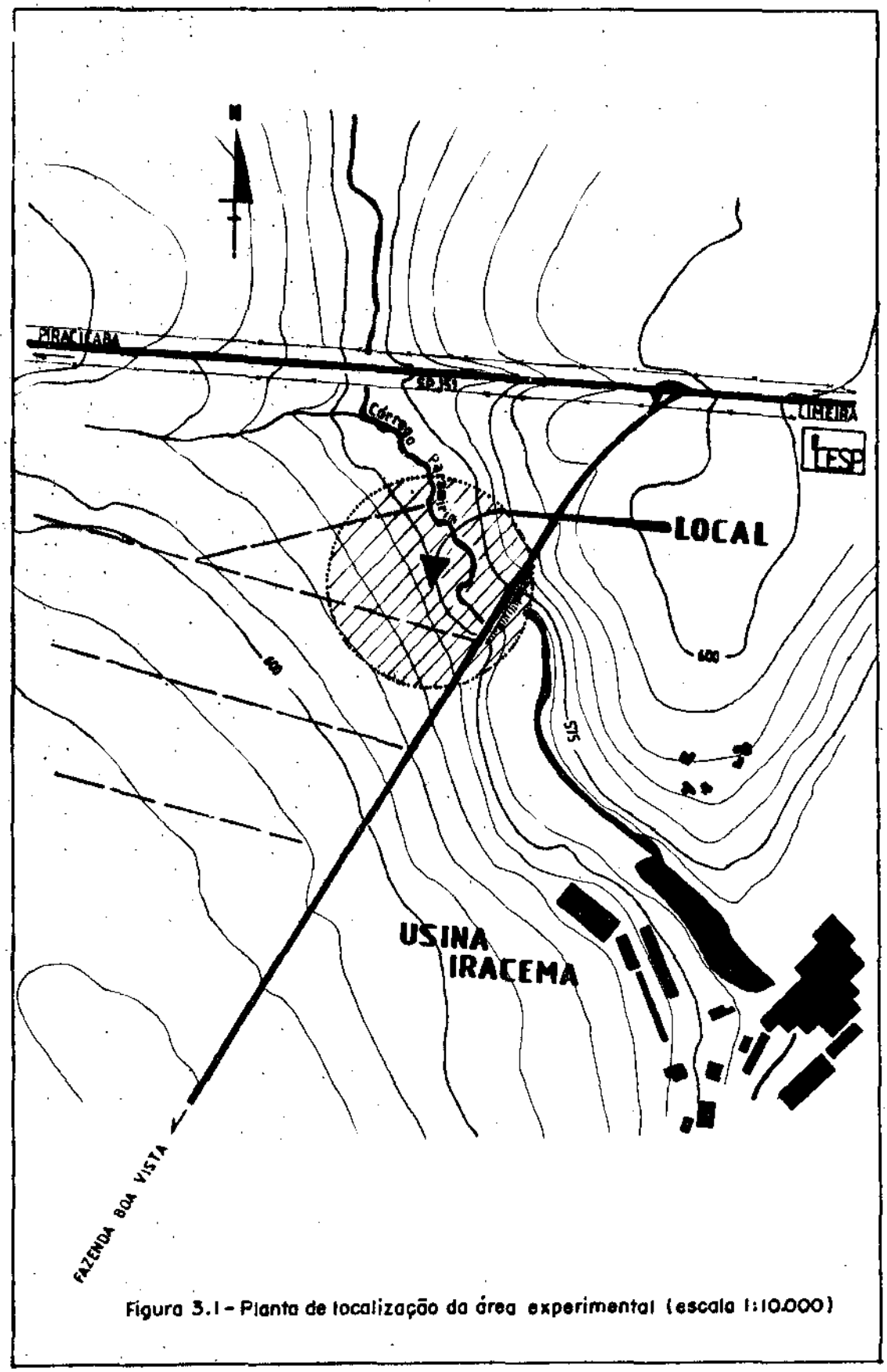


Figura 3.1 - Planta de localização da área experimental (escala 1:10.000)

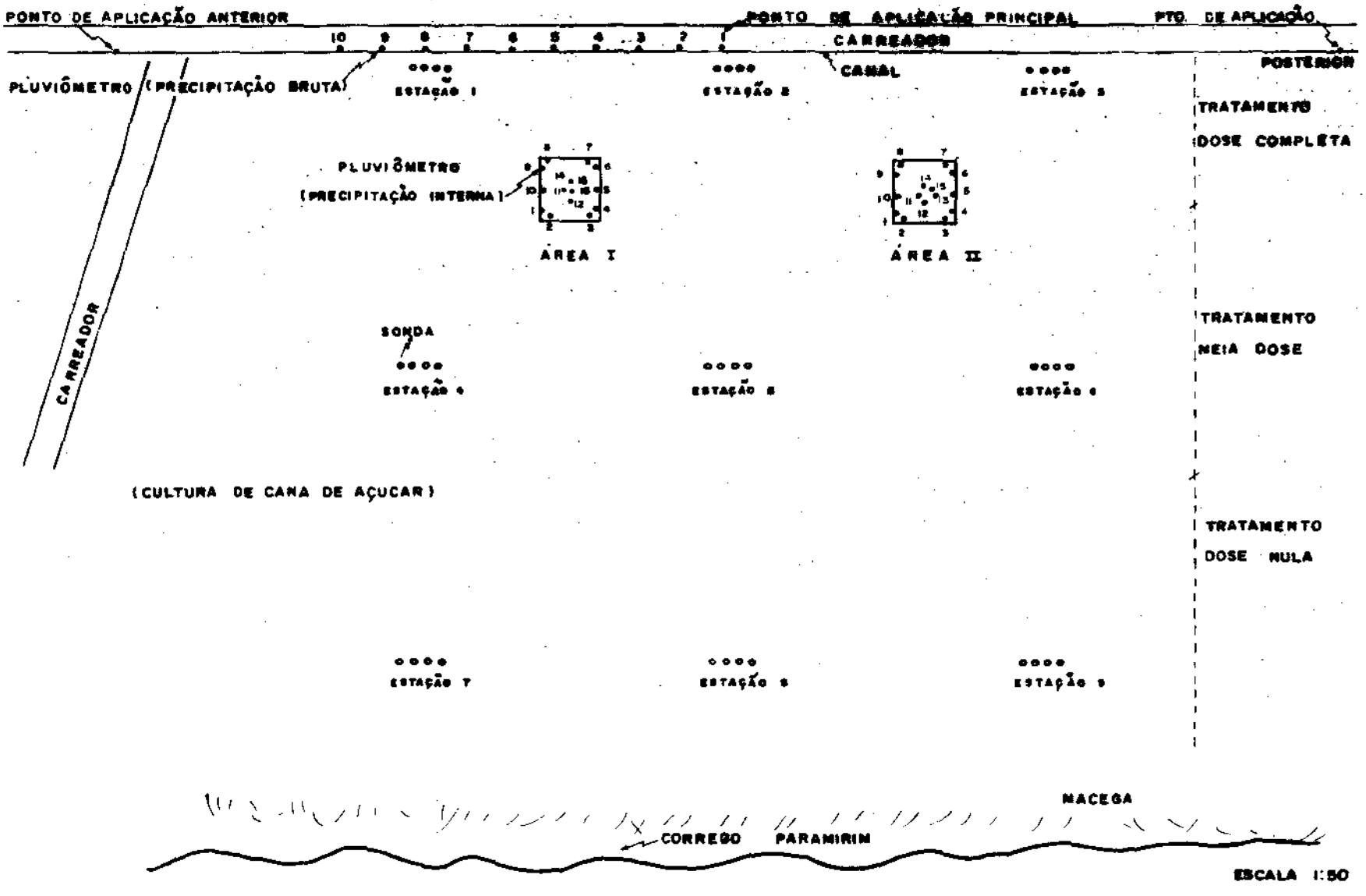


Figura 3.2 – Esquema das instalações na área experimental

aplicação da vinhaça é normal, isto é, aproximadamente 450 metros cúbicos por vez. No tratamento meia dose, estações 4, 5 e 6, indica a zona onde não há recobrimento de jato, pois o alcance do mesmo é de 70,0 metros, assim o volume aplicado em cada vez é aproximadamente a metade do anterior. O tratamento dose nula, estações 7, 8 e 9, indica a região onde o jato do aspersor não alcança, portanto não recebendo a fertirrigação. Foram instaladas nove estações para a captação da água do sub solo, três em cada tratamento, sendo cada uma com quatro sondas, respectivamente com 50; 100; 150 e 200 cm de profundidade. Foram demarcadas duas áreas (Área I e Área II) na região mediana entre as estações do tratamento dose completa e meia dose, de 5,0 x 5,0 metros, onde foram instalados 15 pluviômetros por área para a medição da precipitação interna. Nessas áreas foram instalados dispositivos para a captação do escoamento da água pelo colmo. No corredor localizado ao lado do canal, foram instalados 10 pluviômetros para medição da precipitação pluviométrica bruta.

3.2. Natureza do Solo

O solo da área experimental pertence ao grande grupo Latossolo Roxo, também conhecido por terra roxa legítima. Segundo RANZANI et Alii (1968), é classificado como sendo da série Iracema. São solos muito profundos, argilosos, bem drenados, com coloração arroxeada, de topografia em geral, suavemente ondulada. A vegetação natural destes solos é de florestas, contudo, atualmente estão quase totalmente cultivados. São desenvolvidos sobre o diabásio, de elevada capacidade de retenção de água, ligeiramente ácidos, moderado suprimento de K e Ca; baixo suprimento de Na e Mg. Segundo VIEIRA (1970), na bacia hidrográfica do rio Piracicaba, onde localiza-se o município de Iracemápolis, o latossolo roxo ocupa uma área de 1254 km^2, sendo cultivado principalmente por cana-de-açúcar

3.2.1. Propriedades Físicas do Solo

A determinação das propriedades físicas do solo foi feita

no Laboratório de Hidrologia do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Faculdade de Engenharia de Limeira. Foram retiradas amostras de solos até a profundidade de 100 cm, em intervalos de 25 cm, em pontos localizados nos três tratamentos. Tais amostras foram secadas a sombra, peneiradas com tamís de 2,0 milímetros e acondicionadas em recipientes de papel. Aproximadamente 20 gramas de cada amostra era posta a saturar com água por 24 horas, sendo a seguir submetida a tensões de 0,1 a 15,0 bares por mais 24 horas no aparelho extrator de placa de pressão de Richards. Cada amostra após esse tempo, era retirada do aparelho e colocada em recipiente metálico com tara pré-determinada, pesado e colocado na estufa até peso constante, sendo o teor de umidade remanescente determinado gravimétricamente. Os resultados obtidos constam da tabela 3.1. Com esses resultados foram desenhadas as curvas características da água do solo nas profundidades de 0-25, 0-50, 0-75 e 0-100 cm para cada tratamento. As curvas assim obtidas estão nas figuras 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 e 3.14. A capacidade de campo (CC), limite superior de disponibilidade de água no solo às plantas, foi correspondente ao teor de umidade relativo a tensão de 0,33 bar. Da mesma maneira, o ponto de murchamento (PM), limite inferior de disponibilidade de água às plantas, foi considerado correspondente a tensão de 15,0 bares. A tabela 3.2 mostra os resultados obtidos.

O peso específico aparente do solo (γ_a) foi obtido mediante a retirada da amostra de solo com o cilíndro de Uhland, que foram secadas em laboratório, sendo o valor do peso seco dividido pelo seu volume. O peso específico real (γ) também foi determinado no Laboratório de Hidrologia utilizando técnica rotineira. Tais resultados são encontrados na tabela 3.2. O teor de água disponível no solo foi obtido com a fórmula:

$$AD = \left(\frac{CC - PM}{10}\right) \cdot h \cdot \frac{100}{\xi_i} \cdot \gamma_a \qquad (3.1)$$

sendo:

AD = altura de água disponível no solo, em milímetros;

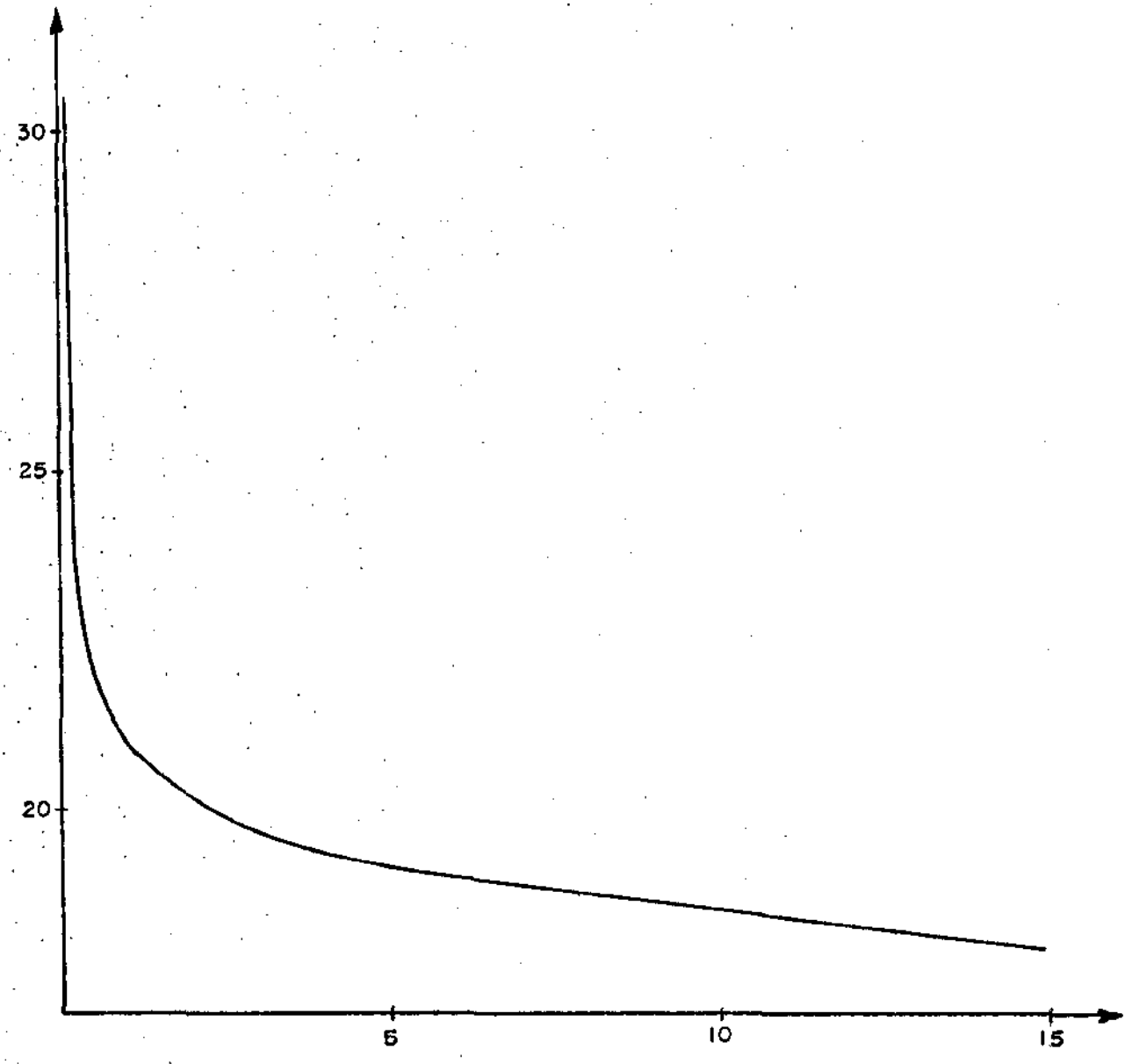


Figura 3.3 - Curva característica da água do solo - tratamento dose completa - profundidade 0-25 cm.

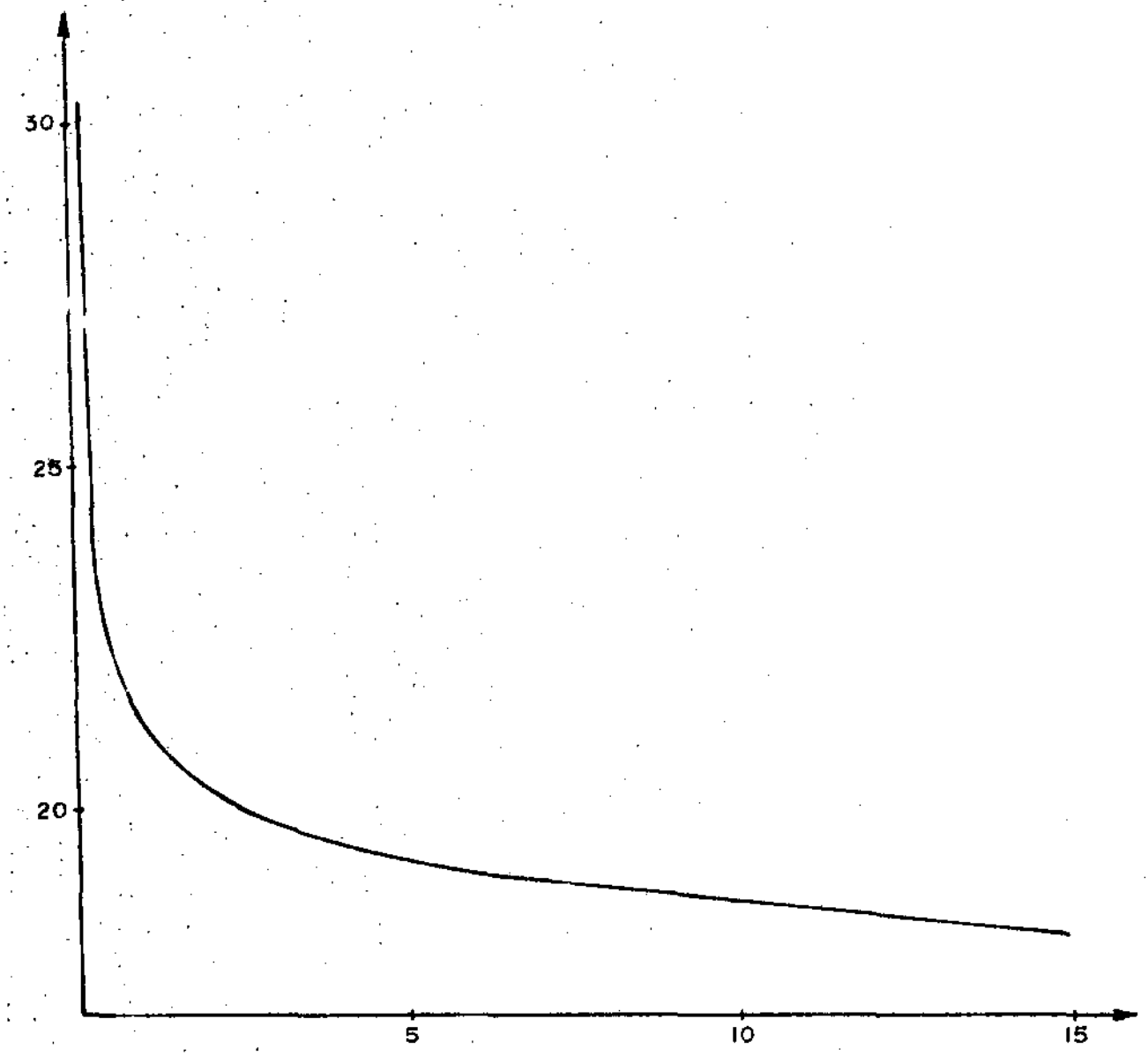


Figura 3.4 - Curva característica da água do solo - tratamento dose completa - profundidade 0-50 cm.

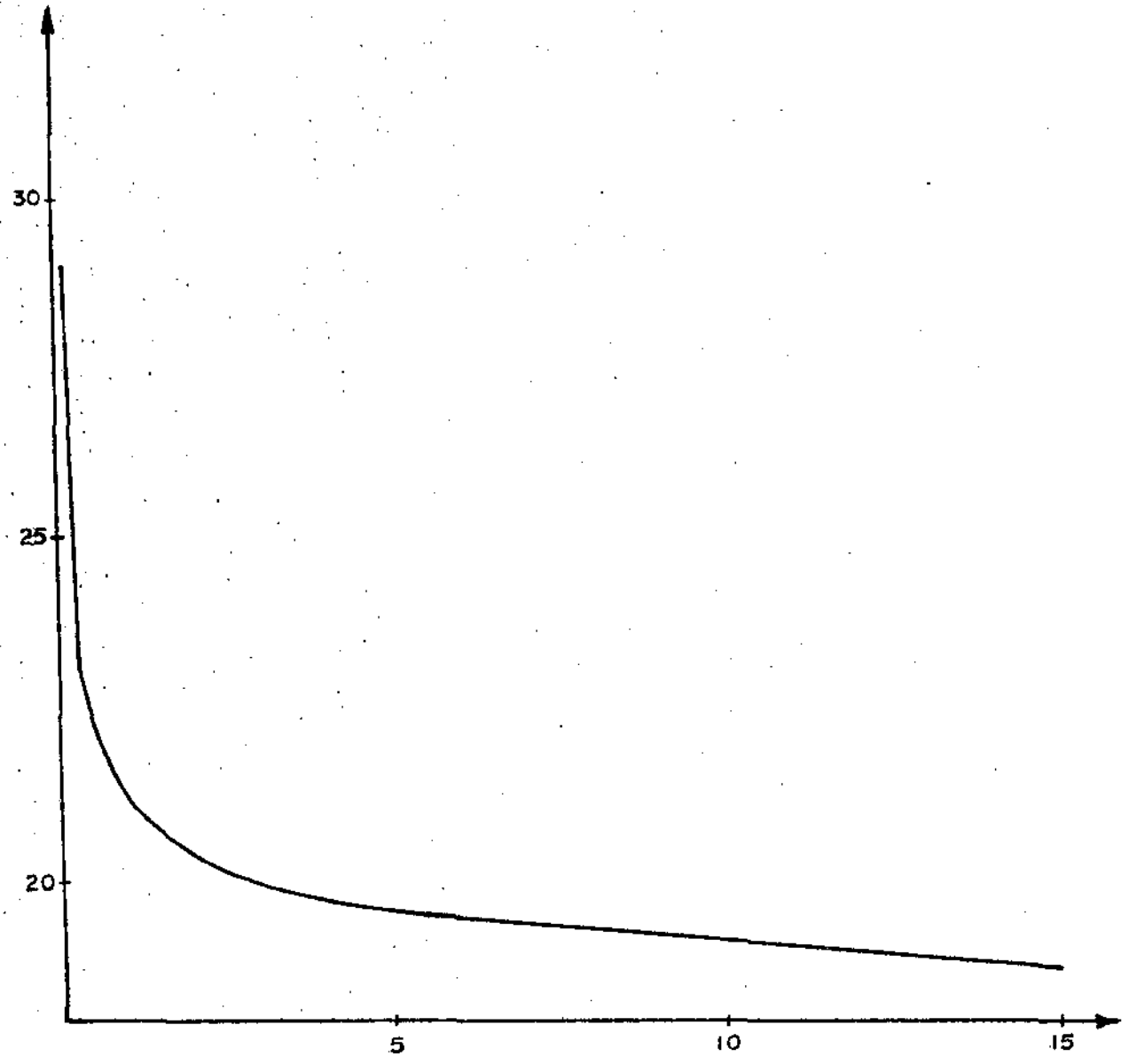


Figura 3.5 - Curva característica da água do solo - tratamento dose completa - profundidade 0-75 cm.

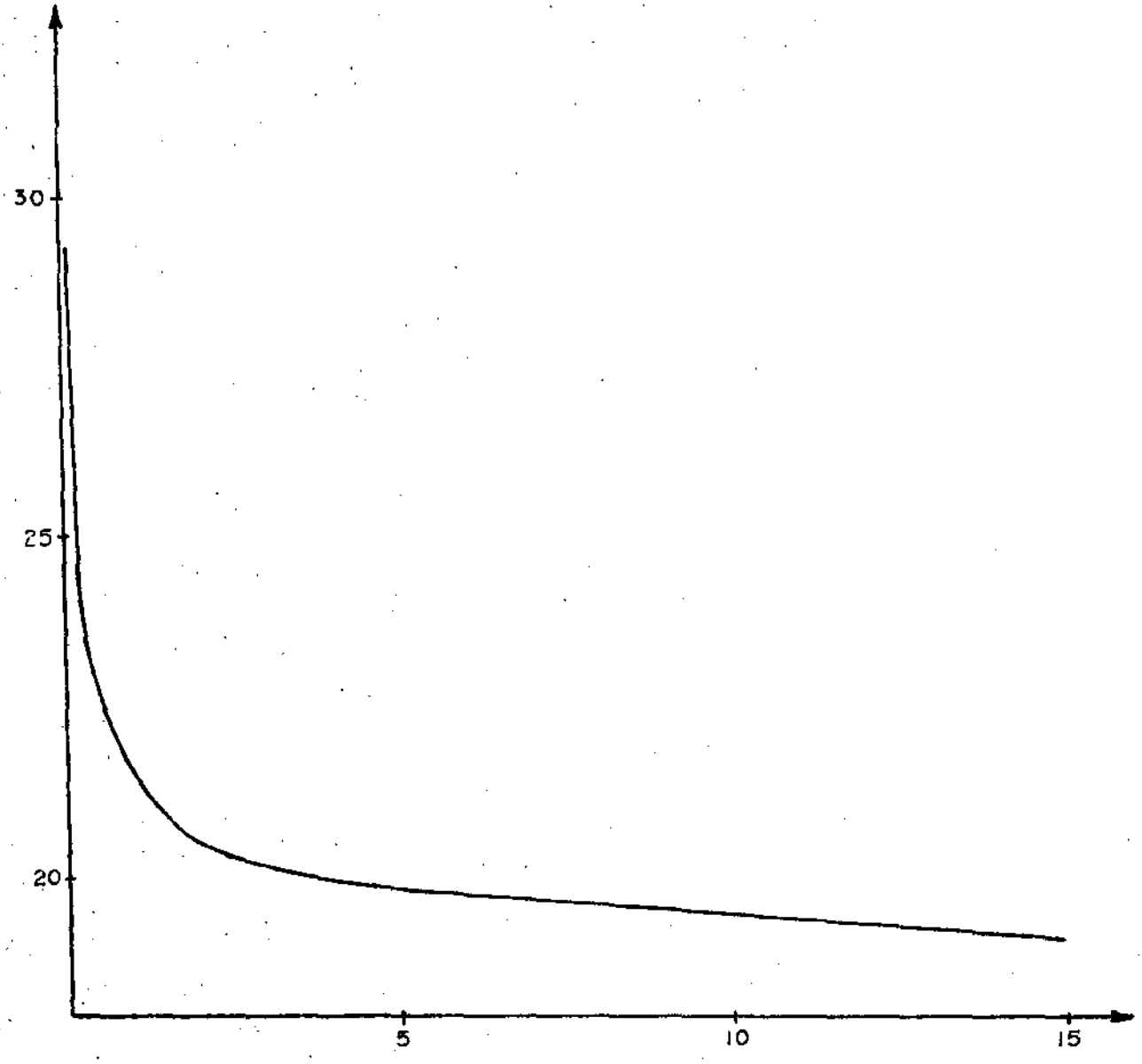


Figura 3.6 - Curva característica da água do solo - tratamento dose completa - profundidade 0-100 cm.

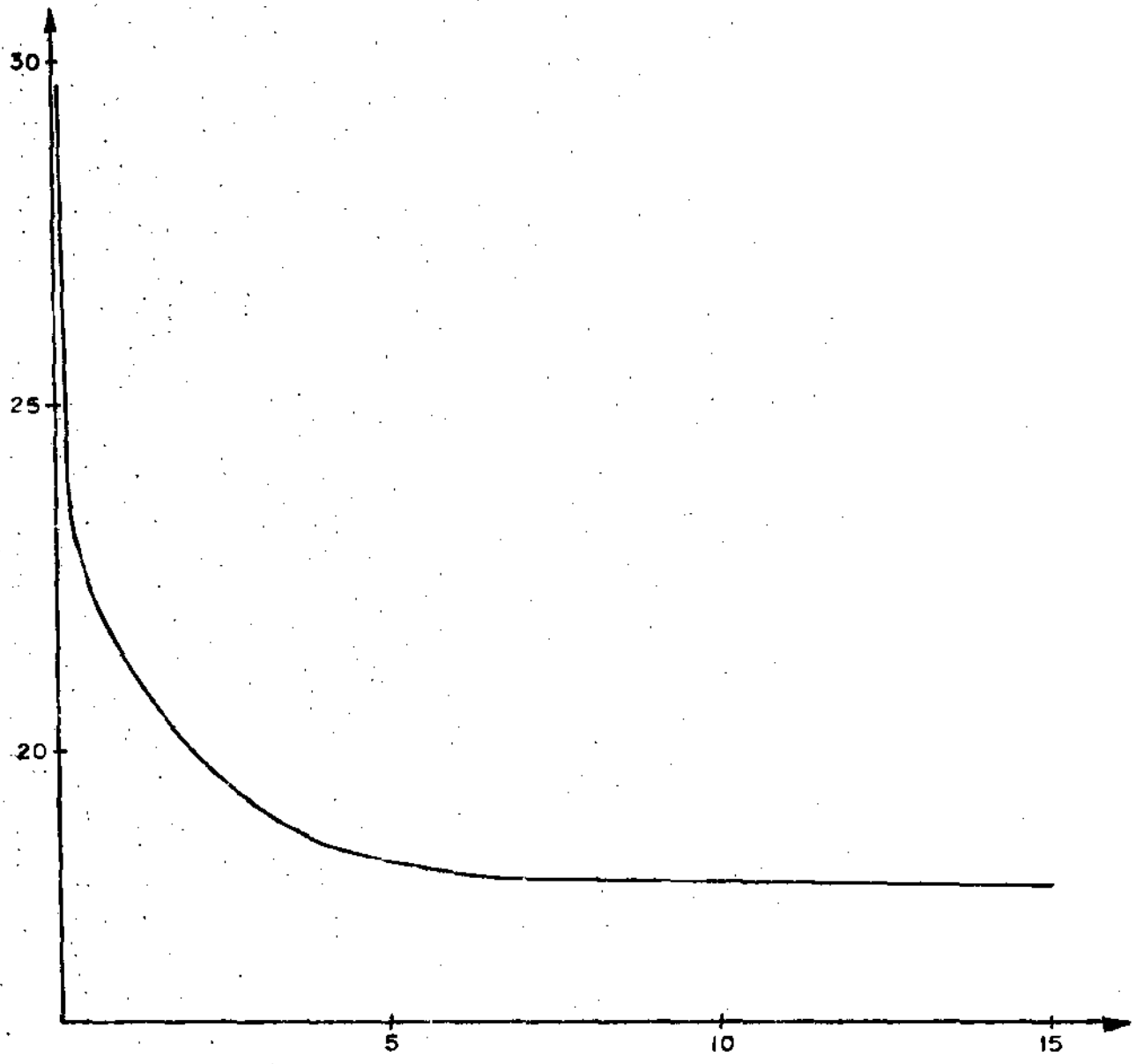


Figura 3.7 - Curva característica da água do solo - tratamento meia dose-profundidade 0-25 cm.

