

RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA E DA ENERGIA ELÉTRICA EM INSTALAÇÕES DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL NA REGIÃO DE ATIBAIA-SP.

ROGÉRIO TEIXEIRA DA SILVA

*Aferido que esta
é a versão definitiva
da dissertação
Rogério
22-10-97*

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas - S.P. - UNICAMP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil - Área de Concentração: Recursos Hídricos.

Campinas -SP
Setembro, 1997

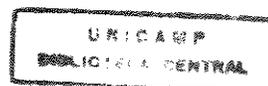
**RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA E DA
ENERGIA ELÉTRICA EM INSTALAÇÕES DE
IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL NA
REGIÃO DE ATIBAIA-SP.**

Autor : ROGÉRIO TEIXEIRA DA SILVA

Orientador : Prof. Dr. Dirceu Brasil Vieira

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia
Civil da Universidade Estadual de Campinas - S.P. -
UNICAMP, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Engenharia Civil - Área de
Concentração: Recursos Hídricos.

Campinas -SP
Setembro, 1997



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	7/Unicamp
Si 38r	
V. Ex.	
TOMBO BC/	32382
PROC.	281/97
C <input type="checkbox"/>	D <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R. 611,00
DATA	03/12/97
N.º CPD	

CM-00104023-3

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Si38r

Silva, Rogério Teixeira da
Racionalização do uso da água e da energia elétrica
em instalações de irrigação por aspersão convencional na
região de Atibaia-SP. / Rogério Teixeira da Silva.--
Campinas, SP: [s.n.], 1997.

Orientador: Dirceu Brasil Vieira
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Irrigação por aspersores. 2. Hidráulica agrícola -
Projetos. 3. Água - Consumo. 4. Energia elétrica -
Consumo. I. Vieira, Dirceu Brasil. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil.
III. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

**RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA E DA ENERGIA ELÉTRICA EM
INSTALAÇÕES DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL NA REGIÃO DE
ATIBAIA-SP.**

ROGÉRIO TEIXEIRA DA SILVA

**Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 10 de setembro de 1997, pela Banca
Examinadora constituída pelos professores:**



Prof. Dr. DIRCEU BRASIL VIEIRA
Orientador-UNICAMP



Prof. Dr. DIRCEU D'ALKMIN TELLES
Titular-UNESP/ FATEC



Prof. Dr. CARLOS ALBERTO MARIOTONI
Titular-UNICAMP

Ao meu irmão EVANDRO (*in memoriam*),
aos meus pais WALTER e ELISA,
à minha esposa ALESSANDRA
e à minha conselheira GINA

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Dirceu Brasil Vieira, pela orientação, amizade, estímulo e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Dr. Carlos Alberto Mariotoni e Dr. Renato Soliani da Faculdade de Engenharia Civil / Unicamp, pelas suas idéias e cooperações.

Aos proprietários das áreas experimentais - Sr. Duilio Mazieiro, Sr. Riuti Inui, Sr. Emil Tenzer, Sr. Carlo Enrico Kross e Sr. João Francisco Brollo, por cederem suas áreas de plantio para a realização deste estudo.

À Fabrimar SA - Indústria e Comércio pela doação do "kit" de pluviômetros que muito facilitou a condução da pesquisa.

Ao colega Eng. Agrônomo Péricles Capello Cruz responsável pela Casa da Agricultura de Atibaia-SP, pela cordialidade e as indicações das áreas experimentais.

À amiga Rita de Cássia pelas boas opiniões e que, por sempre demonstrar um grande companheirismo, ajudou-me a vencer muitas etapas do curso de pós-graduação.

Ao colega Evandro Gomes pela franqueza e pelo impulso inicial, incentivando-me ingressar no programa de mestrado.

Aos funcionários do Laboratório de Hidráulica e Saneamento pela amizade e apoio técnico: Acácio, Alex e Marcelo.

À Faculdade de Engenharia Civil pela oportunidade e ao Departamento de Recursos Hídricos pelo apoio durante o programa de Pós-graduação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - (FAPESP), pelo apoio financeiro.

À Deus por ter me iluminado durante toda minha vida e proporcionado este caminho.

À minha família, pela paciência e o apoio nas horas difíceis.

ÍNDICE

	Pag.
CAPA	i
PÁGINA DE ROSTO	ii
DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
ÍNDICE	v
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES	vi
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1 - INTRODUÇÃO	01
2 - OBJETIVO	03
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
3.1 - Aspectos gerais	04
3.2 - Avaliação da irrigação	07
3.3 - Consumo de água e de energia elétrica	12
3.4 - Dimensionamento hidráulico econômico	14
4 - METODOLOGIA	19
4.1 - Seleção das propriedades rurais e suas características	19
4.2 - Capacidade de retenção da água no solo	21
4.3 - Levantamento planialtimétrico	24
4.4 - Avaliação das instalações	24
4.5 - Estimativa do desperdício de água	31
4.6 - Condições hidráulicas das instalações	31
4.6.1 - Verificação hidráulica	31
4.6.2 - Estudo hidráulico econômico	36
4.6.3 - Comparação dos resultados	36
4.7 - Estimativa do desperdício de energia elétrica	37
4.8 - Obtenção do coeficiente "K" da fórmula de Bresse	40
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5.1 - A capacidade de retenção da água no solo	41
5.2 - Levantamento planialtimétrico	42
5.3 - A avaliação simples das instalações	44
5.4 - Avaliação completa das instalações	50
5.5 - O desperdício de água	56
5.6 - Condições hidráulicas das instalações	58
5.6.1 - Verificação hidráulica	58
5.6.2 - Estudo hidráulico econômico	61
5.6.3 - Comparação dos resultados	65
5.7 - O desperdício de energia elétrica	66
5.8 - Obtenção do coeficiente "K" da fórmula de Bresse	70
6 - CONCLUSÕES	73
7 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	75
ANEXO-01	79
ANEXO-02	85
ANEXO-03	91
ANEXO-04	97
ANEXO-05	103
ANEXO-06	109
ANEXO-07	115

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

A	= Área da seção interna de uma tubulação, m ² ;
Asp.	= Aspersor;
AD	= Quantidade de água retida no solo (água disponível), em mm;
alt.tubo	= Altura do tubo de elevação do aspersor, em m;
b	= Espaçamento entre pluviômetros, em m;
C	= Custo total da tubulação, em R\$;
CC	= Umidade do solo na capacidade de campo, em porcentagem;
col	= Número de colunas da grade de pluviômetros;
CUC	= Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em porcentagem;
d	= Diâmetro do bocal do aspersor, em mm;
Di	= Diâmetro da seção interna da tubulação, em mm;
Dg	= Densidade global das partículas do solo, em g/cm ³ ;
DG _{rec}	= Desnível geométrico de recalque, em m;
DG _{suc}	= Desnível geométrico de sucção, em m;
Dr	= Densidade real das partículas do solo, em g/cm ³ ;
D _{lat}	= Diâmetro da linha lateral, em mm;
D _{princ}	= Diâmetro da linha principal, em mm;
D _{te}	= Diâmetro do tubo de elevação do aspersor, em m;
e	= Rugosidade do material, em mm;
ea	= Espaçamento entre aspersores, em metros;
ec	= Espaçamento entre coletores (pluviômetros), em m;
Ei	= Eficiência de irrigação, em porcentagem;
el	= Espaçamento entre laterais, em metros;
ETR	= Evapotranspiração real da cultura, em mm/dia;
f	= Coeficiente de atrito, adimensional;
F	= Coeficiente de Christiansen, adimensional;
g	= Aceleração da gravidade, em m/s ² ;
h	= Profundidade de irrigação ou prof. Efetiva do sistema radicular, em cm;
h*	= Lâmina média de 25% do total, dentre as menores lâminas, em mm;
H	= Altura de água disponível, em mm;
Ha	= Lâmina d'água total aplicada sobre a cultura durante a avaliação hidráulica, em mm;
\bar{H}_a	= Precipitação média ocorrida durante o teste dos pluviômetros, em mm;
hf _{ac}	= Perda de carga acumulada ao longo da tubulação, em mca;
Hb	= Lâmina hídrica bruta de irrigação, em mm;
h _{ev}	= Lâmina d'água evaporada, em mm;
hf	= Perda de carga distribuída ao longo da tubulação, em mca;

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES (continuação)

$h_{f_{lat}}$	= Perda de carga distribuída na linha lateral, em mca;
$h_{f_{princ}}$	= Perda de carga distribuída na linha principal, em mca;
H_i	= Lâmina hídrica líquida de irrigação, em mm;
H_{man}	= Altura manométrica, em mca;
h_p	= Lâmina medida em cada pluviômetro, em mm;
\bar{h}_p	= Lâmina média precipitada, em mm;
ht	= Altura dos tubos de elevação dos aspersores, em m;
ht_1	= Altura do tubo de elevação do primeiro aspersor da lateral, em m;
I	= Intensidade de irrigação, em mm/h;
l	= Comprimento da linha lateral compreendido entre dois aspersores consecutivos (comprimento do trecho), em m;
K	= Coeficiente de Bresse, adimensional;
K'	= Coeficiente obtido de fórmulas hidráulicas;
L	= Comprimento da tubulação, em m;
Lat	= Linha lateral de irrigação;
L_{lat}	= Comprimento da linha lateral, em m;
L_{princ}	= Comprimento da linha principal, em m;
m	= Expoente de velocidade da equação hidráulica utilizada, adimensional;
n	= Número total de pluviômetros, adimensional;
N	= Número total de aspersores (saídas) da lateral;
na	= Número de aspersores, adimensional;
nc	= Número de colunas da grade de pluviômetros;
nl	= Número de linhas da grade de coletores;
p_1	= Custo médio por unidade de potência (CV instalado) para o conjunto elevatório, incluindo unidades de reserva, conservação e custo capitalizado, em R\$;
p_2	= Custo médio por unidade de comprimento de uma conduto de diâmetro unitário, em R\$;
P_1	= Custo dos conjuntos elevatórios, em R\$;
P_2	= Custo da adutora, em R\$;
P_b	= Potência mecânica da bomba, em CV;
$P_{b_{nec}}$	= Potência mecânica necessária da bomba, em CV;
P_e	= Potência elétrica do motor, em Kw;
$P_{e_{exc}}$	= Potência elétrica excedente do motor, em Kw;
P_{in}	= Pressão no início da linha lateral, em mca;
P_m	= Potência mecânica do motor, em CV;
PM	= Umidade do solo no Ponto de Murchamento, em porcentagem;
$P_{m_{exc}}$	= Potência mecânica excedente do motor, em CV;

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES (continuação)

$P_{m\text{lida}}$	= Potência mecânica lida no motor, em CV;
$P_{m\text{nec}}$	= Potência mecânica necessária do motor, em CV;
P_o	= Pressão de operação, em mca;
P_O	= Maior pressão de operação encontrada dentre os aspersores da linha, em mca;
Prof.	= Profundidade do perfil do solo analisado, em cm;
Propr.	= Propriedade rural
ps	= peso seco da amostra, em g;
Ps	= Pressão de serviço, em mca;
q	= Vazão do aspersor, em m ³ /h
\bar{q}	= Vazão média dos aspersores envolvidos no teste, em m ³ /h.
Q	= Vazão em uma tubulação, em m ³ /h;
Q_{esc}	= Vazão média escoada, em m ³ /h;
Q_{pos}	= Vazão da posição de irrigação, em m ³ /h;
Q_{lat}	= Vazão da linha lateral de irrigação, em m ³ /h;
Q_{princ}	= Vazão da linha principal de irrigação, em m ³ /h;
R	= Reserva de água no solo, em mm;
Rey	= Número de Reynolds, adimensional;
RT	= Regime de trabalho, em dias;
S	= Desvio padrão das lâminas precipitadas, adimensional;
t	= Tempo mensal de utilização da energia elétrica, em h;
t_{ac}	= Tempo acumulado (decorrido após o início da Avaliação Completa), em min;
td	= Tempo de duração do teste, em horas;
ti	= Tempo de irrigação, em horas;
Ti	= Turno de irrigação, em dias;
UC	= Umidade crítica do solo, em porcentagem;
UD	= Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, em porcentagem;
v	= Viscosidade da água, em m ² /s;
V	= Velocidade do fluxo, em m/s;
V_{apl}	= Volume aplicado, em m ³ ;
V_{esc}	= Volume escoado, em m ³ ;
$V_{\text{esc/ano}}$	= Volume total anual de água escoada superficialmente, em m ³ .
$V_{\text{rec/ano}}$	= Volume total anual de água recalcada, em m ³ .
V_{max}	= Velocidade máxima do fluxo d'água na tubulação, em m/s;
Vv	= Velocidade do vento, em m/s;
ΔZ	= Desnível geométrico na lateral mais prejudicada hidráulicamente, em m;
$+\Delta Z$	= Desnível geométrico da linha lateral de irrigação em declive, em m;

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES (continuação)

$-\Delta Z$	= Desnível geométrico da linha lateral de irrigação em aclave, em m;
Ψ_m	= Potencial matricial do solo, em bar;
Ψ_c	= Potencial matricial crítico do solo, em bar;
η	= Rendimento total da unidade de bombeamento, em decimal;
η_m	= Rendimento do motor, em decimal;
η_b	= Rendimento da bomba, em decimal;
γ	= Peso específico da água, em Kg/ dm ³ ;
ρ	= Densidade da água, adimensional;

LISTA DE TABELAS

Tabela	Pág
01 - Valores de velocidade, vazões máximas e preços de tubos	- 17
02 - Relação das propriedades selecionadas	- 20
03 - Dados da caracterização física dos solos	- 23
04 - Dados da capacidade de retenção de água dos solos	- 24
05 - Dados coletados em campo	- 25
06 - Número de horas mensais (t) de utilização da energia elétrica	- 39
07 - Dados da capacidade de retenção de água dos solos: Parâmetros de irrigação	- 41
08 - Valores da avaliação de campo e de catálogo medidos na Propr.-01	- 45
09 - Valores da avaliação de campo e de catálogo medidos na Propr.-02	- 45
10 - Valores da avaliação de campo e de catálogo medidos na Propr.-03	- 46
11 - Valores da avaliação de campo e de catálogo medidos na Propr.-04	- 46
12 - Valores da avaliação de campo e de catálogo medidos na Propr.-05	- 47
13 - Resultados obtidos na Avaliação completa para a Propr.-01	- 51
14 - Resultados obtidos na Avaliação completa para a Propr.-02	- 51
15 - Resultados obtidos na Avaliação completa para a Propr.-03	- 51
16 - Resultados obtidos na Avaliação completa para a Propr.-04	- 52
17 - Resultados obtidos na Avaliação completa para a Propr.-05	- 52
18 - Valores de escoamento superficial de água, em l/s	- 54
19 - Quantidade de água aplicada e escoada	- 56
20 - Volume total anual de água recalcada e escoada superficialmente	- 57
21 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-01 (campo)	- 58
22 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-02 (campo)	- 58
23 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-03 (campo)	- 59
24 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-04 (campo)	- 59
25 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-05 (campo)	- 59
26 - Pressão no início da linha lateral de irrigação (campo)	- 60
27 - Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-01 (campo)	- 60
28 - Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-02 (campo)	- 60
29 - Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-03 (campo)	- 60
30 - Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-04 (campo)	- 61
31 - Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-05 (campo)	- 61
32 - Resultado das alturas manométricas (H_{man}) (campo)	- 61
33 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-01 (aspersor de catálogo)	- 62
34 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-02 (aspersor de catálogo)	- 62

LISTA DE TABELAS (continuação)

35 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-03 (aspersor de catálogo)	- 63
36 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-04 (aspersor de catálogo)	- 63
37 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-05 (aspersor de catálogo)	- 63
38 - Pressão no início da linha lateral de irrigação (aspersor de catálogo)	- 64
39 - Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-01 (asp. de catálogo)	- 64
40 - Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-02 (asp. de catálogo)	- 64
41 - Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-03 (asp. de catálogo)	- 64
42 - Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-04 (asp. de catálogo)	- 64
43 - Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-05 (asp. de catálogo)	- 64
44 - Resultado das alturas manométricas (H_{man}) (asp. de catálogo)	- 65
45 - Valores de Altura manométrica (H_{man})	- 65
46 - Vazão total (Q_{princ}) e altura manométrica (H_{man})	- 66
47 - Valores da P_{mida} e da P_{nec}	- 66
48 - Potências mecânicas excedentes do motor (P_{mexc})	- 67
49 - Potência elétrica excedente do motor (P_{exc})	- 68
50 - Consumo de energia elétrica anual excedente	- 69
51 - Gasto desnecessário/ano	- 69
52 - Variáveis envolvidas na determinação do coeficiente de Bresse	- 71
53 - Coeficiente "K" da fórmula de Bresse	- 71
54 - Diâmetros internos das tubulações principais (calculado X instalado)	- 72

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág
01 - Localização das cinco áreas experimentais - (<i>sem escala</i>)	- 19
02 - Situação da área de cultivo do morango após a primeira florada	- 21
03 - Distribuição dos pluviômetros sobre o terreno	- 28
04 - Comportamento da utilização da energia elétrica ao longo do ano	- 39
05 - Comportamento do escoamento superficial da água	- 55
06 - Comparação da potência mecânica do motor (potência lida e calculadas)	- 67

RESUMO

RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA E DA ENERGIA ELÉTRICA EM INSTALAÇÕES DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL NA REGIÃO DE ATIBAIA-SP.

Este trabalho busca identificar possíveis causas e conseqüências da má utilização da água e da energia elétrica em cinco propriedades rurais da região de Atibaia-SP, que possuem a cultura do morango sob o sistema de irrigação por aspersão convencional. Pelo fato dos agricultores desconhecerem a magnitude de seus prejuízos, a prática da irrigação vem sendo passada empiricamente através de gerações, fazendo assim, o problema perpetuar no tempo. A abrangente coleta de dados desta pesquisa beneficiou consideravelmente a realização de uma minuciosa avaliação hidráulica de todas as instalações de irrigação, cujos resultados (falhas de projeto e operação das instalações) permitiram conclusões de fundamental importância ao contexto do trabalho. Como etapa final foi feito um estudo hidráulico econômico e posteriormente estimado o coeficiente "K" da fórmula de Bresse, que poderá ser utilizado em futuros projetos de irrigação por aspersão convencional. Já ocorre no Brasil um grande movimento sustentando a idéia de ser necessária uma política de cobrança pelo consumo de água destinada à irrigação, como ocorre em muitos países. Este assunto vem preocupando os pesquisadores ligados à área de recursos hídricos no que se refere aos lucros do homem do campo. Assim, finalmente são apresentados os possíveis prejuízos/propriedade na tentativa de sensibilizar os agricultores irrigantes quanto a questão da racionalização do uso da água e da energia elétrica no meio rural.