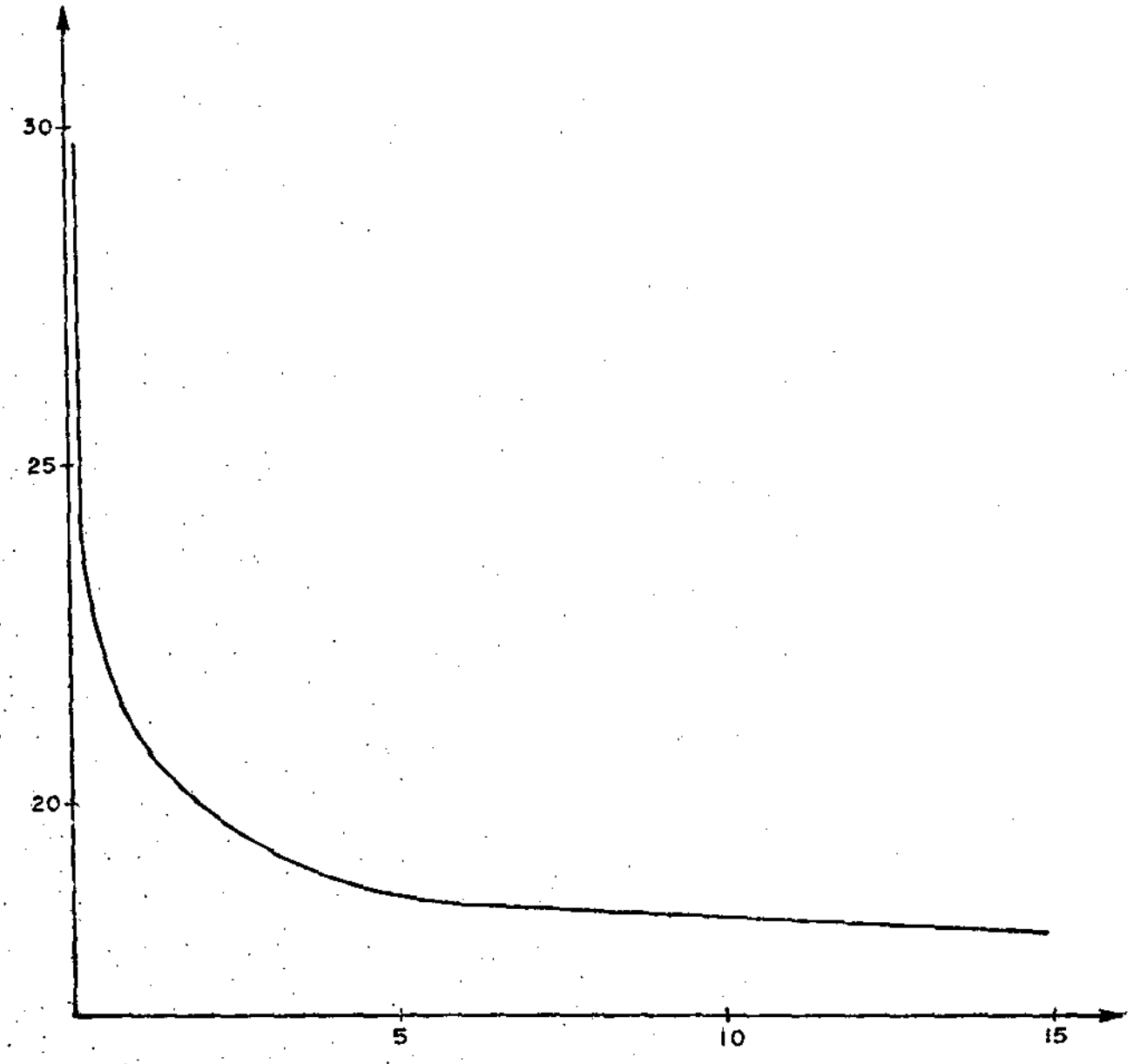


Figura 3.8 - Curva característica da água do solo - tratamento meia dose-profundidade 0-50 cm.

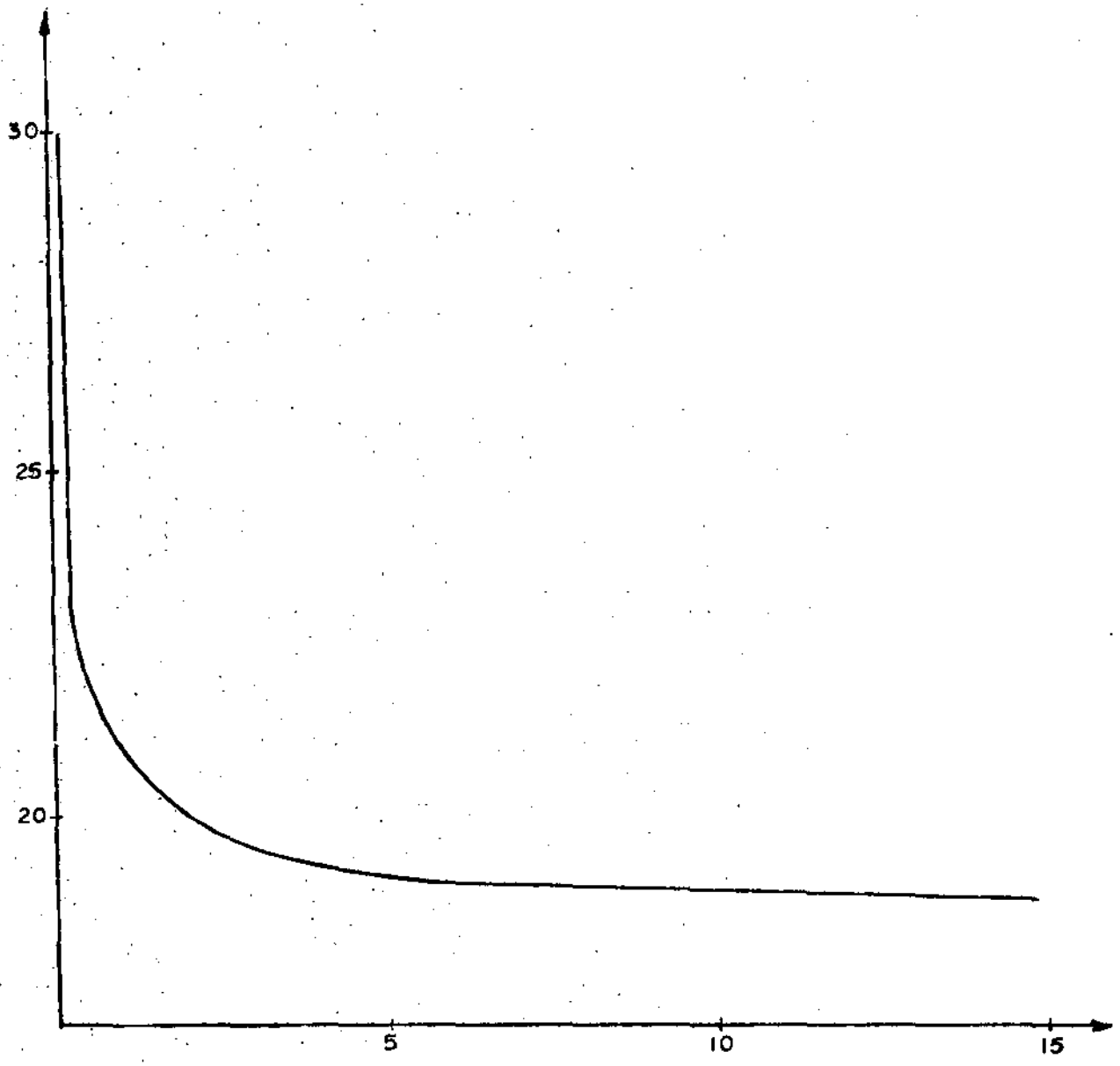


Figura 3.9 - Curva característica da água do solo - tratamento meia dose-profundidade 0-75 cm.

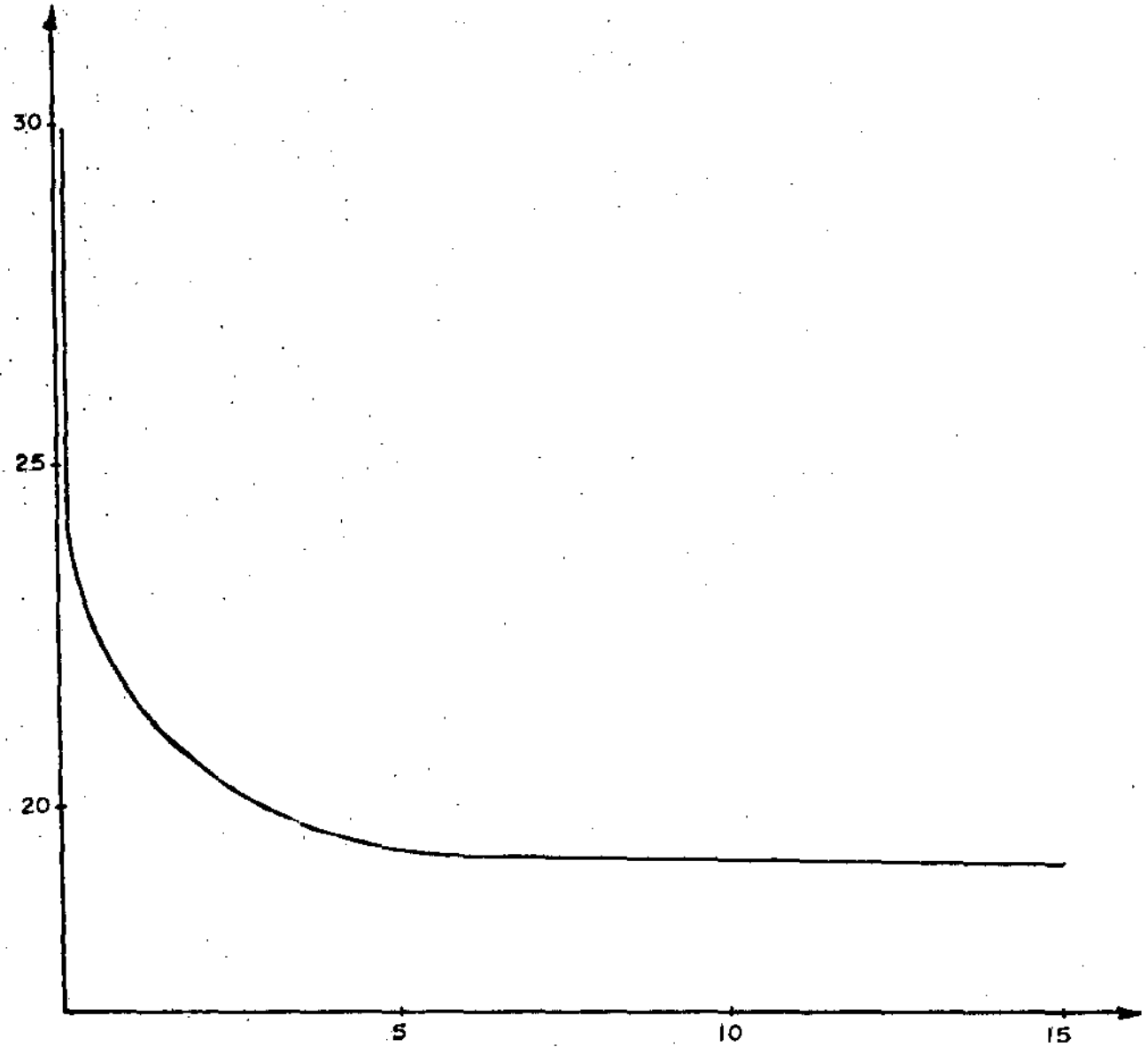


Figura 3.10 - Curva característica da água do solo - tratamento meia dose-profundidade 0-100 cm.

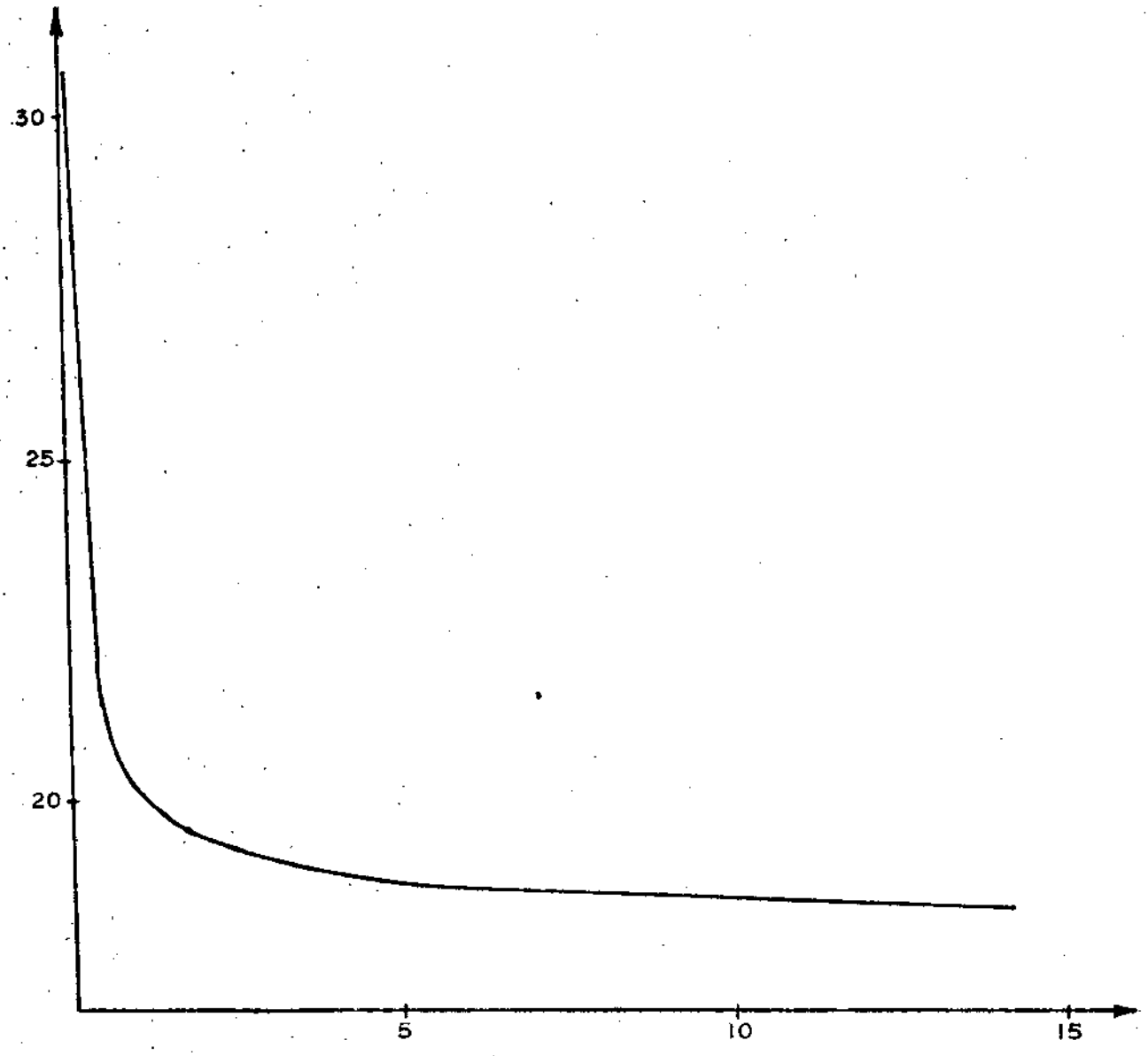


Figura 3.11 - Curva característica da água do solo - tratamento dose nula profundidade 0-25 cm.

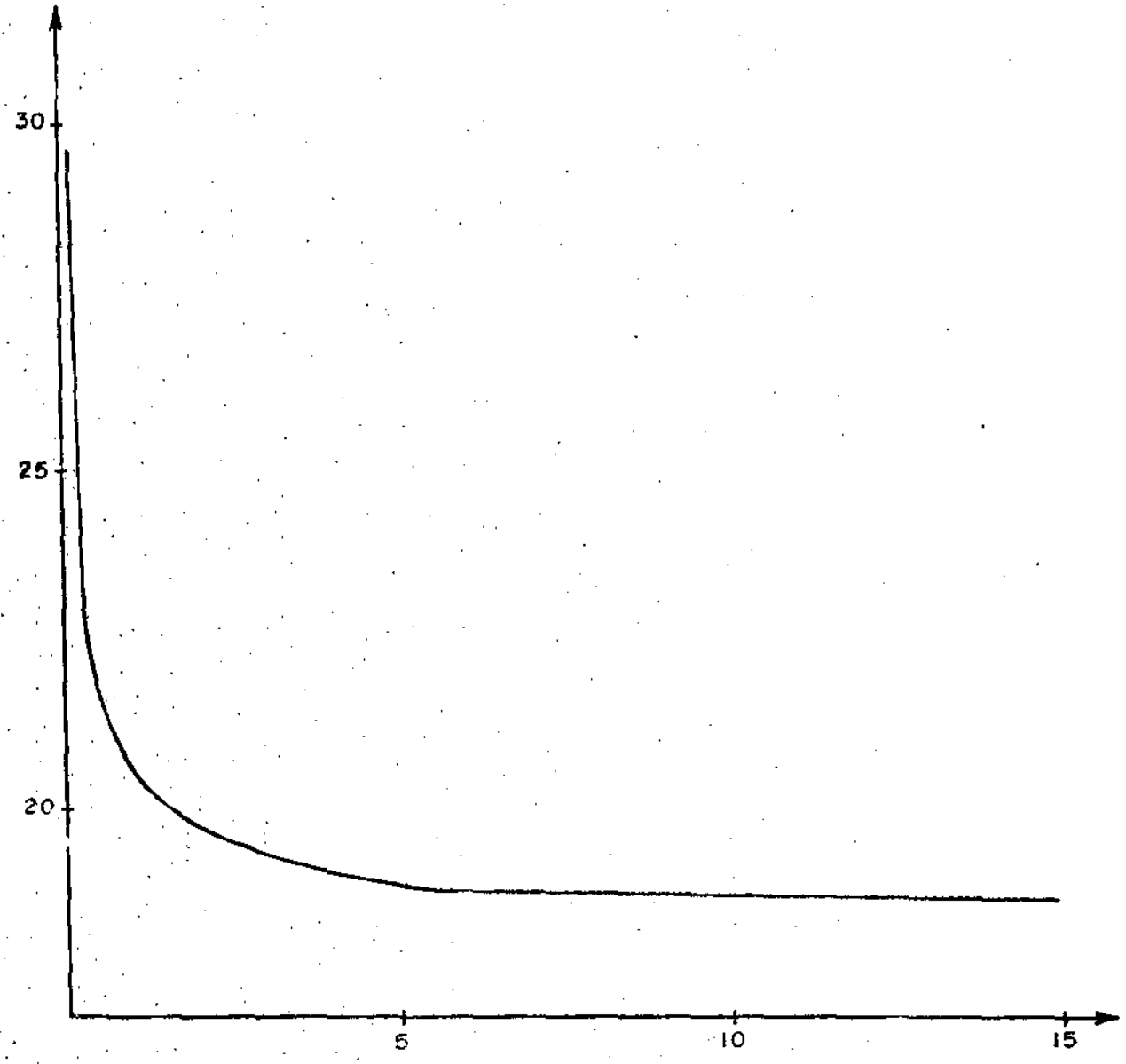


Figura 3.12 - Curva característica da água do solo - tratamento dose nula-profundidade 0-50 cm.

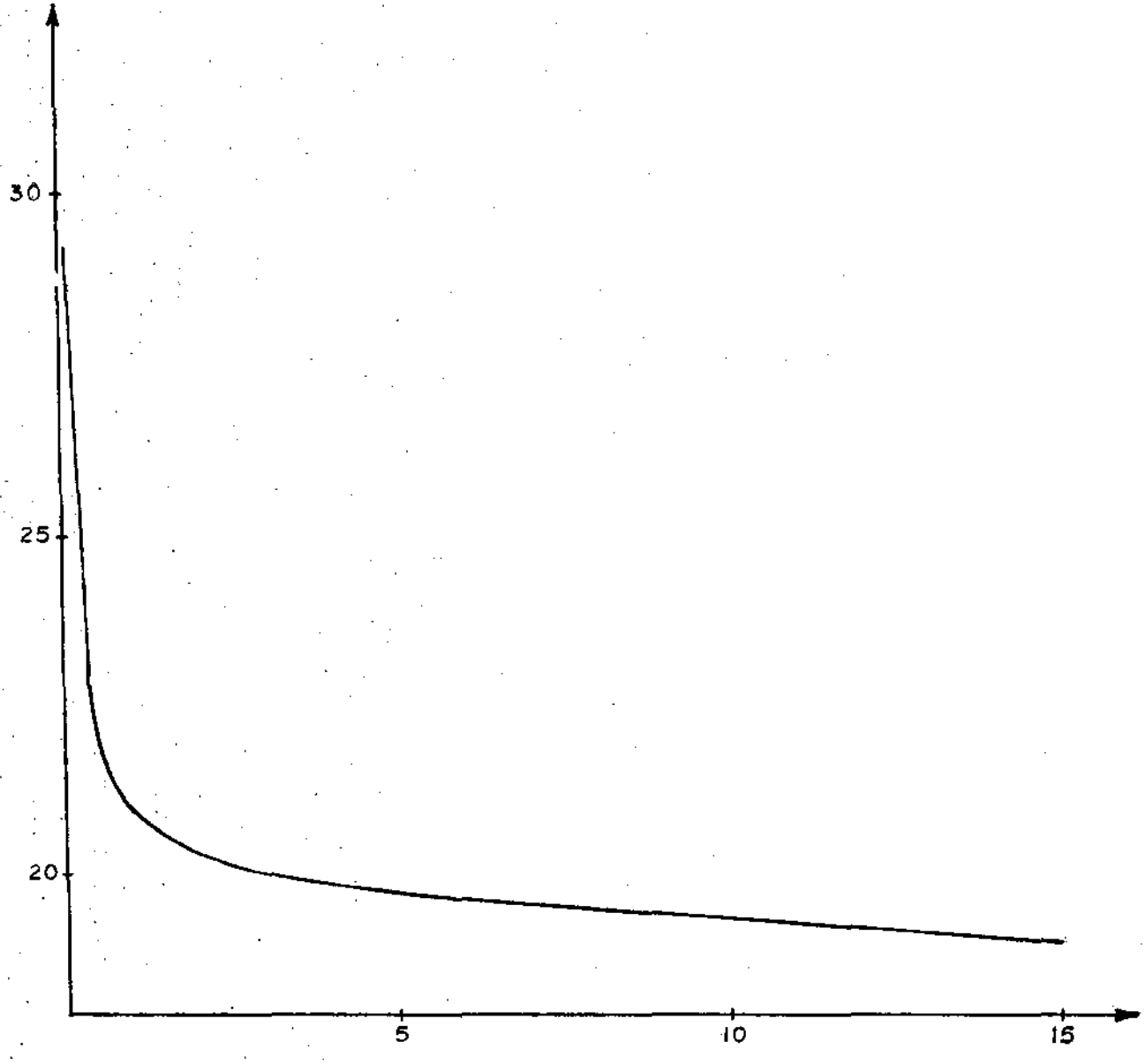


Figura 3.13 - Curva característica da água do solo - tratamento dose nula profundidade 0-75 cm.

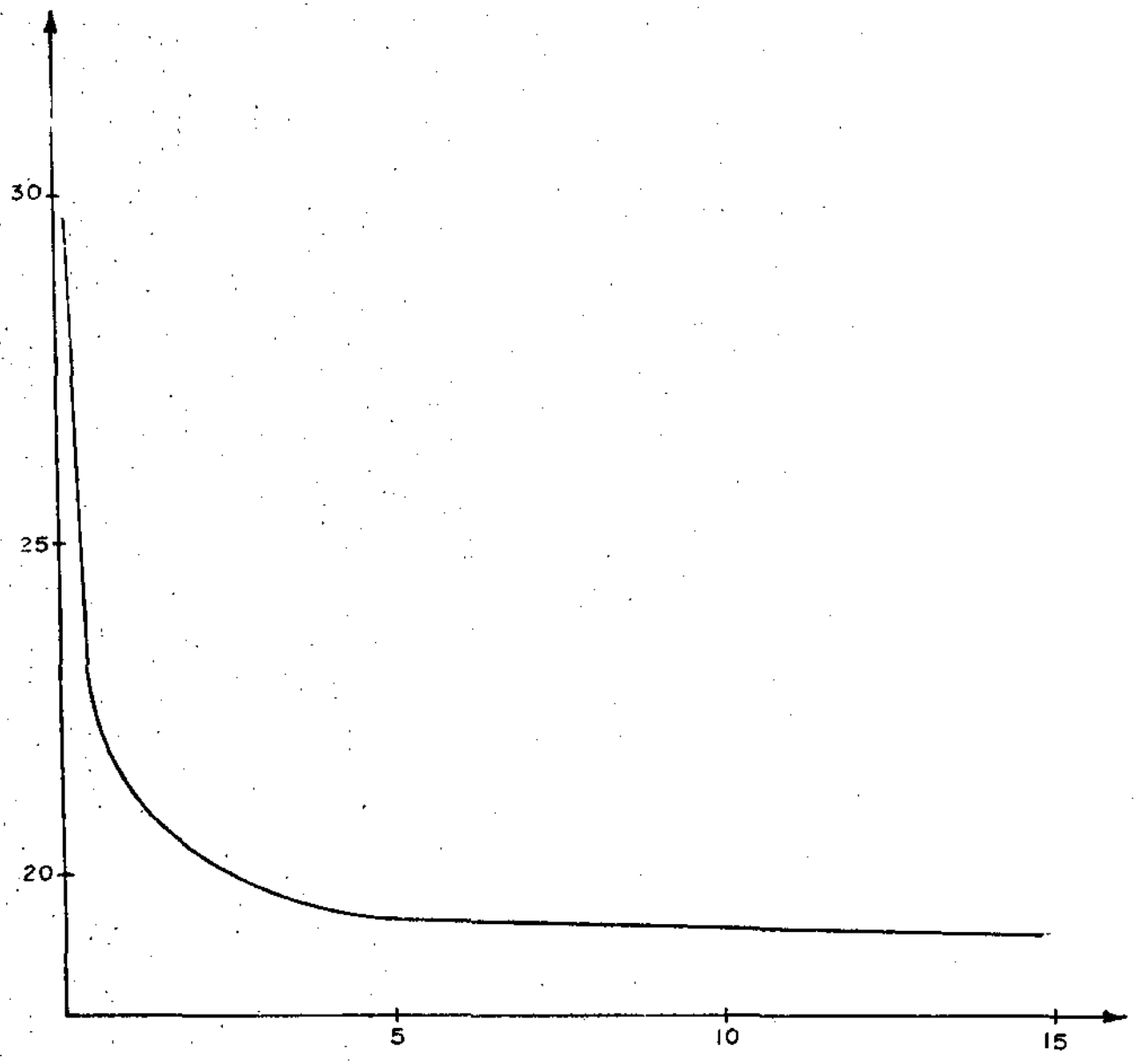


Figura 3.14 - Curva característica da água do solo - tratamento dose nula - profundidade 0-100 cm.

Tabela 3.1. - Teor de umidade do solo em porcentagem com relação ao pêso seco, para diferentes tensões e profundidades.

TRATAMENTO	TENSÃO / PROF. (cm)	0,1	0,2	0,3	0,5	0,9	1,0	2,0	3,0	5,0	7,0	10,0	15,0
DOSE COMPLETA	0-25	30,9	25,9	23,8	23,0	22,1	21,0	19,0	20,4	19,3	20,6	18,6	18,1
	0-50	30,5	25,5	23,7	22,8	21,7	21,1	19,2	20,4	19,5	20,6	18,9	18,2
	0-75	29,0	25,6	23,4	22,6	21,6	21,1	19,4	20,5	19,6	20,0	19,3	18,8
	0-100	29,2	25,6	23,3	22,8	21,6	21,2	19,5	20,5	19,5	19,9	19,5	19,1
MEIA DOSE	0-25	29,8	24,1	23,3	23,6	21,8	22,3	18,3	19,2	18,3	19,9	17,4	18,0
	0-50	29,8	24,1	23,4	22,9	21,8	21,4	18,4	19,4	18,6	20,0	17,8	18,2
	0-75	30,1	24,0	23,8	23,2	21,9	21,5	19,8	20,1	19,1	19,6	18,5	18,8
	0-100	30,1	24,5	24,2	23,5	22,0	21,8	19,1	20,5	19,3	19,5	18,9	19,1
DOSE NULA	0-25	30,7	23,4	23,5	21,8	21,1	19,9	18,0	19,2	18,8	20,3	17,3	18,4
	0-50	29,6	23,6	23,4	21,9	21,3	20,3	18,0	19,6	18,9	20,5	17,5	18,7
	0-75	29,2	23,8	23,6	22,0	21,9	20,8	18,5	20,0	19,1	20,6	18,1	19,0
	0-100	29,8	24,3	23,6	22,4	22,4	21,2	18,8	20,3	19,4	19,9	18,5	19,2

Tabela 3.2 - Dados de física da água do solo.

TRATAMENTO	PROF. (cm)	PÊSO ESPECÍFICO APARENTE- (g/cm^3)	PÊSO ESPECÍFICO REAL- (g/cm^3)	POROSIDADE (%)	CAPACIDADE DE CAMPO (%)	PONTO DE MURCHAMENTO (%)	ÁGUA DISPONÍVEL (mm)	RESERVA DE UMIDADE (mm)	ALTURA DE APLICAÇÃO (mm)
DOSE COMPLETA	0-25	1,25	1,52	18,0	23,8	18,1	18,0	7,0	17,0
	0-50	1,23	1,52	19,0	23,7	18,2	34,0	14,0	31,0
	0-75	1,27	1,52	16,0	23,4	18,4	44,0	16,0	43,0
	0-100	1,24	1,52	18,0	23,3	19,1	75,0	10,0	54,0
MEIA DOSE	0-25	1,36	1,52	11,0	23,3	18,0	18,0	4,0	22,0
	0-50	1,33	1,52	13,0	23,4	18,2	35,0	8,0	42,0
	0-75	1,25	1,52	18,0	23,8	18,8	47,0	12,0	54,0
	0-100	1,19	1,53	22,0	24,2	19,1	61,0	17,0	68,0
DOSE NULA	0-25	1,38	1,52	10,0	23,5	18,4	18,0	3,0	23,0
	0-50	1,27	1,54	18,0	23,4	10,7	30,0	6,0	37,0
	0-75	1,21	1,53	21,0	23,6	19,0	42,0	9,0	51,0
	0-100	1,19	1,53	22,0	23,6	19,3	51,0	12,0	60,0

CC = teor médio de umidade do solo suposto na capacidade de campo, expresso em porcentagem em relação ao peso seco;

PM = teor médio de umidade do solo suposto no ponto de murchamento permanente, expresso em porcentagem em relação ao peso seco;

h = profundidade do solo em que se pretende irrigar, expresso em centímetros;

γ_a = peso específico aparente do solo em gramas por centímetro cúbico;

ξ_i = eficiência do método de irrigação, em porcentagem.

A profundidade de irrigação (h) foi fixada em 50,0 centímetros, como rotineiramente é feito em projetos de irrigação na cultura de cana-de-açúcar. A eficiência de irrigação foi fixada em 65%, porque a vinhaça diluída mesmo após percorrer alguns quilômetros de canais, atinge o aparelhos de aspersão com temperatura superior a 50°C, havendo grande perda por evaporação durante o processo de precipitação das gotas, causando o resfriamento do líquido. Na falta de dados experimentais sobre o assunto, adotou-se o valor de 65% com base nas citações de MERRIAM e KELLER (1978). A fixação da reserva de água no solo, baseou-se nas curvas características da água do solo, sendo fixado a lâmina de umidade para a planta consumir de 0,33 a 3,0 bares, ficando a reserva de 3,0 a 15,0 bares.

3.2.2. Propriedades Químicas do Solo

Para a análise química do solo foram utilizadas amostras retiradas com o trado, durante a instalação das sondas nas estações, sendo as mesmas processadas no Laboratório da Cooperativa Central de Açúcar e Álcool de São Paulo - COOPERSUCAR, localizado em Sertãozinho, SP. As amostras foram retiradas no perfil de 0 - 50 cm, sendo a quantidade de solo insuficiente para a determinação do teor de matéria orgânica. Os resultados dessa análise estão na tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Valores médios da análise química do solo nas estações para o perfil de 0-50 cm de profundidade.

TRATAMENTO	PH	TEOR TROCÁVEL EM e.mg/100 g de solo					SATURAÇÃO DE Bases (%)
		PO_4^{---}	K^+	Ca^{++} Mg^{++}	H^+	Bases Trocáveis	
DOSE TOTAL	6,2	0,45	0,80	7,01	3,49	11,30	67,24
MEIA DOSE	5,9	0,29	0,50	4,93	3,85	9,28	57,02
DOSE NULA	5,9	0,14	0,25	5,26	4,44	9,95	55,80

A análise química de todo talhão com amostras retiradas pelo Escritório Agrícola da Usina Iracema, segundo a técnica rotineira, está na tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Análise química do solo de todo talhão

MATÉRIA ORGÂNICA (% C)	pH	TEOR TROCÁVEL EM e.mg/100 g de solo					SATURAÇÃO DE Bases (%)
		PO_4^{+++}	K^+	Ca^{++} Mg^{++}	H^+	Bases Trocáveis	
1,95	5,65	0,11	0,10	7,00	5,92	7,10	54,53

3.3. Variedade de Cana-de-Açúcar

A cana-de-açúcar (Saccharum spp) pertence a família das gramíneas, sendo várias variedades plantadas no País cada qual se adaptando mais sob determinadas condições locais. No talhão onde foi conduzido o experimento a variedade plantada foi a CB-41-76 de média precocidade, ocupando cerca de 39,09% da área cultivada com cana-de-açúcar do Estado de São Paulo.

A cultura em questão é de cana soca, tendo no ano de 1981 sido realizado o terceiro corte, com a produtividade média do talhão de 103,77 ton/Ha e em 1982, portanto no quarto corte 83,23 ton/Ha. Embora a produtividade tenha diminuido, o que é normal com a idade das

soqueiras, sendo porém considerada boa pelo responsáveis do setor agrícola da Iracema. O espaçamento entre linhas foi de 1,50 m.

3.4. Tratos Culturais

Os tratos culturais dispensados à cultura na área experimental foram idênticos aos rotineiros empregados na Usina Iracema. Após o corte, as palhas foram enleiradas, procedendo-se a seguir a uma aeração profunda e adubação, e em seguida aplicado herbicida de pré-emergência.

A adubação foi feita com a fórmula 15 7 28, sendo aplicados 600 kg da mistura por hectare.

Afim de evitar o desenvolvimento de mato, além do herbicida de pré-emergência, sempre que necessário realizaram-se capinas.

3.5. Equipamento de Aspersão

O equipamento de aspersão utilizado na Usina Iracema para aplicação de vinhaça diluída é do tipo montagem direta. Trata-se de equipamento nacional encontrado no mercado, que é composto de um conjunto motor bomba, acionado com óleo diesel, montado sobre quatro rodas. Um mangote flexível com crivo numa extremidade, permite a sucção do líquido de um canal. Um guincho proporciona elevar ou descer o mangote no canal possibilitando o transporte do aparelho. Na saída da bomba há um registro e uma tubulação metálica de 75 mm de diâmetro e 1,0 m de comprimento em cuja extremidade liga-se a um aspersor de grande alcance, conhecido por canhão hidráulico. Tal aspersor é setorial, sendo regulado para não molhar o carreador a frente da máquina afim de não dificultar a operação de mudança de posição, quando é rebocado por um trator. A pressão de serviço ideal do aspersor é de 7,0 kg/cm^2 o que proporciona, com a inclinação do bocal de 24^o, o alcance de 70,0 m e a vazão de 150,0 metros cúbicos por hora. O aparelho opera ao lado de um canal dimensionado para lhe fornecer a vazão necessária, sem riscos de erosão. Uma comporta de plástico, portátil,

permite represar o líquido nas posições de operação, impedindo a entrada de ar na tubulação de sucção. A bomba é do tipo centrífuga, operando com rotação de 1750 rpm, sendo o motor de aproximadamente 100 HP. A escorva da bomba é feita automaticamente com auxílio de um venturi instalado na tubulação de descarga do motor. No protótipo de fertirrigação da Usina Iracema o equipamento de aspersão montagem direta opera 3,0 horas por posição, aplicando 450 metros cúbicos de vinhaça diluída na proporção 1 : 6, isto se não se considerar as perdas por evaporação do jato durante a aspersão. Considerando a eficiência de aplicação de 65%, o volume real aplicado é de aproximadamente 300 metros cúbicos por hora. A intensidade de chuva proporcionada pelo aspersor com o bocal de 4,20 mm de diâmetro é de 15,0 mm por hora, sendo, absorvida perfeitamente pelo solo. Em geral são feitas três aplicações por talhão com intervalo mensal, que além de aplicar a vinhaça rica em potássio, beneficia as plantas com a umidade. O espaçamento utilizado é de 100 m entre posições e entre canais, permitindo aplicar uma área de um hectare por posição.

A figura 3.15 apresenta uma vista do equipamento de aspersão montagem direta em operação na Usina Iracema.

3.6. Líquido Aplicado

O líquido aplicado na fertirrigação é uma mistura de vinhação e demais águas industriais da Usina, normalmente denominadas águas amoniacais. A tabela 3.5 mostra composição média da vinhaça pura, da água amoniacal pura da mistura 1 : 6, aplicada na lavoura da Usina Iracema.

3.7. Pluviômetro

Os pluviômetros utilizados para medir a altura pluviométrica referente a precipitação interna e a precipitação bruta, foram construídos no próprio Departamento de Hidráulica e Saneamento da Faculdade de Engenharia de Limeira. Para tanto foram utilizadas latas

Figura 3.15 - Vista geral do equipamento montagem direta em operação.

Tabela 3.5 - Composição química da vinhaça da Usina Iracema.

DUREZA	SÓLIDOS DISSOLVIDOS	D.Q.O. (mg/l)	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	POTÁSSIO kg/m^3	TESTE ALFA NAFTOL
4,55	490	2800	47,5	6,6	0,60	Positivo

vazias de óleo lubrificante de automóvel, com um litro de capacidade, com 9,7 cm de diâmetro interno e 15 cm de altura. No fundo foi soldado um cano de cobre de 60 mm de diâmetro interno e 5,0 cm de comprimento. Lateralmente foram soldados dois parafusos, afim de prende-la a uma estaca de 70,0 cm de comprimento, 5,0 cm de largura e 3,0 cm de espessura. A superfície livre do pluviômetro ficava acima da estaca. Tais pluviômetros foram cravados no terreno, de sorte a ficar sua superfície 50,0 cm acima do solo. A superfície foi nivelada com nível de pedreiro. Os pluviômetros foram pintados e numerados, sendo instalados 10 ao longo do carreador onde operava o equipamento montagem direta, distanciados entre si de 10,0 metros, a partir do ponto de operação do aparelho. Em cada área foram instalados 15 pluviômetros, conforme modelo da figura 3.16. No tubo de descarga do pluviômetro foi conectado uma mangueira plástica de 6,0 mm de diâmetro interno e 10,0 cm de comprimento, unindo o medidor a uma garrafa. A medição do volume recolhido pelo pluviômetro foi feito com uma proveta graduada com 100 ml de capacidade. A altura de precipitação era obtida pela divisão do volume medido pela área de captação do pluviômetro.

3.8. Medição do Escoamento pelo Colmo

A medição da parcela das chuvas que escoa pelo colmo da cana-de-açúcar foi feita em sete touceiras, quatro na área I e tres na II. Para tanto foram instalados em volta dos colmos copinhos de plástico de 45,0 mm de diâmetro interno e 53,0 ml de capacidade, normalmente utilizados para servir café. Tais copinhos foram empregados quando o colmo das plantas ainda era novo, sendo depois substituídos por copos maiores, também de plástico, tendo 64,0 mm de diâmetro interno e 208,0 ml de capacidade. Tais copos tinham seu fundo retirado com o auxílio de uma tesoura, sendo também cortados lateralmente, de sorte a permitir colocá-los envolvendo o colmo da planta. Com auxílio de massa de calafetar, eram unidos à planta, impedindo que o escoamento pelo colmo prosseguisse. Um micro tubo de plástico, ligava o conjunto a um recipiente de vidro de 5,0 ℓ de capacidade. Todos os colmos da touceira tinham seu escoamento pelo colmo recolhido. A altura de

Figura 3.16 - Modelo de pluviômetro empregado na pesquisa.

precipitação foi obtida pela divisão do volume recolhido pela área do solo ocupada pela projeção da copa das plantas. Uma fita adesiva mantinha os copos plásticos perfeitamente unidos aos colmos, evitando vazamentos. O dispositivo exigia grande manutenção, pois a ação de vento e a própria umidade das chuvas causavam frequentes danos. A figura 3.17 mostra a instalação de um dispositivo de captação do escoamento pelo colmo da cana-de-açúcar.

3.9. Pôsto Meteorológico

Os dados meteorológicos utilizados no experimento foram determinados no posto da Usina Iracema distante aproximadamente dois quilômetros do local, no mesmo vale do córrego Paramirim, localizado nas coordenadas geográficas de: 47°36' longitude Oeste, 22°35' latitude Sul e 580 metros de altitude. Um pluviômetro do tipo Ville de Paris, um termômetro de máxima e mínima, um psicrômetro comum e um tanque evaporimétrico tipo Classe A, compoem os aparelhos do pôsto, sendo as leituras realizadas diariamente às 8:00 horas. Enquanto as plantas não tinham altura suficiente, isto é, eram menores que 50,0 cm, a precipitação interna considerada foi a média do posto da Usina, isto porque dificuldades de ordem administrativas impediram aprontar os pluviômetros para serem instalados na área. Dessa forma, somente em 30 de novembro, as medições da pluviometria foram feitas no próprio local.

3.10. Controle da Umidade do Solo

Afim de acompanhar a oscilação do teor de umidade do solo, foram retiradas amostras com o trado até a uma profundidade de 100,0 centímetros, em intervalos de 25,0 centímetros. Tais amostras eram retiradas nas estações 2, 5 e 8, sendo colocadas em recipientes metálicos de tara conhecida, levados em laboratório, onde o teor de umidade, expresso em porcentagem em relação ao peso sêco, era determinado pelo método gravimétrico. Para tanto, utilizava-se balança eletrôni

Figura 3.17 - Dispositivo de captação do escoamento pelo colmo.

ca de precisão e estufa regulada para manter a temperatura interna próxima a 110°C. A deficiência de umidade do solo foi calculada com a fórmula:

$$D = \frac{(CC \cdot U_a)}{10} \cdot \gamma_a \cdot h \qquad (3.2)$$

sendo:

D = deficiência de umidade do solo, expressa em altura de coluna d'água em milímetros;

CC = teor de umidade do solo suposto na capacidade de campo, em porcentagem em relação ao peso seco;

U_a = teor atual de umidade do solo obtido pelas amostragens, também expresso em porcentagem em relação ao peso seco;

γ_a = peso específico aparente do solo, em gramas por centímetro cúbico;

h = profundidade do solo em que se pretende irrigar.

Tais parâmetros estão na tabela 3.1 . As amostras de solo foram retiradas com um intervalo médio de 9 dias, embora fossem programadas para 4 dias de intervalo, o que não foi possível devido a abundância de chuvas, tornando a amostragem inviável. Com os resultados obtidos traçou-se o gráfico para cada tratamento, da variação da umidade do solo com o tempo, de acordo com o utilizado por VIEIRA (1973). Tal gráfico na abscissa tem o tempo em dias e na ordenada à deficiência de umidade do solo em milímetros; a deficiência igual a zero indica que o teor de umidade do solo esta na capacidade de campo. Nesse gráfico estão também computadas as alturas de água aplicadas pela fertirrigação e as alturas das precipitações pluviométricas. A altura de água aplicada em fertirrigação foi de 45 mm sendo que no tratamento Meia Dose considerou-se 50% do valor e no de Dose Nula não houve aplicação. Os gráficos obtidos estão nas figuras 3.18, 3.19 e 3.20.

3.11. Retirada da Água do Solo

Pagina 44 segue em anexo o mapa dividido em parte 1, parte 2, parte 3 e parte 4

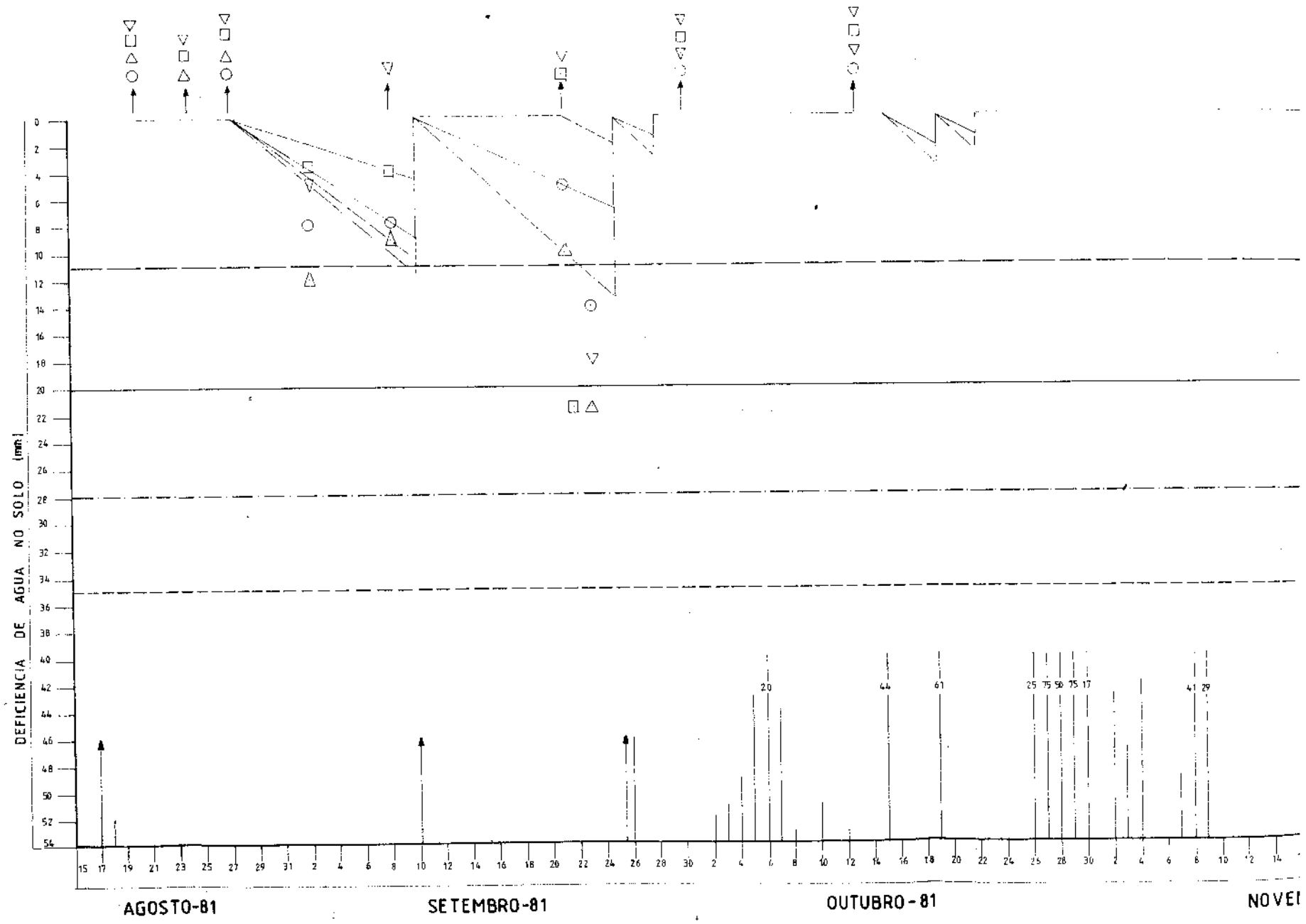
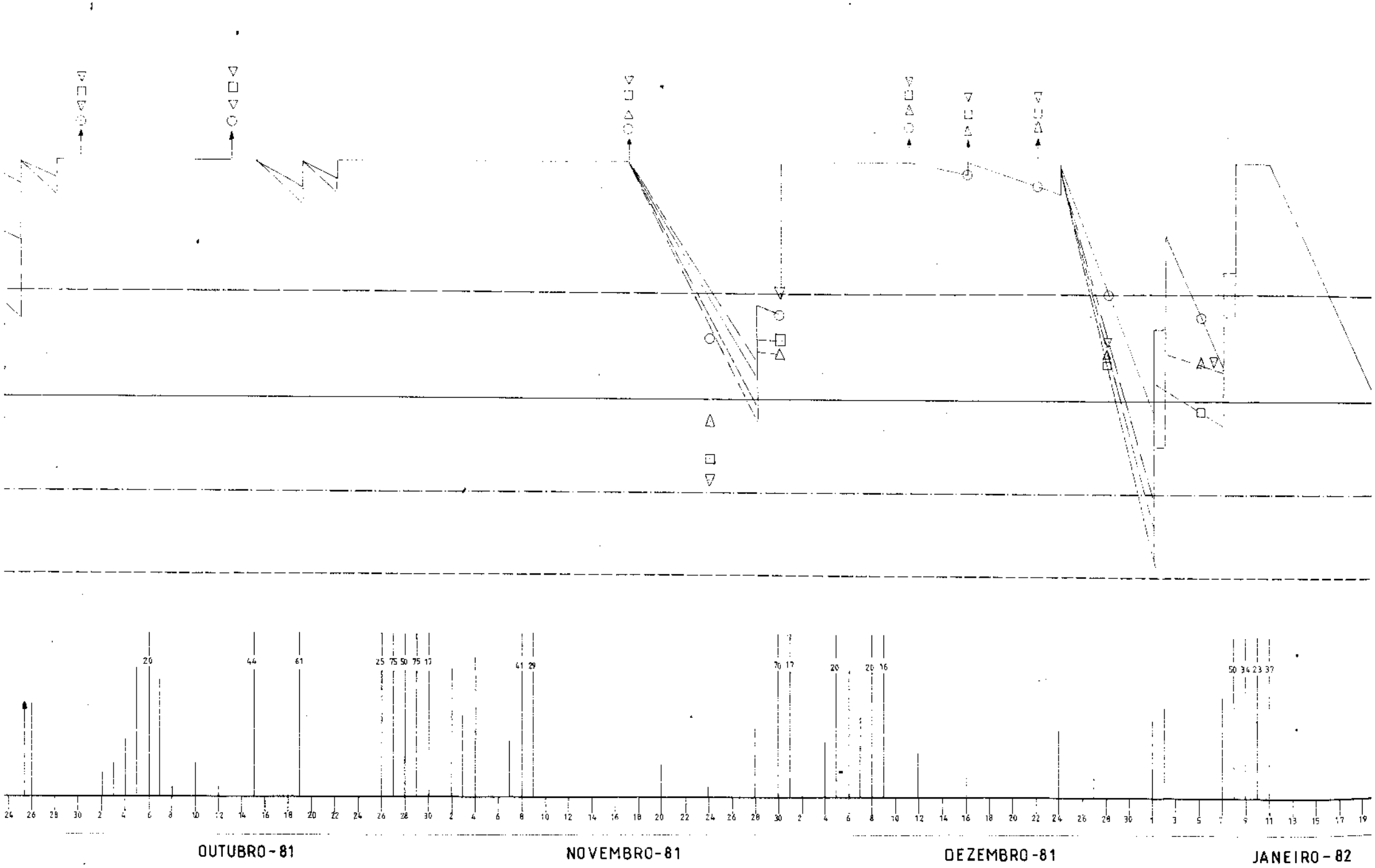
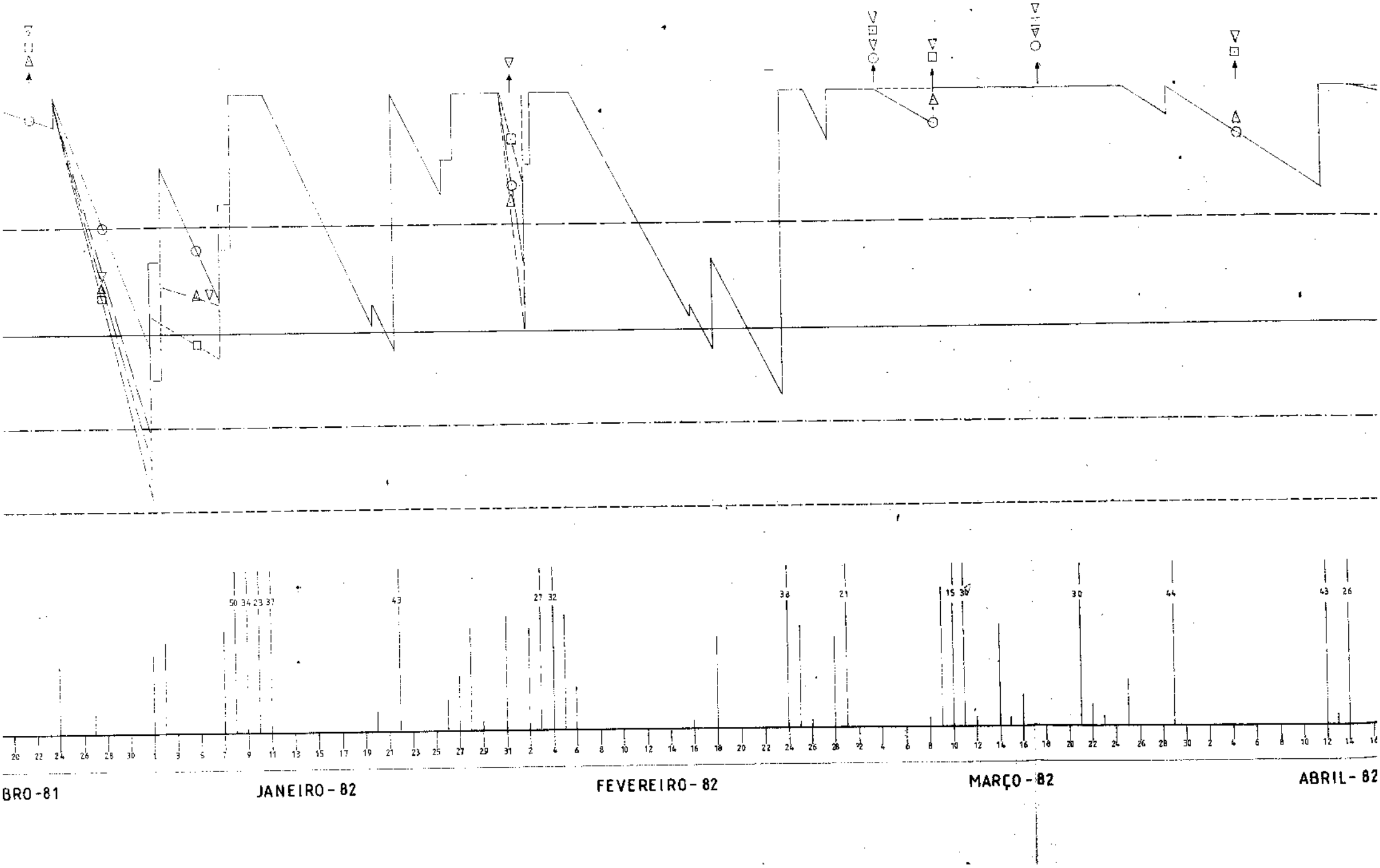
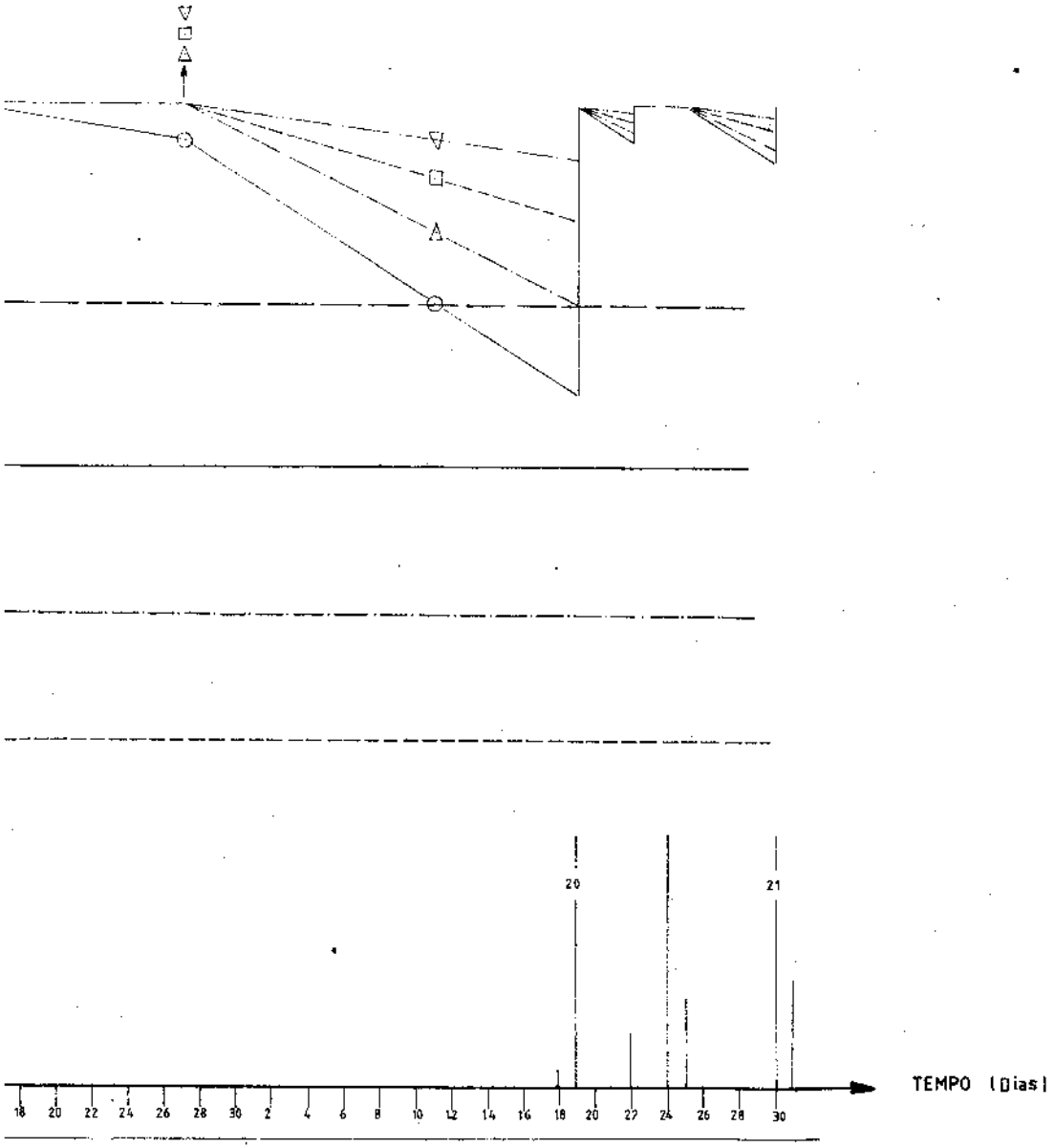