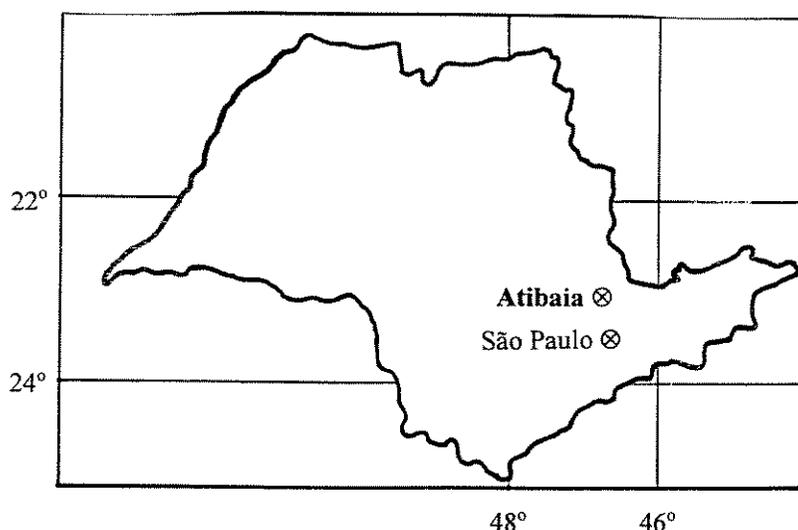
ABSTRACT

RACIONALIZATION OF WATER AND ELECTRIC ENERGY IN CONVENTIONAL SPRINKLER IRRIGATION PROJECTS IN ATIBAIA-S.P.

This work search for to identify possible causes and consequences regarding the harmful utilization of water and electric energy in five rural properties in Atibaia-S.P., with have strawberry crop through conventional sprinkler irrigation system. Because of proprietaries do not know the magnitude of their damage, the irrigation managment have been passed by empirically through generations, so the problem perpetuate across the time. During the research, an intensive assessment of data permitted a hydraulic evaluation of all the irrigation systems and the results (failures of project and operation) allowed to achiese important conclusions. In the final stage a hydraulic-economical study was done, after that, the Bresse coefficient has estimated in order to be used in future conventional sprinkler irrigation projects. In Brazil, an important movement supports the idea of being essential a political aproach for charging water irrigation consumption, as done in many other countries. The hydric resources researchers are concerning with the profits of countryman. Finally, the possible damage/property relation is presented in order to sensitize the irrigators about the racionalization of water and electric energy used in rural communities.

1 - INTRODUÇÃO

A região de Atibaia está localizada na parte alta da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, uma das mais importantes do Estado de São Paulo e, portanto, foco de muitos projetos e debates. Nesta região existe uma intensa atividade agrícola voltada para a produção de hortaliças, frutas e flores distribuídas principalmente em pequenas propriedades rurais.



A irrigação na região de Atibaia vem sendo praticada de forma empírica, o que redundou em desperdícios de água e de energia elétrica. Isto quase sempre não é levado a sério pelo agricultor irrigante. Em adição a estes fatos existem certos agravantes, como por exemplo, a reversão do Sistema Cantareira que desvia grande parte da vazão desta Bacia para o abastecimento de água da Grande São Paulo, bem como um elevado crescimento populacional e industrial que agravam os problemas da falta de água e de poluição dos mananciais. Desta forma, muitas pesquisas estão voltadas à preservação dos recursos hídricos e energéticos, priorizando-os como uma das maiores questões da atualidade. Este

fato, por sua vez, consolida as previsões de que se providências não forem tomadas poderá existir num futuro bem próximo sérios problemas quanto a disponibilidade de água e de energia elétrica para a comunidade rural.

Apesar das preocupações de certos setores do Governo e das Companhias Energéticas, ainda são pouco efetivas as medidas práticas de racionalização do uso da água e da energia na agricultura brasileira. Assim, se faz necessário um programa objetivo que sensibilize os agricultores e as Companhias de Eletricidade para a conservação da água e da energia para a irrigação.

2 - OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi o de realizar um estudo hidráulico detalhado em cinco instalações de irrigação por aspersão do tipo convencional na região de Atibaia-SP, visando identificar problemas e propor medidas que proporcionem o uso mais racional da água e da energia elétrica.

3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - ASPECTOS GERAIS :

A irrigação é um conjunto de técnicas e equipamentos programados e operados de forma racional para atingir o seu objetivo, que nada mais é do que repor a água do solo e da planta para garantir uma boa produtividade. É a partir deste conceito que o produtor irá obter altos resultados com o uso da irrigação, caso contrário, poderá ter sérios problemas. A irrigação precisa ser bem projetada por um técnico especializado na área e que utilize equipamentos comprovadamente eficientes, como também ser bem manejada com a participação de um operador capacitado. A irrigação exige ainda de seus operadores o conhecimento da capacidade de retenção da água no solo, das características do clima que interferem no consumo de água pela planta, da qualidade e disponibilidade dos mananciais que irão alimentar o sistema.

VIEIRA (1989-A) comenta que, infelizmente, uma considerável parcela dos projetos de irrigação implantados no Brasil não são cercados dos cuidados recomendados pela boa técnica, provocando a decepção do produtor. Define a irrigação por aspersão como sendo aquela que consiste na aplicação de água à lavoura sob a forma de uma chuva artificial. Tal chuva é provocada pela passagem da água por tubos perfurados ou por bocais de aspersores, proporcionando a formação de um jato hidráulico, que, ao se chocar com as moléculas de ar, quebra-se em gotas que se precipitam sobre o terreno. O jato hídrico é formado pela passagem da água sob pressão pela seção do orifício ou bocal, ocorrendo a transformação da energia de pressão hidráulica em velocidade. Explica ainda o autor que o sistema de irrigação por aspersão divide-se em: aspersão convencional, montagem direta, lateral rolante, autopropelido e pivô-central, que se adaptam muito bem a diferentes condições de solo, topografia do terreno e cultura. A aspersão permite a fertirrigação e a

aplicação de defensivos juntamente com a própria água de irrigação, o que propicia grande economia de mão-de-obra. A grande desvantagem da irrigação por aspersão é a sua sensibilidade aos ventos, que comprometem a distribuição da água, chegando mesmo a limitar a utilização do sistema em certas regiões. Também não pode ser utilizada por certas culturas, pois promove a lavagem dos defensivos aplicados, tornando-as mais suscetíveis ao ataque de pragas.

Segundo TELLES (1989), no que diz respeito a sistema de irrigação por aspersão convencional, a designação “convencional” está ligada ao aspecto histórico da introdução da aspersão (diretamente ligado a antigo). Um sistema convencional é constituído fundamentalmente de: sistema de captação e bombeamento, tubulação de recalque (principal), tubulação lateral (ramal de irrigação) e aspersores, que poderá ser chamado de sistema móvel, fixo ou semi-fixo em função da movimentação ou não, total ou parcial, de seus componentes.

Em se tratando de agricultura, não basta que a semente seja ótima, que o terreno seja rico e que se processe um perfeito combate às pragas e doenças, a fim de que a produção satisfaça o ponto de vista econômico. Para que se tenha custos minimizados, torna-se essencial satisfazer a fisiologia do vegetal, fornecendo à planta, no momento preciso, a quantidade de água para que ela se desenvolva normalmente e tenha a máxima produtividade, DAKER (1976).

A aplicação de água no solo, com a finalidade de fornecer às espécies vegetais umidade ideal para o seu desenvolvimento, pode ser feita por meio de diversos métodos de irrigação. Dentre eles o método de aspersão é muito usado no Brasil e em vários outros países, devido à uniformidade de aplicação da água, a elevada eficiência do sistema, ao bom controle do volume de água a ser aplicado em cada irrigação, a adaptação às diversas condições de topografia e aos diversos tipos de solos, podendo ser implantada com sucesso tanto nas culturas em plantio como em plantas já estabelecidas, FARIA (1983).

A agricultura irrigada exige altos investimentos em obras e aquisição de equipamentos para captação, transporte, controle e distribuição de água, além de gastos com energia e mão-de-obra para operação do sistema, que representam importantes custos adicionais na produção. Atualmente, os custos das tarifas de energia elétrica e dos combustíveis vem despertando preocupações nos produtores irrigantes, pois o custo da energia passou a ter grande peso no custo de produção das culturas, AZEVEDO (1983).

Como em outras regiões do Estado de São Paulo, na de Atibaia há grande desperdício de água e de energia nas propriedades rurais com irrigação, gerando custos adicionais de capital que comprometem o rendimento da agricultura. E o que é pior, tal desperdício causa ainda a erosão e a lixiviação de nutrientes dos solos, agravando a situação de carência hídrica já existente na região, **VIEIRA (1992-A)**.

Abordando o tema, **TELLES (1992)** comenta sobre as possibilidades de expansão da área irrigada nas diversas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo, acentuando que a bacia do rio Piracicaba não pode ter sua área irrigada aumentada, embora a bacia tenha cerca de 27 m³/s de máxima vazão disponível para irrigação e seja consumido de 9,0 m³/s, perfazendo 30.000 ha irrigados. Isto ocorre pois o crescimento populacional é muito grande e o desenvolvimento industrial intenso. Afirma ainda o autor, que em programa de cadastramento de irrigantes feito na parte alta da bacia do Piracicaba pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), verificou-se que :

- a - Este município é o que dispõe de maior capacidade instalada para captação. Os irrigantes locais podem captar até 7.064 l/s, isto se todos ligarem ao mesmo tempo os seus equipamentos em suas capacidades máximas;
- b - A energia elétrica é utilizada em cerca de 78% na irrigação por aspersão, onde apenas o sistema convencional representa 59%, ou seja, cerca de 46% do total de irrigantes que praticam a irrigação convencional na região de Atibaia, utilizam a energia elétrica;
- c - A irrigação de flores ocupa uma área de 877,2 ha (7,2% da área irrigada na bacia), destacando-se o município de Atibaia com 507,4 ha, o que corresponde a 57,8% do total da área irrigada com flores, cadastrada na bacia. Outros doze municípios da bacia (entre os cadastrados), tem área de flores submetida à irrigação; e,
- d - O conjunto representado pelas frutas (exceção dos citros), ocupa 994,3 ha de área irrigada, o que corresponde a 84,3% do total. Entre estas frutas destacam-se o morango e o figo. O município de Atibaia, grande produtor de morango, apresenta 641,3 ha irrigados neste grupo, o que significa 64,5% do total.

VIEIRA (1994), cita que os principais problemas da agricultura irrigada em São Paulo são :

- a - Projetos mal elaborados, notadamente aqueles de aspersão convencional para pequenas áreas;
- b - Manejo inadequado da irrigação, por falta de uma metodologia de controle das aplicações de água, decorrência da falta de informação tecnológica do irrigante; e,
- c - Inadequado controle da qualidade de equipamentos, sendo que muitos deles apresentam no campo um desempenho muito diferente daquele especificado no catálogo.

Assim, o autor completa seu comentário dizendo que o desperdício de água e de energia elétrica ocorre na grande maioria das instalações.

3.2 - AVALIAÇÃO DA IRRIGAÇÃO :

Os sistemas de irrigação podem ser bem ou mal projetados e/ou operados. Quando o sistema é bem projetado e operado a irrigação atinge os seus objetivos, ou seja, maior produção e melhor qualidade do produto, com um uso mais racional da água e da energia. Esta é a meta da moderna agricultura irrigada e quando isso não ocorre, há prejuízos econômicos no empreendimento, podendo levar a quebras de produção, depauperação do solo e da água, problemas no equipamento, etc.

Um sistema pode ser bem projetado, contudo se sua operação e manejo forem inadequados, surgirão gastos excessivos de água e energia, lixiviação de nutrientes, etc.

Somente mediante a avaliação de uma instalação de irrigação é possível verificar com precisão se o projeto está bem elaborado e também se as condições operacionais estão adequadas. Além disso, deve-se detectar outros problemas que afetam o desempenho da instalação, como: equipamentos de acordo com as especificações técnicas, obras de tomada e captação d'água adequados, etc. Portanto, a avaliação é o certificado das condições atuais

de uma instalação, visando sua operação mais eficiente e econômica, ou seja, objetivando propor o manejo para o mais racional uso da água, da energia e mão-de-obra, conservação do solo e às vezes melhoria no desenvolvimento da cultura.

Tal avaliação pode ser feita em instalação nova, que nesse caso a condição operacional é baseada na recomendação do memorial de cálculo do projeto. Poderá também ser feito numa instalação antiga baseando-se na condição operacional realmente utilizada pelo irrigante. Neste caso, nem sempre o projeto original é disponível, devendo-se então mediante os dados levantados no campo, executá-lo, como cita **VIEIRA (1989-B)**. Como descreve ainda este autor, a avaliação permite também sugerir modificações que possam ser feitas com o objetivo de melhorar as condições operacionais da instalação. Tais modificações podem ser:

- a - alteração da pressão de serviço (P_s) de aspersores;
- b - alteração do tempo de irrigação (t_i);
- c - alteração do espaçamento entre aspersores ou entre linhas laterais;
- d - alteração de diâmetros internos de bocais ou anéis de aspersores.
- e - alteração do comprimento da linha lateral; e,
- f - alteração da potência do conjunto motor-bomba;

De acordo com **VIEIRA (1989-C)**, para que uma irrigação proporcione bons resultados são necessários :

- a - projeto adequado às condições do local (água - solo - planta), elaborado pelo engenheiro especialista. Nesse projeto o engenheiro deverá considerar todas as características no que se refere ao solo, ao clima, à hidráulica do sistema e aos recursos hídricos. Essa adequação às condições do local também deverá levar em conta o tipo de energia a ser utilizada na propriedade, que por sua vez, é função de vários fatores como por exemplo: a distância da rede elétrica (distância da fonte ao ponto de consumo), segurança, custo operacional, etc;
- b - equipamento de boa qualidade: o projetista deverá indicar as características do equipamento a ser utilizado, devendo o agricultor se assegurar de que na compra sejam

adquiridos equipamentos adequados, ou seja, iguais aos especificados no projeto, evitando perdas de energia elétrica – por exemplo: se for comprado um conjunto moto-bomba de potência maior do que o especificado, este demandaria, desnecessariamente mais energia;

c - treinamento do irrigante - dar ao operador condições para obter bom desempenho do equipamento, ou seja, uma maior eficiência operacional, racionalizando a utilização da água e da energia nas propriedades rurais; e,

d - sistema de controle das aplicações de água - pondo-o em prática nos momentos de proceder as aplicações de água na lavoura. Irrigar antes do tempo exato, representa prejuízos no que se refere aos problemas de lixiviação de nutrientes do solo, menor aproveitamento do equipamento e gastos desnecessários de energia.

BRANSCHIED & HART (1968), como também **PAIR et al. (1969)**, comentam que fatores tais como: diâmetro(s) do(s) bocal(is), pressão de operação, espaçamento e velocidade angular dos aspersores, ângulo de inclinação do jato, altura e alinhamento dos tubos de elevação, velocidade e direção do vento e a temperatura/umidade relativa do ar, influenciam a distribuição de água nos sistemas de irrigação por aspersão.

Através de estudos iniciados por **CHRISTIANSEN (1942)**, no que diz respeito à relação entre a uniformidade de distribuição de água pelo campo e certos fatores como: o efeito da pressão de serviço, da rotação e do espaçamento entre aspersores rotativos, bem como no que diz respeito à relação com a velocidade do vento, o autor apresentou o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), obtido pela seguinte expressão:

$$CUC = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |h_{p_i} - \bar{h}_p|}{n \cdot \bar{h}_p} \right), \text{ em percentagem,} \quad (3.2.1)$$

onde:

h_{p_i} = precipitação medida observada em cada pluviômetro, em mm;

\bar{h}_p = média das precipitações observadas nos pluviômetros em mm; e,

n = número de pluviômetros, adimensional.

Segundo **MARTÍN-BENITO et al. (1992)**, em muitas áreas do mundo o desempenho de sistemas de irrigação por aspersão deve ser aperfeiçoado a fim de que se economize água e energia. Isto geralmente requer um aperfeiçoamento do processo de manejo e aplicação de água. Um dos fatores mais importantes na operação dos sistemas de irrigação por aspersão é a uniformidade de distribuição de água sobre o terreno. Isto depende da configuração dos aspersores no campo (função do tipo de aspersor, combinação dos bocais, pressão de serviço, etc), e a localização do manancial.

Necessariamente inclui-se a todos esses fatores, a direção e a velocidade do vento, visto que, são as principais influências na uniformidade da irrigação. Poderá também ser acrescentado outros fatores de menor importância, tais como: elevação do aspersor, ângulo de jato, etc., **HERMANN & KOHL (1980)**.

MARTÍN-BENITO et al. (1992) afirmam que para se determinar o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e outros parâmetros que caracterizam a distribuição da água, deve-se instalar vários coletores (pluviômetros) igualmente espaçados em forma de malha ao longo do terreno, de modo que possam ser atingidos pela água aspergida. Desta forma, o sistema de irrigação funcionará por um determinado tempo, para que somente então a quantidade de água contida em cada coletor possa ser medida e registrada, chegando-se finalmente ao cálculo do Coeficiente de Uniformidade. A maioria das culturas irrigadas requerem um coeficiente de uniformidade de pelo menos 80%, para que se tenha aceitação de mercado. Baixos valores do CUC indicam uma incorreta combinação quanto ao tamanho e número dos bocais, pressão de serviço e espaçamento dos aspersores.

Os processos de coleta de dados no teste, podem ser classificados de várias formas :

- a - aqueles cujo conjunto de coletores existente na instalação está entre os aspersores, que neste caso estão trabalhando em bloco, ou seja, instalados em várias linhas paralelas como uma malha sobre o terreno, ou em ambos os lados da lateral quando estão operando como laterais individuais, **MERRIAM et al (1980)** .
- b - aqueles cujo conjunto de coletores circundam um único aspersor em condições precárias de funcionamento, e estabelecem a correspondente sobreposição conforme o

espaçamento entre os aspersores, **SOLOMON (1979)**.

c - aqueles que reduzem a instalação do conjunto de coletores para uma única linha conforme o raio do círculo molhado, e determinam a curva de distribuição sob nenhuma condição de vento ou de elevada umidade relativa, **VORIES & VON BERNUTH (1986)**.

VIEIRA (1989-B), afirma que o CUC indica o grau de uniformidade de distribuição da água na área irrigada, sendo que seu valor deve situar-se entre 80% e 85%.