Fig. 3.18 – Gráfico de variação da deficiência da umidade do solo com o tempo



do solo com o tempo


50 34 23 37
43
27 32
38
21
15 30
30
44
43 26
BRO-81
JANEIRO-82
FEVEREIRO-82
MARÇO-82
ABRIL-82



MAIO - 82

LEGENDA

RESERVA DE ÁGUA NO SOLO - PERFIL 0 - 25 cm

RESERVA DE ÁGUA NO SOLO - PERFIL 0 - 50 cm

RESERVA DE ÁGUA NO SOLO - PERFIL 0 - 75 cm

RESERVA DE ÁGUA NO SOLO - PERFIL 0 - 100 cm

DEFICIÊNCIA DE ÁGUA NO SOLO - PERFIL 0 - 25 cm

DEFICIÊNCIA DE ÁGUA NO SOLO - PERFIL 0 - 50 cm

DEFICIÊNCIA DE ÁGUA NO SOLO - PERFIL 0 - 75 cm

DEFICIÊNCIA DE ÁGUA NO SOLO - PERFIL 0 - 100cm

APLICAÇÃO DE VINHAÇA DILUIDA

20 ALTURA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMETRICA - m

PONTO DE AMOSTRAGEM /AVALIAÇÃO DA DEFICIENCIA DE UMIDADE - PERFIL 0-25; 0-50; 0-75; 0-100 cm

Pagina 45 segue em anexo o mapa dividido em parte 1, parte 2, parte 3 e parte 4

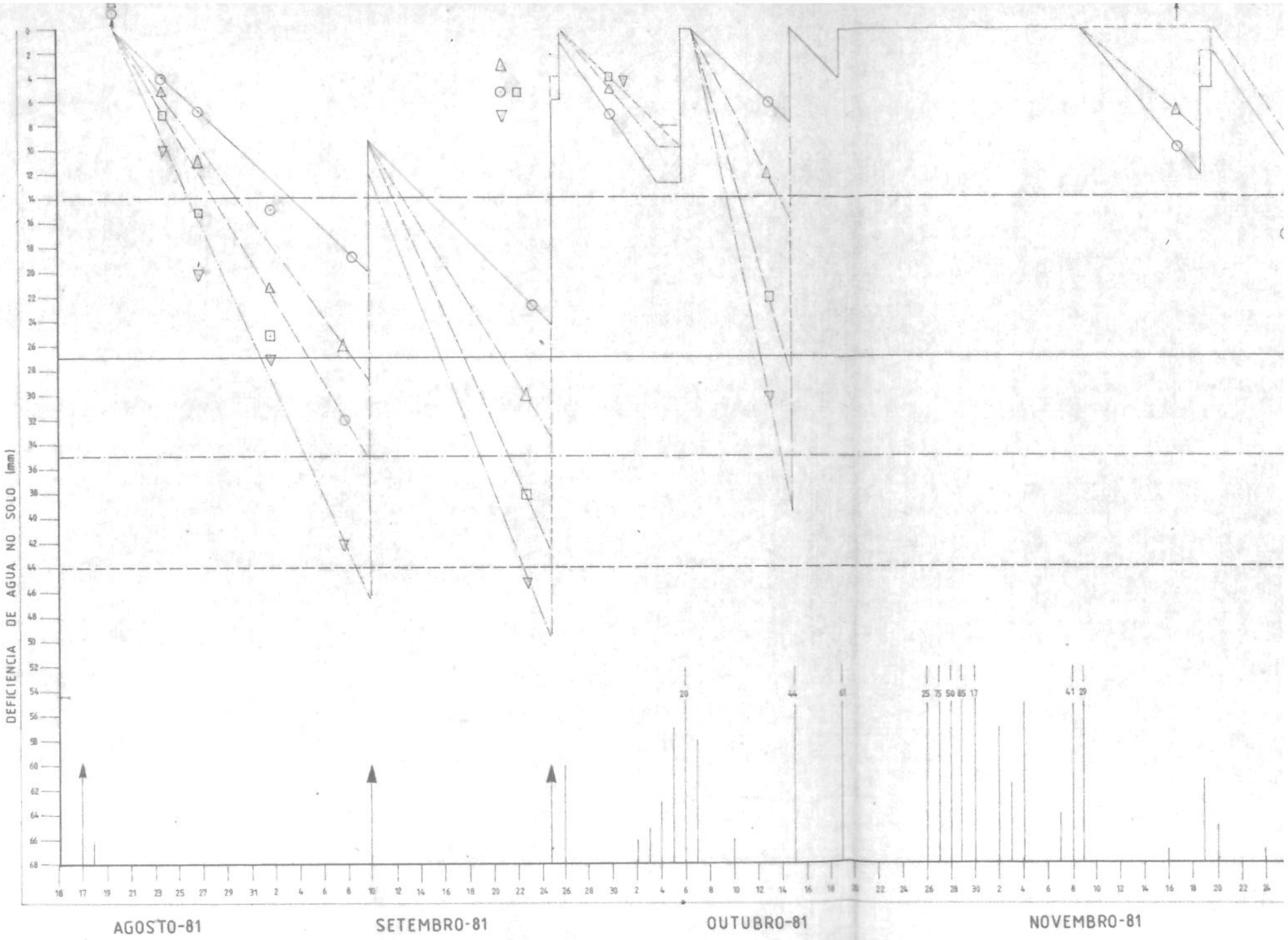
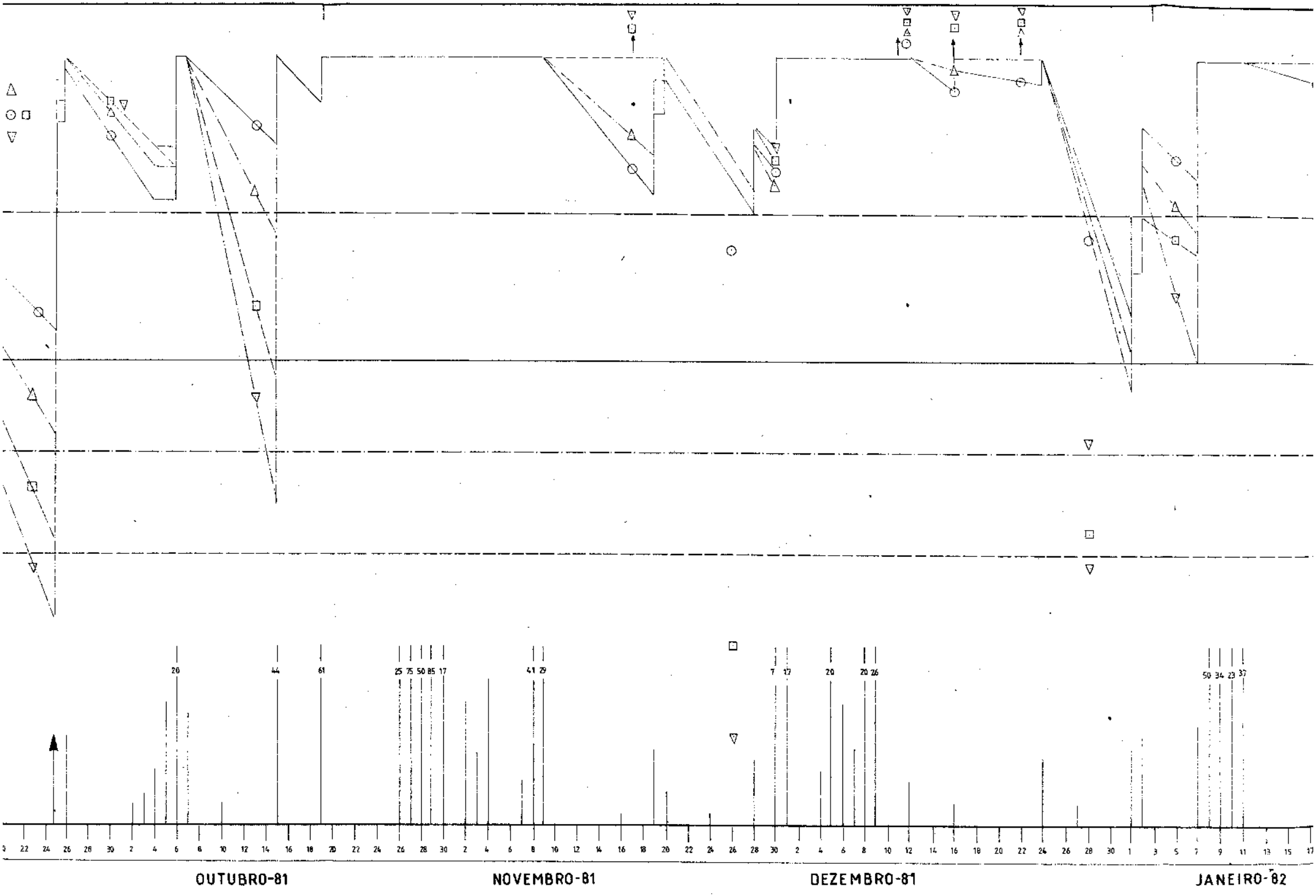
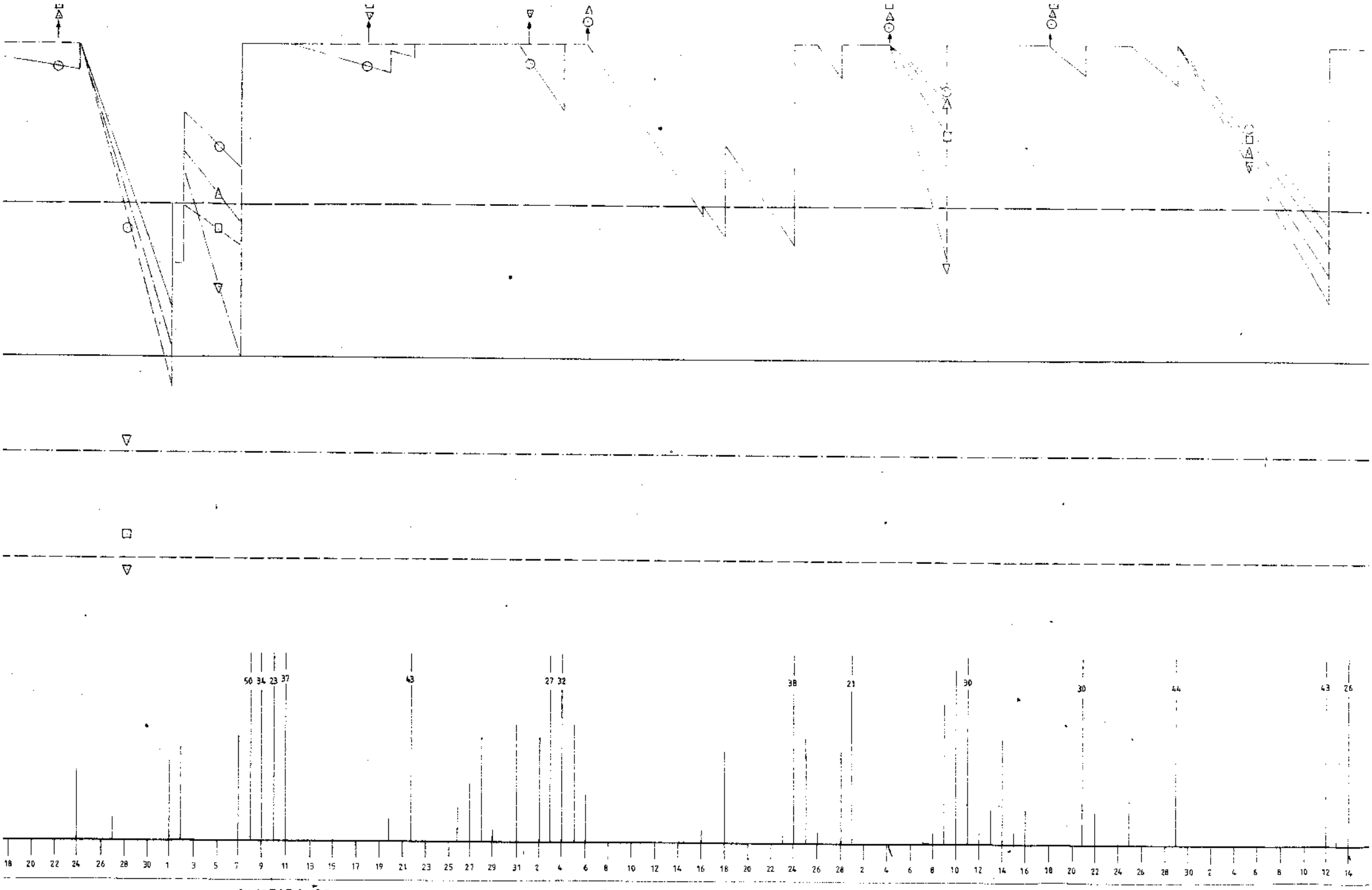
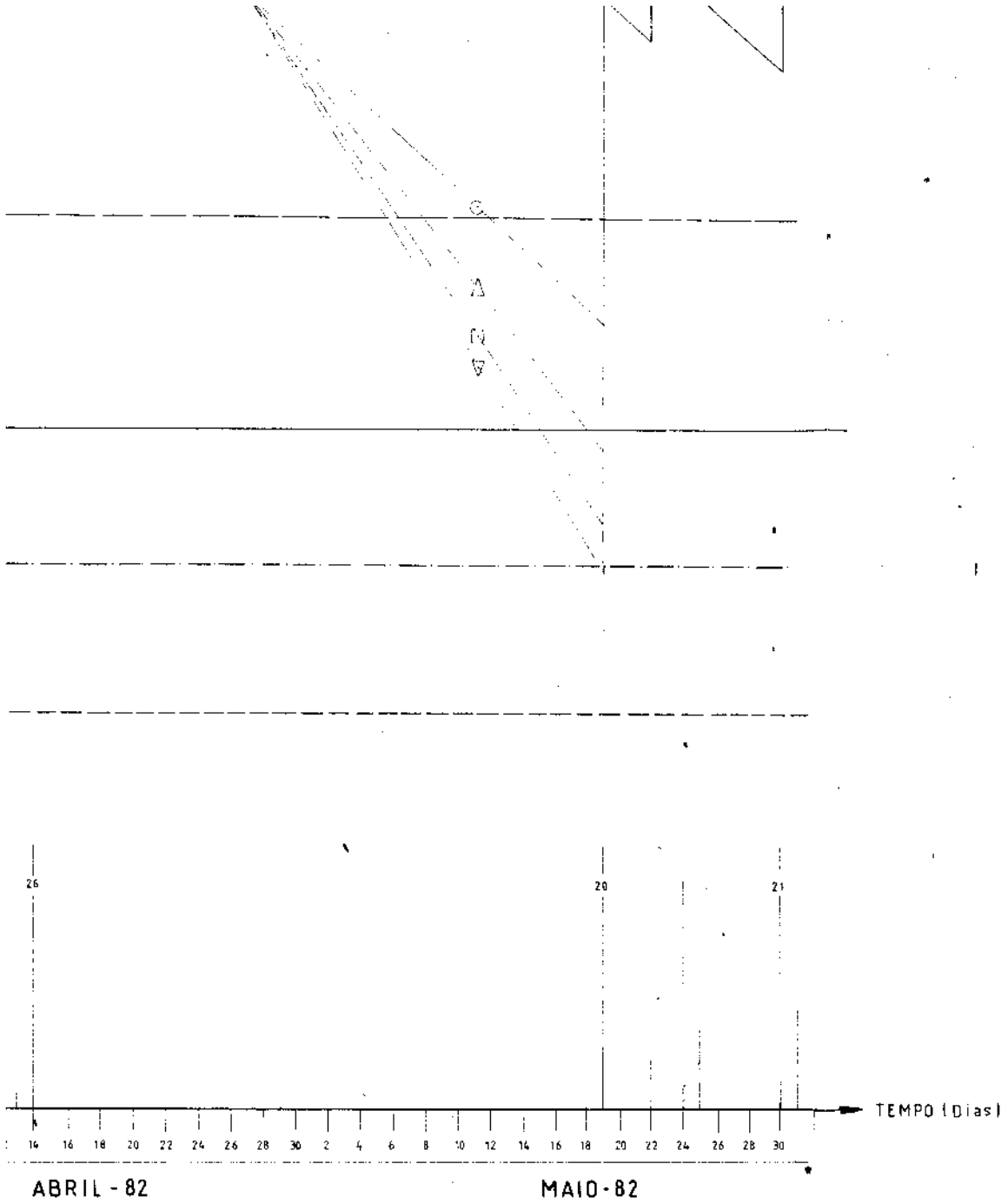


Fig. 3.19 – Gráfico de variação da deficiência da umidade do solo com o tempo para o tratamento meia dose 5


OUTUBRO-81
NOVEMBRO-81
DEZEMBRO-81
JANEIRO-82


50 34 23 37
43
27 32
38
21
30
30
44
43 26
18 20 22 24 26 28 30 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 2 4 6 8 10 12 14
JANEIRO-82
FEVEREIRO-82
MARÇO-82



LEGENDA

RESERVA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 25 cm

RESERVA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 50 cm

RESERVA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 75 cm

RESERVA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 100 cm

DEFICIÊNCIA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 25 cm

DEFICIÊNCIA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 50 cm

DEFICIÊNCIA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 75 cm

DEFICIÊNCIA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 100 cm

APLICAÇÃO DE VINHAÇA DILUÍDA

20 ALTURA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA - m

PONTO DE AMOSTRAGEM / AVALIAÇÃO DA DEFICIÊNCIA DE UMIDADE – PERFIL 0-25 ; 0-50 ; 0-75 ; 0-100 cm

Pagina 46 segue em anexo o mapa dividido em parte 1, parte 2, parte 3 e parte 4

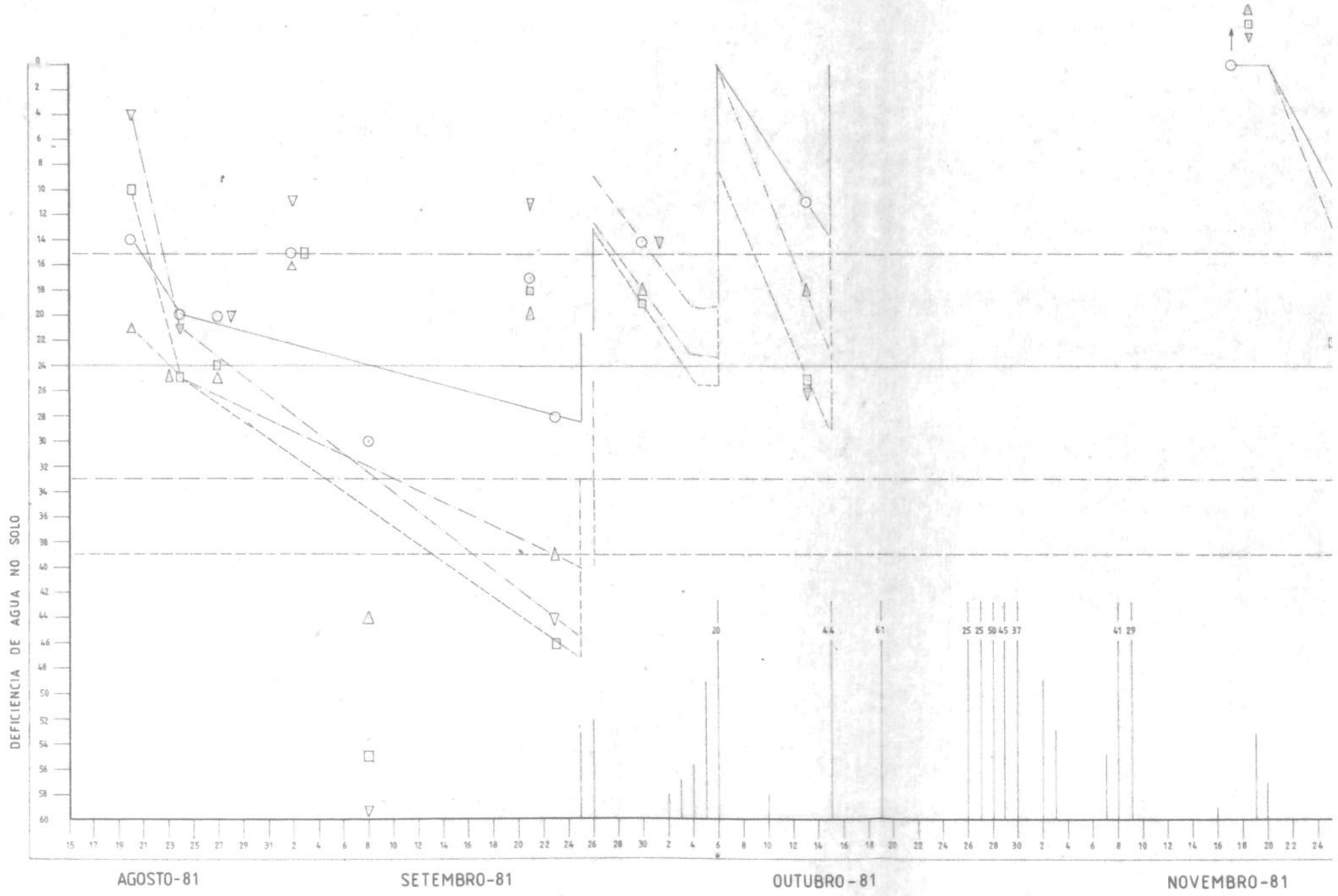
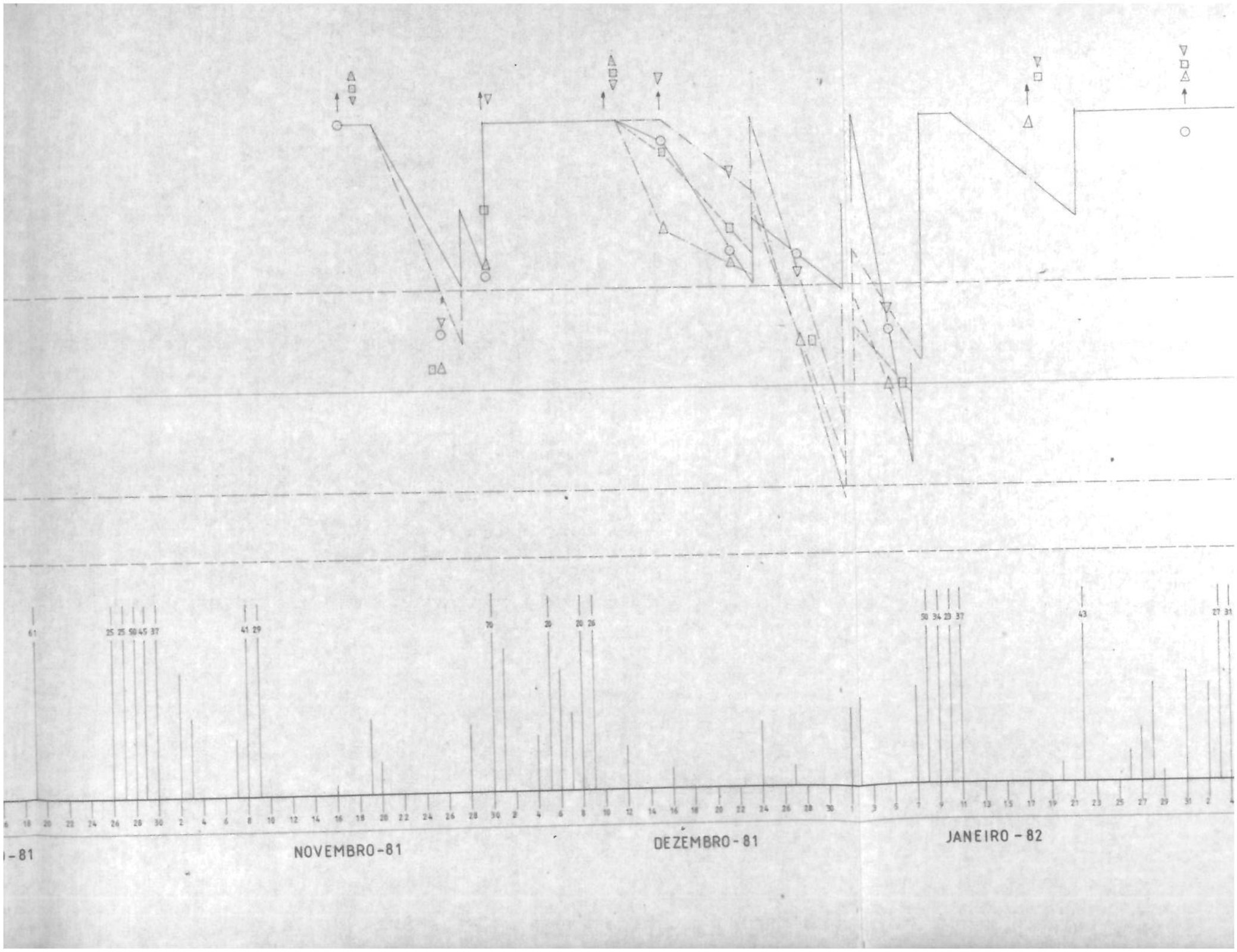
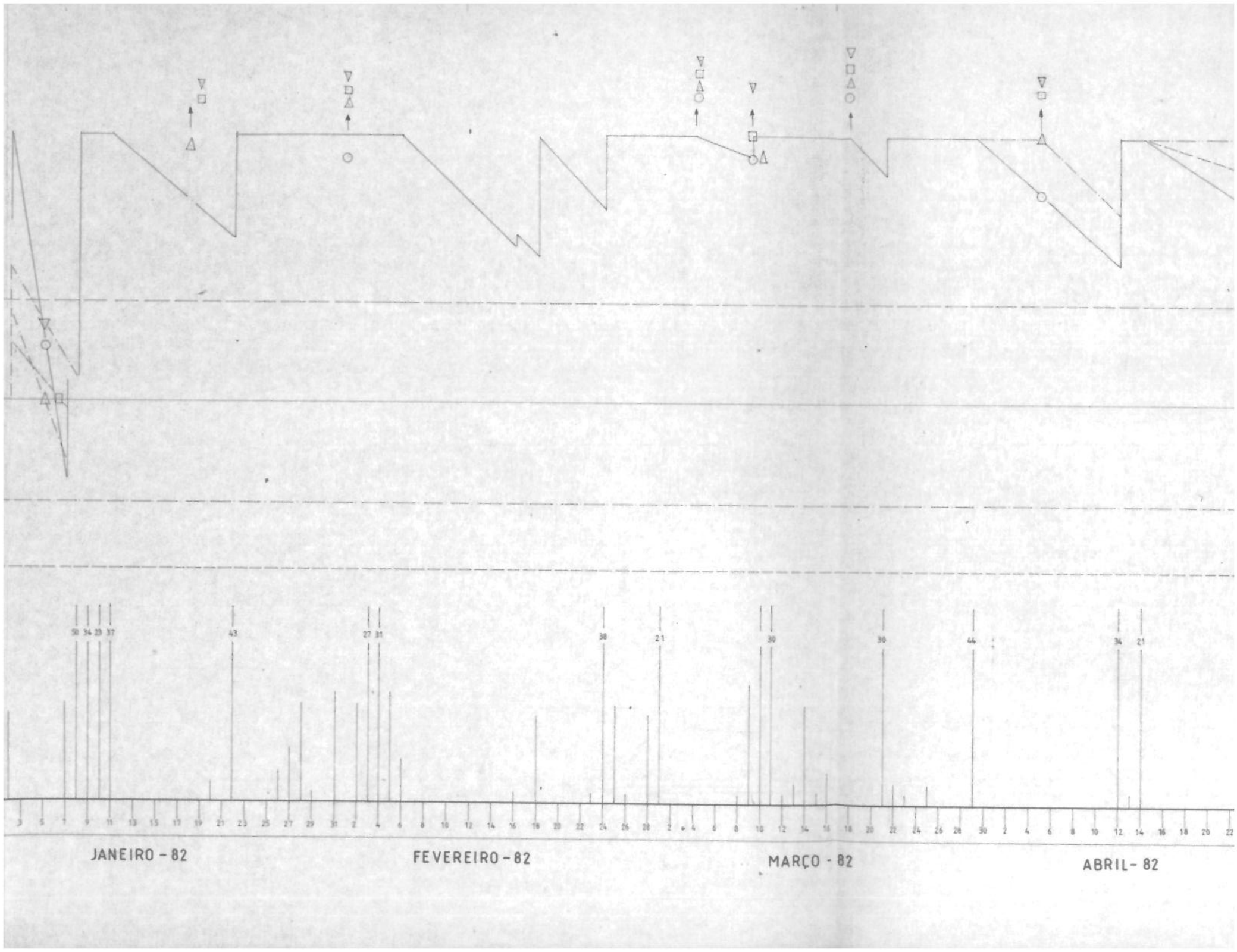
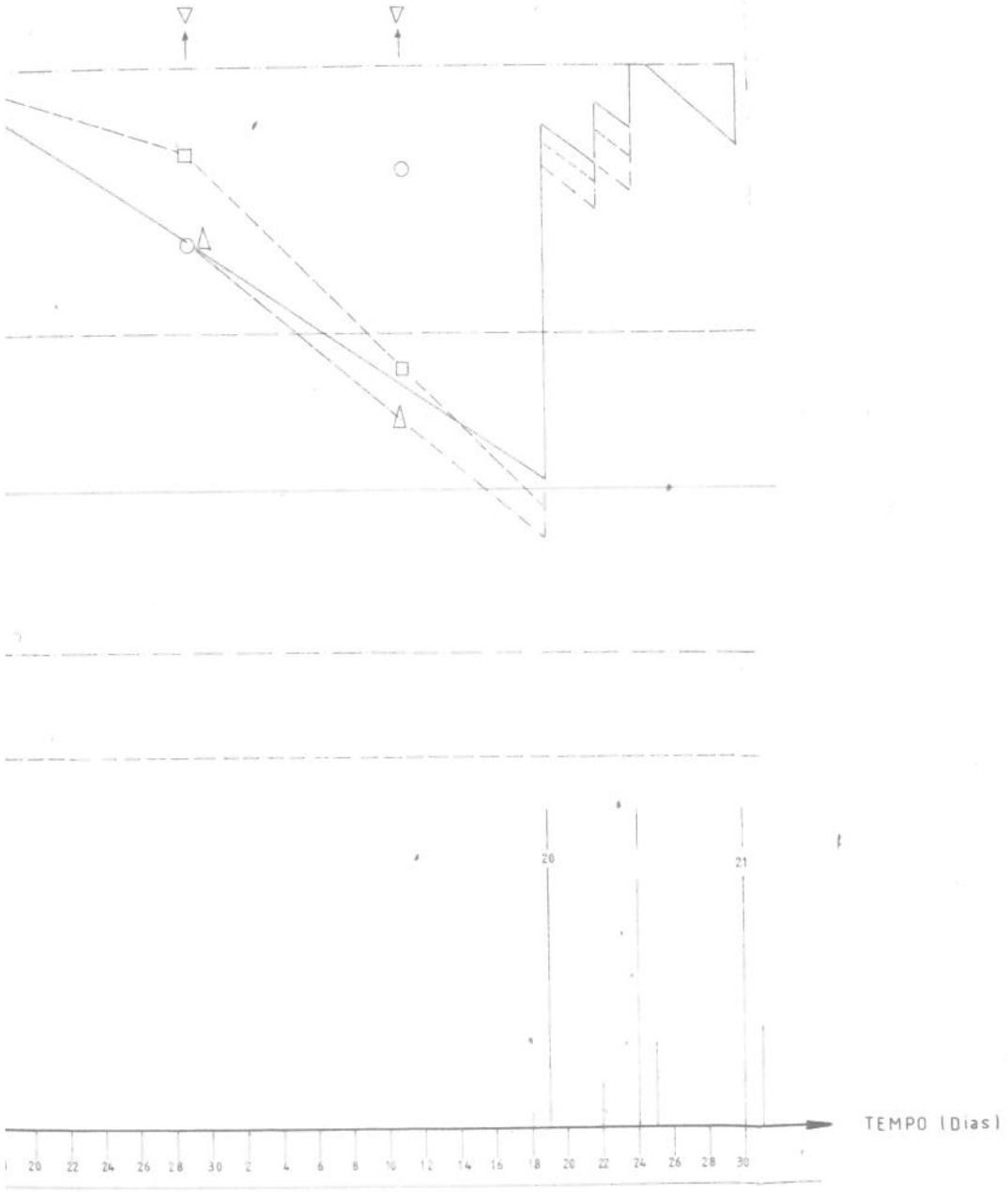


Fig. 3.20 - Gráfico de variação da deficiência da umidade do solo com o tempo para o tratamento dose nula 8


61
25 25 50 45 37
41 29
70
20
20 26
30 34 23 37
43
27 31
NOVEMBRO-81
DEZEMBRO-81
JANEIRO-82


JANEIRO - 82
FEVEREIRO - 82
MARÇO - 82
ABRIL - 82



MAIO - 82

LEGENDA

RESERVA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 25 cm
RESERVA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 50 cm
RESERVA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 75 cm
RESERVA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 100 cm

DEFICIÊNCIA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 25 cm
DEFICIÊNCIA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 50 cm
DEFICIÊNCIA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 75 cm
DEFICIÊNCIA DE ÁGUA NO SOLO – PERFIL 0 - 100 cm

APLICAÇÃO DE VINHAÇA DILUIDA

20 ALTURA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA – m

⊙ △ ⊡ ▽ PONTO DE AMOSTRAGEM/AVALIAÇÃO DA DEFICIÊNCIA DE UMIDADE – PERFIL 0-25; 0-50; 0-75; 0-100 cm

A água retida no solo foi retirada por sucção, com auxílio de sondas construídas, no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, SP. Tais sondas eram de tubos de PVC rígido, de 12,5 mm de diâmetro interno, tendo comprimentos de 50, 100, 150 e 200 cm. Em cada tubo foi colada com adesivo de marca"Araldite", uma ponta de porcelana porosa, de sorte a manter o conjunto bem alinhado. Na outra extremidade do tubo, colocou - se uma rolha de borracha, com um furo no centro por onde passava um microtubo de "nylon" de 1,0 mm de diâmetro externo, e 10,0 cm de comprimento. Deixando cerca de 2,0 cm abaixo da parte inferior da rolha. A fim de garantir perfeita vedação, na região de contato entre a rolha e o microtubo foi aplicado cola de silicone. Na extremidade superior do micro tubo era enfiado numa mangueira flexível, conforme pode ser verificado pela figura 3.21. Tal mangueira flexível, tinha cerca de 10 cm de comprimento, permitindo a aplicação do vácuo na sonda com o auxílio de uma bomba manual. A pressão negativa na sonda era aplicada até 75 centi-bares, sendo a seguir, interrompida a mangueira flexível com o auxílio de um barbante. Massa de calafetar colocada na união da rolha com o tubo e na conexão microtubo-mangueira, impedia a entrada do ar.

Cada estação dispunha de quatro sondas instaladas para captar águas nas profundidades de 50, 100, 150 e 200 cm. O vácuo era aplicado uma semana antes da retirada da água, o que era feito por succão, com auxílio da própria bomba de vácuo, conforme pode ser observado na figura 3.22. Para a colocação das sondas no solo, utilizou-se trados comuns de 100 e 200 cm e um alargador, que corrigia as irregularidades do buraco permitindo a penetração, sem ficar espaços laterais. Para impedir o escoamento do líquido pela parte de externa das sondas, colocou-se junto a superfície uma proteção de plástico, colada no tubo com fita adesiva. A figura 3.23 mostra a operação. Uma dificuldade observada foi a penetração de ar nas sondas, quando havia muita umidade e sol direto.

3.12. Análise Química da Água do Solo

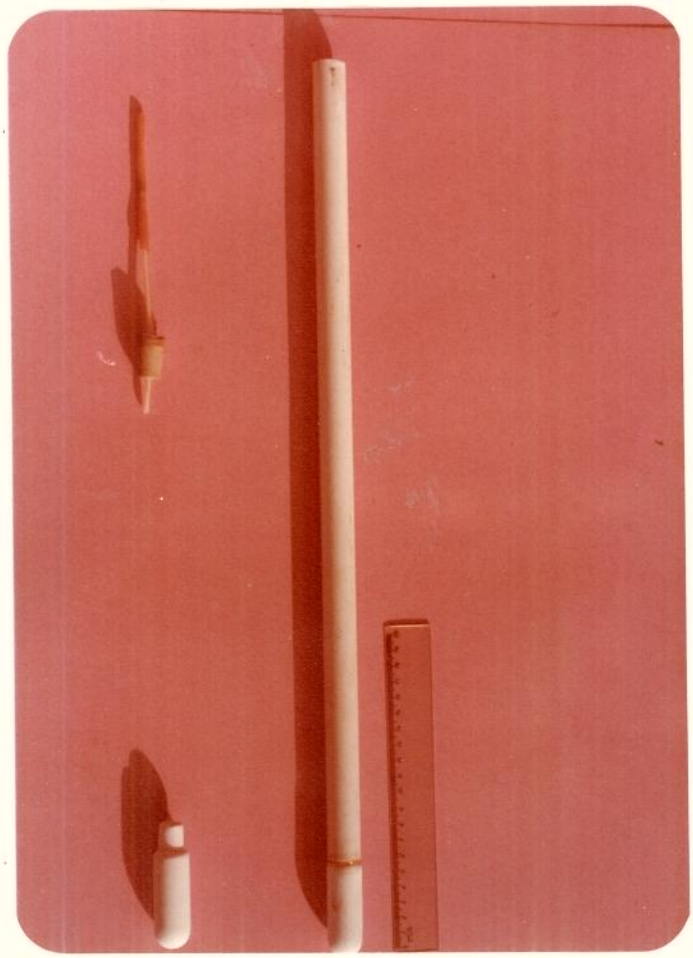


Figura 3.21 - Modelo de sonda para a captação da água do solo.

Figura 3.22 - Aspécto da retirada da água da sonda, com o auxílio da bomba de vácuo.

Figura 3.23 - Aspécto de colocação da sonda no solo.

As águas retiradas do solo a intervalos aproximados de quinze dias, eram colocadas em recipientes de vidro, previamente numerados e levadas ao Laboratório de Química da Usina Iracema, onde eram analisadas determinando-se: pH, teste de Alfa-Nafton, Teor de Sólidos Dissolvidos, Teor de Sílica, Teor de Fosfato, Dureza e Demanda Química de Oxigênio (DQO).

3.12.1. Determinação do pH

A determinação do pH da água retirada do solo foi feita pelo método eletrométrico, utilizando o aparelho de marca "Metron", calibrado para fornecer as leituras diretamente em pH.

3.12.2. Teste Alfa-Naftol

Determina a presença ou a ausência de açúcares dissolvidos no meio líquido; utilizou-se para tanto tubos de ensaio e conta gotas. Como reagentes empregou-se ácido sulfúrico e solução alfa-naftol. Tomou-se aproximadamente 1,0 ml de amostra e transferem-se para um tubo de ensaio. Adicionam-se, a seguir, 305 gotas da solução alfa-naftol e, cuidadosamente, deixam-se escorrer pela parede do tubo o ácido sulfúrico até a formação de um anel. A coloração roxa desse anel indica a presença de açúcar, portanto o resultado positivo do teste.

3.12.3. Sólidos Dissolvidos

Utilizou-se o aparelho de marca "Solu-Bridge", que atua por condutância eletrolítica, medindo diretamente o teor de sólidos dissolvidos ionizáveis na água, o que é expresso em partes por milhão (ppm).

3.12.4. Teor de Sílica

Utilizou-se o espectofotômetro de marca "Baush e Lomb"; balão volumétrico de 50 ml; pipetas volumétricas de 1,0 e 10,0 ml; pipe

tas graduadas de 10,0 ml; funil; becker de 150,0 ml e papel de filtro. Como reagentes: Solução de Molibdato de Amônio para Sílica; Ácido Cítrico 10%; Ácido Amino Sulfônico (AANS); Solução Padrão para Sílica - 10 ppm SiO_2; e Carvão Ativado. A amostra é filtrada sobre o carvão ativado. Pipetou-se 1,0 ml do filtrado e transfere-se para o balão volumétrico de 50 ml com aproximadamente 30,0 ml de água bidestilada. Adicionou-se 1,0 ml de Molibdato de Amônio para Sílica, deixando-se repousar por 5 minutos. Após o repouso adicionou-se 4,0 ml de Ácido Cítrico e 2,0 ml de AANS. Completou-se o volume do balão com água destilada e agitou-se. Deixando-se repousar por 10 minutos e a seguir, proce-de a leitura no espectofotômetro. Os resultados são expressos em partes por milhão (ppm).

3.12.5. Teor de Fosfato

Para a determinação do teor de fosfato utilizou-se o espectofotômetro marca "Baush e Lomb"; balão volumétrico de 50 ml; pipetas volumétricas de 1,0 e 10,0 ml; pipeta graduada de 20,0 ml; funil; becker de 150 ml e papel de filtro. Os reagentes empregados foram: Solução de Molibdato de Amônia para Fosfato; A.A.N.S.; Solução Padrão para Fosfato - 50 ppm e Carvão ativado. A amostra é filtrada sobre carvão ativado, pipetando-se a seguir 5,0 ml desse filtrado e transferindo-se para o balão de 50,0 ml com aproximadamente 30 ml de água bidestilada. A seguir foi adicionado 10,0 ml de molibdato de Amônia para Fosfato e 2,0 ml de A.A.N.S. Completou-se o volume com água bidestilada e agitou-se deixando repousar por 15 minutos. Procedeu-se a seguir a leitura no espectofotômetro.

3.12.6. Dureza

Para a determinação da dureza foi utilizado o seguinte material: proveta graduada de 50,0 ml; frasco para dureza com rolha esmerilhada e bureta automática de 10,0 ml e como reagente a solução "standard" sabão. O procedimento empregado foi: coloca-se na proveta 50,0 ml da solução a analisar e transfere-se para o frasco de dureza.

Adiciona-se 0,4 ml da solução sabão, tampa-se e agita-se. Se houver formação de espuma peresistente durante 1 minuto, a dureza da água será zero. Caso contrário, adiciona-se aos poucos a solução sabão (aproximadamente 0,2 ml), sempre tampando-se e agitando-se até a formação da espuma. Calcula-se a dureza do seguinte modo: ml de solução sabão consumida menos 0,4 x 20 = ppm de dureza total como $CaCO_3$.

3.12.7. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

O material empregado foi: balão volumétrico com fundo chato de 500 ml com junta esmerilhada; pipetas volumétricas de 10, 20 e 25 ml; bureta de 25 ml; aparelho para extração e evaporação elétrico com termostato marca "Fanem"; condensador "Friedrichs" com junta esmerilhada. Os reagentes foram: Sulfato Ferroso amoniacal; Fenantrolina; Dicromato de Potássio 0,25 ml; Ácido Sulfúrico concentrado; Sulfato de Mercúrio e Sulfato de Prata. O procedimento empregado foi: tomou-se 20 ml da amostra (A), 10 ml de Dicromato de Potássio e 25 ml de ácido sulfúrico concentrado com Sulfato de Prata. Levou-se ao condensador e deixou-se em repouso por uma hora. Levou-se o condensador com água destilada e deixou-se esfriar. Colocou-se 5 gotas de Fenantrolina e titulou-se com sulfato ferroso amoniacal até coloração marrom. A prova em branco (B) é feita utilizando 20 ml de água destilada e seguindo a mesma marcha descrita. O teor de DQO é calculado da seguinte forma:

$$DQO = \frac{(B - A) \times 2000}{\text{Vol. Amostra}} \quad (mg/l) \qquad (3.3)$$

3.13. Evapotranspiração da Cana-de-Açúcar

A evapotranspiração da cana foi estimada com o auxílio dos métodos de Thornthwaite, Blaney-Criddle, Hargreaves, sendo os resultados comparados com as medições realizadas com o tanque Classe A e com os obtidos através da variação da umidade do solo.

3.13.1. Método de Thornthwaite

O método de Thornthwaite foi elaborado em 1948, para cálculo da evapotranspiração potencial, a partir da equação:

$$e = 1,6\ (10\ t/I)^{a} \qquad (3.4)$$

onde:

e = evapotranspiração potencial não ajustada, em cm;

t = temperatura média mensal, em ^{o}C;

I = índica de calor correspondente a soma de 12 índices mensais (i), dado pelas expressões:

$$I = \Sigma_{1}^{12} i \qquad (3.5)$$

e

$$i = (t/5)^{1,514} \qquad (3.6)$$

a = uma função cúbica de I da forma,

$$a = 0,675.10^{-6}.I^{3} + 0,771.10^{-4}.I^{2} + 1,792.10^{-2}.I + 0,49 \qquad (3.7)$$

A equação de Thornthwaite é complexa, mas pode ser facilmente aplicada com o auxílio do nomograma (Anexos I e II) elaborados por Palmer e Havens e adaptado por CAMARGO (1960).

3.13.2. Método de Blaney-Criddle

Baseia-se na seguinte equação empírica:

$$U_{T} = \Sigma_{1}^{n} U_{n} = \Sigma_{1}^{n} Kf \qquad (3.8)$$

sendo:

$$f = \frac{tp}{100} \qquad (3.9)$$

onde:

U_T = uso consuntivo da água (semelhante a evapotranspiração real) em polegadas por ciclo

U_n = uso consuntivo da água em polegadas por mês;

K = coeficiente que depende do estágio de desenvolvimento e do tipo da cultura, em pol/^oF/mês;

t = temperatura média mensal, em ^oF ;

p = porcentagem mensal do total anual de horas possíveis de insolação (anexo III).

Segundo DORENBOS e PRUITT (1975) o fator f de Blaney-Criddle, expresso em mm/dia pode ser obtido pela equação:

$$f = p(0,46\,t + 8,13) \qquad (3.10)$$

onde:

t = temperatura média diária, em ^oC.

3.13.3. Método de Hargreaves

A evapotranspiração pode ser calculada pela equação:

$$ET_P = 0,0075.t.RSM \qquad (3.11)$$

onde:

ET_P = evapotranspiração potencial, em mm/mês;

t = temperatura média mensal, em ^oF;

RSM = radiação solar incidente.

$$RSM = 0,075.RMM.S^{1/2} \qquad (3.12)$$

onde:

RMM = radiação extraterrestreal, em mm de evaporação / mês (anexo IV);

S = porcentagem possível de insolação, obtida pela equação:

$$S = 11.5.(100 - HM)^{1/2} \qquad (3.13)$$

sendo:

HM = umidade relativa média mensal, em porcentagem

3.13.4. Evaporímetro Classe A

Com base nas medições de evaporação no tanque evaporimétrico Classe A calculou-se a evapotranspiração potencial com o auxílio da fórmula:

$$ET_p = Kp \cdot E_{ca} \qquad (3.14)$$

sendo:

ET_p = evapotranspiração potencial, em mm/dia;
E_{ca} = evaporação no tanque, em mm/dia;
Kp = coeficiente do tanque evaporimétrico.

No caso do tanque Classe A foi utilizado Kp = 0,77 com base em trabalho de VILA NOVA, REICHARDT e ORTOLANI (1968), bem como de DORENBOS e PRUIT (1975), para condições de vento moderado e umidade relativa média superior a 70%.

3.14. Medição da Altura da Planta

Foram feitas medições periódicas da altura das plantas, com o objetivo de avaliar seu desenvolvimento. Para tanto, ficaram marcados dez colmos da Área I e mais dez da Área II, sendo a altura da primeira aurícula visível medida com uma trena em relação a referencial cravado na superfície do terreno junto a cada colmo.

3.15. Avaliação da Produtividade da Cultura

Foram retiradas amostras de cana-de-açúcar em cada tratamento, as quais foram analisadas no Laboratório da Usina Iracema, afim de fornecer informações sobre a produtividade e qualidade da cultura. Tais amostras foram analisadas visualmente afim de detectar diferenças de crescimentos de internódios, devido ao efeito dos tratamentos.

3.16. Modelo Estatístico

Na análise estatística dos dados da presente pesquisa foi utilizada a regressão polinomial, que consiste em se buscar uma aproximação da forma:

$$P_n(x) = a_0 + a_1 + a_2x^2 + \ldots + a_nx^n \tag{3.15}$$

sendo empregada onde a tendência dos pontos em um gráfico parece indicar uma função de grau superior a 1. Dada uma tabela com "n" pares de valores (x_1, y_1), $i = 1, 2, 3, \ldots, n$, a regressão consiste neste caso em formar as distâncias:

$$d_i = y_1 - (a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \ldots + a_nx_i^n) \tag{3.16}$$

que elevados ao quadrado e somados fornecem a função:

$$S(a_2, a_1, a_2, \ldots, a_n) = \Sigma_{i=1}^{n} \left| y_1 - (a + a_1x_1 + a_2x_i^2 + \ldots + a_nx_i^n) \right|^2 \tag{3.17}$$

que deve ser minimizada. Operando e rearranjando o sistema de equações

obtem-se o sistema, denominado normal.

$$\left\{\begin{array}{l} a_0 \Sigma 1 + a_1 \Sigma x_i + \ldots + a_n \Sigma x_i^n = \Sigma y_1 \\ a_0 \Sigma x_i + a_1 \Sigma x_i^2 + \ldots + a_n \Sigma x_i^{n+1} = \Sigma y_i - x_i \\ a_0 \Sigma x_i^2 + a_1 \Sigma x_i^3 + \ldots + a_n \Sigma x_i^{n+2} = \Sigma y_i - x_i^2 \\ \vdots \qquad\qquad \vdots \qquad\qquad \vdots \qquad\qquad \vdots \\ a_2 \Sigma x_1^n + a_1 \Sigma x_1^{n+1} + \ldots + a_n \Sigma x_i^{2n} = \Sigma y_i - x_i^n \end{array}\right. \tag{3.18}$$

A solução do sistema fornece os coeficientes procurados da aproximação, sendo que até o grau 6 o processo pode ser usado com muita confiança. No presente trabalho os coeficientes de regressão a, b, c e d foram calculados resolvendo o sistema de equações utilizando-se o método da eliminação de Gauss usando o pivô central. Desta forma, o sistema particular ficou sendo:

a) para a regressão cúbica

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 \tag{3.19}$$

$$\left[\begin{array}{cccc} n & \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^3 \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i^4 \\ \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i^4 & \Sigma x_i^5 \\ \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i^4 & \Sigma x_i^5 & \Sigma x_i^6 \end{array}\right] \left[\begin{array}{c} a \\ b \\ c \\ d \end{array}\right] = \left[\begin{array}{c} \Sigma y_i \\ \Sigma x_i \cdot y_i \\ \Sigma x_i^2 \cdot y_i \\ \Sigma x_i^3 \cdot y_i \end{array}\right] \tag{3.20}$$

O coeficiente de regressão R^2 foi obtido pela fórmula:

$$R^2 = \frac{a \Sigma y_i + b \Sigma x_i y_i + c \Sigma x_i^2 y_i + d \Sigma x_i^3 y_i - \frac{1}{n} (\Sigma y_i)^2}{\Sigma (y_i^2) - \frac{1}{n} (\Sigma y_i)^2} \tag{3.21}$$

b) para a regressão parabólica

$$y = a + bx + cx^2 \tag{3.22}$$

$$\begin{bmatrix} n & \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^3 \\ \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_i \\ x_i \cdot y_i \\ x_i^2 \cdot y_i \end{bmatrix} \tag{3.23}$$

O coeficiente de regresso R^2 foi obtido pela fórmula:

$$R^2 = \frac{a \Sigma y_i + b \Sigma x_i y_i + \Sigma x^2 y_i - 1/n \, (\Sigma y_i)^2}{(\Sigma y_i^2) - 1/n \, (\Sigma y_i)^2} \tag{3.24}$$

Os cálculos foram executados com auxílio de programa pela calculadora eletrônica "Hewlett-Packard" modelo HP-41C.

Figura 3.24 - Aspécto interno da cultura, observando-se pluviômetro e coletor de escoamento.

Figura 3.25 - Vista dos pluviômetros instalados a céu aberto

4. RESULTADOS

4.1. Produtividade Agrícola

Os dados de produtividade e rendimento tecnológico da cultura de cana-de-açúcar apresentados na tabela 4.1 , foram obtidos mediante a amostragem nos tratamentos.

Tabela 4.1 - Valores da produtividade agrícola e tecnológicos

TRATAMENTO	PRODUTIVIDADE ton.cana/Ha	BRIX %	SACAROSE	DUREZA	GLICOSE	AÇÚCAR PROVÁVEL
Dose Completa	80,01	13,15	8,60	65,52	1,38	54,58
Meia Dose	88,44	12,58	8,49	65,28	1,58	53,83
Dose Nula	75,79	14,45	10,27	71,01	1,65	68,72

4.2. Dados Meteorológicos e de Consumo de Água pela Cultura

Os dados meteorológicos medidos no posto da Usina Iracema e de consumo de água obtidos com o gráfico das figuras 3.18, 3.19 e 3.20 estão na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Dados meteorológicos e consumo de água pela cultura de cana-de-açúcar.

MÊS - ANO	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA mm	TEMPERATURA MÉDIA °C	UMIDADE RELATIVA %	EVAPORAÇÃO NO CLASSE A mm/dia	CONSUMO DE ÁGUA mm/dia
AGO - 81	3,5	18,8	73,5	4,48	1,0
SET - 81	15,0	21,7	71,0	6,38	1,6
OUT - 81	368,9	21,0	79,2	5,02	2,5
NOV - 81	193,0	23,8	79,6	5,67	2,5
DEZ - 81	120,6	22,7	83,3	4,79	3,5
JAN - 82	241,8	22,9	83,5	4,99	3,0
FEV - 82	148,0	23,2	76,4	6,01	6,7
MAR - 82	170,3	23,1	92,5	3,65	1,0
ABR - 82	70,3	19,6	89,6	3,78	0,7
MAI - 82	69,5	17,4	89,5	2,90	0,6

Com os dados meteorológicos medidos no local calculou-se a evapotranspiração potencial com os métodos de Thornthwaite, Blaney Criddle e Hargreaves, conforme aparece na tabela 4.3. Também foi calculada a evapotranspiração com base na medição do tanque evaporimétrico Classe A. Os resultados também estão na tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Valores mensais de evapotranspiração potencial em mm.

MÊS - ANO	THORNTHWAITE	BLANEY-CRIDDLE	HARGREAVES	CLASSE A
AGO - 81	72,0	108,5	103,5	107,0
SET - 81	84,0	135,0	132,5	147,3
OUT - 81	85,0	136,4	141,6	120,0
NOV - 81	126,6	144,0	158,1	131,1
DEZ - 81	106,7	155,0	157,4	114,1
JAN - 82	109,4	151,9	153,4	119,0
FEV - 82	98,0	140,0	144,9	129,6
MAR - 82	106,9	139,5	107,3	87,1
ABR - 82	66,8	108,0	87,4	87,3
MAI - 82	44,7	89,9	95,1	70,7
MÉDIA	90,01	130,82	128,18	111,32

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Com base nesses valores e no consumo de água pela cultura determinado através da determinação do teor de umidade do solo, obteve-se o coeficiente cultural (Kc) para calcular a evapotranspiração real (consumo de água pela cultura). Tais coeficientes estão na tabela 4.4.

4.3. Análise Química da Água do Solo

Afim de detectar efeito seletivo da ponta de porcela porosa, foi feita análise da água retirada em laboratório através da sonda colocada em frasco Elermeyr, aplicando-se a sucção, para as misturas 1 : 3 e 1 : 6 (vinhaça e águas amoniacais). Os resultados aparecem na tabela 4.5. Os resultados das análises da água retirada do solo estão nas tabelas de 4.6 a 4.18. Os valores médios dessas análises constam da tabela 4.19.

Tabela 4.4 - Valores dos coeficientes culturais (Kc)

MÊS - ANO	THORNTHWAITE	BLANEY-CRIDDLE	HARGREAVES	CLASSE A
AGO - 81	0,431	0,286	0,300	0,290
SET - 81	0,571	0,356	0,362	0,326
OUT - 81	0,912	0,568	0,547	0,640
NOV - 81	0,592	0,521	0,474	0,572
DEZ - 81	1,02	0,700	0,689	0,951
JAN - 82	0,850	0,612	0,606	0,815
FEV - 82	1,714	1,200	1,159	1,296
MAR - 82	0,290	0,222	0,289	0,356
ABR - 82	0,314	0,194	0,240	0,241
MAI - 82	0,416	0,207	0,196	0,263
MÉDIA	0,711	0,487	0,486	0,576

Tabela 4.5 - Análise da água para a avaliação da seletividade da cápsula porosa

AMOSTRA		DUREZA ppm	pH	SÓLIDOS DISSOLVIDOS ppm	D.Q.O. mg/ℓ	SILICA ppm	FOSFATO ppm	POTÁSSIO kg/m^3	TESTE ALFA NAFTOL
	1	148,0	6,30	350		33,9	6,6	0,06	Positivo
AGUAS AMONIACAIS	2	164,0	6,00	420	1.400	33,9	30,9	0,06	Positivo
PURAS	$\bar{X}$	156,0	6,15	385	1.300	33,9	5,3	0,06	Positivo
	1	-	4,10	910	18.880	74,6	50,0	2,82	Positivo
VINHAÇA PURA	2	-	4,10	980	21.200	71,2	48,7	3,06	Positivo
	$\bar{X}$	-	4,10	945	20.000	72,9	49,4	2,94	Positivo
	1	-	4,50	560	6.600	42,4	10,5	0,84	Positivo
MISTURA 1 : 3	2	-	4,50	560	5.400	67,8	10,5	0,84	Positivo
	$\bar{X}$	-	4,50	560	6.000	55,1	10,5	0,84	Positivo
	1	-	4,50	490	2.600	44,1	5,3	0,60	Positivo
MISTURA 1 : 6	2	-	4,60	490	3.000	50,8	7,9	0,60	Positivo
	$\bar{X}$	-	4,55	490	2.800	47,5	6,6	0,60	Positivo
	1	-	4,30	245	4.800	44,1	11,8	0,84	Positivo
SONDA 1 : 3	2	-	4,40	280	5.000	47,5	10,5	0,84	Positivo
	$\bar{X}$	-	4,35	263	4.900	45,8	11,2	0,84	Positivo
	1	-	4,50	280	4.000	44,1	7,9	0,60	Positivo
SONDA 1 : 3	2	-	4,50	268	4.000	44,1	10,5	0,54	Positivo
	$\bar{X}$	-	4,50	273	4.000	44,1	9,2	0,57	Positivo

Tabela 4.6. - Análise química da água retirada do solo.
(Data: 15/08/81).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/l
DOSE COMPLETA	1	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	50	63	6,6	ND	147	8,3	1,2	ND	0
		100	80	6,3	ND	189	10,0	1,2	ND	ND
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	50	10	6,9	ND	ND	13,3	ND	ND	ND
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			61	6,60	ND	168	10,5	1,2	ND	ND
MEIA DOSE	4	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	50	21	7,3	ND	ND	15,0	1,2	ND	ND
		100	6	6,9	ND	ND	18,3	ND	ND	ND
		150	6	6,9	ND	ND	18,3	ND	ND	ND
		200	ND	5,1	ND	1540	28,3	14,6	436	ND
	6	50	5	6,7	ND	ND	13,3	ND	ND	ND
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	29	7,1	ND	ND	10,0	1,2	ND	80
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			13,4	66,7	ND	1540	17,2	5,7	436	80
DOSE NULA	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	4	6,5	ND	ND	60,0	ND	ND	ND
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	50	ND	5,0	ND	1400	26,7	10,9	388	ND
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			4	5,75	ND	1400	43,4	10,9	388	ND

Tabela 4.7. - Análise química da água retirada do solo. (Data: 10/09/81).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/l
DOSE COMPLETA	1	50	66	6,6	ND	168	4,6	1,2	48	0
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	50	63	6,6	Neg.	595	7,7	1,2	64	800
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			64,5	6,6	ND	381	6,1	1,2	56	400
MEIA DOSE	4	50	47	7,0	Neg.	217	10,8	1,2	72	1.600
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	17,5	7,5	Neg.	ND	10,8	1,2	ND	ND
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	39	7,2	Neg.	280	13,8	1,2	64	ND
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	50	58	6,7	Neg.	140	12,3	1,2	48	3.200
		100	70	6,7	Neg.	119	7,7	1,2	32	6.000
		150	140	6,3	Neg.	147	6,2	1,2	56	0
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			88,1	6,9	Neg.	180,6	12,3	1,2	54,4	3.600
DOSE NULA	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	40	7,2	Neg.	126	6,2	1,2	40	ND
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	26,5	7,2	Neg.	308	7,7	1,2	ND	5.000
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	80	6,9	Neg.	91	10,8	1,2	8	400
	9	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	35	7,3	Neg.	112	12,3	1,2	ND	7.000
		200	12	7,4	Neg.	ND	9,2	1,2	ND	ND
MÉDIA			86,4	7,2	Neg.	159,2	9,2	1,2	24	4.130

Tabela 4.8. - Análise química da água retirada do solo (Data: 25/09/81).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/1
DOSE COMPLETA	1	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			-	-	-	-	-	-	-	-
MEIA DOSE	4	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	50	66	6,6	Neg.	595	9,4	2,4	92	0
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	50	31	7,3	Neg.	119	15,6	2,4	ND	0
		100	84	6,8	Neg.	91	9,4	4,8	48	400
		150	113	6,4	Neg.	112	6,2	0,0	48	0
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			73,5	6,8	Neg.	229,2	10,2	3,2	62,7	100
DOSE NULA	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	17,5	7,3	Neg.	ND	15,6	2,4	ND	0
		200	96	6,7	Neg.	84	12,5	0	ND	1.600
	9	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	12	7,3	Neg.	ND	14,1	0	ND	ND
		200	24,5	7,2	Neg.	ND	10,9	1,2	ND	1.200
MÉDIA			12,2	7,1	Neg.	84	13,3	9,9	ND	1.400

Tabela 4.9. - Análise Química da Água Retirada do Solo.
(Data: 15/11/81).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/l
DOSE COMPLETA	1	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	50	56	7,0	Neg.	420	7,2	0	104	2.400
		100	130	6,6	Neg.	490	5,7	0	64	3.200
		150	166	6,8	Neg.	112	2,8	0	60	1.600
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	50	62	6,7	Neg.	700	4,3	0	52	2.400
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	200	6,4	Neg.	245	7,2	0	112	1.600
MÉDIA			122,8	6,7	Neg.	393	5,4	-	78,4	2.240
MEIA DOSE	4	50	83	6,8	Neg.	126	4,3	0	72	800
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	50	52	7,2	Neg.	147	5,7	0	64	1.600
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	176	6,7	Neg.	140	7,2	0	40	2.800
		200	255	6,5	Neg.	70	2,8	0	24	2.000
	6	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	144	6,2	Neg.	70	2,8	0	28	2.000
		150	136	6,2	Neg.	98	1,4	0	38	1.600
		200	190	5,6	Neg.	84	4,3	0	22	3.200
MÉDIA			148	6,5	-	105	4,1	-	41,1	2.000
DOSE NULA	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	120	6,7	Neg.	169	2,8	0	92	4.000
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	93	6,6	Neg.	56	4,3	0	20	4.800
	8	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	106	6,9	Neg.	210	1,4	0	104	2.800
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	138	6,5	Neg.	63	2,8	0	28	4.800
		200	178	6,3	Neg.	49	1,4	0	16	2.800
MÉDIA			127	6,6	-	109,4	2,5	-	52	3.840

Tabela 4.10. - Análise química da água retirada do solo.
(Data: 01/12/81).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/l
DOSE COMPLETA	1	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	117	6,4	Neg.	28	3,6	0	112	800
		150	115	6,6	Neg.	28	2,4	0	72	2.000
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	151	6,4	Neg.	224	2,4	0	116	1.600
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			127,6	6,4	Neg.	93,3	11,8	0	100	1.466
MEIA DOSE	4	50	53	7,0	Neg.	28	3,6	0	ND	800
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	56	7,3	Neg.	28	3,6	4,6	ND	400
	5	50	28	7,3	Neg.	28	2,4	2,3	ND	ND
		100	26	7,2	Neg.	28	ND	2,3	ND	800
		150	170	6,6	Neg.	63	9,6	0	72	800
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	138	6,2	Neg.	35	3,6	0	48	1.200
		150	13	7,0	Neg.	21	3,6	0	ND	ND
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			69,1	69,4	Neg.	33	4,4	1,31	60	800
DOSE NULA	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	10	7,4	Neg.	21	ND	0	ND	ND
		200	115	6,3	Neg.	28	4,8	0	40	1.200
	8	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	51	5,6	Neg.	28	4,8	0	ND	400
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	63	7,0	Neg.	28	6,0	0	ND	2.400
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			59,7	6,6	Neg.	26,2	5,2	0	40	1.333

Tabela 4.11.- Análise química da água retirada do solo.
(Data: 05/12/81).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/l
DOSE COMPLETA	1	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	50	51,3	6,7	Neg.	350	7,5	0	120	1.600
		100	146,3	6,2	Neg.	490	7,5	0	96	800
		150	111,6	6,5	Neg.	58	6,0	0	48	1.600
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	50	81,2	6,3	Neg.	560	10,0	0	128	800
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	36,8	6,9	Neg.	196	14,5	0	80	1.200
MÉDIA			85,4	6,5	Neg.	339	9,1	0	94,4	1.200
MEIA DOSE	4	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	16,1	6,9	Neg.	ND	14,5	0	ND	1.600
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	50	76,5	6,4	Neg.	112	10,0	0	40	4.000
		100	146,8	6,2	Neg.	84	7,5	0	32	2.000
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	76,3	5,7	Neg.	98	10,0	0	36	400
MÉDIA			78,9	6,3	Neg.	98	10,5	0	36	2.000
DOSE NULA	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	26,9	7,0	Neg.	224	7,5	0	104	0
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	46,3	6,8	Neg.	49	10,0	0	8	400
	9	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	6,4	6,9	Neg.	ND	10,0	0	ND	ND
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			26,5	6,9	Neg.	136,5	9,2	0	92	200

Tabela 4.12.- Análise química da água retirada do solo.
(Data: 07/12/81).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/l
DOSE COMPLETA	1	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	50	57,5	6,7	Neg.	280	7,8	0	120	0
		100	124,2	6,5	Neg.	525	6,2	0	136	0
		150	57,4	7,4	Neg.	126	4,7	0	88	1.200
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	67,4	6,8	Neg.	245	6,2	0	120	1.200
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			766,2	6,9	Neg.	294	6,2	0	116	600
MEIA DOSE	4	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	120	7,1	Neg.	ND	9,4	0	ND	ND
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	50	55	6,7	Neg.	119	7,8	0	56	1.200
		100	65	6,6	Neg.	84	7,8	0	32	1.200
		150	27	6,6	Neg.	ND	6,2	0	ND	800
		200	27	6,1	Neg.	ND	14,1	0	ND	1.200
MÉDIA			58	6,6	Neg.	101,5	9,1	0	44	1.100
DOSE NULA	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	120	6,9	Neg.	ND	9,4	0	ND	2.000
		150	80	6,9	Neg.	ND	10,9	0	ND	ND
		200	230	6,9	Neg.	ND	10,9	0	ND	2.000
	9	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	8	6,8	Neg.	ND	10,9	0	ND	800
MÉDIA			109,5	6,9	Neg.	ND	10,5	0	-	1.600

Tabela 4.13.- Análise química da água retirada do solo.
(Data: 16/12/81).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/l
DOSE COMPLETA	1	50	60	6,8	Neg.	28	7,7	0	ND	300
		100	–	–	–	–	–	–	–	–
		150	–	–	–	–	–	–	–	–
		200	–	–	–	–	–	–	–	–
	2	50	58	6,8	Neg.	21	7,7	0	ND	500
		100	–	–	–	–	–	–	–	–
		150	–	–	–	–	–	–	–	–
		200	54	6,9	Neg.	28	11,5	0	ND	700
	3	50	–	–	–	–	–	–	–	–
		100	–	–	–	–	–	–	–	–
		150	188	6,4	Neg.	28	6,4	1,2	140	500
		200	95	6,7	Neg.	28	5,1	0	124	400
MÉDIA			91	6,7	Neg.	26,6	7,7	0,2	132	480
MEIA DOSE	4	50	79	6,7	Neg.	28	23,1	0	80	800
		100	110	6,8	Neg.	28	87,2	1,2	88	0
		150	–	–	–	–	–	–	–	–
		200	100	7,0	Neg.	28	3,8	1,2	108	400
	5	50	–	–	–	–	–	–	–	–
		100	94	6,7	Neg.	28	15,4	0	168	400
		150	–	–	–	–	–	–	–	–
		200	–	–	–	–	–	–	–	–
	6	50	–	–	–	–	–	–	–	–
		100	–	–	–	–	–	–	–	–
		150	148	6,0	Neg.	21	5,1	0	104	400
		200	–	–	–	–	–	–	–	–
MÉDIA			106,2	6,6	Neg.	33,3	26,9	0,6	109,6	400
DOSE NULA	7	50	–	–	–	–	–	–	–	–
		100	–	–	–	–	–	–	–	–
		150	145	6,5	Neg.	28	20,5	0	100	600
		200	138	6,4	Neg	42	10,2	0	28	700
	8	50	–	–	–	–	–	–	–	–
		100	–	–	–	–	–	–	–	–
		150	188	6,3	Neg.	21	20,5	0	48	700
		200	–	–	–	–	–	–	–	–
	9	50	–	–	–	–	–	–	–	–
		100	92	6,8	Neg.	28	2,6	0	92	300
		150	–	–	–	–	–	–	–	–
		200	–	–	–	–	–	–	–	–
MÉDIA			140,7	6,5	Neg.	29,8	13,5	0	67	575

Tabela 4.14. - Análise química da água retirada do solo.
(Data: 10/01/82).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/l
DOSE COMPLETA	1	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	46	7,3	Neg.	217	4,6	0	ND	2.800
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	50	9	7,3	Neg.	ND	2,3	ND	ND	ND
		100	123	6,5	Neg.	350	4,6	0	100	2.400
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	126	6,6	-	119	2,3	0	88	3.200
	3	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	125	7,1	Neg.	308	3,4	0	52	2.800
		200	120	6,6	Neg.	366	6,9	0	40	800
MÉDIA			91,5	6,9	Neg.	252	4,0	0	70	2.400
MEIA DOSE	4	50	26	7,1	Neg.	ND	5,8	0	ND	1.600
		100	102	7,1	Neg.	91	3,4	0	76	1.200
		150	164	6,5	Neg.	140	2,3	0	132	400
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	50	40	6,9	Neg.	98	4,6	0	ND	800
		100	96	6,8	Neg.	224	2,3	0	188	1.400
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	50	41	7,4	Neg.	112	6,9	0	ND	1.600
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	54	6,3	Neg.	105	3,4	0	ND	1.200
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			74,7	6,9	Neg.	128,3	4,1	0	132	1.171
DOSE NULA	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	101	6,2	Neg.	101	5,8	0	ND	3.600
	8	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			101	6,2	-	101	5,8	-	-	3.600

Tabela 4.15. -Análise química da água retirada do solo (Data: 11/02/82).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/l
DOSE COMPLETA	1	50	65	6,8	Neg.	28	ND	ND	112	110
		100	50	6,6	Neg.	28	ND	ND	ND	80
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	50	68	6,8	Neg.	28	ND	ND	36	ND
		100	145	6,3	Neg.	28	ND	ND	88	50
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	221	6,4	Neg.	84	ND	ND		70
	3	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	208	6,3	Neg.	31,5	ND	ND	68	70
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	191	6,3	Neg.	28	ND	ND	116	60
MÉDIA			135,4	6,5	Neg.	36,4	ND	ND	86,6	73,3
MEIA DOSE	4	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	125	6,6	Neg.	28	ND	ND	76	40
		150	197	6,5	Neg.	28	ND	ND	104	10
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	50	68	6,9	Neg.	24,5	ND	ND	96	0
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	50	67	6,7	Neg.	28	ND	ND	72	30
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	183	5,8	Neg.	28	ND	ND	60	ND
		200	255	6,0	Neg.	28	ND	ND	56	40
MÉDIA			149,1	6,4	Neg.	27,4	ND	ND	77,3	30
DOSE NULA	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	61	6,6	Neg.	28	ND	ND	80	40
		200	144	6,0	Neg.	28	ND	ND	48	20
	8	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	275	5,8	Neg.	42	ND	ND	28	40
	9	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	140	5,9	Neg.	28	ND	ND	48	0
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			155	6,1	Neg.	31,5	ND	ND	51	25

Tabela 4.16. - Análise química da água retirada do solo (Data: 21/03/82).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/1
DOSE COMPLETA	1	50	60	6,7	Neg.	28	6,2	0	ND	90
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	50	55	6,6	Neg.	28	4,7	0	ND	ND
		100	140	6,4	Neg.	35	3,1	0	ND	80
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	150	6,5	Neg.	196	3,1	0	52	130
	3	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	200	6,3	Neg.	273	ND	0	132	60
		200	145	6,5	Neg.	42	3,1	0	ND	40
MÉDIA			125	6,5	Neg.	100,3	4,0	0	92	80
MEIA DOSE	4	50	70	6,8	Neg.	28	3,1	0	40	20
		100	135	6,7	Neg.	35	3,1	2,5	ND	90
		150	185	6,5	Neg.	175	3,1	0	72	60
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	50	52	6,3	Neg.	28	1,6	0	68	90
		100	140	6,4	Neg.	28	1,6	0	52	80
		150	155	6,5	Neg.	49	4,7	0	76	60
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	50	70	6,6	Neg.	28	12,5	2,5	92	60
		100	130	6,2	Neg.	28	6,2	2,5	ND	60
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	65	5,8	Neg.	203	6,2	2,5	49	150
MÉDIA			111,3	6,4	Neg.	66,9	4,7	1,1	64,2	106
DOSE NULA	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	110	6,8	Neg.	28	3,1	0	ND	60
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	265	5,9	Neg.	42	3,1	0	52	30
	9	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			187,5	6,4	Neg.	35	3,1	0	52	45

Tabela 4.17. - Análise química da água retirada do solo (Data: 12/04/82).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/l
DOSE COMPLETA	1	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	149	6,6	Neg.	238	1,8	0,0	120	100
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	50	30	6,5	Neg.	ND	1,8	0,0	ND	50
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	187	6,5	Neg.	350	1,8	0,0	32	40
		200	131	6,7	Neg.	217	5,3	1,2	72	30
	3	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	194	6,3	Neg.	245	0,0	0,0	40	30
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			138,2	6,5	Neg.	262,5	2,7	0,2	66	50
MEIA DOSE	4	50	71	6,9	Neg.	119	7,1	0,0	ND	30
		100	91	7,1	Neg.	77	3,6	0,0	29	ND
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	50	65	6,9	Neg.	84	5,3	0,0	36	ND
		100	145	6,4	Neg.	154	1,8	0,0	64	0
		150	189	6,4	Neg.	98	8,9	0,0	24	10
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	50	67	7,0	Neg.	ND	5,3	1,2	ND	0
		100	134	6,4	Neg.	98	1,8	0,0	32	20
		150	185	6,1	Neg.	77	5,3	0,0	28	30
		200	135	6,2	Neg.	70	3,6	0,0	24	80
MÉDIA			120,2	6,6	Neg.	97,1	4,7	0,1	33,9	24
DOSE NULA	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	147	6,1	Neg.	49	8,9	1,2	28	30
	8	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	132	6,8	Neg.	168	5,3	0,0	36	20
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	50	73	5,9	Neg.	98	7,1	1,2	ND	30
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	136	6,2	Neg.	49	1,8	0,0	38	20
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			122	6,3	Neg.	91	5,8	0,6	34	25

Tabela 4.18. - Análise química da água retirada do solo (Data: 13/05/82).