Segundo **BERNARDO (1982)**, para se calcular a uniformidade de aplicação de um sistema de irrigação por aspersão, o Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos recomenda a utilização do coeficiente de Uniformidade de Distribuição (UD), dado pela seguinte equação:

$$UD = 100 \cdot \frac{h^*}{\bar{h}_p} \text{ , em percentagem,} \quad (3.2.2)$$

onde:

h^* = média de 25% do total de pluviômetros, com as menores precipitações, em mm;

\bar{h}_p = média das precipitações, considerando todos os pluviômetros, em mm;

Como descreve **OLITTA (1977)**, para determinar a efetividade com que o sistema de aspersão pode utilizar o suprimento de água, determina-se a eficiência de irrigação (E_i), em porcentagem. Neste contexto **VIEIRA (1989-B)** afirma que na aspersão convencional, a eficiência de irrigação deve estar compreendida no intervalo entre de 65% a 85% e que seu valor pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$E_i = \frac{h^*}{H_b} \times 100 \text{ , em porcentagem} \quad (3.2.3)$$

onde :

h^* = média de 25% das lâminas medidas (dentre as menores lâminas), em mm;

H_b = lâmina bruta aplicada, em mm.

A lâmina bruta aplicada (Hb), por sua vez, pode ser expressa mediante a seguinte fórmula:

$$Hb = I \cdot td \quad (3.2.4)$$

sendo :

$$I = \frac{\bar{q} \cdot 1000}{ea \cdot el} \quad (3.2.5)$$

onde:

I = intensidade de irrigação, em mm/h;

td = tempo de duração do teste da avaliação completa, em horas;

\bar{q} = vazão média dos aspersores envolvidos no teste, em m³/h;

ea = espaçamento entre aspersores, em m; e,

el = espaçamento entre linhas laterais, em m.

HERMSMEIER (1973), afirma que não apenas os elementos climáticos como a velocidade do vento, umidade relativa do ar, radiação solar e temperatura, são responsáveis pelo aumento das perdas por evaporação da água, mas como também, pelo tamanho das gotas dispersas no ar, pela distância percorrida pela gota e a intensidade de aplicação de água.

3.3 - CONSUMO DE ÁGUA E DE ENERGIA ELÉTRICA:

A conservação de água e de energia tem uma grande influência nas práticas de irrigação. Entretanto, o agricultor considera, por um efeito natural, que a preocupação com o seu lucro líquido seja mais importante que essas práticas conservacionistas.

Uma variedade de programas e atividades foram iniciadas em 1953 pela Universidade Estadual de Oregon (OSU), para promover práticas modernas de irrigação. Estes programas buscaram as vantagens econômicas da conservação de água e de energia conseguidas através de novas técnicas de irrigação, demonstrando que após testadas e

julgadas pelos próprios fazendeiros, poderiam rapidamente trazer-lhes maiores lucros, **SHEARER & VOMOCIL (1981)**.

Conforme **OLITTA (1977)** as perdas de água na aspersão são devidas quase exclusivamente à evaporação da água, seja durante a aspersão do jato na atmosfera ou das superfícies molhadas durante e após a irrigação. As perdas por percolação profunda abaixo da zona do sistema radicular e as perdas por escoamento superficial poderão ser praticamente anuladas com um correto planejamento do sistema.

Segundo **VIEIRA et al. (1992-A)**, as perdas por escoamento superficial não devem existir em uma instalação de aspersão, todavia, dadas as características locais, podem ocorrer. Na região de Atibaia, por exemplo, a cultura do morango sob irrigação por aspersão, tem os seus canteiros recobertos com manta plástica para evitar o contato do fruto com o solo. Isso causa uma grande perda de água por escoamento superficial, que chega a causar erosão. Nesse caso, a vazão deve ser determinada pelo método direto de hidrometria, sendo o fluxo de água coletado por meio de represamento. Citam, então, que a perda de água por escoamento superficial em instalações desse tipo pode chegar a 46,7%.

A energia elétrica é a modalidade mais utilizada em regiões onde as redes elétricas das concessionárias podem viabilizar as ligações de equipamentos de irrigação a custos competitivos com as outras formas de energia, como por exemplo o óleo diesel. Devido ao seu custo operacional mais reduzido, a utilização desta energia no acionamento de motobombas destinadas à irrigação torna-se cada vez mais intenso, exigindo grandes investimentos das concessionárias para suprir a demanda destes equipamentos. Atualmente na área de atuação da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), que corresponde a 217 municípios e 90.000 Km² do Estado de São Paulo em uma zona equivalente a 70% da produção agrícola do Estado, a utilização da produção de energia elétrica na movimentação das motobombas usadas no manejo da água em sistemas de irrigação, representa a maior parcela do uso de energia no meio rural, **PENTEADO FILHO (1987)**.

De acordo com o **Manual de Orientação ao Consumidor - Tarifas Horosazonias Azul e Verde (1988)**, pode-se observar a relação entre a disponibilidade média de água nos mananciais a ser represada nos reservatórios das usinas hidrelétricas, (constituindo o potencial predominante de geração de eletricidade), e o comportamento médio do mercado de energia a nível nacional, assumindo um valor máximo justamente no período em que a disponibilidade de água fluente nos mananciais é mínima (período seco).

Um outro ponto de extrema importância no planejamento da irrigação é o “horário de ponta”, definido como sendo o horário de maior uso do sistema elétrico, e é justamente o período em que as redes de distribuição assumem maior carga, atingindo seu valor máximo aproximadamente às 19 horas, variando um pouco este horário de região para região.

A atenção deve ser voltada para o fato de que é exatamente no período seco que se evidencia, em algumas regiões do país, a prática da irrigação suplementar. Este fato é inevitável, porém como fruto de um correto planejamento, pode-se contornar a demanda de energia destinada a irrigação durante o período de ponta, o que exigiria um correto cálculo do turno de irrigação e do tempo de irrigação que satisfaçam a necessidade da planta e, é claro, que fujam do horário de maior demanda.

O planejamento da irrigação deverá conter todas as diretrizes para a perfeita resposta às necessidades da planta, porém o sucesso do agricultor não depende apenas do desempenho de sua cultura, mas também de outros fatores como a aceitação do produto pelo mercado consumidor, minimização dos gastos relativos a utilização da água e das tarifas de energia, etc.

Ainda de acordo com o Manual de Orientação ao Consumidor, em relação às tarifas de energia, pode-se minimizá-las através de um estudo que contenha uma reprogramação das cargas contidas na propriedade, otimizando a demanda da potência nos horários de ponta, evidentemente, em perfeita harmonia com os conhecimentos no que diz respeito à cultura.

3.4 - DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO ECONÔMICO:

VIEIRA (1997) explica que o projeto hidráulico de um sistema de irrigação normalmente é executado pelos próprios fabricantes ou vendedores de equipamentos que geralmente não levam em conta o aspecto econômico. Já o dimensionamento econômico procura uma otimização do sistema de modo que a somatória dos custos de implantação e operação sejam minimizados. Um dos modos de se obter o diâmetro econômico de instalações de recalque é utilizando a fórmula de Bresse, que através de seu coeficiente “K”, considera os fatores hidráulico e econômico, ou seja, $D_i = K \cdot \sqrt{Q}$, como deduzida adiante.

Conforme citam AZEVEDO NETTO & VILLELA (1969), há um diâmetro conveniente para uma adutora, para o qual o custo total das instalações é mínimo. Em primeira aproximação pode-se admitir :

- p_1 = preço médio por unidade de potência (cavalo vapor instalado) para o conjunto elevatório, incluindo unidades de reserva, conservação e custo capitalizado;
 p_2 = preço médio por unidade de comprimento de uma conduto de diâmetro unitário.

Desse modo, o preço da adutora de recalque (P_2), será :

$$P_2 = p_2 \cdot D_i \cdot L \quad (3.4.1)$$

sendo :

L = comprimento da linha, m.

D_i = diâmetro da tubulação, m.

O custo dos conjuntos elevatórios (P_1), será :

$$P_1 = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{75 \cdot \eta} \cdot p_1 \quad (3.4.2)$$

Da equação (3.4.2) pode-se dizer que :

$$H_{man} = DG_{rec} + hf \quad (3.4.3)$$

assim como da equação (3.4.3) pode-se demonstrar que :

$$hf = \frac{8 \cdot f \cdot L \cdot Q}{\pi^2 \cdot D_i^5 \cdot g} \quad (3.4.4)$$

onde :

- H_{man} = altura manométrica, m.c.a ;
 DG_{rec} = desnível geométrico de recalque, m ;
 hf = perda de carga, m.c.a. ;
 g = aceleração da gravidade, m/s²; e,
 f = coeficiente de atrito, adimensional.

Fazendo $K' = \frac{8 \cdot f}{\pi^2 \cdot g}$, o custo total da tubulação será :

$$C = P_1 + P_2 \quad (3.4.5)$$

ou seja :

$$C = \frac{\gamma \cdot Q}{75 \cdot \eta} \cdot \left(DG_{\text{rec}} + \frac{K'}{D_i^5} \cdot Q^2 \cdot L \right) \cdot p_1 + p_2 \cdot D_i \cdot L \quad (3.4.6)$$

Para que o custo seja mínimo, $\frac{dC}{dD_i} = 0$. Portanto :

$$\frac{dC}{dD} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot p_1}{75 \cdot \eta} \cdot K' \cdot Q^2 \cdot L \cdot \left(\frac{-5D^4}{D^{10}} \right) + p_2 \cdot L = 0 \quad (3.4.7)$$

$$\frac{dC}{dD_i} = \frac{-\gamma \cdot Q \cdot p_1}{15 \cdot \eta} \cdot K' \cdot \left(\frac{Q^2 \cdot L}{D_i^6} \right) + p_2 \cdot L \quad (3.4.8)$$

$$\frac{K'}{15} \cdot \frac{\gamma}{\eta} \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot Q^3 = D_i^6 \quad (3.4.9)$$

$$D_i = \sqrt[6]{\frac{K' \cdot \gamma}{15 \cdot \eta} \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot \sqrt{Q}} \quad (3.4.10)$$

Fazendo :

$$K = \sqrt[6]{\frac{K' \cdot \gamma \cdot p_1}{15 \cdot \eta \cdot p_2}} \quad (3.4.11)$$

Tem-se, como mencionada anteriormente, a fórmula de Bresse

$$D_i = K \cdot \sqrt{Q} \quad (3.4.12)$$

onde :

$D_i = D_{\text{princ}}$ = Diâmetro interno da tubulação principal, em m;

K = Coeficiente de Bresse

Q = Vazão da linha principal, em m^3/s

Estes autores comentam que caso se adote o diâmetro de uma linha de recalque muito grande, as perdas de carga hidráulica serão diminutas, conseqüentemente a potência do conjunto motor-bomba será pequena e, portanto, com menor dispêndio de energia. Porém, o custo da tubulação e acessórios serão muito grandes e vice-versa. Nesse contexto, há necessidade de se determinar um diâmetro ideal, isto é, economicamente mais indicado para a instalação. Citam ainda que, normalmente no Brasil, "K" varia de 0,7 a 1,6 cujo diâmetro utilizado deverá ser o diâmetro comercial imediatamente superior ao valor calculado.

GOMES (1994), é outro autor a tecer considerações sobre o dimensionamento hidráulico de tubulações de irrigação. Afirma que se pode utilizar o critério da velocidade máxima, cujos valores são fixados com o objetivo de compatibilizar o custo dos condutos com a segurança das redes hidráulicas de distribuição. Quanto maior for a velocidade da água para uma mesma vazão, menor será o diâmetro do conduto (Equação da Continuidade: $Q = A * V$), portanto menor será o seu custo. Cita o autor, valores devidos à Granados (1990), que constam na Tabela-01, a seguir.

Tabela-01 - Valores de velocidade, vazões máximas e preços de tubos (utm/m = unidades monetárias por metro)

D_i (mm)	V_{max} (m/s)	Q (m^3/s)	Preço (utm)
50	2,0	14,13	594
60	2,0	20,35	644
70	2,0	27,70	825
80	2,0	36,17	918
100	2,0	56,52	1249
125	2,0	88,31	1791
150	2,0	127,17	2503
175	2,0	173,09	3370

BERNARDO (1982), afirma que pode ser utilizada a fórmula de Bresse para a seleção do diâmetro mais econômico de linhas principais de irrigação. Tal fórmula utiliza

um coeficiente “K” que pressupõe a fixação de uma velocidade econômica. Nessa linha de trabalho, **VIEIRA et al. (1992-B)** obtiveram o coeficiente “K” da fórmula de Bresse igual a 0.865 para dimensionamento econômico de adutoras de equipamentos de aspersão do tipo pivô-central, bem como verificaram o efeito do método do balanço hídrico baseado na medida da evaporação do tanque evaporimétrico tipo “Classe-A” nesse dimensionamento.

SILVA & DUARTE (1980) afirmam que, ao se dimensionar as tubulações deve-se observar o limite superior de velocidade da água igual a 2,0 m/s. Ressaltam contudo, que em se tratando de tubulações complexas, como é o caso de instalações de irrigação, deve-se fixar o diâmetro mais econômico, isto é, dimensioná-la de modo que a soma dos custos de instalação, operação e manutenção sejam mínimos. **VIEIRA (1989-A)** também cita como sendo de 2,0 m/s a velocidade limite da água na tubulação. Diz que o critério de se fixar tal velocidade é bem realista para as condições de topografia ondulada muito comum no Brasil.

STIPLER (1956), trabalhando com instalações de irrigação por aspersão convencional, em diferentes culturas, sob diferentes condições de clima, etc., verificou no que diz respeito aos aspectos econômicos que :

- a - existia grande variação nos custos em função das diferenças na área irrigada, na intensidade de uso anual dos sistemas e no investimento realizado;
- b - o investimento médio por hectare decresceu consideravelmente com o aumento da área irrigada; e,
- c - quanto a composição do investimento, a linha principal e o conjunto motor-bomba foram os principais itens de custo, representando quase 65% do total.

De acordo com **PAULINO & PEREIRA (1987)**, a irrigação quando aplicada corretamente e em conjunto com outras práticas agrícolas (como uma eficiente adubação, controle de pragas, etc), é altamente viável não só no aspecto econômico como também socialmente. Uma vez aumentando a renda do pequeno produtor, estará melhorando o seu padrão de vida e, assim, contribuindo para a minimização do êxodo rural.

4 - METODOLOGIA

4.1 - SELEÇÃO DAS PROPRIEDADES RURAIS E SUAS CARACTERÍSTICAS:

Como ponto de partida para os trabalhos de campo, utilizou-se de informações cedidas pelo engenheiro agrônomo responsável pela Casa da Lavoura do município de Atibaia-SP, que mediante o seu acompanhamento nas visitas técnicas pelas propriedades rurais e de acordo com seu conhecimento em relação à região, pôde indicar cinco propriedades que possuíam as características de interesse para este estudo, ou seja:

- a - proprietários com bom nível técnico e com interesse na pesquisa;
- b - propriedades que possuem a irrigação por aspersão convencional;
- c - culturas típicas da região, como é o caso do morango;
- d - propriedades que utilizam energia elétrica para irrigação; e,
- e - propriedades com disponibilidade de apoio aos trabalhos de campo.

Através da figura-01 pode-se ter uma idéia da localização das cinco propriedades.

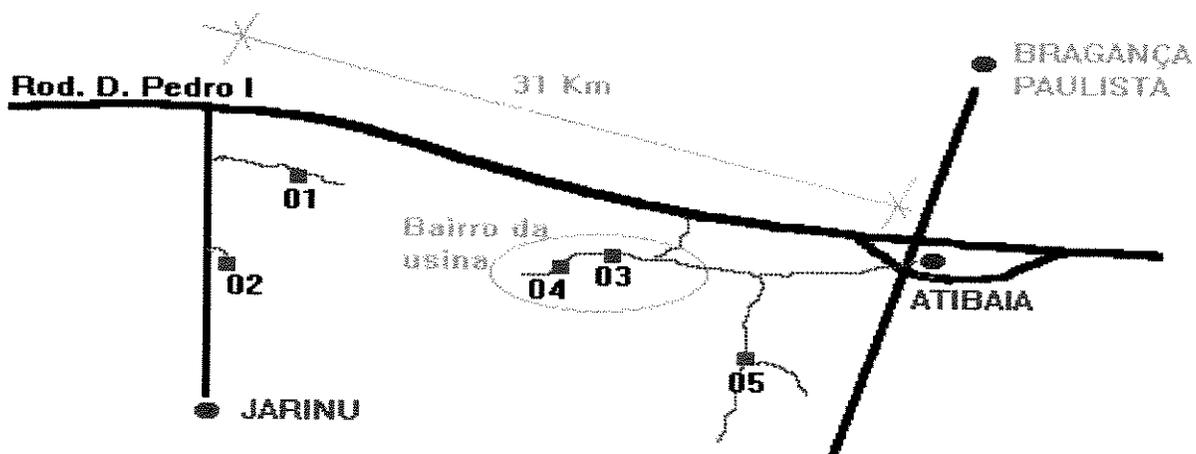


Figura-01 - Localização das cinco áreas experimentais - (sem escala)

As propriedades foram identificadas de acordo com o que mostra a Tabela-02 :

Tabela-02 - Relação das propriedades selecionadas.

Propriedade	proprietário	Endereço
01	Duilio Mazieiro	Bairro Campos dos Aleixos – Jarinú (SP)
02	Riuiti Inui	Bairro Caetetuba – Atibaia (SP)
03	Emil Tenzer	ETR Usina – Atibaia (SP)
04	Carlos Enrico Kross	Bairro da Usina – Atibaia (SP)
05	João Francisco Brollo	Bairro Vargem Grande - Jarinú (SP)

Na região de Atibaia, o preparo do solo para o cultivo do morango (*Fragaria ananassa*) tem início no mês de janeiro, sendo que o seu término caracteriza-se pela construção dos canteiros para o plantio. Somente após preparados estes canteiros, é que se executa a montagem do equipamento de irrigação por aspersão convencional segundo leiaute previamente adotado em cada propriedade. Este leiaute muda de um ano para outro, pois os agricultores realizam rodízio de área para reduzir a proliferação de doenças.

Ao final do mês de fevereiro já com todo o equipamento montado sobre a área a ser cultivada inicia-se a fase de plantio, o que geralmente ocorre até meados de março, e a partir daí, decorrido aproximadamente um período de 30 dias, acontece a primeira florada. Todavia, antes de surgirem as primeiras flores, os agricultores providenciam a cobertura dos canteiros de plantio com uma manta plástica a fim de evitar o contato dos frutos com a superfície do solo. A Figura-02 mostra a cultura do morango em um estágio com estas características de campo já totalmente definidas.



Figura-02 - Situação da área de cultivo do morango após a primeira florada

4.2 - CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO :

Os trabalhos de campo tiveram início antes de ocorrer a fase de cobertura dos canteiros, coletando-se amostras de solo nas áreas de plantio envolvidas no estudo.