TRATAMENTO	ESTAÇÕES	PROF. (cm)	VOLUME mℓ	pH	ALFA NAFTOL	SÓLIDO DISSOLVIDO	SÍLICA ppm	FOSFATO ppm	DUREZA ppm	D.Q.O. mg/l
DOSE COMPLETA	1	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	10	6,6	-		0	0	ND	ND
	2	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	190	6,3	-	-	0	0	164	700
		200	33	6,9	-	-	0	0	ND	100
	3	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	115	6,2	-	-	3,7	0	172	300
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	157	6,3	-	-	1,8	0	168	100
MÉDIA			101	6,5	-	-	2,8	0	168	300
MEIA DOSE	4	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	135	6,7	-	-	-	-	30	ND
		150	192	6,9	-	-	0	0	56	0
		200	110	6,7	-	-	ND	ND	ND	200
	5	50	ND	6,8	-	-	ND	ND	ND	ND
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	50	27	6,8	-	-	1,8	0	ND	300
		100	27	6,5	-	-	0	0	60	500
		150	132	6,0	-	-	0	0	32	300
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			103	6,6	-	-	1,8	0	44,5	325
DOSE NULA	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	130	6,6	-	-	0	0	108	0
		150	-	-	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	50	-	-	-	-	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	-	-
		150	134	6,8	-	-	0	0	50	ND
		200	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA			132	6,7	-	-	0	-	79	0

Tabela 4.19 - Valores médios da análise química da água do solo.

TRATAMENTO	pH	TESTE ALFA NAFTOL	SÓLIDOS DISSOLVIDOS ppm	SÍLICA ppm	DUREZA ppm	FOSFATO ppm	DQO mg/l
Dose Completa	6,6	NEG.	207,3	5,8	99,8	0,3	764,8
Meia Dose	6,6	NEG.	240,6	9,2	61,5	1,1	902,3
Dose Nula	6,6	NEG.	200,3	11,8	84,6	1,1	1235,0

4.4. Repartição das Chuvas

Os dados da repartição das chuvas: precipitação total, precipitação interna e escoamento pelo colmo da cana-de-açúcar estão na tabela 4.20. A precipitação efetiva, bem como as perdas por interceptação, calculadas com a equação 2.1 e estão também na tabela 4.20. Com as medições de altura pluviométrica obtidas nos pluviômetros localizados a céu aberto, nas áreas I e II, bem como com os dos coletores de escoamento pelo colmo elaborou-se a tabela 4.21, sendo que os demais valores foram calculados pela equação citada anteriormente. Considerando a precipitação total como 100 %, calculou-se as porcentagens correspondentes aos demais componentes da repartição das chuvas; os resultados em relação aos dias acumulados estão na tabela 4.22.

Analisando os dados de precipitação interna medida na cultura de cana-de-açúcar relativamente aos dias acumulados, verificou-se que os mesmos se ajustam a um polinômio do segundo grau, sendo o processo representado pela equação:

$$y = 65,07298 - 1,03323\,x + 0,0058\,x^2 \qquad (4.1)$$

sendo:

y = variavel dependente, representado a precipitação interna na cultura de cana-de-açúcar em relação a precipitação total, em

Tabela 4.20 - Valores médios da repartição das chuvas em cultura de cana-de-açúcar

DATA	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	PRECIPITAÇÃO INTERNA (mm)	ESCOAMENTO P/ COLMO (mm)	PRECIPITAÇÃO EFETIVA (mm)	INTERCEPTAÇÃO (mm)
25-09-81	7,0	7,0	0,0	7,0	0,0
26-09-81	8,0	8,0	0,0	8,0	0,0
02-10-81	2,0	2,0	0,0	2,0	0,0
04-10-81	5,0	5,0	0,0	5,0	0,0
05-10-81	11,0	11,0	0,0	11,0	0,0
06-10-81	20,0	20,0	0,0	20,0	0,0
07-10-81	10,0	10,0	0,0	10,0	0,0
10-10-81	3,0	3,0	0,0	3,0	0,0
15-10-81	44,0	44,0	0,0	44,0	0,0
19-10-81	61,0	61,0	0,0	61,0	0,0
26-10-81	26,0	26,0	0,0	26,0	0,0
27-10-81	75,0	75,0	0,0	75,0	0,0
28-10-81	50,0	50,0	0,0	50,0	0,0
29-10-81	45,0	45,0	0,0	45,0	0,0
30-10-81	17,0	17,0	0,0	17,0	0,0
02-11-81	11,0	11,0	0,0	11,0	0,0
03-11-81	7,0	7,0	0,0	7,0	0,0
04-11-81	13,0	13,0	0,0	13,0	0,0
07-11-81	5,0	5,0	0,0	5,0	0,0
08-11-81	41,0	41,0	0,0	41,0	0,0
09-11-81	30,0	30,0	0,0	30,0	0,0
16-11-81	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0
19-11-81	7,0	7,0	0,0	7,0	0,0
20-11-81	3,0	3,0	0,0	3,0	0,0
24-11-81	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0
28-11-81	6,0	6,0	0,0	6,0	0,0
30-11-81	5,8	5,0	1,5	5,5	0,3
01-12-81	75,4	50,4	3,7	54,1	21,3
02-12-81	17,2	11,3	1,6	12,9	4,4
06-12-81	4,9	2,4	0,4	3,4	1,6
07-12-81	18,6	5,2	1,6	7,2	11,3
08-12-81	3,1	2,7	0,4	3,1	0,1
09-12-81	29,9	15,1	4,3	19,4	10,5
10-12-81	14,1	8,8	1,1	9,9	4,3
17-12-81	2,2	1,1	1,1	2,2	0,0
28-12-81	9,5	3,3	2,2	5,2	4,3
02-01-82	8,6	3,4	2,4	5,2	3,5
05-01-82	2,8	1,0	0,9	2,0	0,8
08-01-82	51,7	16,1	5,5	21,6	30,1
11-01-82	68,2	22,2	4,8	27,0	41,3
12-01-82	22,2	6,8	4,5	11,3	11,0
21-01-82	1,3	0,3	0,7	1,0	0,3
23-01-82	45,3	9,5	5,1	14,6	30,8
29-01-82	12,4	3,0	7,2	9,7	2,3
01-02-82	7,5	1,8	5,4	7,2	0,3
03-02-82	35,0	8,9	5,7	14,5	20,5
05-02-82	30,4	6,7	7,3	14,0	16,4
11-02-82	14,1	3,0	6,6	9,6	4,7
03-03-82	19,3	7,0	6,8	13,8	5,5
09-03-82	3,1	1,0	1,4	2,4	0,8
10-03-82	9,8	2,5	4,4	7,5	2,3
11-03-82	14,8	4,1	6,6	10,7	4,1
12-03-82	29,6	5,3	12,2	17,5	12,1
15-03-82	9,6	1,9	4,2	6,1	3,6
18-03-82	3,9	0,8	1,9	3,2	0,8
19-03-82	1,9	0,2	1,1	1,2	0,7
22-03-82	23,7	4,8	11,1	15,9	7,8
24-03-82	0,7	0,2	0,1	0,4	0,4
30-03-82	34,7	8,3	10,5	18,7	16,0

Tabela 4.21 - Valores da repartição das chuvas medidos nas Áreas I e II.

DATA	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	PRECIPITAÇÃO INTERNA (mm)			ESCOAMENTO PELO COLMO (mm)			PRECIPITAÇÃO EFETIVA (mm)			INTERCEPTAÇÃO (mm)		
		ÁREA I	ÁREA II	MÉDIA	ÁREA I	ÁREA II	MÉDIA	ÁREA I	ÁREA II	MÉDIA	ÁREA I	ÁREA II	MÉDIA
30-11-81	5,8	4,0	4,0	4,0	1,2	1,8	1,5	5,2	5,8	5,5	0,6	0,0	0,3
01-12-81	75,4	54,4	46,4	50,4	3,4	4,0	3,7	57,8	50,4	54,1	17,6	25,0	21,3
02-12-81	17,2	10,6	12,0	11,3	1,4	1,7	1,6	12,0	13,7	12,9	5,2	3,5	4,4
06-12-81	4,9	2,4	2,4	2,4	0,4	0,4	0,4	2,8	3,9	3,4	2,1	1,0	1,6
07-12-81	18,6	4,8	6,4	5,6	1,4	1,7	1,6	6,2	8,1	7,2	12,4	10,5	11,3
08-12-81	3,1	2,8	2,6	2,7	0,4	0,4	0,4	3,1	3,1	3,1	0,0	0,2	0,1
09-12-81	29,9	15,8	14,4	15,1	3,6	5,0	4,3	19,4	19,4	19,4	10,5	10,5	10,5
10-12-81	14,1	8,3	9,2	8,8	1,2	1,0	1,1	9,5	10,2	9,9	4,6	3,9	4,3
17-12-81	2,2	1,0	1,2	1,1	1,2	1,0	1,1	2,2	2,2	2,2	0,0	0,0	0,0
28-12-81	9,5	2,9	3,1	3,0	2,3	2,1	2,2	5,2	5,2	5,2	4,3	4,3	4,3
02-01-82	8,6	2,7	2,0	2,4	1,5	3,2	2,4	5,9	4,4	5,1	2,7	4,2	3,5
05-01-82	2,8	0,8	1,2	1,0	0,6	1,3	0,9	1,4	2,5	1,9	1,4	0,3	0,8
08-01-82	51,7	17,4	14,4	16,1	4,0	6,9	5,5	21,4	21,3	21,6	30,3	30,4	30,1
11-01-82	68,2	22,3	22,0	22,2	3,9	5,7	4,8	26,2	27,7	27,0	42,0	40,5	41,3
12-01-82	22,2	6,5	6,9	6,8	3,5	5,5	4,5	9,0	11,5	11,3	13,2	8,7	11,0
21-01-82	1,3	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8	0,8	0,9	1,1	1,0	0,4	0,2	0,3
23-01-82	45,3	10,4	8,6	9,5	4,6	4,5	4,5	16,0	13,1	14,6	29,3	32,2	30,8
29-01-82	12,4	2,4	3,6	3,0	4,7	8,7	7,2	8,1	12,2	9,7	4,3	0,2	2,3
01-02-82	7,5	2,0	1,6	1,8	5,0	5,8	5,4	7,0	7,4	7,2	0,5	0,1	0,3
03-02-82	35,0	11,7	6,0	8,9	4,1	7,2	5,7	15,8	13,2	14,5	19,2	21,8	20,5
05-02-82	30,4	7,6	5,9	6,7	6,1	8,4	7,3	13,7	14,3	14,0	16,7	16,1	16,4
11-02-82	44,1	3,7	2,3	3,0	5,1	7,6	6,6	8,8	9,9	9,4	4,6	4,5	4,7
03-03-82	19,3	7,6	6,4	7,0	5,9	7,7	6,8	13,5	14,1	13,8	5,8	5,2	5,5
09-03-82	3,1	1,2	0,8	1,0	1,2	1,5	1,4	2,4	2,3	2,4	0,7	0,8	0,8
10-03-82	9,8	2,9	2,1	2,5	4,4	4,3	4,4	8,6	6,4	7,5	1,2	3,4	2,3
11-03-82	14,8	4,0	4,2	4,1	6,1	7,1	6,6	10,1	11,3	10,7	4,7	3,5	4,1
12-03-82	29,6	6,0	4,6	5,3	9,1	15,2	12,2	15,1	19,8	17,5	14,1	9,8	12,1
15-03-82	9,6	2,2	1,6	1,9	4,5	3,8	4,2	6,7	5,4	6,1	2,9	4,2	3,6
18-03-82	3,9	0,6	0,9	0,8	1,8	2,6	1,9	2,4	3,8	3,2	1,5	0,1	0,8
19-03-82	1,9	0,1	0,2	0,2	1,1	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	0,7	0,7	0,7
22-03-82	23,7	4,2	5,4	4,8	8,7	13,5	11,1	12,9	18,9	15,9	10,8	4,8	7,8
24-03-82	0,7	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
30-03-82	34,7	8,7	7,7	8,2	7,6	13,4	10,5	16,3	21,1	18,7	18,4	13,6	16,0

Tabela 4.22 - Repartição das chuvas nas áreas expressa em porcentagem

DIAS ACUMULADOS	PRECIPITAÇÃO INTERNA (%)			ESCOAMENTO PELO COLMO (%)			PRECIPITAÇÃO EFETIVA (%)			INTERCEPTAÇÃO (%)		
	ÁREA I	ÁREA II	MÉDIA	ÁREA I	ÁREA II	MÉDIA	ÁREA I	ÁREA II	MÉDIA	ÁREA I	ÁREA II	MÉDIA
1	69,6	69,6	69,6	20,7	30,1	25,9	89,7	100,0	94,9	10,3	0,0	5,2
2	72,1	61,5	66,8	4,5	5,3	4,9	76,7	66,8	71,8	23,3	33,2	28,3
3	61,6	69,8	65,7	8,1	9,9	9,0	69,8	79,7	74,8	30,2	20,3	25,3
7	49,0	49,0	49,0	8,2	8,2	8,2	5,1	79 6	68,4	42,9	20,4	31,7
8	25,8	34,4	30,1	7,5	9,2	8,4	33,3	43,5	36,9	66,7	56,5	61,7
9	90,3	83,9	87,1	12,9	12,9	12,9	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	0,0
10	52,8	48,2	50,5	12,0	16,7	14,4	64,9	64,9	64,9	35,1	35,1	35,1
11	58,9	65,2	62,1	8,5	7,1	7,8	67,4	72,3	69,9	32,6	27,7	30,2
18	45,5	54,5	50,0	54,5	45,5	50,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	0,0
29	30,5	32,6	31,6	24,2	22,1	23,2	54,7	54,7	54,7	45,3	45,3	45,3
34	31,4	23,3	27,4	27,9	17,4	22,7	68,6	51,2	59,9	31,4	48,8	40,1
37	28,6	42,9	35,8	21,4	46,4	33,9	50,0	89,2	69,6	50,0	10,7	30,4
40	33,7	27,9	30,9	7,7	13,3	10,5	41,4	41,2	41,3	58,6	58,8	58,7
43	32,7	32,3	32,5	5,7	7,1	6,4	38,4	40,6	39,5	61,6	59,4	60,5
44	24,8	36,0	30,4	15,8	24,8	20,3	40,5	60,8	50,7	59,5	39,2	49,4
53	23,1	23,1	23,1	46,2	61,5	53,9	69,2	84,6	76,9	30,8	15,4	23,1
55	23,0	18,9	21,0	12,4	9,9	11,2	35,3	28,9	32,1	64,7	71,1	67,9
61	19,4	28,2	23,8	46,0	70,2	58,1	65,3	98,4	81,9	34,7	1,6	18,2
64	26,7	21,3	24,0	66,7	77,3	72,0	93,3	98,7	96,0	6,7	1,3	4,0
66	33,4	17,1	25,4	11,7	20,6	16,3	45,1	37,7	41,4	54,9	62,3	58,6
68	25,0	19,4	22,0	20,1	27,6	24,0	45,1	47,0	46,0	54,9	53,0	54,0
81	26,2	16,3	21,3	39,0	53,9	46,8	65,2	70,2	68,1	34,8	31,9	33,3
101	39,4	33,2	36,3	30,6	39,9	25,2	69,9	73,1	71,5	30,1	26,9	28,9
107	38,7	25,8	32,3	38,7	48,4	45,2	77,4	74,2	75,8	22,6	25,8	24,2
108	25,6	21,4	25,5	44,9	43,9	44,4	87,8	65,3	76,5	12,2	34,7	23,5
109	27,0	28,4	27,7	41,2	48,0	44,6	68,2	76,4	72,3	31,8	23,6	85,4
110	20,3	15,5	17,9	30,7	51,4	41,2	51,0	66,9	59,1	47,6	33,1	40,9
113	22,9	16,7	19,8	46,9	39,6	43,8	66,7	56,3	63,5	30,2	43,8	37,5
116	15,4	23,1	20,5	46,2	51,3	48,7	61,5	97,4	82,1	38,5	2,5	20,5
117	5,3	5,3	5,3	57,9	57,9	57,9	63,2	63,2	63,2	36,8	36,8	36,8
120	17,7	22,8	20,3	36,7	57,6	46,8	54,4	79,7	67,1	45,6	20,3	32,9
122	28,6	28,6	28,6	14,3	14,3	14,3	42,9	42,9	42,9	57,1	57,1	57,1
128	25,0	22,2	23,6	21,9	38,6	30,3	47,0	60,8	53,9	53,0	39,2	46,1

porcentagem;

x = variável dependente, representando o número de dias acumulados.

O coeficiente de regressão foi de 0,78. Com essa equação obteve-se a curva da figura 4.1, estimando os valores da precipitação interna. Na figura 4.2 foi desenhada em outra escala a curva obtida e lançados os dados medidos, sendo que a letra "C" indica o corte da cana-de-açúcar ocorrido em 17 de maio de 1981, a "M" o início das medições com os pluviômetros instalados na cultura em 30 de maio de 1981, e a "T" o tombamento dos colmos, com o consequente encerramento do ensaio, devido as chuvas escessivas, em 12 de abril de 1982. O corte de 1982 ocorreu em 09 de junho.

Os dados de escoamento pelo colmo em porcentagem foram analisados, se ajustando a um polinômio de segundo grau, representado pela equação:

$$y = 3,39675 + 0,91974\,x - 0,00507\,x^2 \qquad (4.2)$$

sendo:

y = variável dependente, representando o escoamento pelo colmo da cultura da cana-de-açúcar em relação a precipitação total em porcentagem;

x = variável dependente, representando os dias acumulados após o início da medição.

O coeficiente de regressão dessa equação é 0,91974. Os dados estimativos do escoamento pelo colmo da cultura da cana-de-açúcar obtidos com essa equação, proporcionaram a curva da figura 4.3. Tal curva foi desenhada, na figura 4.4, em escala diferente, sendo lançados os dados medidos na cultura.

Com os dados da tabela 4.20, elaborou-se a tabela 4.23. Dias acumulados contra os parâmetros da repartição das chuvas, também acumulados. Analisando os dados dessa tabela relativos a precipitação interna obteve-se a equação de regressão polinomial cúbica, que apresen

Tabela 4.23 - Valores acumulados de precipitação total, precipitação interna, escoamento pelo colmo, precipitação efetiva e interceptação.

DIAS ACUMULADOS	PRECIPITAÇÃO TOTAL ACUMULADA (mm)	PRECIPITAÇÃO INTERNA ACUMULADA (mm)	ESCOAMENTO PELO COLMO ACUMULADO (mm)	PRECIPITAÇÃO EFETIVA ACUMULADA (mm)	PERDAS POR INTERCEPTAÇÃO (mm)
1	7,0	7,0	0,0	7,0	0,0
2	15,0	15,0	0,0	15,0	0,0
8	17,0	17,0	0,0	17,0	0,0
9	20,0	20,0	0,0	20,0	0,0
10	25,0	25,0	0,0	25,0	0,0
11	36,0	36,0	0,0	36,0	0,0
12	56,0	56,0	0,0	56,0	0,0
13	66,0	66,0	0,0	66,0	0,0
16	69,0	69,0	0,0	69,0	0,0
21	113,0	113,0	0,0	113,0	0,0
25	174,0	174,0	0,0	174,0	0,0
32	200,0	200,0	0,0	200,0	0,0
33	275,0	275,0	0,0	275,0	0,0
34	325,0	325,0	0,0	325,0	0,0
35	370,0	370,0	0,0	370,0	0,0
36	387,0	387,0	0,0	387,0	0,0
39	398,0	398,0	0,0	398,0	0,0
40	405,0	405,0	0,0	405,0	0,0
41	418,0	418,0	0,0	418,0	0,0
44	423,0	423,0	0,0	423,0	0,0
45	464,0	464,0	0,0	464,0	0,0
46	494,0	494,0	0,0	494,0	0,0
53	495,0	495,0	0,0	495,0	0,0
56	502,0	502,0	0,0	502,0	0,0
57	505,0	505,0	0,0	505,0	0,0
61	506,0	506,0	0,0	506,0	0,0
65	512,0	512,0	0,0	512,0	0,0
67	517,8	516,0	1,5	517,5	0,3
68	593,2	565,4	5,2	570,6	22,6
69	610,4	577,7	6,8	584,5	25,9
73	615,3	580,1	7,2	587,3	28,0
74	633,9	585,7	8,8	594,5	39,4
75	637,0	588,4	9,2	597,6	39,4
76	666,9	603,5	10,3	613,8	53,1
77	681,0	612,3	11,4	623,7	57,3
84	683,2	613,4	12,5	625,9	57,3
95	692,7	616,4	14,7	631,1	61,6
100	701,3	618,8	17,1	635,9	65,4
103	704,1	619,8	18,0	637,8	66,3
106	755,8	635,9	23,5	659,4	96,4
109	824,0	658,1	28,3	686,4	137,6
110	846,2	864,9	32,8	697,7	148,5
119	847,5	665,2	33,5	698,7	148,8
121	892,8	674,7	38,6	713,3	179,5
127	905,2	677,7	45,8	723,5	181,7
130	912,7	679,5	51,2	730,7	182,0
132	947,7	688,4	56,9	745,3	202,4
134	978,1	695,1	64,3	759,4	218,7
147	992,2	698,1	70,8	768,9	223,3
167	1011,5	705,1	77,4	782,7	228,8
173	1014,6	706,1	79,0	785,1	229,5
174	1024,4	708,6	83,4	792,0	232,4
175	1039,2	712,7	90,0	802,7	236,5
176	1068,8	718,0	102,2	820,2	248,6
179	1078,4	719,9	106,4	826,3	252,1
182	1082,3	720,7	108,3	829,0	253,3
183	1080,2	720,9	109,4	830,3	249,9
186	1104,1	725,7	120,5	846,2	257,8
188	1104,2	725,9	120,6	846,5	258,3
189	1139,5	734,1	131,1	865,2	274,3

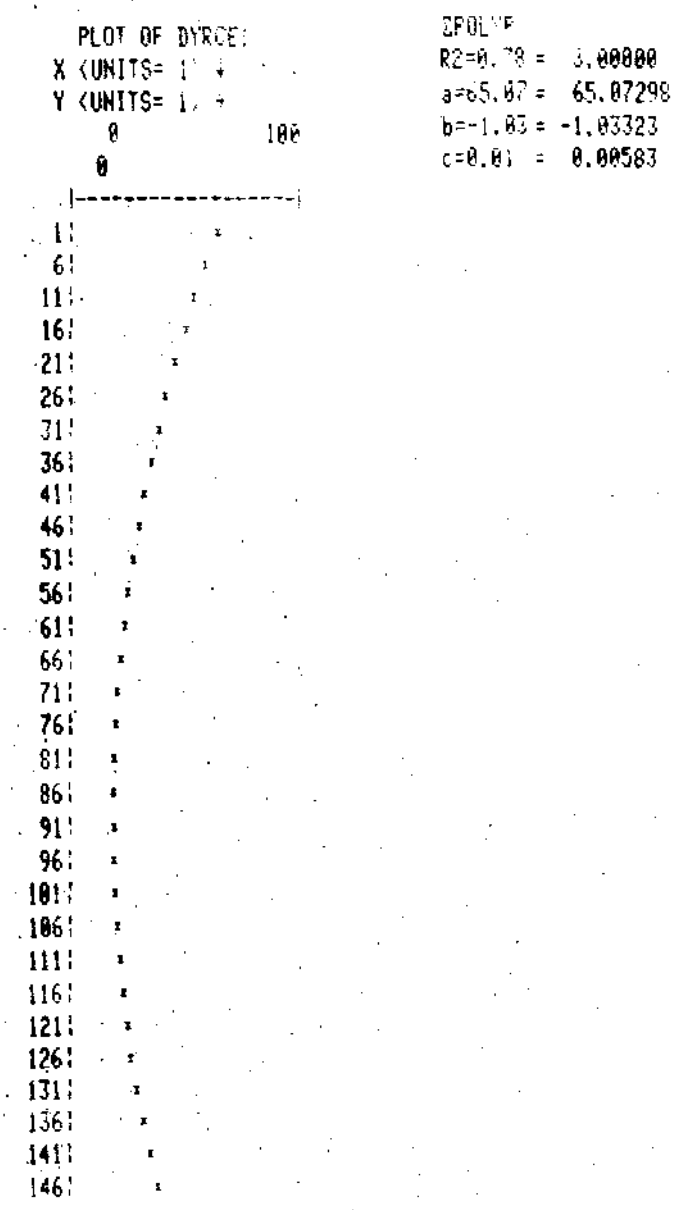


Figura 4.1 – Curva de regressão para valores de precipitação interna em porcentagem. (HP-41).

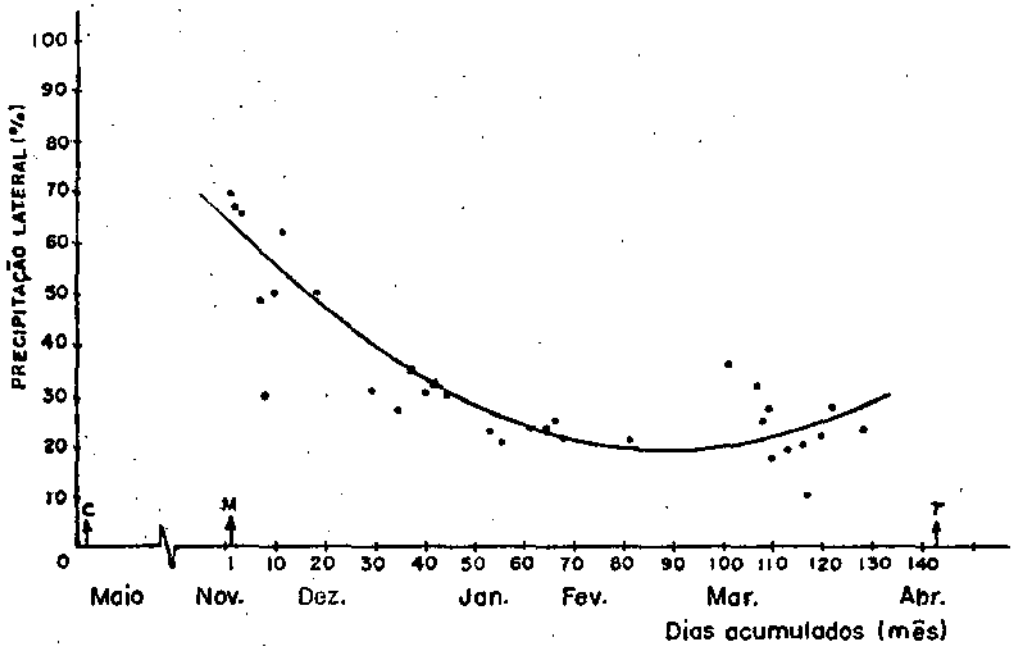


Fig.4.2-Curva de regressão para valores de precipitação interna em porcentagem.

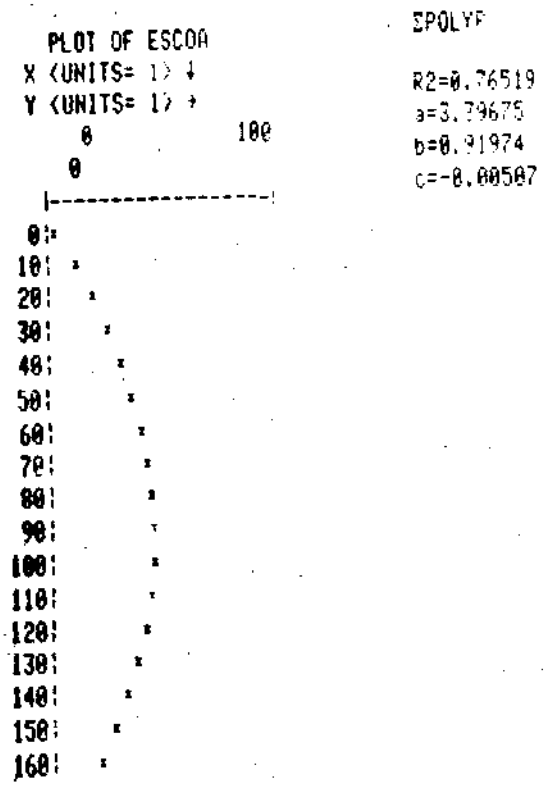


Figura 4.3 - Curva de regressão para valores de escoamento pelo colmo da Cana-de-Açúcar em porcentagem. (HP-41).

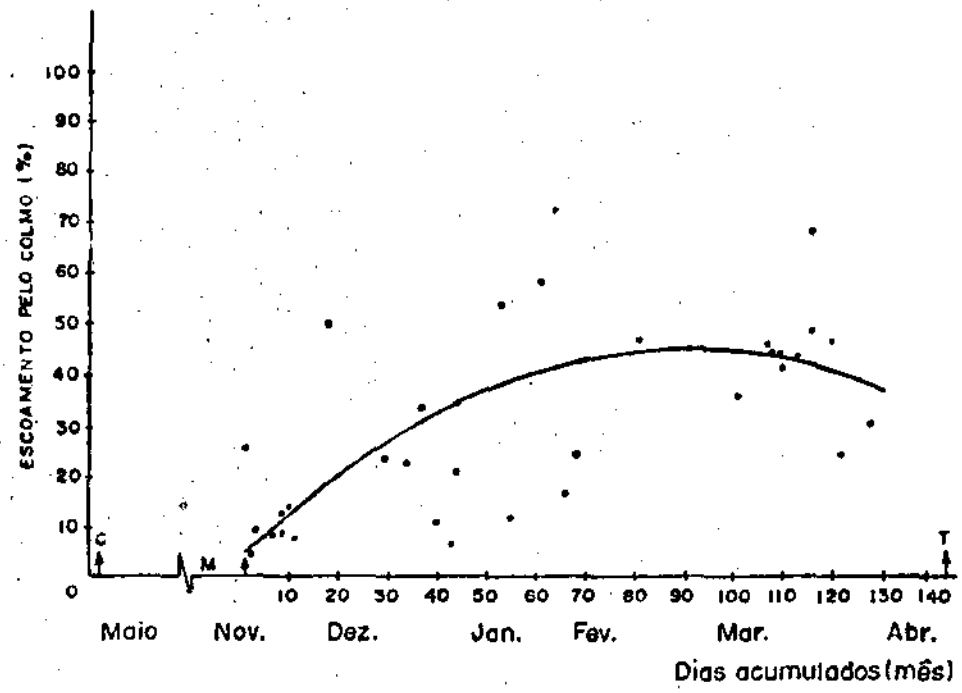


Fig.4.4-Curva de regressão para valores de escoamento pelo colmo da Cana-de-Açúcar em porcentagem.