De acordo com o que é comentado por **VIEIRA (1995)**, com o objetivo de se obter a capacidade de retenção de água do solo foram retiradas duas amostras deformadas e duas amostras indeformadas no perfil de 0 a 50 cm (com incrementos de 25 cm), em dois pontos de cada propriedade que representassem adequadamente o solo da área cultivada com morango. Estes valores foram adotados em função da profundidade efetiva do sistema radicular (h) do morango, por encontrar-se totalmente neste perfil de solo. As amostras deformadas foram retiradas sobre os canteiros de plantio com o auxílio de um trado e recipientes metálicos, e as amostras indeformadas (também nos canteiros) com a utilização de um amostrador de Uhland, que posteriormente foram conduzidas ao Laboratório de Hidrologia e Água do Solo da Faculdade de Engenharia Civil /UNICAMP e processadas com técnica rotineira, onde se determinou: Densidade Global (Dg), Densidade Real (Dr.), Curva Característica da Água do Solo e Análise Granulométrica. Nos ANEXOS-01 e 02

estão as Curvas Características da Água do Solo e as Curvas Granulométricas, respectivamente. Através destas curvas foram obtidos os dados de caracterização física dos solos, como: a Capacidade de Campo (CC), Ponto de Murchamento (PM), Umidade Crítica (UC), Altura de Água Disponível (AD), Reserva de água no Solo (R) e também os valores da Lâmina Hídrica Líquida (Hi) e da Lâmina Hídrica Bruta de Irrigação (Hb). Para tanto utilizou-se as fórmulas:

$$H = \frac{CC - PM}{10} * Dg * h \quad (4.2.1)$$

onde :

H = altura de água disponível, em mm;

CC = umidade do solo na capacidade de campo em relação ao peso seco (ps), em %;

PM = umidade do solo no ponto de murchamento em relação ao peso seco, em %;

Dg = densidade global do solo, em g/cm³; e,

h = profundidade efetiva do sistema radicular, em cm.

$$Hi = \frac{CC - UC}{10} * Dg * h \quad (4.2.2)$$

onde:

Hi = lâmina hídrica líquida de irrigação, em mm; e,

UC = umidade crítica do solo, em % em relação ao peso seco.

O valor da Umidade Crítica para o morango foi obtido na Curva Característica do Solo correspondente ao potencial matricial (ψ_m) de 0,5 bar, conforme recomenda **VIEIRA (1989-A)**.

A Reserva de Água no Solo foi calculada pela seguinte expressão :

$$R = H - Hi \quad (4.2.3)$$

onde:

R = reserva de água no solo, em mm.

Para efeito de cálculo da Lâmina Hídrica Bruta de irrigação, foi adotada como sendo de 70% a Eficiência de Irrigação, como cita **VIEIRA (1989-B)**, ou seja:

$$H_b = \frac{H_i}{E_i} \quad (4.2.4)$$

onde :

H_b = lâmina hídrica bruta de irrigação, em mm; e,

E_i = eficiência da irrigação, em mm.

Os valores da densidade global (D_g), densidade real (D_r), bem como a classe e a porosidade do solo, encontram-se na Tabela-03.

Com o auxílio do ANEXO-01, montou-se a Tabela-04, onde estão os valores da capacidade de campo (CC) correspondente à tensão de 0,1 bar, o ponto de murchamento (PM) correspondente à tensão de 15 bar, umidade crítica (UC) equivalente a tensão matricial crítica (Ψ_c) que, pelo que foi visto, para a cultura do morango Ψ_c é igual a 0,5 bar. Nesta tabela encontram-se também os resultados da altura de água disponível (H), da lâmina hídrica líquida (H_i), da reserva de água no solo (R), bem como da lâmina hídrica bruta de irrigação (H_b) considerando uma eficiência de irrigação de 70 %.

Tabela-03 - Dados da caracterização física dos solos

PROPR.	PROF. (cm)	D_g (g/cm ³)	D_r (g/cm ³)	Classe textural *	Porosidade (%)
1	0 a 25	0,99	2,53	F.A.A.	64,4
	0 a 50	1,00	2,54	F.A.A.	60,6
2	0 a 25	1,41	2,61	F.A.A.	46,0
	0 a 50	1,48	2,60	F.A.A.	43,1
3	0 a 25	1,02	2,53	F.A.A.	59,7
	0 a 50	1,21	2,51	F.A.A.	51,8
4	0 a 25	1,31	2,56	A.F.	48,8
	0 a 50	1,44	2,55	A.F.	43,5
5	0 a 25	1,37	2,55	F.A.	46,3
	0 a 50	1,34	2,54	F.A.	47,5

*F.A.A. = solo franco areno-argiloso; F.A.= solo franco arenoso; A.F.= areia franca

Tabela-04 - Dados da capacidade de retenção de água dos solos aproximadamente

Propr.	Prof. (cm)	CC (%)	PM (%)	UC (%)	H (mm)	Hi (mm)	R (mm)	Hb (mm)
1	0 a 25	26,44	16,26	20,39	25,2	15,0	10,2	21,4
	0 a 50	25,44	16,32	20,10	45,6	26,7	18,9	38,1
2	0 a 25	27,55	11,20	18,55	57,6	31,7	25,9	45,3
	0 a 50	27,50	11,56	18,81	118,0	64,3	53,7	91,9
3	0 a 25	30,98	16,35	21,53	37,3	24,1	13,2	34,4
	0 a 50	29,88	15,96	20,78	84,2	55,1	29,2	78,7
4	0 a 25	26,09	10,56	16,74	50,9	30,6	20,2	43,7
	0 a 50	25,42	10,86	16,73	104,8	62,6	42,3	89,4
5	0 a 25	24,33	11,92	17,35	42,5	23,9	18,6	34,2
	0 a 50	24,06	12,11	17,59	80,1	43,3	36,7	61,9

4.3 - LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO:

Após a montagem de toda a tubulação sobre o terreno a ser irrigado, efetuou-se um minucioso levantamento planialtimétrico de todas as instalações com a utilização de um teodolito. A finalidade deste levantamento foi justamente proporcionar a compreensão do traçado das instalações e a marcação dos pontos de interesse - como por exemplo: cota do nível d'água e do eixo da bomba, assim como a cota do ponto inicial e final das linhas laterais, como pode ser visto em plantas baixa no ANEXO-04. Estes dados permitiram a determinação dos desníveis geométricos de sucção (DG_{suc}) e de recalque (DG_{rec}), bem como os desníveis existentes nas linhas laterais de irrigação em aclave ($-\Delta Z$) ou em declive ($+\Delta Z$).

4.4 - AVALIAÇÃO DAS INSTALAÇÕES :

1 - A avaliação simples foi feita de acordo com metodologia descrita por MERRIAM e KELLER (1978), utilizando para tanto, um paquímetro, uma trena e uma prancheta de anotações técnicas. Com isto, realizou-se os seguintes procedimentos :

a - Medição do comprimento, diâmetro interno e natureza do material das linhas laterais, principais e tubulações de sucção, bem como o número de laterais que compõe uma posição e finalmente o número total de laterais que compõe a instalação o qual pode ser visto no ANEXO-04;

b - Verificação do número de aspersores e os diâmetros internos de seus bocais, suas marcas e modelos, como também a altura do tubo de subida (para cada linha lateral), como pode ser visto no ANEXO-03. Tais dados, serviram para compará-los com os dados de catálogo do fabricante do aspersor, permitindo dessa forma detectar possíveis erros, desgastes de peças, etc.

c - Anotação da potência do conjunto motor-bomba.

Portanto montou-se com os dados adquiridos pelo levantamento planialtimétrico e pela avaliação simples, a Tabela-05 :

Tabela-05 : Dados coletados em campo

		AVALIAÇÃO SIMPLES							PLANIALTIMETRIA		
Propr.	Lat.	na	ht ₁	D _{te}	D _{lat}	D _{princ}	L _{lat}	L _{princ}	ΔZ	DG _{rec}	DG _{sac}
1	13	7	0,46	26,48	45,80	120,44	78,00	701,00	-6,93	27,39	1,84
	14 (ramo-A)	7	0,39	26,48	45,80	120,44	78,00	12,00	-6,91	27,29	
	14 (ramo-A)	5	-	-	45,80	-	54,00	-	-6,84	-	
2	7	4	0,45	24,86	41,10	70,00	42,00	487,00	-18,33	38,05	0,81
3	20	8	0,14	21,86	41,54	70,04	90,00	462,00	-4,66	34,20	3,51
	21	8	0,14	21,86	41,54	70,04	90,00	12,00	-5,75	34,20	
4	3	9	0,48	21,36	45,70	66,65	102,00	78,00	-10,20	2,85	2,57
5	9	5	0,48	26,28	46,58	70,50	54,00	359,00	-0,31	14,46	2,42
	14	5	0,54	26,28	46,58	70,50	54,00	0,00	+2,30	14,46	

onde :

- Propr. = número (classificação) da propriedade rural;
 Lat. = número (classificação) da linha lateral de irrigação;
 na = Quantidade de aspersores montados na lateral;
 ht₁ = altura do tubo de elevação do primeiro aspersor na linha, em m;
 D_{lat} = diâmetro interno da linha lateral, em mm;
 D_{princ} = diâmetro interno da linha principal (adutora), em mm;
 D_{te} = diâmetro do tubo de elevação do aspersor, em mm;
 L_{lat} = comprimento da linha lateral, em m;
 L_{princ} = comprimento da linha principal, em m;
 +ΔZ = desnível geométrico na linha lateral em declive, em m;

- ΔZ = desnível geométrico na linha lateral em aclave, em m;
 DG_{rec} = desnível geométrico de recalque, em m; e,
 DG_{suc} = desnível geométrico de sucção, em m.

Na avaliação simples das instalações mediu-se também as pressões de operação e as vazões dos aspersores montados sobre a posição escolhida, ou seja, a posição mais hidráulicamente desfavorável, que segundo **VIEIRA (1989-B)** caracteriza-se por apresentar cotas mais elevadas em relação ao eixo da bomba, maior comprimento, maior número de aspersores ou então aquela localizada em posição mais afastada em relação ao conjunto motor-bomba. Este autor ainda comenta que, de acordo com as normas de projetos de irrigação, deve-se tolerar uma variação de vazão de no máximo 10% entre o primeiro e o último aspersor, o que corresponde a uma variação de 20% da pressão ao longo da linha.

A medição das pressões de operação (P_o) de todos os aspersores da posição em estudo foi executada com um manômetro tipo Bourdon adaptado ao um tubo pitot. Para tanto introduziu-se a ponta do pitot em um dos bocais do aspersor, posicionando o medidor lateralmente de tal forma a não bloquear totalmente o fluxo de água.

A medição da vazão dos aspersores (q) distribuídos ao longo da posição em estudo foi feita pelo método direto, ou seja, mediante a coleta d'água por meio de mangueira flexível, em coletor de capacidade de 10 litros e concomitante cronometragem do tempo de enchimento. A vazão foi obtida pela divisão do volume pela média do tempo de enchimento do recipiente (coletor) obtida em três medições.

2 - Executando-se a etapa de avaliação completa descrita por **MERRIAM et al. (1980)** na posição mais desfavorável hidráulicamente realizou-se os seguintes procedimentos:

- a - Com o auxílio de uma trena, fez-se a distribuição de uma malha de pluviômetros (coletores) providos de haste metálica para permitir a sua fixação no solo. Os coletores foram distribuídos de forma a cobrir toda área molhada e de modo que representassem parcelas iguais desta área. Sendo "b" a distância entre coletores (em metros), a primeira linha de coletores ficou afastada "b/2" metros da linha lateral. A primeira e a última linha transversal, também ficaram afastadas "b/2" metros dos

aspersor envolvidos no teste. A distância entre coletores “b” adotada foi igual a 2 metros. Estes detalhes podem ser conferidos no ANEXO-06.

- b - Cronometrou-se o tempo adotado para o teste (aproximadamente 20 min). Obs: foi adotada esta duração pois o tempo de irrigação (T_i) utilizado pelos irrigantes para a operação de cada posição também aproxima-se de 20min.
- c - Após decorrido o tempo de duração do teste, mediu-se as lâminas coletadas (h_p) pelos pluviômetros com a utilização de uma proveta graduada.
- d - Com a utilização de um anemômetro registrador colocado a 1,5 metros de altura em relação à superfície do solo, mediu-se a velocidade do vento (V_v) ocorrido durante o teste. A direção do vento também foi observada.
- e - A lâmina d'água evaporada durante a realização do teste também foi registrada mediante a colocação de um certo volume de água num recipiente, onde a diferença entre os volumes inicial e final dividido pela área da superfície de captação deste recipiente foi igual a lâmina d'água evaporada (h_{ev}).
- f - Medição da vazão dos aspersores que compreenderam a malha de coletores pelo método direto - como já descrito anteriormente.

obs.1 - O teste foi feito na linha lateral localizada na posição mais desfavorável hidráulicamente, o que pode ser visto no ANEXO-04 e com mais detalhes no ANEXO-05. Distribuiu-se a malha de coletores entre os aspersores localizados a 1/3 a 1/2 do comprimento da linha lateral, pois basicamente espera-se que nessa região a pressão de operação (P_o) aproxime-se da pressão de serviço (P_s) do aspersor (recomendada pelo fabricante).

obs.2 - Durante o teste não foi registrada a ocorrência de vazamentos, tanto na linha principal quanto na posição em funcionamento (posição avaliada).

obs.3 - Os pluviômetros utilizados foram conseguidos por doação (por parte da FABRIMAR SA - Indústria e Comércio), ou seja, um “kit” completo de pluviômetros para a avaliação de instalações de irrigação por pivô-central, mas que apesar disso, mostrou-se perfeitamente adequado à esta pesquisa. A distribuição destes pluviômetros sobre o terreno pode ser observada através da Figura-03.



Figura-03 - Distribuição dos pluviômetros sobre o terreno

Os valores das lâminas d'água (h_p) coletadas nos pluviômetros constam no ANEXO-06, onde também podem ser verificados outros detalhes como a velocidade e direção do vento (caso tenha ocorrido), lâmina evaporada (h_{ev}) (caso tenha ocorrido), tempo de realização do teste, disposição da malha de coletores em relação à posição avaliada, vazão dos aspersores que participaram do teste e o espaçamento entre coletores (b) no sentido vertical e horizontal da malha.

Para o processamento dos dados foi desenvolvido em linguagem de programação Pascal um programa computacional denominado “OVERLAP”, cujo mérito foi justamente simular os possíveis espaçamentos entre as linhas laterais de irrigação e encontrar aquele que proporcionasse a melhor distribuição de água sobre o terreno. Esta tarefa tornou-se necessária pois como já era de se esperar, observou-se em campo que o espaçamento adotado pelos agricultores, foram fixados empiricamente. Surgiu então, mais este problema: descobrir se o espaçamento entre as linhas laterais de irrigação (cl) adotado em cada instalação (pelo agricultor), era o mais apropriado.

Alimentando o programa com as lâminas coletadas em campo (h_p), iniciou-se o processo de simulação. Assim, a tarefa inicial de “OVERLAP” foi calcular a sobreposição das lâminas d’água ocorridas para cada espaçamento estudado e posteriormente encontrar os parâmetros de interesse para cada situação, baseando-se nas fórmulas citadas por **CHISTIANSEN (1942)**, **BERNARDO (1982)** e **VIEIRA (1989-B)**, ou seja :

a) precipitação média :

$$\bar{h}_p = \frac{\sum h_p}{n} \quad (4.4.1)$$

onde :

\bar{h}_p = lâmina média precipitada, em mm;

h_p = lâminas coletadas nos pluviômetros, em mm; e,

n = número total de pluviômetros, adimensional.

b) uniformidade de distribuição :

$$UD = \frac{h^*}{\bar{h}_p} \cdot 100 \quad (4.4.2)$$

onde:

UD = uniformidade de distribuição, em porcentagem;

h^* = média das 25% menores lâminas d’água aplicada, em mm; e,

\bar{h}_p = lâmina média precipitada, em mm.

c) coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), em porcentagem :

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_i [h_{p_i} - \bar{h}_p]^2}{n \cdot \bar{h}_p} \right) \cdot 100 \quad (4.4.3)$$

d) intensidade de irrigação :

$$I = \frac{\bar{q} \cdot 1000}{ea \cdot el} \quad (4.4.4)$$

onde :

I = intensidade de irrigação, em mm/h;

\bar{q} = vazão média dos aspersores envolvidos no teste, em m³/h;

ea = espaçamento entre aspersores, em m; e,

el = espaçamento simulado entre laterais, em m;

e) lâmina bruta aplicada :

$$Hb = I \cdot t d \quad (4.4.5)$$

onde:

Hb = lâmina bruta aplicada , em mm; e,

td = tempo de duração do teste, em horas

f) eficiência de irrigação (Ei), em porcentagem :

$$Ei = \frac{h^*}{Hb} \cdot 100 \quad (4.4.6)$$

Durante a avaliação completa efetuou-se também a medição do escoamento superficial da água. Através de pequenos represamentos e com a utilização de um segmento de tubo obteve-se, por medição direta, os valores do volume escoado em relação ao tempo, cuja cronometragem iniciou-se coincidindo com o princípio do teste da avaliação (teste dos pluviômetros).

Ainda em relação ao desperdício d'água, foram calculados os percentuais da vazão escoada em relação a vazão aplicada (medida) em cada propriedade durante o teste.

4.5 - ESTIMATIVA DO DESPERDÍCIO DE ÁGUA

Multiplicando-se a vazão aplicada durante o teste dos pluviômetros (Q_{princ}) pelo tempo de aplicação (t_d), chegou-se ao volume total de água aplicada. De forma análoga, multiplicando-se a vazão escoada superficialmente (Q_{esc}) por este mesmo tempo, estimou-se o volume de água escoada superficialmente. Desta maneira, para se estimar o volume total anual de água recalcada ($V_{\text{rec/ano}}$) e escoada superficialmente ($V_{\text{esc/ano}}$), apenas restava conhecer o número total anual de horas utilizadas para a irrigação ($\sum t$), o que foi feito mediante entrevista com cada agricultor das cinco propriedades estudadas.

4.6 - CONDIÇÕES HIDRÁULICAS DAS INSTALAÇÕES

4.6.1 - Verificação hidráulica :

Conforme explica VIEIRA (1997), a linha lateral de aspersão possui uma distribuição em marcha, isto é, sua vazão vai reduzindo com o comprimento, pois parte dela vai sendo derivada para cada aspersor. No trecho inicial, ou melhor, entre a linha principal e o primeiro aspersor, a vazão é igual a soma das vazões de todos os aspersores montados na linha lateral. Já no trecho final da tubulação, a vazão é igual a do último aspersor.

O cálculo da perda de carga no caso de linhas com distribuição em marcha, deve ser feito do final para o seu início - trecho por trecho conforme vai ocorrendo acréscimo de vazão. Assim a perda de carga na linha é a soma das perdas calculadas para cada trecho.

No caso de linhas de aspersão que geralmente tem um único diâmetro, os aspersores aplicam vazões iguais e estão equidistantemente espaçados. Neste caso, a maneira mais prática é calcular a perda de carga na linha lateral como se não houvessem as saídas (aspersores) e então corrigi-la com o fator "F" de Christiansen, o que compensa a distribuição em marcha. Este coeficiente citado por BARRAGÁN (1996), pode ser estimado pela seguinte expressão :

$$F = \frac{1}{1+m} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \quad (4.6.1.1)$$

onde:

- F = coeficiente de Christiansen, adimensional;
 m = expoente de velocidade da equação hidráulica utilizada para o cálculo da perda de carga (hf), que no caso é a “fórmula universal”, adimensional; e,
 N = número de aspersores equidistantemente espaçados na linha lateral;

Entretanto, por ocorrer em todas as propriedades uma grande variação da vazão e espaçamento entre os aspersores, necessitou-se realizar os cálculos de perda de carga de forma mais detalhada, ou seja, analisando-se cada trecho da lateral. Desta forma o critério de se utilizar o fator “F” para corrigir a perda de carga na linha lateral, foi totalmente desconsiderado. Este procedimento de análise (distribuição em marcha) é mais indicado para os casos de instalações de irrigação como os que foram estudados neste trabalho, por levar em consideração as particularidades de cada trecho da tubulação, o que já não ocorre no cálculo de correção pelo fator “F”, pois como já foi comentado, este procedimento de cálculo (considerando-se “F” de Christiansen) considera que as saídas da tubulação possuem a mesma vazão e que estão igualmente espaçadas entre si.

Assim, com os dados colhidos em campo iniciaram-se as análises das posições mais hidráulicamente desfavoráveis. Então, para cada trecho da tubulação que compunha estas posições, foram feitos os cálculos utilizando-se as fórmulas citadas por **BERNARDO (1982)** e por **BARRAGÁN (1996)**, ou seja :

a) A velocidade do fluxo no trecho considerado (V), em m/s :

$$V = \frac{q}{\left(\pi \times D_{\text{lat}}^2\right)/4} \quad (4.6.1.2)$$

onde :

- q = vazão do aspersor, em m³/h;
 D_{lat} = diâmetro interno da linha lateral, em m.

b) o número de Reynolds (Rey) :

$$\text{Rey} = \frac{\rho \cdot V \cdot D_{\text{lat}}}{\nu} \quad (4.6.1.3)$$

onde :

Rey = número de Reynolds, adimensional;

ν = viscosidade do líquido, em m^2/s ; e,

ρ = densidade do líquido.

c) o valor do fator de atrito (f), pela aplicação da fórmula de Colebrook-White :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log \left(\frac{e}{3,71 \times D_{\text{lat}}} + \frac{2,51}{\text{Rey} \times \sqrt{f}} \right) \quad (4.6.1.4)$$

onde :

f = coeficiente de atrito, adimensional; e,

e = rugosidade da parede do tubo = 0,06mm (PVC), em mm.

d) a perda de carga (hf) pela Fórmula Universal da perda de carga distribuída :

$$hf = f \times \frac{l}{D_{\text{lat}}} \times \frac{V^2}{2 \times g} \quad (4.6.1.5)$$

onde :

hf = perda de carga em cada trecho de tubulação, em mca;

g = aceleração da gravidade = 9,81 m/s^2 ; em m/s^2 ; e,

l = comprimento de cada trecho da lateral compreendido entre dois aspersores consecutivos, em m

Com os valores de perda de carga em cada trecho da tubulação da linha lateral, calculou-se a perda de carga total na linha lateral (hf_{lat}), em mca :

$$hf_{\text{lat}} = \sum hf$$

Então, para a linha lateral que apresentou a maior perda de carga, calculou-se a pressão no início (P_{in}), pela fórmula:

$$P_{in} = PO + \frac{3}{4} hf_{lat} \pm 0,5 \cdot \Delta Z + ht_1 \quad (4.6.1.6)$$

onde :

P_{in} = pressão no início da linha lateral que apresentou, em mca;

PO = maior pressão de operação encontrada entre os aspersores, em mca;

ΔZ = desnível geométrico na linha lateral, em m; e,

ht_1 = altura do tubo de elevação do primeiro aspersor na lateral, em m.

Assim, iniciou-se a verificação das condições hidráulicas da linha principal, pondo em prática a seguinte formulação :

a) vazão da linha principal (Q_{princ}) , em (m^3/h) :

$$\text{se } \sum q = Q_{lat}, \text{ então : } \sum Q_{lat} = Q_{pos} = Q_{princ}$$

onde :

Q_{princ} = vazão da linha principal, em m^3/h ;

Q_{pos} = vazão da posição a ser irrigada, em m^3/h ;

Q_{lat} = vazão de uma linha lateral, em m^3/h ; e,

q = vazão do aspersor, em m^3/h .

b) a velocidade do fluxo no trecho considerado (V):

$$V = \frac{Q_{princ}}{\left(\pi \times D_{princ}^2\right)/4} \quad (4.6.1.7)$$

onde :

V = velocidade do fluxo na tubulação principal, em m/s; e,

D_{princ} = diâmetro da linha lateral, em m.

c) o número de Reynolds (Rey) :

$$\text{Rey} = \frac{\rho \cdot V \cdot D_{\text{princ}}}{\nu} \quad (4.6.1.8)$$

onde :

Rey = número de Reynolds, adimensional;

ν = viscosidade do líquido, em m^2/s ; e,

ρ = densidade da água.

d) o valor do fator de atrito (f), pela aplicação da fórmula de Colebrook-Whrite :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log \left(\frac{e}{3,71 \times D_{\text{princ}}} + \frac{2,51}{\text{Rey} \times \sqrt{f}} \right) \quad (4.6.1.9)$$

onde :

f = coeficiente de atrito, adimensional; e,

e = rugosidade da parede do tubo = 0,06mm (PVC), em mm

e) perda de carga (hf):

$$hf_{\text{princ}} = f \times \frac{L_{\text{princ}}}{D_{\text{princ}}} \times \frac{V^2}{2 \times g} \quad (4.6.1.10)$$

onde :

hf_{princ} = perda de carga no linha principal , em mca; e,

L_{princ} = comprimento da linha principal (do conjunto motor-bomba até a linha lateral que apresentou a maior perda de carga) , em m.

Calculou-se, então, a altura manométrica necessária (H_{man}) , em (mca) :

$$H_{\text{man}} = DG_{\text{rec}} + DG_{\text{suc}} + hf_{\text{princ}} + Pin \quad (4.6.1.11)$$

onde :

DG_{rec} = desnível geométrico de recalque, em m; e,

Dg_{suc} = desnível geométrico de sucção, em m.

Assim, os cálculos executados nesta fase finalmente revelaram os valores de " Q_{princ} " e " H_{man} " para as cinco instalações em estudo. A grande importância de se conhecer tais parâmetros foi devido ao fato de que, somente através dos mesmos, pôde-se estimar as potências dos conjuntos motor-bomba utilizados nas propriedades.

4.6.2 - Estudo hidráulico econômico

Muitos agricultores da região de Atibaia possuem o costume de adulterar os diâmetros dos bocais de aspersores, causando grandes variações de vazão " q " e de pressão de operação " P_o ". Estas variações acabam por não respeitar as recomendações fornecidas pelo fabricante, alterando sobremaneira os valores originais de certos parâmetros de fundamental importância quanto ao aspecto hidráulico de uma instalação de irrigação, ou seja, a pressão no início da linha lateral de irrigação " P_{in} " e sua vazão " Q ", conforme explica VIEIRA (1997). Pelo fato do parâmetro " Q " relacionar-se com a determinação do coeficiente " K " da fórmula de Bresse (um dos objetivos deste estudo), fez-se necessário o estudo hidráulico econômico das instalações de irrigação, como será visto adiante.

Nesta etapa tomou-se procedimentos de cálculos análogos aos que foram utilizados na fase "*Verificação hidráulica*" vista anteriormente (exatamente a mesma formulação), porém desta vez utilizou-se de valores autênticos (dados técnicos de catálogo) de vazão " q " e pressão de operação " P_o " dos aspersores montados sobre as linhas laterais de irrigação. Obs: Os dados técnicos utilizados nestes cálculos foram extraídos do catálogo do aspersor mais representativo, isto é, cuja marca/modelo foi observada com maior frequência em cada instalação, como consta no ANEXO-03.

4.6.3 - Comparação dos resultados

Finalmente comparou-se os resultados obtidos a partir da "*Verificação hidráulica*" com os obtidos pelo "*Estudo hidráulico econômico*"

4.7 - ESTIMATIVA DO DESPÉRDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA

Com os dados da altura manométrica (H_{man}) e da vazão total (Q_{princ}) conseguidos pelo dimensionamento hidráulico a partir da vazão (q) e da pressão de operação dos aspersores (P_o) lidos em campo, iniciaram-se os cálculos para se chegar aos excedentes de consumo de energia elétrica. Assim, a primeira questão foi descobrir quais eram as potências dos conjuntos motor-bomba utilizados nas instalações.

Para se estimar a potência de uma bomba é necessário saber previamente o seu rendimento (η_b), entretanto, na região de Atibaia é muito comum a utilização de bombas antigas cujas características de funcionamento já não correspondem aos dados de catálogo do fabricante, como é o caso do rendimento. Diante deste problema e também devido ao fato de ter sido observado em campo o mau estado de conservação das plaquetas de identificação das bombas ou até mesmo a inexistência das mesmas, tomou-se a iniciativa de se estimar tais potências adotando-se três rendimentos diferentes, ou seja, $\eta_b = 60\%$, 70% e 80% .

Para o cálculo da potência mecânica necessária da bomba, utilizou-se da fórmula citada por **BERNARDO (1982)**, ou seja :

$$Pb_{nec} = \frac{\gamma \cdot Q_{princ} \cdot H_{man}}{270 \cdot \eta_b} \quad (4.7.1)$$

onde :

Pb_{nec} = potência mecânica necessária da bomba, em CV;

γ = peso específico da água, em Kg/dm^3 ;

Q_{princ} = vazão da linha principal, em m^3/h ;

H_{man} = altura manométrica, em mca; e,

η_b = rendimento da bomba (= 60% , 70% e 80%).

Para se calcular a potência mecânica necessária do motor, utilizou-se a expressão demonstrada por **VIEIRA (1989-A)**.

$$Pm_{nec} = Pb_{nec} + (10\% \text{ de } Pb_{nec}) \quad (4.7.2)$$

onde :

Pm_{nec} = potência mecânica necessária do motor, em CV.

Subtraindo-se a potência mecânica necessária do motor (calculada com os vários rendimentos) da potência mecânica do motor lida em suas plaquetas de identificação, chegou-se ao excedente de potência mecânica que vem sendo utilizado, ou seja:

$$Pm_{exc} = Pm_{lida} - Pm_{nec} \quad (4.7.3)$$

onde:

Pm_{exc} = potência mecânica excedente do motor, em CV;

Pm_{lida} = potência mecânica lida do motor (plaquetas), em CV; e,

Pm_{nec} = potência mecânica necessária do motor, em CV;

Desta forma foi possível estimar a potência elétrica excedente do motor (considerando o rendimento da bomba igual ao rendimento do motor), com o auxílio da seguinte equação :

$$Pe_{exc} = \frac{Pm_{exc} \cdot \eta_m}{0,746} \quad (4.7.4)$$

onde:

Pe_{exc} = potência elétrica excedente do motor, em Kw;

Pm_{exc} = potência mecânica excedente do motor, em CV;

η_m = rendimento do motor (60%, 70% e 80%), em decimal.

Para se chegar ao consumo de energia excedente anual de cada propriedade, apenas restou multiplicar os valores da Pe_{exc} pelo número total de horas de utilização da energia elétrica ($\sum t$) para a irrigação do morango ao longo do ano. Então, mediante entrevistas realizadas com os proprietários, conseguiu-se informações referentes à forma com que utilizam a energia elétrica, ou seja, o número de horas mensais (t) usadas para o funcionamento da estação de bombeamento ao longo de todo o ano para se irrigar o morango. De posse destes dados, pôde-se montar a Tabela-06 :

Tabela-06 - Número de horas mensais (t) de utilização da energia elétrica

	propr - 01	propr - 02	propr - 03	propr - 04	propr - 05
jan	0	0	0	0	0
fev	0	0	0	0	0
mar	372	248	186	186	248
abr	360	240	180	180	240
mai	372	155	155	155	186
jun	360	150	120	150	180
jul	372	155	124	155	155
ago	372	155	124	155	155
set	360	150	90	150	120
out	372	155	93	155	124
nov	0	0	0	0	0
dez	0	0	0	0	0
$\Sigma = t$	2940	1408	1072	1286	1408

A fim de proporcionar uma melhor compreensão quanto ao comportamento do consumo de energia elétrica ao longo do ano, com os valores da Tabela-06, montou-se a Figura-04.

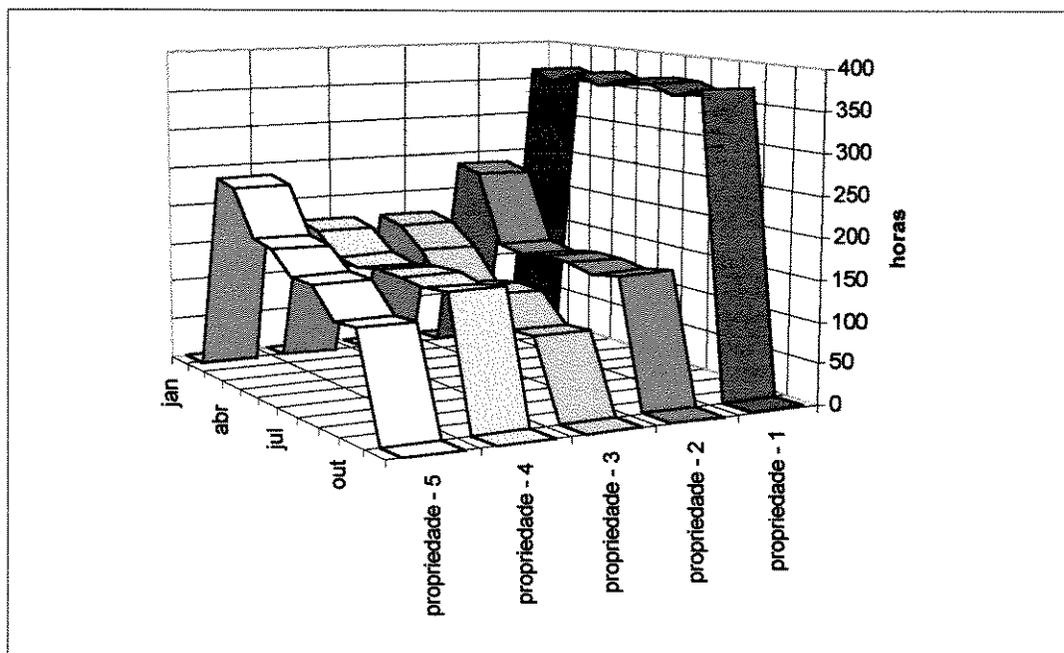


Figura-04 - Comportamento da utilização da energia elétrica ao longo do ano

Assim, encontrou-se o consumo de energia elétrica anual excedente aplicando-se a seguinte fórmula:

$$E = \text{Pot}_{\text{elétr}} \times \sum t, \text{ em Kwh} \quad (4.7.5)$$

onde :

t = número de horas mensais de utilização da irrigação, em horas; e,

E = consumo de energia anual excedente, em Kwh.

Finalmente, multiplicando-se este excedente pelo preço do “Kwh” chegou-se ao gasto desnecessário/ano, em Reais (R\$).

4.8 - OBTENÇÃO DO COEFICIENTE “K” DA FÓRMULA DE BRESSE.

Baseando-se nos cálculos do *Estudo hidráulico econômico* obteve-se o coeficiente “K” pela aplicação da equação-(3.4.11). Uma vez conhecido o valor de “K” das instalações como também o valor da vazão conduzida pela linha principal de irrigação (Q_{princ}), finalmente aplicou-se a equação-(3.4.12) o que permitiu estimar o diâmetro (D_i) da referida equação. Finalmente tomou-se um valor médio do coeficiente (\bar{K}) no intuito de torná-lo um parâmetro de referência para futuros projetos de irrigação por aspersão convencional.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 - A CAPACIDADE DE RETENÇÃO DA ÁGUA NO SOLO

Verificando a Tabela-03, cujos valores foram baseados no ANEXO-02, nota-se que apesar das classes texturais serem parecidas os solos demonstram algumas diferenças. Isto ocorreu principalmente por existir uma grande variação da forma do preparo do solo para o plantio utilizada pelos agricultores. Já pela análise da Tabela-04, verifica-se que as variações das lâminas d'água decorrem da diferença da densidade global dos solos (D_g), pois, pelo que se pode notar nas fórmulas (4.2.1), (4.2.2), (4.2.3) e (4.2.4), tais lâminas dependem direta ou indiretamente desta densidade.

Levando-se em consideração as características da cultura do morango como o consumo de água da cultura (ETR) igual a 5,0 mm/dia e profundidade de irrigação (h) igual a 15 cm mencionados por VIEIRA (1997), calculou-se para as condições da cultura as lâminas "Hi" e "Hb", bem como o turno de irrigação (Ti), cujos resultados constam na Tabela-07. O turno de irrigação (Ti) é o intervalo de tempo entre aplicações sucessivas de água numa determinada posição de irrigação.

Tabela-07 - Dados da capacidade de retenção de água dos solos: Parâmetros de irrigação

PROP.	Hi (mm)	Hb (mm)	Ti (dias) (calculado)	Ti (dias) (utilizado)
1	8,5	12,1	2	1
2	19,1	27,2	5	1
3	15,4	21,9	4	1
4	18,8	26,8	5	1
5	13,6	19,4	4	1

Verifica-se nesta tabela que para as condições de campo analisadas, o turno de irrigação poderia encontrar-se entre 2 a 5 dias, contudo, na prática os agricultores adotam aplicações de água diárias ($T_i = 1$ dia) pois acreditam que essa chuva artificial aplicada diariamente sobre a folhagem da cultura é fundamental para o seu desenvolvimento e produção. Tecnicamente nada impede que turno de irrigação (T_i) seja diário desde que esteja compatível com um correto tempo de irrigação (t_i). Porém, não foram observadas maiores preocupações, por parte dos proprietários, quanto a exatidão do tempo de irrigação (t_i) utilizado, o que caracteriza a possibilidade de existir desperdícios de água nas propriedades. Isto vai de encontro com VIEIRA (1989-C) ao comentar sobre a necessidade de um sistema de controle das aplicações de água para que a irrigação apresente bons resultados.

No caso de instalações de irrigação como as que foram aqui estudadas, seria viável a substituição dos sistema de irrigação por aspersão convencional pelo sistema de irrigação localizada dotado de mangueiras instaladas sob a cobertura plástica, o que traria grande economia de água e de energia elétrica.