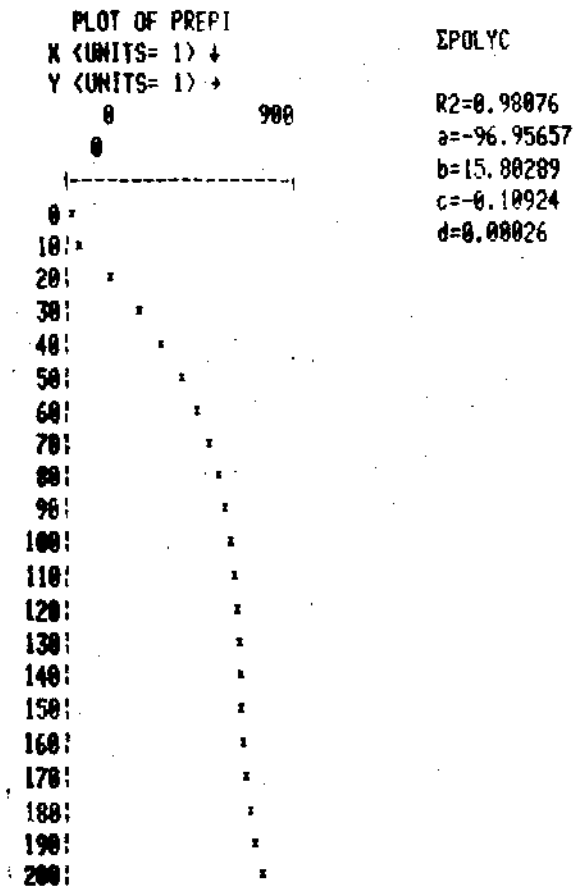


Figura 4.5 - Valores da precipitação interna acumulada, em milímetros. (HP-41).

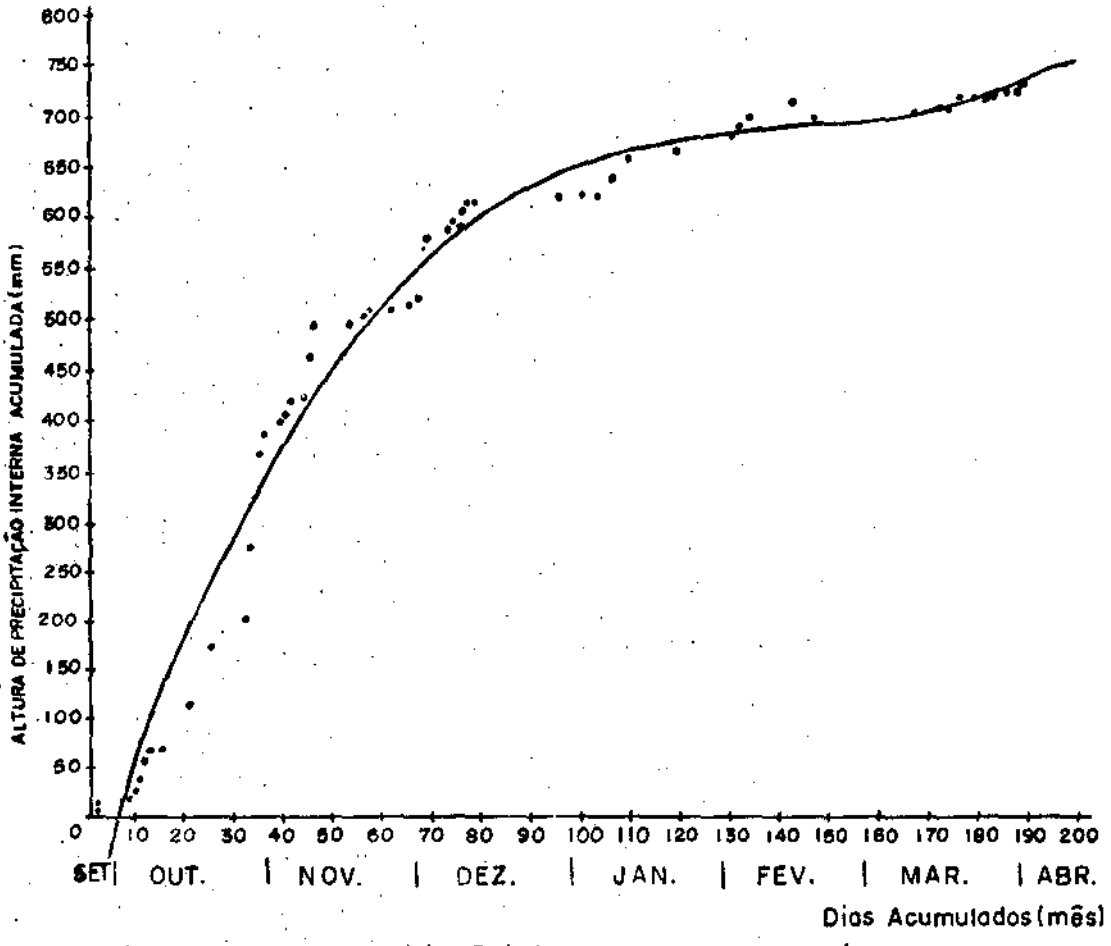


Fig.4.6-Valores da precipitação interna acumulada, em milímetros.

tou ajustagem aos dados com coeficiente de regressão de 0,98076. A equação obtida foi:

$$y = -96,95657 + 15,80289\,x - 0,10924\,x^2 + 0,00026\,x^3 \quad (4.3)$$

sendo:

y = variável dependente, representando a precipitação interna acumulada ocorrida na cultura de cana-de-açúcar, em milímetros;

x = variável dependente, representando dias acumulados a partir de 25 de setembro de 1981. As fig. 4.5 e 4.6 apresentam a curva obtida.

Os valores de escoamento pelo colmo da cana-de-açúcar, apresentados na tabela 4.23, foram analisados estatisticamente obtendo-se a seguinte equação de regressão polinomial do segundo grau:

$$y = 0,46317 - 0,23709\,x + 0,00453\,x^2$$

sendo:

y = variável dependente, representando o escoamento pelo colmo da cana-de-açúcar, acumulado, em milímetros;

x = variável dependente, representando os dias acumulados.

O coeficiente de regressão dessa equação foi 0,97418. A figura 4.7 mostra o gráfico obtido com essa equação. Na figura 4.8 desenhou-se o mesmo gráfico em escala diferente, lançando-se também os dados medidos na pesquisa afim de se verificar o ajustamento dos mesmos com a curva.

Os dados totais da repartição das chuvas da tabela permitiram elaborar a tabela 4.24, em que aparecem as porcentagens entre os componentes do fenômenos.

Com os dados da tabela 4.20, dividiu-se as precipitações em classes de 0-10; >10-20; >20 - 30; >30 - 40; >40 - 50; >50 - 60; >60 - 70; >70 a 80 mm elaborando-se a tabela 4.25, na qual aparecem a frequência de chuva em cada classe, as alturas médias de precipitação to

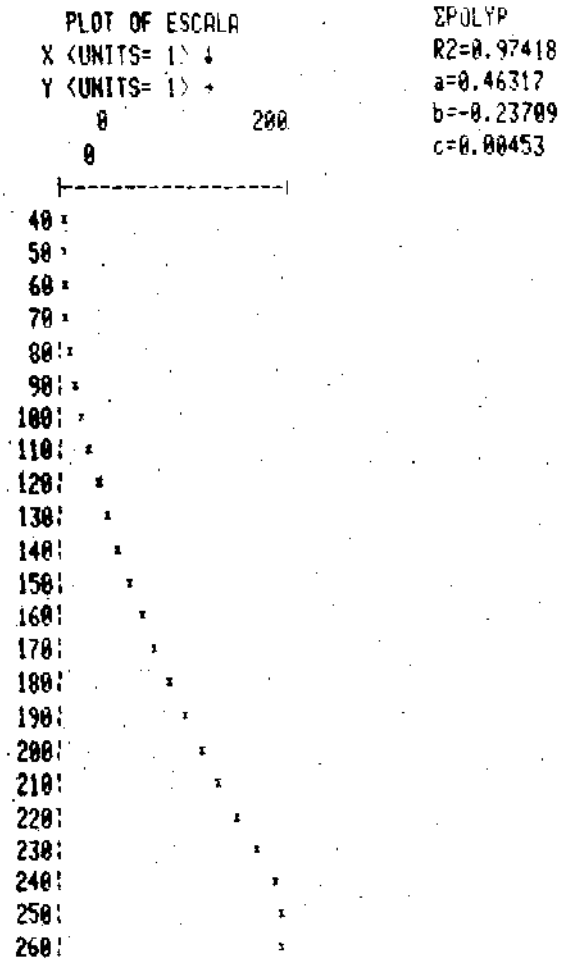


Figura 4.7 - Valores acumulados de escoamento pelo colmo, em milímetro (HP-41).

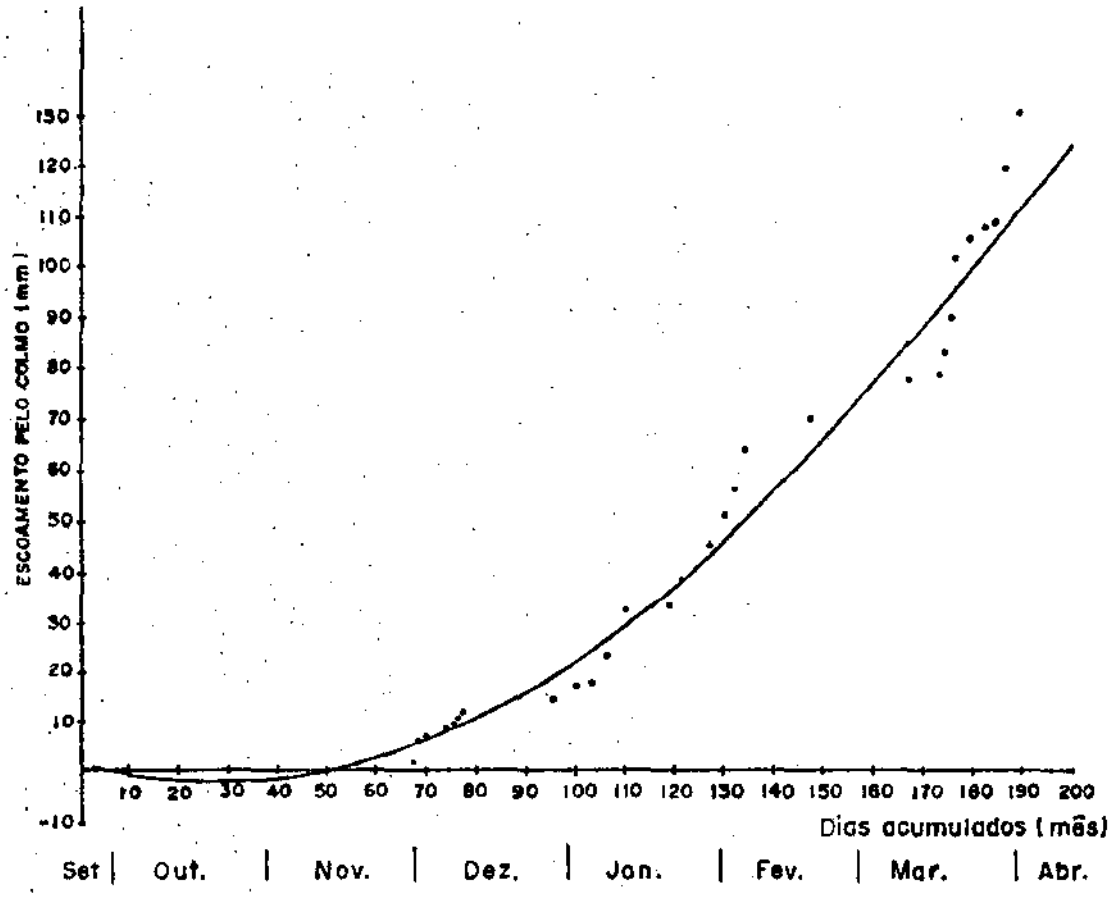


Fig.48-Valores acumulados de escoamento pelo colmo, em milímetros

tal, precipitação interna, escoamento pelo colmo, precipitação efetiva e perdas por interceptação em milímetros, bem como os respectivos porcentuais.

Tabela 4.24 - Dados finais da repartição das chuvas na cultura da cana-de-açúcar.

	PRECIPITAÇÃO TOTAL	PRECIPITAÇÃO INTERNA	ESCOAMENTO p/ COLMO	PRECIPITAÇÃO EFETIVA	INTERCEPTAÇÃO
Altura (mm)	1139,5	734,1	131,1	865,2	274,03
Porcentagem	100 %	64,42 %	11,51 %	75,92 %	24,07%

Os dados de altura de primeira aurícula visivel marcados a partir de 17 de dezembro, estão na tabela 4.26, representando as médias de dez plantas de cada Área.

Tabela 4.26 - Valores médios da altura da primeira aurícula visível da cana-de-açúcar.

DATA	ALTURA MÉDIA DA PRIMEIRA AURÍCULA VISÍVEL (centímetros)		
	ÁREA I	ÁREA II	MÉDIA
17-12-81	77,70	90,20	78,95
28-12-81	96,30	106,80	101,30
05-01-82	109,60	124,20	116,90
19-01-82	135,20	155,10	145,15
03-02-82	156,70	161,80	159,25
12-02-82	166,70	190,10	178,40
03-03-82	206,40	239,60	223,00
13-03-82	226,00	252,70	239,35

A tabela 4.27 fornece os dados da repartição pluviométrica

Tabela 4.25 - Valores Médios da repartição das chuvas seguindo classes de alturas pluviométricas

CLASSE DE PRECIPITAÇÃO (mm)	FREQUÊNCIA	PRECIPITAÇÃO TOTAL MÉDIA mm (%)	PRECIPITAÇÃO INTERNA MÉDIA mm (%)	ESCOAMENTO PELO COLMO mm (%)	PRECIPITAÇÃO EFETIVA mm (%)	PERDAS POR INTERCEPTAÇÃO mm (%)
0 - 10	26	4,99 (100%)	3,09 (61,92%)	1,08 (21,64%)	4,17 (83,56%)	0,82 (16,44%)
10 - 20	12	15,01 (100%)	9,57 (63,76%)	2,63 (17,52%)	12,15 (81,88%)	3,83 (18,72%)
20 - 30	6	27,54 (100%)	14,67 (53,27%)	5,35 (19,43%)	20,02 (72,70%)	7,52 (27,30%)
30 - 40	3	33,37 (100%)	7,90 (23,67%)	7,40 (22,18%)	15,30 (45,84%)	18,07 (54,15%)
40 - 50	5	45,06 (100%)	37,90 (84,11%)	1,02 (2,26%)	38,92 (86,37%)	6,94 (13,63%)
50 - 60	1	51,70 (100%)	16,10 (31,14%)	6,90 (13,35%)	23,00 (44,49%)	30,10 (55,51%)
60 - 70	2	59,98 (100%)	41,70 (69,39%)	1,60 (2,67%)	43,20 (72,06%)	16,78 (27,94%)
70 - 80	1	75,40 (100%)	50,40 (66,84%)	3,70 (4,91%)	54,10 (71,65%)	21,30 (28,35%)

médias ocorrida nos intervalos de desenvolvimento da cana-de-açúcar, com base nos dados das tabelas 4.23 e 4.27.

Tabela 4.27 - Valores médios da repartição das chuvas em função da altura das plantas.

DATA	ALTURA MÉDIA DA 1ª AURÍCULA (cm)	PRECIPITAÇÃO INTERNA MÉDIA (%)	ESCOAMENTO p/ COLMO MÉDIA (%)	PRECIPITAÇÃO EFETIVA MÉDIA (%)	INTERCEPTAÇÃO MÉDIA (%)
17-12-81	< 78,95	58,98	15,72	74,70	25,30
08-12-81	78,95 - 101,30	31,60	23,20	54,70	45,30
05-01-82	101,30 - 116,90	31,60	28,30	59,90	40,1
19-01-82	116,90 - 145,14	29,23	22,78	52,01	42,01
03-02-82	145,15 - 159,25	23,55	39,40	62,95	37,05
12-02-82	159,25 - 178,40	21,65	35,40	57,05	42,95
03-03-82	178,40 - 223,00	36,30	35,20	71,50	28,50
13-03-82	223,00 - 239,35	24,64	43,94	68,58	31,42

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O presente trabalho teve como objetivo o estudo da repartição das chuvas e o efeito da aplicação da vinhaça por aspersão na cultura de cana-de-açúcar. A pesquisa foi conduzida em área de plantio da Usina Iracema, sendo a variedade de cana-de-açúcar empregada a CB-41-76, cultura de terceira sôca. O efeito da vinhaça foi estudado sob o aspécto do risco de poluição da água do solo e, consequentemente do lençol freático. O sistema de aplicação de vinhaça utilizado foi o de irrigação por aspersão do tipo montagem direta. Paralelamente, procurou-se avaliar os efeitos dessa fertirrigação sobre a produtividade da cultura, bem como determinar dados de consumo de água e de coeficientes de correlação com a evapotranspiração real, que possam ser úteis aos projetistas e programadores de irrigação da cana-de-açúcar da região.

Pelos dados apresentados na tabela 4.1, observa-se que o tratamento meia dose foi o que maior produtividade apresentou, isto é, 88,44 toneladas de cana-de-açúcar por hectare; em seguida vem o tratamento dose completa com 80,01 ton. de cana/ha, e o dose nula com 75,79 ton/ha. Tais dados foram obtidos mediante amostras retiradas nos tratamentos e contrariam o esperado, pois o acompanhamento da cultura durante todo o ciclo vegetativo permitiu observar seu desenvolvimento, que foi melhor no tratamento dose completa, seguindo a meia dose, e finalmente a dose nula. Fato esse normal, pois o primeiro tratamento recebeu a aplicação de água de acordo com a capacidade de re

tensão do solo, embora tais aplicações seguissem o esquema da Usina Iracema, os níveis de umidade do solo proporcionaram mais condições para um metabolismo mais eficiente. No tratamento meio dose, já haveria algumas limitações e na dose nula a deficiência hídrica no início do ciclo, causou efeitos no seu metabolismo e consequentemente no desenvolvimento, como pode ser observado na fotografia da figura 5.1. Nota-se internódios mais curtos nos colmos desse tratamento em contraposição com o dos outros dois, tal fato traduz a estiagem prolongada de 17 de junho a 25 de setembro de 1981, que limitou o crescimento dos colmos das plantas não irrigadas. Após esse período sêco, seguiu-se, praticamente até ao corte, uma boa distribuição de chuvas, mantendo o teor de umidade do solo sempre próximo da capacidade de campo. Como o período de estiagem praticamente coincidiu com o de menor desenvolvimento da cana-de-açúcar que vem logo após a germinação, provavelmente houve uma certa recuperação do tratamento dose nula, como pode ser evidenciado pela melhor produtividade em açúcar, mostrado na tabela 4.1. Isso pode ser explicado por dois motivos: o tombamento e a maturação. No dia 12 de abril de 1982 ocorreu uma chuva de grande intensidade, acompanhada de ventos, atingindo a altura pluviométrica de 43,2 mm, que causou extraordinário tombamento de colmos nos canaviais da região de Iracemápolis. Na área experimental tal tombamento fez-se sentir de maneira plena nos tratamentos onde as plantas estavam mais desenvolvidas sendo que no tratamento dose nula seu efeito foi bem menor. Provavelmente, esse tombamento, alterando as condições locais, condicionou mudança no metabolismo das plantas, evidenciado pela procura das folhas para a posição vertical. Contudo, ao que parece o fato responsável por essa diferença foi o fato das plantas mais desenvolvidas beneficiadas pelas boas qualidades da aplicação da vinhaça, como cita ALMEIDA (1952), ainda não estarem amadurecidas como as do tratamento dose nula, no momento do corte. Tal fato está de acordo com a maioria dos trabalhos de irrigação em diversas culturas, inclusive a cana-de-açúcar, ao citar em que as plantas desenvolvendo sob condições mais adequadas de umidade do solo, tem seu ciclo mais completo, isto é, a maturação não se antecipa, como ocorre naquelas que tem limitações hídricas. Como o corte da cultura em 1981 foi tardio,

Figura 5.1 - Colmos dos tratamentos dose completa, meia dose e dose nula. Observa-se da esquerda para direita, internódios de colmos desses tratamentos, mostrando o efeito da fertirrigação.

isto é, a 9 de junho, e em 1982 em 17 de maio, e sendo a CB-41-76 uma variedade de ciclo mediano, ao que parece os colmos dos tratamentos fertirrigados não estavam tão amadurecidos como os do tratamento do se nula. Tal fato sugere, que nas áreas mais pioneiras das Usinas on de se procede a fertirrigação da cana-de-açúcar, sejam cultivadas varie dades mais precoses, o que sem dúvida, deve ser comprovado cientificamente. As fig. 5.2, 5.3 e 5.4 mostram aspectos das touceiras de cana-de-açúcar de cada tratamento. A produtividade da lavoura na área experimental sob fer tirrigação foi boa, relativamente a média do País, assim tal prática se justifica plenamente pois como afirmam LORENZETTI et Alii (1878), seu custo é compensado economicamente pela economia de fertilizantes. Por outro lado, a riqueza da vinhaça em matéria orgânica e o seu potenci al nutritivo, não se justifica jogá-la fora, correndo risco de polu ir recursos hídricos superficiais como acentua ALMEIDA (1952). A fer tirrigação com o sistema de aspersão do tipo montagem direta, aplica da na área experimental, permitiu aplicações com as plantas tendo mais de 50,0 cm de altura, o que é uma grande vantagem em relação aos demais métodos de aplicação da vinhaça na lavoura, como cita LEME et Alii (1979). A aplicação da vinhaça por fertirrigação por aspersão na Usina Iracema foi projetada e executada e conduzida dentro da melhor técnica, como cita VIEIRA (1981), objetivando aproximar os benefícios da eliminação do efluente industrial, o que é uma necessidade, à irri gação da lavoura. Os resultados obtidos parecem justificar a grande procura pelo sistema de aspersão montagem direta para a fertirriga ção da cana-de-açúcar, como relata ORLANDO (1982).

Os valores de consumo de água pela cultura da cana-de-açúcar mostrados na tabela 4.2, foram obtidos com o auxílio dos gráficos das fig. 3.18, 3.19 e 3.20 sendo baseado na determinação do teor de umidade do solo. A boa distribuição das chuvas e as dificuldades inerentes ao método gravimétrico, não permitiram maior número de amostragens o que seria ideal, contudo os resultados obtidos permitem uma análise, ainda que qualitativa, das necessidades hídricas da cultura da cana-de-açúcar. No presente caso considerou-se como consumo, os dados médios dos três tratamentos na profundidade de 50 cm. A tabela 4.3 apresenta os da dos de evapotranspiração potencial calculados com as fórmulas de

55231 BC

Figura 5.2 - Vista de uma touceira de cana-de-açúcar do tratamento dose completa.

Figura 5.3 - Vista de uma touceira de cana de açúcar do tratamento meia dose.

Figura 5.4 - Vista de uma touceira de cana-de-açúcar do tratamento dose nula.

Thornthwaite, Blaney-Criddle e Hargreaves, bem como os baseados na medição da evaporação no tanque evaporimétrico Classe A. Neste caso, o coeficiente do tanque (Kp) utilizado foi aquele recomendado por VILA NOVA et Alii (1968), isto é, Kp = 0,77. Utilizando-se esses dados com a fórmula:

$$ETR = Kc \cdot ETP \qquad (5.1)$$

onde:

ETR = evapotranspiração real ou consumo de água pela cultura, em mm/dia;

Kc = coeficiente cultural; e

ETP = evapotranspiração real.

Com ETR igual ao consumo de água pela cultura da cana-de-açúcar apresentado na tabela 4.2, obteve-se os valores da tabela 4.4 Tais resultados mostram que o valor médio para o Kc no período de 2 a 6 meses, isto é, 0,421 foi idêntico ao obtido por CRUCIANI (1971), quando procedeu a estudos em cultura de cana-de-açúcar sem irrigação em Piracicaba, SP. Porém é inferior ao determinado por SOUSA (1976) em Araras, SP, para cultura irrigada por sulcos de infiltração. Tal diferença deve-se provavelmente, as condições da cultura, que foi cana planta, bem como as diferenças climáticas entre as localidades e anos diferentes. Para o período de 6 a 12 meses o resultado obtido, isto é, Kc médio igual a 0,642 foi um pouco inferior ao desses autores, respectivamente 0,72, SOUSA (1976) e 0,76 CRUCIANI (1971).

Na própria tabela 4.4 observa-se os valores de Kc obtidos da mesma maneira para os dados de evapotranspiração obtidos pelas fórmulas de Thornthwaite, Blaney-Criddle e Hargreaves. Nota-se, que os coeficientes culturais para a cultura de cana-de-açúcar obtidos pelas fórmulas de Blaney-Criddle e Hargreaves são muito semelhantes a aqueles relativos ao tanque Classe A, enquanto os relativos a fórmula de Thornthwaite são bem superiores. Isso ocorre porque o método de Thornthwaite substima a evapotranspiração. Tal fato é de importância

relevante, porque a maioria dos estudos sobre viabilidade da irrigação da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e nas demais zonas de expansão da cultura canavieira, são feitos com base nesse método, devido a maior facilidade de se encontrar os dados meteorológicos necessários e a sua simplicidade, chegando-se com frequência a dados que não indicam o emprego da irrigação sendo que na prática observa-se situação inversa, Como afirma MORETTI Fº (1965), a irrigação da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo é uma necessidade, notadamente em anos com estiagem prolongada ou com veranicos extensos, devendo portanto os estudos de viabilidade serem baseados em métodos mais realísticos como o de Blaney-Criddle e de Hargreaves. Por outro lado o controle das irrigações ou fertirrigações em cultura de cana-de-açúcar sôca, pode ser feito com sucesso, utilizando o tanque Classe A, no presente caso empregando os coeficientes Kp = 0,77 e Kc de acordo com a época do ano. Para tanto pode-se empregar os dados obtidos na pesquisa, apresentados na tabela 4.4.

A tabela 4.5 apresenta dados de análise química da vinhaça pura, água amoniacal pura, das misturas de ambas nas proporções 1:3 e 1:6, e dessas misturas após passar pela cápsula porosa. O objetivo foi o de verificar o efeito dessa passagem sobre as análises realizadas. Pelos resultados observa-se que o pH, praticamente não se alterou com a passagem do líquido pelas paredes da ponta porosa. O mesmo ocorreu com o teor de fosfato, potássio e o teste alfa naftol. A passagem proporcionou redução na dosagem de sólidos dissolvidos, DQO e sílica. Como o presente trabalho baseia-se em análises da água do solo, com amostras retiradas pelas sondas, comparando os resultados, o efeito da filtragem não interfere, pois os dados são comparados entre análises com o tempo e com a profundidade. Dessa forma, avaliar o efeito da aplicação da fertirrigação por aspersão na cultura da cana-de-açúcar, sobre a água do solo, isto é, se tal aplicação poderá alterar as condições dessa água e assim vir a polui-la.

As tabelas 4.6 a 4.18 apresentam os resultados das análises químicas das amostras de água retiradas do solo no período de 15 de agosto de 1981 a 13 de maio de 1982. Nota-se que houveram muitas falhas de dados, isto porque em muitas ocasiões não foi possível captar a água

do solo pelo método adotado. Qualquer penetração de ar, eliminando o vácuo, impedia a captação e assim a amostragem. A umidade ambiental e o calor, causavam frequentes penetrações pelas rolhas de borracha.

Pelos dados dessas tabelas nota-se que não houve uma alteração marcante das condições da água do solo, houve sim uma variabilidade em algumas análises. O pH manteve-se praticamente constante nos três tratamentos ao longo do tempo e nas diferentes profundidades. O teste de alfa naftol mostrou resultados negativos, indicando a ausência de açúcar. Como a mistura vinhaça água amoniacal possui açúcar, provavelmente a mesma foi consumida pela microflora do solo. O teor de sólidos dissolvidos variam bastante em todos os tratamentos ao longo do tempo e com a profundidade. Quanto a sílica as análises mostraram que seu teor reduziu em todos os tratamentos com o tempo notadamente no mês de fevereiro, sugerindo que tal redução tenha sido causada pelas chuvas. A dureza também variou com o tempo em todos os tratamentos, não havendo uma regularidade nessa variação. O teor de sílica reduziu com o tempo em todos os tratamentos e o de fosfato praticamente não se alterou. A demanda química de oxigênio (DQO) também variou bastante, sendo que em geral houve uma tendência para redução, a partir de fevereiro, parecendo refletir o efeito das chuvas.

A tabela 4.19 apresenta os dados médios das análises feitas para o três tratamentos, observa-se que o pH e teste alfa naftol são idênticos, não acusando diferenças. Os sólidos dissolvidos dos tratamentos dose completa e dose nula são semelhantes, enquanto o do tratamento meia dose é ligeiramente superior. Contudo tais resultados mostram que os teores são bem menores do que os apresentados pela vinhaça pura e água amoniacal. O que leva a sugerir que não houve influências da fertirrigação nessa diferença. O teor de sílica é bem superior no tratamento dose nula, seguido do meia dose, vindo finalmente o dose completa. Tal diferença deve-se provavelmente a condições do subsolo do local, havendo ao que parece uma alteração das condições do solo no sentido da parte mais baixa do terreno. Como teor de fosfato ocorreu fato semelhante. Contudo o que chamou mais atenção são os resultados da dureza das águas e da demanda química de oxigênio (DQO). A dureza maior no tratamento dose completa poderá ser causada

pela fertirrigação, todavia esse valor não é muito diferente do tratamento dose nula; já no tratamento meia dose o valor é bem inferior. De sorte que, essas diferenças não devem ter sido causadas pela fertirrigação. Nesse particular, os dados de D.Q.O. superiores no tratamento dose nula, evidenciam que a fertirrigação com vinhaça diluída com águas amoniacais na dosagem 1 : 6, como empregada na presente pesquisa, não causam alterações na água do solo até a profundidade de 2,0 metros. Dessa forma, nas condições normais do solo, a fertirrigação da cana-de-açúcar não polue a água do lençol freático.

A repartição das chuvas, representada pela precipitação interna e escoamento pelo colmo, permite calcular a precipitação efetiva e as perdas por interceptação como acentuam HELVEY e PATRIC (1965). Os resultados apresentados na tabela 4.20 ,indicam os valores da repartição das chuvas na cultura da cana-de-açúcar, soca, mais precisamente terceira soca, expressos em altura pluviométrica em milímetros. Tais dados foram transformados em porcentagem, considerando a precipitação total como sendo igual a 100% e estão na tabela 4.23. A arquitetura foliar da cana-de-açúcar é muito afetada pelos ventos, que normalmente acompanham as precipitações de grande intensidade, observando-se que as chuvas de pequena intensidade proporcionam maiores valores de escoamento pelo colmo, como afirma LULL (1964). A conformação das folhas da cana-de-açúcar em curva, em parte auxilia a água que na sua superfície é retida, a escoar para o colmo, porém no seu terço final ela escoa para a ponta foliar, precipitando no solo. Durante as medições foi possível observar em alguns pluviômetros instalados no interior da cultura, que em função dos ventos ou da própria posição da ponta da folha aumento extraordinário da altura pluviométrica, chegando a ser muito superior a precipitação total. Outro aspécto comum ocorreu a medida que as plantas vão crescendo, normalmente às folhas mais velhas secas, a bainha solta parcialmente do colmo e elas tombam lateralmente. Quando caem sobre um pluviômetro alteram totalmente os dados e a bainha não se soltando do colmo, desvia parte do fluxo de água para o solo ou para o pluviômetro.

Quando inicia o processo de escoamento pelo colmo na cana-de-açúcar, os primeiros volumes são armazenados no interior da bainha.

Somente após sua capacidade de armazenamento for satisfeita, é que o processo prossegue. Tal água armazenada provavelmente é absorvida pela planta, contudo, nos estudos de interceptação é considerada perdida, há portanto necessidade de pesquisas para melhor avaliar esse fenômeno, que pode ser constatado, ao se retirar uma folha mais velha alguns dias após uma chuva.