5.2 - LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO :

A região de Atibaia apresenta uma topografia acidentada, e por isso é muito comum ocorrer áreas de plantio com tubulações de irrigação em grandes desníveis geométricos.

Nesta etapa fez-se a marcação de todas as cotas topográficas de interesse, ou seja, dos pontos extremos de cada linha lateral, do eixo do conjunto motor-bomba e do nível d'água, o que é demonstrado detalhadamente no ANEXO-04. Assim pôde-se traçar o leiaute das instalações, tornando possível a identificação da posição de irrigação mais desfavorável hidráulicamente. Algumas propriedades apresentaram a posição mais desfavorável composta por apenas uma linha lateral, e outras, composta por duas laterais, como foi mostrado na Tabela-05.

Os dados da Tabela-05 demonstram algumas anormalidades, principalmente no que se refere à magnitude dos desníveis geométricos das linhas laterais (ΔZ). O ideal seria que as laterais acompanhassem as curvas de nível. Entretanto, é muito comum encontrar na região de Atibaia o traçado incorreto destas curvas, ou então em alguns casos, tais curvas

podem até mesmo não existirem. A propriedade-04 é um exemplo disso, onde observou-se os canteiros de plantio construídos no sentido “morro abaixo”. Todavia, verificou-se ainda que as linhas laterais de irrigação acompanhavam paralelamente os canteiros, prejudicando a instalação no ponto de vista hidráulico. Nota-se ainda na referida tabela que a linha lateral da Propr.-04 encontra-se em aclive acentuado apresentando um valor de desnível geométrico (ΔZ) igual a 10,20 metros. As demais propriedades também apresentaram as laterais em aclives ($-\Delta Z$), porém, como ponto positivo, verificou-se a existência das curvas de nível revelando a preocupação dos proprietários em relação a sistematização do solo para o plantio. De qualquer forma estes problemas também ocorrem pela inexistência de um projeto de irrigação feito por um engenheiro irrigacionista conforme cita VIEIRA(1989-C).

A posição selecionada para a **Propr.-01** foi composta pelas linhas laterais 13 e 14, sendo a lateral-14 constituída por dois ramos. A lateral-13 formada por 7 aspersores, apresentou em seu início uma cota topográfica de 997,28 metros, e em seu final a cota de 1004,21 metros. O ramo-A da lateral-14, formado por 7 aspersores, apresentou a cota topográfica de 997,18 metros e 1004,09 metros para o início e final da linha, respectivamente, e o ramo-B (que parte do ramo-A) formado por 5 aspersor, apresentou em seu final o valor de 1004,02 metros. A cota topográfica do conjunto motor-bomba foi de 969,89 metros e do nível d'água de 968,05 metros.

A posição avaliada na **Propr.-02** foi composta apenas pela linha lateral-7, tendo 4 aspersores e cujas cotas topográfica foram de 991,17 metros e 1009,50 metros, no início e no final, respectivamente. A cota topográfica da motor-bomba foi de 953,12 metros e do nível d'água de 952,31 metros.

Na **Propr.-03** a posição selecionada foi formada pelas linhas laterais 20 e 21, tendo cada uma delas 8 aspersores. A lateral-20 apresentou as cotas topográfica de 1002,22 metros para o seu início e 1006,88 metros em seu final. A lateral-21 também apresentou uma cota topográfica inicial de 1002,22 metros, porém a final foi igual a 1007,97 metros. Finalmente, como resultado da cota topográfica do conjunto motor-bomba e do nível d'água, apresentam-se os valores de 968,02 metros e 964,51 metros, respectivamente.

A posição de irrigação estudada na **Propr.-04** constituiu-se apenas pela linha lateral-03 com 9 aspersores, apresentando ainda as cotas topográficas de 988,64 metros no início e 998,84 metros no final da linha. A cota topográfica do conjunto motor-bomba foi de 985,79 metros e do nível d'água de 983,22 metros.

A **Propr.-05**, por sua vez, apresentou a posição de irrigação de interesse constituída por duas linhas laterais, ou seja, a lateral 9 e a 14 (ambas com 5 aspersores). A linha lateral-9 apresentou as cotas topográfica de 1001,65 metros e 1001,96 metros, para o início e final da linha, respectivamente. A lateral-14 desta instalação apresentou uma particularidade, ou seja, foi a única lateral dentre todas as instalações avaliadas que se mostrou em declive, apresentando as cotas de início e final da linha iguais a 1001,65 metros e 999,35 metros, respectivamente. A cota topográfica da moto-bomba é 985,79 metros e do nível d'água igual a 983,22 metros.

5.3 - A AVALIAÇÃO SIMPLES DAS INSTALAÇÕES :

Os dados adquiridos em campo nesta fase da pesquisa podem ser observados na Tabela-05.

Toda a tubulação montada sobre a área irrigada (tubos de elevação de aspersores, tubos das linhas laterais e principais), eram do material PVC com conexão tipo roscável, exceto a linha principal da Propr.-01 que era de aço zincado com conexão tipo engate rápido. A tubulação de sucção para as cinco instalações era de aço zincado com conexão tipo flange. Uma característica comum entre todas as instalações foi a adoção do sistema permanente (fixo) de irrigação, ou seja, quando a tubulação que compõe uma certa posição de irrigação não é deslocada para compor uma próxima posição.

Em todas as instalações avaliadas, encontrou-se a predominância de aspersores da marca Agropolo não mais fabricado pela empresa, com exceção da Propr.-02 que apresentou a maioria dos aspersores da marca Top-A de metal, também fora de linha de produção. Os resultados dos testes de campo, bem como os dados de catálogo para os aspersores montados na posição selecionada podem ser analisados nas Tabelas 08, 09, 10, 11 e 12 para a propriedade 01, 02, 03, 04 e 05, respectivamente.

Tabela-08 - Valores da avaliação de campo e de catálogo medidos na Propr.-01.

Lat.-13		Campo			Catálogo			
ASP.	Bocais (mm)	Po (m)	q (m ³ /h)	Bocais (mm)	Ps (m)	q (m ³ /h)		
1	6,00	4,68	21,00	4,76	6,20	4,90	20,00	2,45
2	5,00	4,74	21,00	2,60	6,20	4,90	20,00	2,45
3	5,00	4,48	16,80	2,68	6,20	4,90	20,00	2,45
4	6,00	4,68	16,80	3,37	6,20	4,90	20,00	2,45
5	8,78	5,42	14,70	3,06	6,20	4,90	20,00	2,45
6	5,92	5,20	14,70	3,06	6,20	4,90	20,00	2,45
7	8,88	4,72	12,60	3,53	6,20	4,90	20,00	2,45
Lat.-14								
Ramo-A								
1	6,00	4,72	16,80	4,43	6,20	4,90	20,00	2,45
2	5,58	4,74	14,70	2,81	6,20	4,90	20,00	2,45
3	6,00	4,74	14,70	2,4	6,20	4,90	20,00	2,45
4	6,44	4,88	12,60	2,02	6,20	4,90	20,00	2,45
5	6,00	4,72	12,60	2,24	6,20	4,90	20,00	2,45
6	6,00	4,72	10,50	1,99	6,20	4,90	20,00	2,45
7	6,00	4,82	12,6	3,92	6,20	4,90	20,00	2,45
Lat.-14								
Ramo-B								
8	7,10	4,72	21,00	2,83	6,20	4,90	20,00	2,45
9	6,00	4,72	14,70	2,23	6,20	4,90	20,00	2,45
10	6,00	4,72	12,60	1,81	6,20	4,90	20,00	2,45
11	6,72	7,74	10,50	2,11	6,20	4,90	20,00	2,45
12	8,82	4,80	8,00	1,88	6,20	4,90	20,00	2,45

Tabela-09 - Valores da avaliação de campo e de catálogo medidos na Propr.-02.

Lat.-7		Campo			Catálogo			
ASP.	Bocais (mm)	Po (m)	q (m ³ /h)	Bocais (mm)	Ps (m)	q (m ³ /h)		
1	5,76	6,26	42,00	8,37	6,00	6,00	35,00	5,50
2	5,60	6,00	41,65	6,92	6,00	6,00	35,00	5,50
3	5,80	5,74	41,30	6,00	6,00	6,00	35,00	5,50
4	5,76	5,78	40,25	7,32	6,00	6,00	35,00	5,50

Tabela-10 - Valores da avaliação de campo e de catálogo medidos na Propr.-03.

Lat.- 20		Campo			Catálogo			
ASP.	Bocais (mm)		Po (m)	q (m ³ /h)	Bocais (mm)		Ps (m)	q (m ³ /h)
1	8,50	4,62	18,90	2,68	6,20	4,90	20,00	2,45
2	6,00	4,70	14,70	3,07	6,20	4,90	20,00	2,45
3	6,70	4,72	12,60	3,05	6,20	4,90	20,00	2,45
4	8,66	4,70	10,50	2,47	6,20	4,90	20,00	2,45
5	6,00	4,70	8,40	2,55	6,20	4,90	20,00	2,45
6	5,82	4,62	8,40	2,42	6,20	4,90	20,00	2,45
7	6,10	4,50	6,30	1,80	6,20	4,90	20,00	2,45
8	5,80	4,92	6,30	2,31	6,20	4,90	20,00	2,45

Lat.-21		Campo			Catálogo			
ASP.	Bocais (mm)		Po (m)	q (m ³ /h)	Bocais (mm)		Ps (m)	q (m ³ /h)
1	7,60	4,50	16,80	5,07	6,20	4,90	20,00	2,45
2	6,00	4,30	16,80	4,50	6,20	4,90	20,00	2,45
3	6,20	4,80	12,60	3,50	6,20	4,90	20,00	2,45
4	5,62	4,70	8,40	3,01	6,20	4,90	20,00	2,45
5	5,90	4,72	8,40	2,51	6,20	4,90	20,00	2,45
6	6,24	5,82	8,40	2,65	6,20	4,90	20,00	2,45
7	6,30	4,62	8,40	2,44	6,20	4,90	20,00	2,45
8	6,38	5,00	4,20	1,71	6,20	4,90	20,00	2,45

Tabela-11 - Valores da avaliação de campo e de catálogo medidos na Propr.-04

Lat.- 03		Campo			Catálogo			
ASP.	Bocais (mm)		Po (m)	q (m ³ /h)	Bocais (mm)		Ps (m)	q (m ³ /h)
1	7,22	4,60	33,60	5,90	6,20	4,90	20,00	2,45
2	6,08	4,60	27,30	4,53	6,20	4,90	20,00	2,45
3	6,86	4,56	23,10	4,07	6,20	4,90	20,00	2,45
4	6,40	4,80	21,00	3,60	6,20	4,90	20,00	2,45
5	5,90	4,56	16,80	3,33	6,20	4,90	20,00	2,45
6	5,96	4,64	12,60	3,05	6,20	4,90	20,00	2,45
7	7,00	4,54	10,50	3,00	6,20	4,90	20,00	2,45
8	6,28	4,80	8,40	2,65	6,20	4,90	20,00	2,45
9	6,90	4,46	6,30	2,03	6,20	4,90	20,00	2,45

Tabela-12 - Valores da avaliação de campo e de catálogo medidos na Propr.-05

Lat.- 09		Campo			Catálogo			
ASP.	Bocais (mm)		Po (m)	q (m ³ /h)	Bocais (mm)		Ps (m)	q (m ³ /h)
1	7,22	4,60	22,40	4,23	6,20	4,90	20,00	2,45
2	6,08	4,60	22,10	4,10	6,20	4,90	20,00	2,45
3	6,86	4,56	21,70	3,96	6,20	4,90	20,00	2,45
4	6,40	4,80	21,30	3,83	6,20	4,90	20,00	2,45
5	5,90	4,56	21,40	3,74	6,20	4,90	20,00	2,45

Lat.-14								
ASP.	Bocais (mm)		Po (m)	q (m ³ /h)	Bocais (mm)		Ps (m)	q (m ³ /h)
1	5,69	5,86	25,00	5,50	6,20	4,90	20,00	2,45
2	5,68	5,96	23,50	5,05	6,20	4,90	20,00	2,45
3	5,52	5,87	22,00	5,45	6,20	4,90	20,00	2,45
4	5,14	5,12	20,40	5,10	6,20	4,90	20,00	2,45
5	5,20	5,23	19,20	5,40	6,20	4,90	20,00	2,45

Em cada propriedade existe uma grande diferença no que se refere aos valores de vazão dos aspersores, sendo que apenas a Propr.-05 mostra uma variação um pouco menor. A diferença da pressão de operação destes aspersores é muito grande nas propriedades 01, 03 e 04 e um pouco menos acentuada nas propriedades 02 e 05.

Na instalação da Propr.-01, a diferença entre a maior e a menor pressão na linha lateral-13 foi de 8,4 mca, e de vazão de 2,16 m³/h. No caso da lateral-14, a situação é complexa porque ela tem dois ramos, sendo que o ramo-B parte do ramo-A entre o aspersor 03 e 04. Não é aconselhável que exista essas ramificações, pois tornam-se casos isolados dentro da instalação dificultando o dimensionamento hidráulico da mesma, bem como prejudicam a distribuição da água sobre o terreno quando colocadas em funcionamento. Contudo, com base nos dados do Tabela-08 verifica-se que no ramo-A os dados são os seguintes: variação de pressão igual a 6,3 mca e de vazão igual a 2,44 m³/h; no ramo-B foi de 13,0 mca e 1,02 m³/h. Com isso a variação de pressão na lateral-13 foi de 40,0% e de vazão 45,4%; no ramo-A da lateral-14 foi de 37,5% e 55,1% e no ramo-B igual a 61,9% e 36,1%. Para a instalação da Propr.-02, a diferença entre a maior e menor pressão na linha lateral-7 foi de 1,75 mca, e de vazão de 2,37 m³/h. Com isso a variação de pressão na linha lateral foi de 4,2% e de vazão 28,3%. Já para a Propr.-03, a diferença entre a maior e a menor pressão na linha lateral-20 foi de 12,6 mca, e de vazão igual a 1,27 m³/h, ou seja, apresentou uma variação de pressão igual a 66,7% e de vazão igual a 41,4%. Já para a linha lateral-21, foi de 12,6 mca e de vazão de 3,36 m³/h, sendo a variação de pressão igual a 75,0% e de vazão igual a 66,3%. No caso da Propr.-04 a diferença de pressão de foi de

27,3 mca, e de vazão de 3,87 m³/h, ou seja, a variação de pressão foi de 81,25% e de vazão igual a 65,6%. Finalmente constatou-se que para a Propr.-05 as diferenças de pressão e de vazão na lateral-9 foram de 1,1 mca, e 0,49 m³/h, respectivamente, o que corresponde a uma variação de pressão igual a 4,9% e de vazão igual a 11,6%. Já para a lateral-14 as diferenças foram de 5,8 mca e 0,45 m³/h, revelando as respectivas variações de 23,2% e 8,2%. Pelos dados de campo mostrados nestas tabelas, nota-se que todas as posições avaliadas estão em desacordo com os parâmetros de dimensionamento hidráulico, o que torna relevante citação de **VIEIRA (1994)** sobre os principais problemas da agricultura irrigada no Estado de São Paulo.

As variações de pressão e de vazão das posições avaliadas nas propriedades 01, 03 e 04, estão acima dos valores considerados limites. Apesar da lateral-7 da Propr.-02 como também a lateral-9 da Propr.-05 apresentarem uma variação de pressão abaixo do limite (menor que 20%), as variações de vazão nestas duas laterais não se apresentam inferiores ao limite (menor que 10%). A única linha que apresentou uma variação de vazão abaixo dos 10% foi a lateral-14, mas em contrapartida apresentou uma variação de pressão de operação acima do limite. Portanto, todas estas situações estão em desacordo com **VIEIRA (1989-B)** ao comentar sobre os valores de vazão e de pressão considerados limites, conforme as normas de projetos de irrigação.

O espaçamento padrão entre aspersores e entre linhas laterais de irrigação utilizados nas propriedades 01, 03, 04 e 05 foram de 12 x 12 metros, respectivamente, sendo que apenas na Propr.-02 adotou-se um padrão diferente, ou seja, igual a 12 x 18 metros. Baseando-se nos valores de vazão de catálogo (mostrados nas tabelas anteriores), verifica-se que :

a) - Para a Propr.-01, o espaçamento adotado proporciona uma intensidade de irrigação de 17,0 mm/h. Considerando o tempo de irrigação utilizado na propriedade igual a 20 minutos, então a lâmina aplicada (Ha) seria de 5,7 mm, o que é inferior a lâmina bruta (Hb) de 12,15 mm obtida a partir dos dados de retenção de água no solo (Tabela-07) que permitiria um turno de irrigação de 2 dias. O valor de Ha de 5,7 mm considerando uma eficiência de irrigação igual a 70%, corresponde a uma lâmina hídrica líquida (Hi) de 4,0 mm, o que não satisfaz o valor de 5,0 mm/dia previamente adotado. Nessas circunstâncias a irrigação está deficitária.

b) - O espaçamento padrão adotado na Propr.-02 proporciona uma intensidade de irrigação de 25,5 mm/h. Se for considerado o tempo de irrigação utilizado na propriedade igual a 20 minutos, então tem-se uma lâmina aplicada (H_a) de 8,5 mm, ou seja, inferior a lâmina bruta (H_b) de 27,25 mm obtida a partir dos dados de retenção de água no solo (Tabela-07) que permitiria um turno de irrigação de 5 dias. O valor de H_a de 8,5 mm considerando uma eficiência de irrigação de 70%, corresponde a uma lâmina hídrica líquida de 5,9 mm. Isto satisfaz o valor de 5,0 mm/dia previamente adotado, mostrando que nessas circunstâncias a irrigação está satisfazendo as necessidades hídricas da cultura.

c) - No caso da Propr.-03, o espaçamento adotado propicia uma intensidade de irrigação de 17,0 mm/h. Considerando o tempo de irrigação utilizado na propriedade igual a 20 minutos, tem-se a uma lâmina aplicada (H_a) de 5,7 mm, portanto, inferior a lâmina bruta (H_b) de 21,98 mm obtida a partir dos dados de retenção de água no solo (Tabela-07), que por sua vez, permitiria um turno de rega de 4 dias. O valor de H_a de 5,7 mm, considerando uma eficiência de irrigação de 70%, corresponde a uma lâmina hídrica líquida de 4,0 mm, que se mostra inferior ao consumo adotado de 5,0 mm/dia para a cultura do morango. Neste caso a irrigação também não está satisfazendo as necessidades hídricas da cultura, assim como a Propr.-01.

d) - Já para a Propr.-04, o espaçamento padrão adotado ocasiona uma intensidade de irrigação de 17,0 mm/h. Se o tempo de irrigação utilizado na propriedade for igual a 20 minutos, então significa que a lâmina aplicada (H_a) será igual de 5,7 mm, isto é, inferior a lâmina bruta (H_b) de 26,81 mm obtida a partir dos dados de retenção de água no solo (Tabela-07) que permitiria um turno de rega de 5 dias. O valor de H_a de 5,7 mm considerando uma eficiência de irrigação de 70%, corresponde a uma lâmina hídrica líquida de 4,0 mm, que se mostra inferior ao consumo adotado de 5,0 mm/dia. Neste caso a irrigação também não está satisfazendo as necessidades hídricas da cultura, assim como as propriedades 01 e 03.

e) - Finalmente o espaçamento adotado para a Propr.-05 proporciona uma intensidade de irrigação de 17,0 mm/h. Considerando o tempo de irrigação utilizado na propriedade igual a 20 minutos, tem-se a uma lâmina aplicada (H_a) de 5,7 mm, portanto, inferior a lâmina bruta (H_b) de 19,45 mm obtida a partir dos dados de retenção de água no solo (Tabela-07) que permitiria um turno de rega de 4 dias. O valor de H_a de 5,7 mm considerando a eficiência de irrigação de 70%, corresponde a uma lâmina hídrica líquida de 4,0 mm, ou seja, inferior

ao consumo previamente adotado de 5,0 mm/dia. Nestas condições a irrigação não está satisfazendo as necessidades hídricas da cultura do morango, como ocorrido nas propriedades 01, 03 e 04.