A tabela 4.22 apresenta os resultados da repartição das chuvas em porcentagem, em relação aos dias acumulados ou seja o período, a partir de 30 de novembro de 1981. Nessa data ocorreu a primeira chuva após a parte aérea das plantas ultrapassar a superfície dos pluviômetros acima 50,0 cm do solo e quando foi viável a instalação de captadores de escoamento pelo colmo. Com os valores de precipitação interna, elaborou-se o gráfico da figura 4.2 , observando-se que no início o fenômeno é maior, reduzindo a medida que a planta desenvolve até o mes de fevereiro de 1982, sendo que a partir começa a aumentar novamente. Isto porque as plantas iniciaram a maturação ocorrendo quedas de folhas e os colmos pendem, chegando mesmo alguns a tombar, alterando dessa forma as condiçõese proporcionando a formação de vazios, aumentando a precipitação interna. O tombamento praticamente total do canavial da área de pesquisa impediu que as determinações prosseguissem até a colheita quando provavelmente a precipitação interna aumentaria ainda mais. A curva de regressão é parabólica, apresentando coeficiente de 0,78. O ajuste dos dados a curva pode ser considerado bom, em que pesem pontos distantes no início e no final. Isso ocorreu devido ao efeito de chuvas de grande intensidade muito comums nessa região, em virtude da advecção térmica gerada pela proximidade do Morro Azul.

A figura 4.4 apresenta os dados de escoamento pelo colmo em relação aos dias acumulados, observa-se que o fenômeno no início é pequeno, aumentando com o desenvolvimento das plantas para se estabilizar e depois começar a reduzir com o amadurecimento. Nota-se alguns pontos excessivamente afastados, alguns causados por problemas com quedas de folhas, desviando o fluxo para fora do coletor, a grande maioria foi devido ao problema da intensidade pluviométrica, isto porque tanto as chuvas de grande intensidade como os chuvisqueiros, apresen

tavam dados de escoamento pelo colmo relativamente a precipitação total diferentes do normal.

A tabela 4.23 apresenta os valores da repartição pluviométrica acumulados, em cultura da cana-de-açúcar, em relação aos dias acumulados a partir de 25 de setembro. A figura 4.6 apresenta os dados de precipitação interna acumulados contra os dias acumulados e a respectiva curva de regressão, cujo coeficiente foi de 0,98; nota-se o bom ajuste dos dados a curva obtida. A figura 4.8 mostra o escoamento pelo colmo acumulado, tendo a curva de regressão um coeficiente de 0,97. Como pode ser observado, os dados oscilam em torno da curva.

A tabela 4.24 apresenta os dados totais da repartição das chuvas em altura e em porcentagem relativa a precipitação total. Observa-se que a precipitação interna correspondeu a 64,42 % da precipitação total, enquanto o escoamento pelo colmo 11,51 %. Com esses dados, a precipitação efetiva foi de 75,92 % e a interceptação 24,07 %. Tais resultados são semelhantes aos obtidos por HAYNES (1937) trabalhando com milho, obtendo precipitação efetiva de 84,0 %, sendo 67 % devido a precipitação interna e 17 % do escoamento pelo colmo. Contudo, os resultados não confirmam os obtidos por LEOPOLDO (1982) trabalhando com cana-de-açúcar em Botucatu, SP. Esse autor obteve 56,9 % de precipitação interna e 39,0 % de escoamento pelo colmo. Tal diferença em parte pode ser atribuída ao tipo de cultivo, visto a do presente trabalho se tratar de terceira soca, enquanto do citado autor ter sido cana de ano, sendo também a variedade diferente, isto é, a CB-47-355. Sem dúvida o ecossistema numa cultura de cana planta é diferente das socas, notadamente terceira soca. Outro aspecto são as diferenças locais de precipitação pluviométrica, exposição, de ano agrícola e de metodologia. Todavia os resultados obtidos se assemelham àqueles determinados em povoamentos florestais, o que concorda com LULL (1964), ao afirmar que gramíneas e plantas herbáceas interceptam surpreendentemente grande quantidade de chuva, pois sua relação foliar por área de terreno aproxima-se da observada nas florestas. Como pode-se observar o valor de 24,07 % de interceptação obtido no presente trabalho, também está entre os limites citados por LULL (1964), de 17 a 60 %, ao se referir a resultados experimentais de repartição das chu

vas com plantas herbácias dos pesquisadores CLARK (1970), BEARD (1956) e BURGY e POMEROY (1958). AUSSENAC (1968) obteve para povoamentos florestais valores de interceptação variando de 30 a 40% para coníferas e da ordem de 17% para espécies folhosas. SHEVELEV (1977) observou em florestas de coníferas na U.S.S.R. valores de interceptação da ordem de 11 a 35% no verão e no inverno de 0 a 25%. Portanto, os resultados obtidos no presente trabalho não diferem dos obtidos para povoamentos florestais.

A tabela 4.25 apresenta a repartição das chuvas em relação a classes de precipitação, observa-se que para eventos de 0 a 10 mm de altura, que foram os mais frequentes as perdas por interceptação foram pequenas, ou seja 16,44%. Todavia tal valor foi aumentando até a classe de 50 a 40 mm, quando atingiu 55,5%, havendo uma na classe de 40 a 50 mm. Para classes maiores o valor novamente diminuiu. Em terras de fertirrigação com vinhaça utilizando conjuntos de aspersão montagem direta aplica-se normalmente 45,0 mm de altura de água, assim desprezando a exceção da classe 40-50 mm, as perdas por interceptação podem atingir 55%, segundo os dados do presente trabalho. Contudo, essa novidade não deve ocorrer, pois a situação de numa irrigação e sob uma precipitação de altura elevada é totalmente diferente, notadamente porque nesta região tais chuvas em geral são de grande intensidade. Por outro lado, os dados da tabela referem-se a médias de todo ciclo cultural, sendo que o regime de chuvas da região propicia chuvas maiores e intensas na época em que as plantas já estão adultas. A fertirrigação da cana-de-açúcar é feita no máximo até o início de novembro, em função da safra, enquanto a irrigação somente nos meses sêcos do meio do ano, portanto com plantas ainda pequenas, propiciando índice de precipitação interna de aproximadamente 70%, como foi obtido neste trabalho.

A tabela 4.27 apresenta a relação da repartição das chuvas com o crescimento das plantas, avaliado pela medição da altura da primeira aurícula visível. Nota-se que para alturas inferiores a aproximadamente 80,0 cm, a interceptação foi de 25% e a precipitação efetiva de aproximadamente 75%- Como tal valor corresponde a meados de dezembro, pode-se perfeitamente ser utilizado na fixação da chuva efe

tiva para trabalhos de irrigação.

Sem dúvida, os resultados obtidos não são taxativos, mas representam uma pequena contribuição ao estudo do fenômeno da repartição das chuvas, tão importante para a agricultura como para o balanço hídrico nas bacias hidrográficas, determinando vazões de projeto de muitas obras hidráulicas. A própria variabilidade de dados citados na literatura, atestam a necessidade de prosseguimento dos estudos e seu aperfeiçoamento, com a utilização de técnicas mais avançadas para a medição da intensidade pluviométrica e o efeito do armazenamento de água na bainha foliar.

6. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos e analisados, e nas condições aqui estudadas, chegou-se as seguintes conclusões:

1) A fertirrigação da cana-de-açúcar utilizando o sistema de aspersão tipo montagem direta é benéfico às soqueiras, pois permite aplicações independentemente do tamanho das plantas, impedindo os efeitos danosos da estiagem prolongada e de veranicos;

2) O coeficiente cultural (Kc) para o tanque evaporimétrico Classe A é de 0,421 para o período de 2 a 6 meses e de 0,642 de 6 a 12 meses, para a soqueira de cana-de-açúcar;

3) As fórmulas de Blaney-Criddle e Hargreaves mostraram-se mais realísticas, que a de Thornthwaite na avaliação da evapotranspiração real para a cultura de cana-de-açúcar, devendo pois serem preferidos nos estudos de viabilidade;

4) A fertirrigação da cana-de-açúcar por aspersão, empregando a mistura uma parte de vinhaça para 6 de águas amoniacais, é aplicada de acordo com a capacidade de retensão do solo do tipo Latossolo Roxo, não causa alterações químicas na água do solo até 2,00 metros de profundidade, que possuam fornecer indícios de poluição;

5) A repartição das chuvas na cultura de cana-de-açúcar, soca, assemelha-se a observada em povoamentos florestais, apresentando cerca de 65 % do total precipitado como precipitação interna, 12 % como

escoamento pelo colmo, o que proporciona uma precipitação efetiva de 75 % e interceptação da ordem de 25 %;

6) Nos projetos de aspersão em cana-de-açúcar deve-se prever uma interceptação da ordem de 25 %, porque até novembro a cultura das plantas e a cobertura do terreno proporcionaram índices elevados de precipitação interna;

7) A interceptação na cultura da cana-de-açúcar, soqueira, causa perdas por interceptação da ordem de 25 %, o que por si só não causa sérios problemas nos fluxos de água superficial numa bacia hidrográfica, desde que as chuvas não ocorram na época de corte, quando as condições da cobertura vegetal são drásticamente mudadas, o que deve ser considerado nos estudos hidrológicos.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

01. ALMEIDA, J.R. O Problema da Vinhaça em São Paulo. Boletim do Instituo Zemotécnico, Piracicaba, SP. nº 3, 1952

02. ANDERSON, R.C., LOUCKS, O.L. e SWAIN, A.M. Herbaceous Response to Canopy Cover, Lights Intensity, and Throughfall Precipitation in Coniferous Forests. Ecology. 50 ( ): 255-263, 1969.

03. ANDRADE, M.C. A poluição dos Cursos D'água da Região da Mata de Pernambuco, pelo Despejo de Resíduos e Águas Servidas pelas Indústrias. Boletim do Instituto Joaquim Nabuco. (15): 63 - 112, 1966.

04. AUSSENAC, G. Interception Des Précipitation par la Couvert Forestier. Ann. Sci. forest, 25 (3): 135-137, 1968.

05. BARRETO, G.B., ALVAREZ, R., BICUDO, SP e ARRUDA, H.V. Resultados Preliminares de Irrigação em Cana-de-Açúcar pelo Sistema de Sulcos em Latossolo Roxo. Bragantia, 30 (21): 277-288, 1971.

06. BEARD, J.S. Results of the Mountain Home Rainfall Interception and Infiltration Project by Black Mattle, 1953-1954, J.S. Africa Forestry Assoc., 27 ( ): 72-85.

07. BRUCE, J.P. e CLARK, R.H. Introdution to Hydrometeorology. Pergamon Press, London. 1966. 319 p.

08. BURGY, R.H. e POMEROY, C.R. Interception losses in grassy vegetation. Trans. Am. Geophys. Uni. 39 ( ): 1095-1100. 1958.

09. CAMARGO, A.P. Balanço Hídrico no Estado de São Paulo. Boletim Técnico do Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP. 1960.

10. CERVELLINI, A., RUSCHEL, A.P., MATSUI, A.E., SALATI, E., ZAGATTO, E.A.G., FERREYRA, H.F.F. KRUG, F.J., BERGAMIN, H. REICHARDT, K. MEIRELLES, N.M.F., LIBARDI, P.L., VICTORIA, R., SAITO, S.M. T. e NASCIMENTO, U.F. Fate of ^{15}N Applied as Ammonium Sulphate to a Bean Crop. International Atomic Energy Agency. ( ): 22-35. 1980.

11. CLARK, O.R. Interception of rainfall by praires, weeds, grasses, certain crop plants. Ecol. Monographs. 10 ( ): 243-277. 1940.

12. CHOCHRAN, N.G. Sampling Techiques. Wiley International Edition, New York, U.S.A. 1963. 415 p.

13. CRUCIANI, D.E. Aplicação do Método de Moderação de Neutrons no Estudo do Balanço Hídrico em Solo Cultivado com Cana-de-Açúcar. Resumo de Tese de Doutoramento. E.S.A. Luiz de Queiroz, USP. Piracicaba, SP (mimeo.) 1971. 11 p.

14. DORENBOS, J. e PRUITT, W.O. Crop Water Requeriments. Food and Agriculture Organization of United Nations. Roma, Itália. 1975. 179 p.

15. EAGLESON, P.S. Dynamic Hydrology McGraw-Hill Book Company, New York, E.U.A. 1970. 462 p.

16. FORD, E.D. e DEANS, J.D. The Effects of Canopu Structure on Stemflow, Throughfall And Interception Loss in a toring Sitka Spruce Plantation. J. of Applied Ecology. 15 (3): 905-917. 1978.

17. GARCEZ, L.N. Hidrologia. Editora Edgard Blucher Ltda. e Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1967. 249 p.

18. GASH, J.H.C. e MORTON, A.J. An Application of the Rutter Model to the Estimation of the Interception Loss From thet ford Forest. Journal Hydrology. 38 (1/2): 49-48. 1978.

19. GASH, J.H.C. An Analytical model of rainfall interception by forest. Quart. J.R. Met. Suc. 105 ( ): 43-55. 179.

20. GASH, J.H.C., WRIGHT, I.R. e LIOYD, C.R. Comparative Estimatives of Interception Loss from three Coniferous Forests in Great Britain. Journal of Hydrology. 48 (112): 89-105. 1980.

21. GELLMAN, I. e BLOSSER, R.O. Desposal of pulp and papermill waste by land aplication on irrigationl use. Proc. 14º Produc. Univ. Indust. Waste Conf. 479-494. 1959.

22. GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental E.S.A. Luiz de Queirox, USP, Piracicaba, SP. 1978. 427 p.

23. HAMILTON, E.L. e ROWE, P.B. Rainfall Interception by Chaparral in California. California Department of Natural Resources, Division of Forestry. 1949.

24. HARGREAVES, G.H. Climate and Irrigation Requirements for Brazil. Utah State University, Logan, Utah, E.U.A. 1976. 44 p.

25. HAYNES, J.L. Interception of rainfall by vegetative canopy. U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service (American Society of Agronomy Annual Meeting). (mimeo.). 1937.

26. HENDERSON, G.S. HARRIS, W.F., TODD JR. D.E. e GRIZZARD, T.Quantity and Chemistry of Throughfall as Influenced by Forest-type and Seasn. J.Ecolo. 65 ( ): 365-374. 1977.

27. HELVEY, J.D. e PATRIC, J.H. Canopy and Letter Interception of Rainfall by Hardwoods of Eastern United States. Water Resources Research. 1 (2): 193-206. 1965.

28. HELVEY, J.D. e PATRIC, J.H. Design Criteria for Interception Studies. International Association Science Hydrology. Extract. nº 67. 131-137. 1965.

29. KALMA, J.D. STANHILL, G. e URIELI, E. Rainfall Interception and Stemflow in a Orange Plantation. Israel J. Agric. Res. 18 ( ): 3-14. 1968.

30. Manual do Proprietário e Guia de Programação - HP 41 C - Hewlett Packard do Brasil, São Paulo. 1971. 320 p.

31. JORDAN, C.F. e HEUVELDOP, J. The water budget of an amazonian rain

forest. Acta Amazonica. 11 (1): 87-92. 1981.

32. LARSSON, S. Influence of Interceptede water on Transpiration and Evaporation of Salix. Agricultural Meteorology. 23( ):331-338. 1981.

33. LE GRAND, H.E. Caracterizacion Ambiental de la Contaminacion del Água Subterranea. In Origenes y Control de la Contaminacion Ambiental. Editor Maurice A. Strobbe, México. 1973. 483 p.

34. LEME, E.J.A., ROSENFELD, V. e BAPTISTELLA, J.R. Aplicação de Vinhaça em Cana-de-Açúcar por Aspersão. Boletim Técnico. PLANALSUCAR, Série B, Piracicaba, SP. 1 (4): 3-42. 1979.

35. LEOPOLDO, P.R. Aspéctos Hidrológicos de Floresta Amazônica Densa na Região de Manaus : Repartição da chuva e respectivas composições em isótopos estáveis. Tese de Livre Docência. Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. Botucatu, SP. 1981. 111 p.

36. LEOPOLDO, P.R.; SOUSA, A.P. e TUACEK, Fº S. Interceptação da água de chuva em cultura de cana-de-açúcar. Brasil Açucareiro.XCVIII (6): 9-16. 1981.

37. LIMA, V.A. Possibilidade de reaproveitamento econômico dos vários tipos de resíduos. Simpósio sobre Resíduos da Industrialização da Cana-de-Açúcar, Centro Tecnológico de Saneamento Básico, São Paulo. 1969.

38. LINSLEY JR., R.K.; KOHLER, M.A. e PAULHUS, J.L.H. Hidrology for Engineers. McGraw-Hill Book Company, New York, E.U.A. 1975. 482 p.

39. LINSLEY JR., R.K.; KOHLER, M.A. e PAULHUS, J.L.H. Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company, New York, E.U.A. 1949. 689 p.

40. LORENZETTI, J.M. e FREITAS, P.G. Aplicação de Vinhaça por Aspersão. Brasil Açúcareiro (): 16-22. 1978.

41. LULL, H.W. Ecological and Silvicultural Aspects. In Handbook of Applied Hydrology (Chow) - Section 6. McGraw-Hill Book Company, New York, E.U.A. 1964. 30 p.

42. MAGRO, J.A. Uso da Vinhaça em Cana-de-Açúcar na Usina da Pedra, Serrana. Brasil Açúcareiro. ( ): 40-47, 1978.

43. MERRIAM, J.L. e KELLER, J. Farm Irrigation System Evalluation : A Guide for Management. Departmente of Agricultural and Irrigation Engeneering, Utah State University, Logan, Utah, E.U.A. 1978. 271 p.

44. MONIZ, A.C. Elementos de Pedologia. Editôra da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1972. 459 p.

45. MORETTE, A. Précis D'Hydrologie. Masson e Cie Editeurs, Saint Germain, Paris, França. 1964. 532 p.

46. MORETTI Fº, J. Caracterização da Sêca Amazônica na Zona Canavieira do Estado de São Paulo como Base para os Estudos de Irrigação. Tese de Catedra. E.S.A. Luiz de Queiroz, USP. Piracicaba, SP, 1965. 94 p.

47. MORETTI Fº, J. Cálculo da umidade do solo para os projetos de irrigação. Boletim Técnico Científico, E.S.A. Luiz de Queiroz, USP. Piracicaba, SP, nº 8, 10 p. 1962.

48. OLIVEIRA, W.E. de. Importância do Abastecimento de Água. A Água na Transmissão de Doenças. In Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água. Faculdade de Saúde Pública, USP, CETESB, SUBIN, USAID, BNH, São Paulo, SP. Vol. I, 1973. 585 p.

49. ORLANDO Fº, J. Sistemas de Aplicação de Vinhaça em Cana-de-Açúcar. Revista Álcool e Açúcar. I(1): 28-36. 1981.

50. RANZANI, G.; KINJO, T.; FREIRE, O.; FRANÇA, G.V.; MARCOS, Z.Z. e DEMATTÊ, J.L.I. Carta de Solos do Município de Iracemápolis. Boletim Técnico Científico nº 33-A, ESALQ, USP. Piracicaba, SP. 1968. 64 p.

51. REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; MEIRELLES, N.M.F.; FERREYRA, H.; ZAGATTO, E.A. e MATSUI, E. Extração e Análise de Nitratos em Solução do Solo. Revista Brasileira de Ciências do Solo. I (1): 130-132. 1977.

52. ROWE, L.K. Rainfall Interception by a Beek - Podocarp - Hardwood Forest Near Reefton, North Westland. New Zeland. Journal Hydrology. 18 (2): 63-87.

53. SANTOS, J.A.R. dos. Mini-calculadoras Eletrônicas. Editora Edgard Blucher, São Paulo. 1971. 420 p.

54. SCARDUA, R. e SOUSA, J.A.G. Comportamento da Cultura da Cana-de-Açúcar. Trabalho apresentado no III° Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem. Fortaleza, CE. (mimeo.). 1975. 27 p.

55. SCOTT, R.H. Disposal of high organic content wastes on land. J. Water Pollution Control Fed. 34 ( ): 932-950. 1962.

56. SHEVELEV, N.N. Interception of Vertical and Horizontal Precipitation in the Forests of Central Ural. Soviet Hydrology:Selected Papers. 16 (4): 313-321. 1977.

57. SOUSA, J.A.G. Estudo do Consumo de Água pela Cultura de Cana-de-Açúcar (Saccharum spp). Dissertação de Mestrado. E.S.A. Luiz de Queiroz, USP. Piracicaba, SP. 1976 82 p.

58. SOUSA, J.A.G. Efeito da Tensão da Água do Solo na Cultura da Cana-de-Açúcar (Saccharum spp). Tese de Doutoramento. Faculdade de Engenharia de Limeira, UNICAMP, Limeira, SP. 1976. 163 p.

59. SPIEGEL, M.R. Cálculo Avançado. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo. 1971. 420 p.

60. VIEIRA, D.B. Contribuição ao Estudo do Aproveitamento Hidro-Agrícola da Bacia do Rio Piracicaba. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, São Paulo. 1970. 166 p.

61. VIEIRA, D.B. Estudo da Irrigação por Gotejamento na Cultura da Berinjela (Solanum melongena, L.). Tese de Doutoramento. Faculdade de Engenharia de Limeira, UNICAMP. Limeira, SP. 1973. 80 p.

62. VIEIRA, D.B. Através da Irrigação Sistemática a Cana-de-Açúcar Açúcar atinge altos Níveis de Rendimento. Revista de Mecanização Rural. I (4): 15-02. 1981.

63. VILLA NOVA, N.; SCARDUA, R. e BACCHI, O. Considerações sobre a Utilização do Tanque Classe "A" na Estima da Quantidade e Frequência de Aplicação de Água, na Irrigação da Cana-de-Açúcar. (mimeo.). 1977. 13 p.

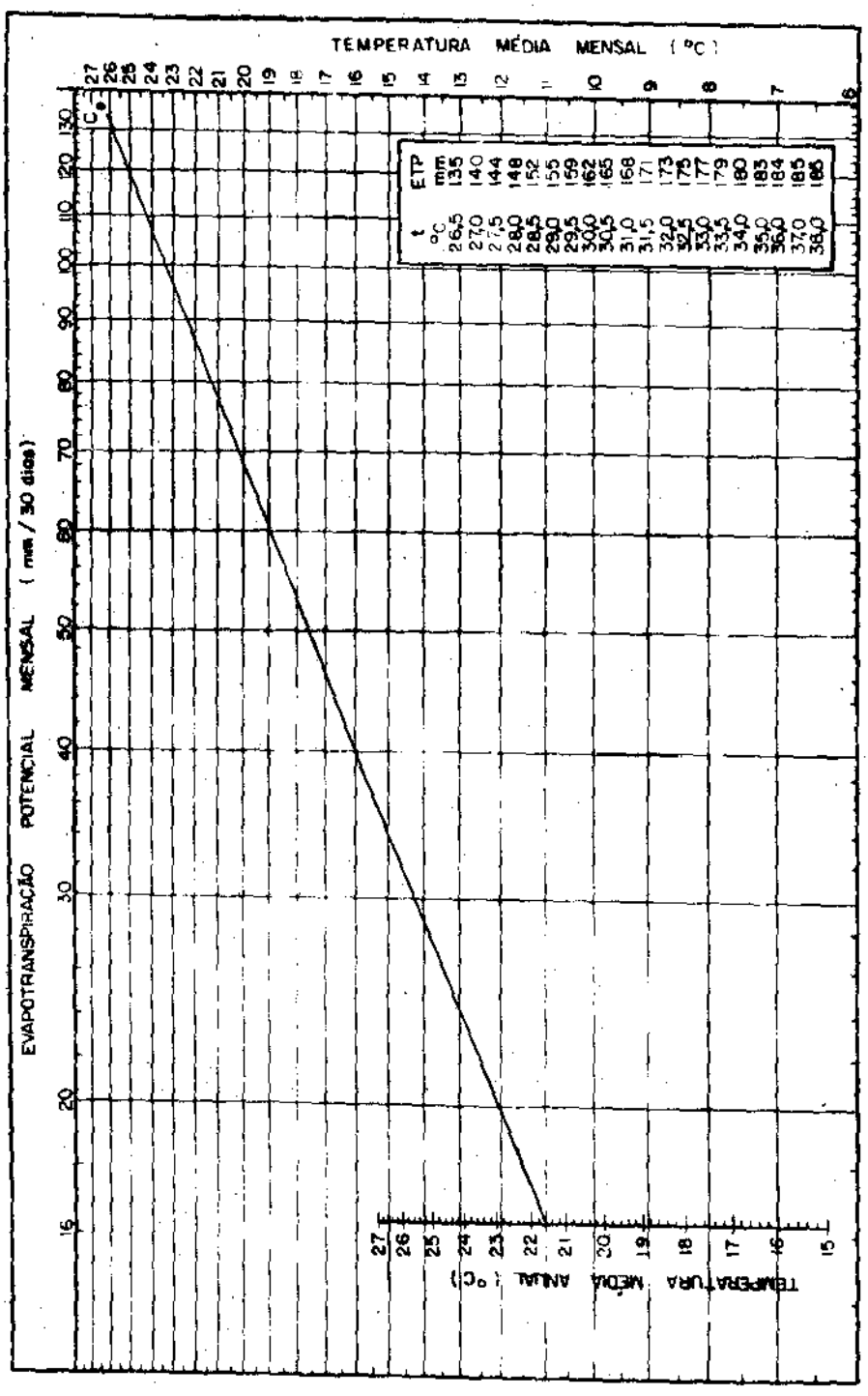
64. VILLA NOVA, N.A.; REICHARDT, K. e ORTOLANI, A.A. Principais Métodos Climáticos de Estima e de Medida de Perda de Água de Superfícies Naturais. E.S.A. Luiz de Queiroz, USP. Piracicaba, SP, 1968. 57 p.

ANEXOS

ANEXO I - Fatores de correção da evapotranspiração potencial mensal, dada pelo nomograma de Thornthwaite, para ajustá-la ao número de dias do mês e à duração do brilho solar diário, nos vários meses do ano e latitudes entre 15 graus norte e 37 graus sul.

LAT.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
10°N	1,00	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	1,08	0,99
5°N	1,02	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99	1,02
0°	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
5°S	1,06	0,95	1,04	1,00	1,02	0,99	1,02	1,03	1,00	1,05	1,03	1,06
10°S	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
15°S	1,12	0,98	1,05	0,98	0,98	0,94	0,97	1,00	1,00	1,07	1,07	1,12
20°S	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
22°S	1,14	1,00	1,05	0,97	0,95	0,90	0,94	0,99	1,00	1,09	1,10	1,16
23°S	1,15	1,00	1,05	0,97	0,95	0,89	0,94	0,98	1,00	1,09	1,10	1,17
24°S	1,16	1,01	1,05	0,96	0,94	0,89	0,93	0,98	1,00	1,10	1,11	1,17
25°S	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,88	0,92	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
26°S	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,87	0,92	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
27°S	1,18	1,02	1,05	0,96	0,93	0,87	0,92	0,97	1,00	1,11	1,12	1,19
28°S	1,19	1,02	1,06	0,95	0,93	0,86	0,91	0,97	1,00	1,11	1,13	1,20
29°S	1,19	1,03	1,06	0,95	0,92	0,86	0,90	0,96	1,00	1,12	1,13	1,20
30°S	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
31°S	1,20	1,03	1,06	0,95	0,91	0,84	0,89	0,96	1,00	1,12	1,14	1,22
32°S	1,21	1,03	1,06	0,95	0,91	0,84	0,89	0,95	1,00	1,12	1,15	1,23
33°S	1,22	1,04	1,06	0,94	0,90	0,83	0,88	0,95	1,00	1,13	1,16	1,23
34°S	1,22	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	0,87	0,94	1,00	1,13	1,16	1,24
35°S	1,23	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	0,87	0,94	1,00	1,13	1,17	1,25
36°S	1,24	1,04	1,06	0,94	0,88	0,81	0,86	0,94	1,00	1,13	1,17	1,26
37°S	1,25	1,05	1,06	0,94	0,88	0,80	0,86	0,93	1,00	1,14	1,18	1,27

ANEXO II - NOMOGRAMA para cálculo da evapotranspiração potencial mensal, não ajustada, pela fórmula de Thornthawaite, em função da temperatura média diária e da anual normal.



ANEXO III - Porcentagem mensal do total anual de horas possíveis de insolação para diferentes latitudes.

LATITUDE NÓRTE	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
SUL	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.
60°	0,15	0,20	0,26	0,32	0,38	0,41	0,40	0,34	0,28	0,22	0,17	0,13
58	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,40	0,39	0,34	0,28	0,23	0,18	0,15
56	0,17	0,21	0,26	0,32	0,36	0,39	0,38	0,33	0,28	0,23	0,18	0,16
54	0,18	0,22	0,26	0,31	0,36	0,38	0,37	0,33	0,28	0,23	0,19	0,17
52	0,19	0,22	0,27	0,31	0,35	0,37	0,36	0,33	0,28	0,24	0,20	0,17
50	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,20	0,18
48	0,20	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,21	0,19
46	0,20	0,23	0,27	0,30	0,34	0,35	0,34	0,32	0,28	0,24	0,21	0,20
44	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,35	0,34	0,31	0,28	0,25	0,22	0,20
42	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
40	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
35	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32	0,30	0,28	0,25	0,23	0,22
30	0,24	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,31	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23
25	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24
20	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,30	0,29	0,28	0,26	0,25	0,25
15	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,25
10	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26
5	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
0	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

ANEXO IV - Radiação no topo da atmosfera, RMM, expressa em altura, RMM, expressa em altura de evaporação mensal equivalente em mm.

NORTH LAT	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
					MONTH							
5	441.	419.	482.	467.	468.	442.	462.	477.	469.	472.	434.	434.
4	447.	422.	483.	465.	464.	438.	458.	475.	469.	475.	439.	439.
3	452.	426.	484.	464.	461.	433.	453.	472.	469.	478.	444.	445.
2	457.	429.	485.	462.	457.	429.	449.	469.	469.	481.	448.	451.
1	462.	432.	486.	460.	453.	424.	444.	467.	469.	483.	453.	456.
0	467.	435.	487.	458.	449.	419.	440.	464.	468.	485.	457.	462.
SOUTH LAT												
1	472.	438.	488.	456.	444.	414.	435.	460.	468.	488.	461.	467.
2	477.	440.	488.	454.	440.	409.	430.	457.	467.	490.	465.	472.
3	481.	443.	488.	451.	436.	404.	425.	454.	466.	492.	469.	477.
4	486.	445.	488.	449.	431.	399.	420.	450.	465.	493.	473.	482.
5	490.	448.	488.	446.	427.	393.	415.	447.	464.	495.	477.	487.
6	494.	450.	488.	443.	422.	388.	410.	443.	463.	496.	480.	492.
7	499.	452.	488.	441.	417.	383.	404.	439.	461.	498.	484.	497.
8	503.	454.	487.	438.	412.	377.	399.	435.	460.	499.	487.	501.
9	506.	455.	487.	434.	407.	371.	393.	431.	458.	500.	490.	505.
10	510.	457.	486.	431.	401.	365.	388.	426.	456.	501.	493.	510.
11	514.	459.	485.	428.	396.	360.	382.	422.	454.	501.	496.	514.
12	517.	460.	484.	424.	391.	354.	376.	418.	452.	502.	499.	518.
13	520.	461.	483.	420.	385.	347.	370.	413.	450.	502.	502.	522.
14	523.	462.	481.	417.	380.	341.	364.	408.	447.	503.	504.	525.
15	526.	463.	480.	413.	374.	335.	359.	403.	445.	503.	507.	529.
16	529.	464.	478.	409.	368.	329.	352.	398.	442.	503.	509.	532.
17	532.	465.	476.	405.	362.	322.	345.	393.	439.	502.	511.	536.
18	535.	466.	474.	400.	356.	316.	339.	388.	436.	502.	513.	539.
19	537.	466.	472.	396.	350.	310.	332.	383.	433.	502.	515.	542.
20	539.	466.	470.	391.	344.	303.	326.	377.	430.	501.	517.	545.
21	542.	467.	468.	387.	337.	296.	319.	372.	427.	500.	518.	547.
22	544.	467.	465.	382.	331.	290.	312.	366.	423.	499.	520.	550.
23	546.	467.	462.	377.	325.	283.	306.	360.	420.	498.	521.	553.
24	547.	466.	460.	372.	318.	276.	299.	355.	416.	497.	522.	555.
25	549.	466.	457.	367.	311.	269.	292.	349.	412.	496.	523.	557.
26	551.	466.	454.	362.	305.	262.	285.	343.	408.	494.	524.	559.
27	552.	465.	450.	357.	298.	255.	278.	337.	404.	492.	525.	561.
28	553.	464.	447.	351.	291.	248.	271.	330.	400.	491.	525.	563.
29	554.	463.	443.	346.	284.	241.	264.	324.	395.	489.	526.	565.
30	555.	462.	440.	340.	277.	234.	257.	318.	391.	487.	526.	566.
31	556.	461.	436.	334.	270.	227.	249.	311.	386.	484.	526.	568.
32	557.	460.	432.	329.	263.	220.	242.	305.	382.	482.	526.	569.
33	557.	459.	428.	323.	256.	213.	235.	298.	377.	480.	526.	570.
34	558.	457.	424.	317.	249.	205.	227.	291.	372.	477.	526.	571.
35	558.	456.	420.	311.	242.	198.	220.	285.	367.	474.	526.	572.