De uma forma geral, nota-se que as situações acima estão em desacordo com **DAKER (1976)** quando faz menção sobre a necessidade hídrica das culturas

Ainda em relação aos dados das tabelas 08, 09, 10, 11 e 12, notou-se grande variação de diâmetro de bocais dos aspersores em operação. Isto ocorre principalmente pela aquisição de equipamentos em épocas diferentes, devido a inexistência de projeto e da falta de preocupação quanto a importância da homogeneidade dos componentes montados sobre a linha de irrigação. Outra prática comum na região, é de cortar a ponta do bocal longo do aspersor para aumentar a sua vazão. Normalmente a área irrigada é dividida em parcelas que são cultivadas por parceiros, sendo que o proprietário fornece as condições para o cultivo do morango (inclusive a irrigação) e os parceiros (famílias) fornecem a mão de obra de plantio, tratos, colheita e processamento do produto. Dessa forma os parceiros posicionados em pontos em que a pressão hidráulica é fraca, apresentam o costume de cortar a ponta dos bocais para obterem uma maior vazão. Na safra seguinte tais aspersores provavelmente não serão posicionados nos mesmos locais, comprometendo toda a operação da instalação. Também há uma ação abrasiva desgastando a superfície interna dos bocais, o que aumenta o seu diâmetro. Isto é notado principalmente nos equipamentos mais antigos.

5.4 - AVALIAÇÃO COMPLETA DAS INSTALAÇÕES :

Os valores das lâminas d'água (h_p) coletas nos pluviômetro distribuídos na posição de irrigação mais hidraulicamente desfavorável (**ANEXO-05**), podem ser observados no **ANEXO-06**, onde também encontram-se os demais dados registrados em campo durante a realização do teste dos pluviômetros, ou seja, a velocidade do vento (caso tenha ocorrido), lâmina evaporada (h_{ev}) (caso tenha ocorrido), tempo de realização do teste, a vazão dos aspersores que participaram do teste, a direção do vento (caso tenha ocorrido), a disposição da malha de coletores em relação à posição avaliada e o espaçamento entre coletores (b) no sentido vertical e horizontal da malha.

Alimentando o programa OVERLAP com os dados que constam no ANEXO-06, iniciou-se o processo de simulação dos espaçamentos entre as linhas laterais das instalações. De acordo com a metodologia descrita, ao se executar o programa OVERLAP foram testados os espaçamentos de 12 metros e 18 metros para todos os casos. Esta operação finalmente revelou se os espaçamentos que vinham sendo utilizados pelos agricultores eram os mais adequados.

Em todas as instalações o espaçamento padrão entre as linhas laterais de irrigação (adotado empiricamente pelos agricultores) foi de 12 metros, exceto na Propr.-02 onde o espaçamento encontrado foi igual a 18 metros.

O ANEXO-07 mostra os dados de “entrada” (alimentação do programa), as lâminas sobrepostas em função do espaçamento simulado, bem como os resultados do teste (“saída do programa”). As tabelas 13, 14, 15, 16 e 17 envolvem os resultados de todos os testes, tanto para simulações de 12 metros quanto de 18 metros.

Tabela-13 : Resultados obtidos na Avaliação completa para a Propr.-01 :

<i>Espaçamento utilizado pelo agricultor :</i>					
<i>entre laterais = 12 metros</i>					
<i>entre aspersores = 12 metros</i>					
	UD (%)	CUC (%)	I (mm/h)	Ha (mm)	Ea (%)
Com simulação de 12 metros	63,82	75,29	36,11	11,44	44,60
Com simulação de 18 metros	66,10	75,13	24,07	7,62	46,19

Tabela-14 : Resultados obtidos na Avaliação completa para a Propr.-02 :

<i>Espaçamento utilizado pelo agricultor :</i>					
<i>entre laterais = 18 metros</i>					
<i>entre aspersores = 12 metros</i>					
	UD (%)	CUC (%)	I (mm/h)	Ha (mm)	Ea (%)
Com simulação de 12 metros	49,18	65,84	53,09	15,93	30,49
Com simulação de 18 metros	41,12	55,53	35,39	10,62	25,90

Tabela-15 : Resultados obtidos na Avaliação completa para a Propr.-03 :

<i>Espaçamento utilizado pelo agricultor :</i>					
<i>entre laterais = 12 metros</i>					
<i>entre aspersores = 12 metros</i>					
	UD (%)	CUC (%)	I (mm/h)	Ha (mm)	Ea (%)
Com simulação de 12 metros	56,33	69,08	27,78	8,33	36,93
Com simulação de 18 metros	50,77	65,07	18,52	5,56	33,17

Tabela-16 : Resultados obtidos na Avaliação completa para a Propr.-04 :

<i>Espaçamento utilizado pelo agricultor :</i>					
<i>entre laterais = 12 metros</i>					
<i>entre aspersores = 12 metros</i>					
	UD	CUC	I	Ha	Ea
	(%)	(%)	(mm/h)	(mm)	(%)
Com simulação de 12 metros	73,82	82,96	26,63	7,99	60,77
Com simulação de 18 metros	60,83	70,31	17,75	5,33	50,42

Tabela-17 : Resultados obtidos na Avaliação completa para a Propr.-05 :

<i>Espaçamento utilizado pelo agricultor :</i>					
<i>entre laterais = 12 metros</i>					
<i>entre aspersores = 12 metros</i>					
	UD	CUC	I	Ha	Ea
	(%)	(%)	(mm/h)	(mm)	(%)
Com simulação de 12 metros	68,26	77,03	28,92	8,68	69,53
Com simulação de 18 metros	59,97	72,88	19,28	5,78	63,71

As tabelas 13, 14, 15, 16 e 17 mostram os baixos valores (menores que 80%) do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (UD) ocorridos em todas as instalações, tanto pela utilização de um espaçamento de 12 metros quanto de 18 metros. Fato idêntico foi observado em relação ao Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), exceto a Propr.-04 que apresentou um bom valor para este parâmetro (superior a 80%), porém isto ocorreu apenas quando foi simulado um espaçamento igual a 12 metros. Quanto aos valores da eficiência de aplicação (Ea), observa-se que apenas na Propr.-05 ocorreu um valor aceitável (maior que 65%), todavia, isto somente é válido se for considerado um espaçamento entre linhas laterais igual a 12 metros (Tabela-17). Levando em consideração o que é mencionado por VIEIRA (1989-B) e por MARTÍN-BENITO et al. (1992), verifica-se que, de maneira geral, a distribuição da água em todas as instalações está deficitária.

Na Propr.-01 (Tabela-13) a intensidade de chuva aplicação (I) é excessiva (independente do espaçamento simulado), superando a capacidade de infiltração do solo e gerando problemas de escoamento superficial. Isto se agrava ainda mais se for considerada questão da cobertura dos canteiros de plantio pelas lonas plásticas que reduzem a

capacidade de infiltração do solo. Por outro lado, a intensidade de irrigação calculada na avaliação simples foi menor, isto é, 17,0 mm/h. Tal diferença decorre do fato de que o programa OVERLAP utilizado para a avaliação completa utiliza a média das vazões dos dois aspersores envolvidos na área do teste, e não a média da vazão de todos os aspersores montados sobre as linhas laterais. Isto não seria problema se a linha estivesse operando de acordo com os preceitos irrigacionistas, ou seja, com uniformidade de vazão, de bocais e de pressão de operação. Assim, mais uma vez fica evidente a precariedade das condições operacionais da instalação. Situação semelhante pôde ser observada na Propr.-02.

Ainda em relação a intensidade de irrigação, analisando os dados das tabelas 15, 16 e 17, nota-se que para as propriedades 03, 04 e 05 ao se considerar as linhas laterais trabalhando com um espaçamento igual a 12 metros, todos os valores de intensidade de irrigação (I) superaram os valores encontrados anteriormente na fase da *Avaliação simples das instalações*, ou seja, 25,0 mm/h; 17,00 mm/h e 17,00 mm/h, respectivamente. Por outro lado, o programa OVERLAP demonstrou que se nestas três propriedades fosse adotado um espaçamento entre laterais igual a 18 metros, haveria a ocorrência de valores de intensidades de irrigação (I) bem próximos aos encontrados anteriormente na etapa de *Avaliação simples das instalações*.

De uma forma geral, pode-se dizer que as condições operacionais das instalações não são ideais e que suas situações são provenientes, sobretudo, da heterogeneidade de diâmetros de bocais de aspersores, da perda de carga excessiva nas linhas laterais e da adulteração de aspersores como comenta VIEIRA (1989-B).

Como explicado anteriormente, na etapa de *Avaliação completa das instalações* mediu-se também o escoamento superficial da água ocorrido durante o teste dos pluviômetros. Os valores do volume escoado em relação ao tempo com cronometragem a partir do início do teste da avaliação (teste dos pluviômetros), podem ser analisados no Tabela-18 :

Tabela-18 : Valores de escoamento superficial de água, em litros/seg.

$t_{ac}(\text{min})$	**	Propr-01	Propr-02	Propr-03	Propr-04	Propr-05
0						
18						
19						
23					0,08	
24			0,08		-	
25			-		0,93	
26			0,64		-	
27			-		1,50*	
28			1,13		-	
29			-		1,33	
30			1,35*		-	
31	0,04		-		1,07	
32	-		1,18		-	
33	0,40		-		0,76	
34	-		0,94	0,04	-	
35	0,77		-	-	0,40	0,03
36	-		0,72	0,31	-	-
37	1,01*		-	-	-	0,16
38	-		-	0,47	-	-
39	0,98		-	-	-	0,24
40	-		-	0,55	-	-
41	0,93		-	-	-	0,31
42	-		-	0,57*	-	-
43	0,84		-	-	-	0,36
44	-		-	0,56	-	-
45	0,74		-	-	-	0,37*
46	-		-	0,52	-	-
47	-		-	-	-	0,35
48	-		-	0,43	-	-
49	-		-	-	-	0,32
valor médio da vazão escoada (Q_{esc})		0,71	0,86	0,43	0,87	0,27

 = Tempo decorrido durante o teste da avaliação completa (teste dos pluviômetros)
 = Tempo de encharcamento do solo
 = Tempo de escoamento superficial

* = Vazão máxima observada
 ** = t_{ac} = tempo acumulado – decorrido após o início da avaliação completa

A Figura-05 mostrada a seguir, permite uma melhor interpretação no que se refere ao dados da Tabela-18, ou seja, o comportamento do escoamento superficial da água :

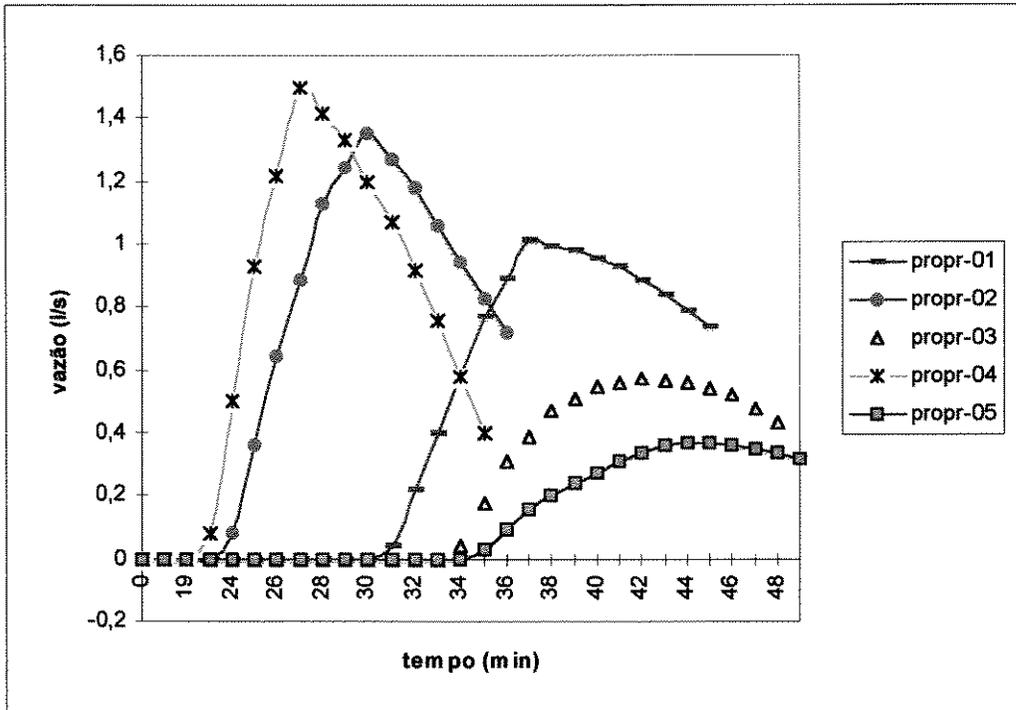


Figura-05: Comportamento do escoamento superficial da água

Esta figura demonstra o comportamento do escoamento superficial da água ao longo do tempo, com o início da cronometragem coincidindo com o princípio do teste dos pluviômetros, em cada instalação. Ao se observar esta figura, nota-se um comportamento típico em todas as instalações, ou seja, o escoamento superficial apenas começou a ocorrer após decorrido um certo tempo (tempo de encharcamento), que por sua vez, superou o tempo de realização do teste dos pluviômetros. Por exemplo: na Propr.-01 o teste dos pluviômetros terminou após decorrido 19 minutos, mas o escoamento apenas tornou-se evidente após decorrido mais 11 minutos - perfazendo um total de 30 minutos a partir do início da avaliação. A partir deste instante o volume escoado foi aumentando até atingir um valor máximo (valor de pico), decrescendo logo em seguida tendendo para zero. O escoamento das demais propriedades aconteceram de forma análoga, contudo, apesar de existir um comportamento característico, nota-se variações entre as curvas mostradas nesta figura. Estas variações foram causadas pelas diferenças existentes entre as propriedades, isto é, as características topográficas, preparo do solo (canteiros) para o plantio (em curvas de nível ou não), velocidade de infiltração da água no solo e também pela lâmina hídrica líquida de irrigação aplicada.

Mais adiante (no item: *O desperdício de água*) será mostrado o volume de água escoado superficialmente e sua representação, em termos de porcentagem, em relação ao volume de água aplicada sobre a cultura, e, por fim, serão também revelados os valores totais dos volumes de água escoados anualmente (referentes as áreas estudadas), causados pela precária irrigação praticada nas cinco propriedades.

5.5 - O DESPERDÍCIO DE ÁGUA :

Os dados que se referem a quantidade de água aplicada e escoada, constam na Tabela-19.

Tabela-19 - Quantidade de água aplicada e escoada

Propr.	Tempo de duração do teste (td)	Vazão aplicada = vazão na principal (Q_{princ})	Volume aplicado (V_{apl})	Vazão escoada (Q_{esc})	Volume escoado (V_{esc})
	(min)	(m^3/h)	(m^3)	(m^3/h)	(m^3)
01	19	53,73	17,01	2,56	0,81
02	18	28,61	8,58	3,10	0,93
03	18	45,74	13,72	1,55	0,46
04	18	32,16	9,65	3,13	0,94
05	18	46,36	13,91	0,97	0,29

Comparando-se em termos de porcentagem os volumes colocados na tabela anterior, verifica-se que o volume escoado representou **4,76%**; **10,84%**; **3,35%**; **9,74%** e **2,08%** do volume aplicado para as propriedades 01, 02, 03, 04 e 05, respectivamente.

É importante notar que os dados apresentados na Tabela-19 não levam em consideração um certo agravante para o desperdício de água, isto é, os vazamentos. Este parâmetro não foi registrado pela dificuldade de sua medição, pois, muitas vezes, o vazamento ocorre sob o solo nas junções entre os tubos que formam a linha principal enterrada. Entretanto, de uma forma geral, os vazamentos podem ocorrer praticamente em todas as partes da instalação, como na estação de bombeamento, na tubulação de recalque (enterrada ou sobre o solo), nas linhas laterais, nos acoplamentos entre o tubo de elevação e aspersores, etc.

Em relação ao consumo desnecessário de água, existe um ponto relevante. Pelo fato dos agricultores estarem desprovidos de projetos agrônômicos, desconhecem parâmetros de fundamental importância para que aconteça uma boa irrigação, como por exemplo: o tempo de irrigação (ti), o turno de irrigação (Ti), lâmina bruta de irrigação (Hb), etc, ou seja, aplicam água de forma descontrolada pronunciando os desperdícios.

Finalmente os dados relativos ao volume total anual recalcado e escoado superficialmente encontram-se na Tabela-20.

Tabela-20 - Volume total anual de água recalcada e escoada superficialmente

Propr.	t (hs/ano) *	Q _{princ} (m ³ /h)	V _{rec} /ano (m ³)	Equivalente (%)	V _{esc} /ano (m ³)
01	2940	53,73	157966,2	4,76	7519,2
02	1408	28,61	40282,9	10,84	4366,7
03	1072	45,74	49033,3	3,35	1642,6
04	1286	32,16	41357,8	9,74	4028,2
05	1408	46,36	65274,9	2,08	1357,7

* Os valores de "t" foram extraídos da Tabela-06

Pelo que esta tabela demonstra, uma grande quantidade de água não está sendo aproveitada. A utilização do turno de irrigação (Ti) de aplicações diárias de água sobre a cultura do morango, mostram o descontrole da prática da irrigação. Se não bastasse este problema, ainda existe o agravante da cobertura dos canteiros pela manta plástica que impermeabilizam o solo, bem como da disposição destes canteiros que não acompanham curvas de nível. Em alguns casos a situação foi tão crítica que tais canteiros apresentaram-se no sentido "morro abaixo" (como já comentado anteriormente) facilitando sobremaneira o escoamento superficial da água. Isto confirma menção feita por VIEIRA (1992-A) sobre as perdas de água por escoamento superficial. Comenta que estas perdas não devem existir, porém devido as características locais podem ocorrer, isto é, devido a existência da manta plástica sobre os canteiros, topografia acentuada, etc. Afirma ainda que o escoamento superficial em instalações deste tipo podem chegar a 46,7%.

5.6 - CONDIÇÕES HIDRÁULICAS DAS INSTALAÇÕES

5.6.1 - Verificação hidráulica :

De acordo com a metodologia descrita anteriormente, apresentam-se a seguir os resultados da análise da distribuição em marcha ocorrida nas laterais da posição de irrigação mais desfavorável hidráulicamente.

Tabela-21 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-01 (campo)

Lat. 14	trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)	hf _{ac} (mca)
ramo-B	12 -- 11	45,80	12	1,88	0,32	11431	0,0319	0,04	0,04
	11 -- 10	45,80	12	3,99	0,67	24261	0,0276	0,17	0,21
	10 -- 9	45,80	12	5,80	0,98	35267	0,0260	0,33	0,54
	9 -- 8	45,80	12	8,03	1,35	48826	0,0249	0,61	1,15
	8 -- x	45,80	6	10,86	1,83	66034	0,0241	0,54	1,69
ramo-A	7 -- 6	45,80	12	3,92	0,66	23835	0,0277	0,16	0,15
	6 -- 5	45,80	12	5,91	1,00	35936	0,0259	0,34	0,77
	5 -- 4	45,80	12	8,15	1,37	49556	0,0249	0,63	1,25
	4 -- x	45,80	6	10,17	1,71	61838	0,0242	0,48	3,15
	x -- 3	45,80	6	21,03	3,55	127872	0,0227	1,91	5,06
	3 -- 2	45,80	12	23,43	3,95	142465	0,0226	4,71	9,77
	2 -- 1	45,80	12	26,24	4,42	159552	0,0224	5,86	15,63
	1 -- 0	45,80	6	30,67	5,17	186488	0,0222	3,96	19,59
13	7 -- 6	45,80	12	3,53	0,60	21464	0,0282	0,13	0,12
	6 -- 5	45,80	12	6,59	1,11	40070	0,0256	0,42	0,54
	5 -- 4	45,80	12	9,65	1,63	58677	0,0244	0,86	1,41
	4 -- 3	45,80	12	13,02	2,20	79168	0,0236	1,52	2,92
	3 -- 2	45,80	12	15,70	2,65	95463	0,0232	2,17	5,10
	2 -- 1	45,80	12	18,30	3,09	111273	0,0230	2,92	8,02
	1 -- 0	45,80	6	23,06	3,89	140216	0,0226	2,28	10,30
total =				53,73				maior =	19,59

Tabela-22 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-02 (campo)

Lat.	trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)	hf _{ac} (mca)
7	4 -- 3	41,10	12	7,32	1,53	49599	0,0252	0,88	0,88
	3 -- 2	41,10	12	13,32	2,79	90254	0,0238	2,75	3,64
	2 -- 1	41,10	12	20,24	4,24	137142	0,0231	6,17	9,81
	1 -- 0	41,10	6	28,61	5,99	193856	0,0227	6,06	15,87
				28,61					15,87

Tabela-23 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-03 (campo)

Lat.	trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)	hf _{ac} (mca)
21	8 -- 7	41,54	12	1,71	0,35	11464	0,0321	0,06	0,06
	7 -- 6	41,54	12	4,15	0,85	27822	0,0273	0,29	0,35
	6 -- 5	41,54	12	6,80	1,39	45587	0,0255	0,73	1,08
	5 -- 4	41,54	12	9,31	1,91	62415	0,0246	1,32	2,40
	4 -- 3	41,54	12	12,32	2,53	82594	0,0239	2,24	4,64
	3 -- 2	41,54	12	15,82	3,24	106058	0,0235	3,64	8,28
	2 -- 1	41,54	12	20,32	4,16	136226	0,0231	5,90	14,18
	1 -- 0	41,54	6	25,39	5,20	170215	0,0228	4,55	18,72
20	8 -- 7	41,54	12	2,31	0,47	15486	0,0302	0,10	0,10
	7 -- 6	41,54	12	4,11	0,84	27554	0,0273	0,29	0,38
	6 -- 5	41,54	12	6,53	1,34	43777	0,0256	0,68	1,06
	5 -- 4	41,54	12	9,08	1,86	60873	0,0246	1,25	2,31
	4 -- 3	41,54	12	11,55	2,37	77432	0,0241	1,99	4,30
	3 -- 2	41,54	12	14,60	2,99	97879	0,0236	3,11	7,41
	2 -- 1	41,54	12	17,67	3,62	118460	0,0233	4,50	11,91
	1 -- 0	41,54	6	20,35	4,17	136427	0,0231	2,96	14,87
total = 45,74								maior = 18,72	

Tabela-24- Análise da distribuição em marcha - Propr.-04 (campo)

Lat.	trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)	hf _{ac} (mca)
3	9 -- 8	45,70	12	2,03	0,34	12370	0,0313	0,05	0,05
	8 -- 7	45,70	12	4,68	0,79	28519	0,0269	0,23	0,28
	7 -- 6	45,70	12	7,68	1,30	46800	0,0250	0,57	0,84
	6 -- 5	45,70	12	10,73	1,82	65386	0,0241	1,06	1,91
	5 -- 4	45,70	12	14,06	2,38	85679	0,0235	1,78	3,69
	4 -- 3	45,70	12	17,66	2,99	107616	0,0230	2,75	6,44
	3 -- 2	45,70	12	21,73	3,68	132418	0,0227	4,11	10,56
	2 -- 1	45,70	12	26,26	4,45	160023	0,0224	5,93	16,49
1 -- 0	45,70	6	32,16	5,45	195976	0,0222	4,41	20,89	
32,16								20,89	

Tabela-25 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-05 (campo)

Lat.	trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)	hf _{ac} (mca)
14	5 -- 4	46,58	12	5,40	0,88	32285	0,0263	0,27	0,27
	4 -- 3	46,58	12	10,50	1,71	62776	0,0241	0,93	1,19
	3 -- 2	46,58	12	15,95	2,60	95360	0,0232	2,06	3,25
	2 -- 1	46,58	12	21,00	3,42	125552	0,0227	3,49	6,75
	1 -- 0	46,58	6	26,50	4,32	158434	0,0224	2,74	9,49
9	5 -- 4	46,58	12	3,74	0,61	22360	0,0279	0,14	0,14
	4 -- 3	46,58	12	7,57	1,23	45258	0,0251	0,50	0,64
	3 -- 2	46,58	12	11,53	1,88	68934	0,0239	1,11	1,75
	2 -- 1	46,58	12	15,63	2,55	93446	0,0232	1,98	3,72
	1 -- 0	46,58	6	19,86	3,24	118736	0,0228	1,57	5,29
46,36								9,49	

A análise da distribuição em marcha mostrou em qual linha lateral de irrigação que seria baseado os cálculos de hidráulica para as linhas principais, isto é, a lateral com a maior perda de carga (como pode ser observado nestas tabelas). Baseando-se então nas laterais mais problemáticas, calculou-se preliminarmente suas pressões no início (P_{in}), como consta na Tabela-26. Desta maneira executou-se a análise hidráulica das linhas principais de irrigação, o que pode ser conferido nas tabelas 27, 28, 29, 30 e 31. Então, definidas as pressões de início das linhas laterais (P_{in}) bem como os demais parâmetros de hidráulica, finalmente chegou-se as alturas manométricas (H_{man}) necessárias em todas as instalações, o que consta na Tabela-32.

Tabela-26 - Pressão no início da linha lateral de irrigação (campo)

Propr.	Lat.	PO (mca)	hf_{sc} (mca)	ΔZ (m)	ht_1 (m)	P_{in} (mca)
01	14	21,00	19,59	(+) 6,51	0,39	39,54
02	7	42,00	15,87	(+) 18,33	0,45	63,52
03	21	16,80	18,72	(+) 5,75	0,14	33,85
04	3	33,60	20,89	(+) 10,20	0,48	54,85
05	14	25,00	9,49	(-) 2,30	0,54	31,51

Tabela-27 : Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-01 (campo)

Trecho	D_i (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)
Bomba até lateral-13	120,44	701,00	53,73	1,31	124233	0,0172	8,76
Lateral-13 até 14	120,44	12,00	30,67	0,75	71126	0,0193	0,06
			53,73				8,82

Tabela-28 : Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-02 (campo)

Trecho	D (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)
Bomba até lateral-7	70,00	487,00	28,61	2,065	113821	0,0214	32,36

Tabela-29 : Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-03 (campo)

Trecho	D (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)
Bomba até lateral-20	70,04	462,00	45,74	3,298	181867	0,0206	75,32
Lateral-20 até 21	70,04	12,00	25,39	1,831	100953	0,0217	0,63
			45,74				75,95

Tabela-30 : Resultado da análise hidráulica da linha principal - **Propr.-04** (campo)

Trecho	D (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)
Bomba até lateral-3	66,65	78,00	32,16	2,5605	134375	0,012	8,29

Tabela-31 : Resultado da análise hidráulica da linha principal - **Propr.-05** (campo)

Trecho	D (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)
Bomba até laterais-9 e 14	70,50	359,00	46,36	3,2989	183129	0,0205	57,90

Tabela-32 - Resultado das alturas manométricas (H_{man}) (campo)

Propr.	DG _{rec} (m)	DG _{suc} (m)	hf (mca)	Pin (mca)	Hman (mca)
01	27,29	1,84	8,82	39,54	77,49
02	38,05	0,81	32,36	63,52	134,74
03	34,20	3,51	75,95	33,85	147,51
04	2,85	2,57	8,29	54,85	68,56
05	14,46	2,42	57,90	31,51	106,29

Os dados da Tabela-32 representam a situação hidráulica pertinente a cada uma das cinco propriedades estudadas, isto é, suas condições reais de operação. Entretanto tais dados serão analisados adiante, no item 3.6.3 (*Comparação dos resultados*), em conjunto com os dados do *Estudo hidráulico econômico*, a seguir.

5.6.2 - Estudo hidráulico econômico

De acordo com a seqüência metodológica apresentada no capítulo anterior, constam nas próximas doze tabelas os resultados do "*Estudo hidráulico econômico*".

Tabela-33 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-01 (aspersor de catálogo)

Lat. 14	trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m³/h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)	hf _{ac} (mca)
ramo-B	12 -- 11	45,80	12	2,45	0,41	14897,2	0,0302	0,06	0,06
	11 -- 10	45,80	12	4,90	0,82	29794,4	0,0267	0,24	0,31
	10 -- 9	45,80	12	7,35	1,24	44691,6	0,0252	0,51	0,82
	9 -- 8	45,80	12	9,80	1,65	59588,8	0,0243	0,88	1,71
	8 -- x	45,80	6	12,25	2,06	74486,0	0,0238	0,67	2,39
ramo-A	7 -- 6	45,80	12	2,45	0,41	14897,2	0,0302	0,06	0,06
	6 -- 5	45,80	12	4,90	0,82	29794,39	0,0267	0,24	0,31
	5 -- 4	45,80	12	7,35	1,24	44691,6	0,0252	0,51	0,82
	4 -- x	45,80	6	9,80	1,65	59588,8	0,0243	0,44	1,27
	x -- 3	45,80	6	22,05	3,72	134074,7	0,0227	2,09	3,36
	3 -- 2	45,80	12	24,50	4,13	148971,9	0,0225	5,13	8,49
	2 -- 1	45,80	12	26,95	4,54	163869,1	0,0224	6,17	14,66
	1 -- 0	45,80	6	29,40	4,96	178766,3	0,0223	3,65	18,32
13	7 -- 6	45,80	12	2,45	0,41	14897,2	0,0302	0,06	0,06
	6 -- 5	45,80	12	4,90	0,82	29794,4	0,0267	0,24	0,31
	5 -- 4	45,80	12	7,35	1,24	44691,6	0,0252	0,51	0,82
	4 -- 3	45,80	12	9,80	1,65	59588,8	0,0243	0,44	1,27
	3 -- 2	45,80	12	12,25	2,06	74486,0	0,0238	1,35	2,62
	2 -- 1	45,80	12	14,70	2,48	89383,2	0,0234	1,91	4,53
	1 -- 0	45,80	6	17,15	2,89	104280,4	0,0231	1,28	5,81
total = 46,55								maior = 18,32	

Tabela-34 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-02 (aspersor de catálogo)

Lat.	trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m³/h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)	hf _{ac} (mca)
7	4 -- 3	41,10	12	5,50	1,15	37267	0,0262	0,52	0,52
	3 -- 2	41,10	12	11,00	2,30	74534	0,0242	1,91	2,43
	2 -- 1	41,10	12	16,50	3,45	111801	0,0234	4,16	6,58
	1 -- 0	41,10	6	22,00	4,61	149068	0,0230	3,63	10,21
22,00								10,21	

Tabela-35 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-03 (aspersor de catálogo)

Lat.	trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)	hf _{ac} (mca)
21	8 -- 7	41,54	12	2,45	0,50	16425	0,0298	0,11	0,11
	7 -- 6	41,54	12	4,90	1,00	32850	0,0266	0,40	0,51
	6 -- 5	41,54	12	7,35	1,51	49275	0,0252	0,84	1,35
	5 -- 4	41,54	12	9,80	2,01	65700	0,0244	1,45	2,80
	4 -- 3	41,54	12	12,25	2,51	82124	0,0239	2,22	5,02
	3 -- 2	41,54	12	14,70	3,01	98549	0,0236	3,15	8,17
	2 -- 1	41,54	12	17,15	3,52	114974	0,0233	4,24	12,41
	1 -- 0	41,54	6	19,60	4,02	131399	0,0231	2,74	15,15
total = 39,20									15,15
20	8 -- 7	41,54	12	2,45	0,50	16425	0,0298	0,11	0,11
	7 -- 6	41,54	12	4,90	1,00	32850	0,0266	0,40	0,51
	6 -- 5	41,54	12	7,35	1,51	49275	0,0252	0,84	1,35
	5 -- 4	41,54	12	9,80	2,01	65700	0,0244	1,45	2,80
	4 -- 3	41,54	12	12,25	2,51	82124	0,0239	2,22	5,02
	3 -- 2	41,54	12	14,70	3,01	98549	0,0236	3,15	8,17
	2 -- 1	41,54	12	17,15	3,52	114974	0,0233	4,24	12,41
	1 -- 0	41,54	6	19,60	4,02	131399	0,0231	2,74	15,15

Tabela-36 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-04 (aspersor de catálogo)

Lat.	trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)	hf _{ac} (mca)
3	9 -- 8	45,70	12	2,45	0,41	14930	0,0302	0,07	0,07
	8 -- 7	45,70	12	4,90	0,83	29860	0,0267	0,25	0,32
	7 -- 6	45,70	12	7,35	1,24	44789	0,0252	0,52	0,84
	6 -- 5	45,70	12	9,80	1,66	59719	0,0243	0,90	1,73
	5 -- 4	45,70	12	12,25	2,07	74649	0,0238	1,37	3,10
	4 -- 3	45,70	12	14,70	2,49	89579	0,0234	1,94	5,05
	3 -- 2	45,70	12	17,15	2,90	104508	0,0231	2,61	7,65
	2 -- 1	45,70	12	19,60	3,32	119438	0,0229	3,38	11,03
	1 -- 0	45,70	6	22,05	3,73	134368	0,0227	2,12	13,15
22,05									13,15

Tabela-37 - Análise da distribuição em marcha - Propr.-05 (aspersor de catálogo)

Lat.	trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)	hf _{ac} (mca)
14	5 -- 4	46,58	12	2,45	0,40	14648	0,0302	0,06	0,06
	4 -- 3	46,58	12	4,90	0,80	29295	0,0267	0,22	0,29
	3 -- 2	46,58	12	7,35	1,20	43943	0,0252	0,47	0,76
	2 -- 1	46,58	12	9,80	1,60	58591	0,0243	0,81	1,58
	1 -- 0	46,58	6	12,25	2,00	73239	0,0237	0,62	2,20
9	5 -- 4	46,58	12	2,45	0,40	14648	0,0302	0,06	0,06
	4 -- 3	46,58	12	4,90	0,80	29295	0,0267	0,22	0,29
	3 -- 2	46,58	12	7,35	1,20	43943	0,0252	0,47	0,76
	2 -- 1	46,58	12	9,80	1,60	58591	0,0243	0,81	1,58
	1 -- 0	46,58	6	12,25	2,00	73239	0,0237	0,62	2,20
24,50									2,20

Tabela-38 - Pressão no início da linha lateral de irrigação (aspersor de catálogo)

Propr.	PO (mca)	hf_{ac} (mca)	ΔZ (m)	ht₁ (m)	Pin (mca)
01	20,00	18,32	(+)6,51	0,39	37,38
02	35,00	10,21	(+)18,33	0,45	52,27
03	20,00	15,15	(+)5,75	0,14	34,38
04	20,00	13,15	(+)10,20	0,48	35,44
05	20,00	2,20	(-)2,30	0,54	21,04

Tabela-39 : Resultado da análise hidráulica da linha principal Propr.-01 (catálogo)

Trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)
Bomba até lateral-13	120,44	701,00	46,55	1,13	107635	0,0201	7,61
Lateral-13 até 14	120,44	12,00	29,40	0,72	67980	0,0215	0,06
			46,55				7,67

Tabela-40 : Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-02 (catálogo)

Trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)
Bomba até lateral-7	70,00	487,00	22,00	1,59	87524	0,0220	19,67

Tabela-41 : Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-03 (catálogo)

Trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)
Bomba até lateral-20	70,04	462,00	39,20	2,826	155863	0,0208	55,85
Lateral-20 até 21	70,04	12,00	19,60	1,413	77931	0,0223	0,39
			39,20				56,24

Tabela-42 : Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-04 (catálogo)

Trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)
Bomba até lateral-3	66,65	78,00	22,05	1,75	92132	0,022	4,04

Tabela-43 : Resultado da análise hidráulica da linha principal - Propr.-05 (catálogo)

Trecho	Di (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	Rey -	f -	hf (mca)
Bomba até laterais-9 e 14	70,50	359,00	24,50	1,74	96779	0,0217	17,12

Tabela-44 - Resultado das alturas manométricas (H_{man}) (com aspersor de catálogo)

Propr.	DG_{rec} (m)	DG_{sac} (m)	hf (mca)	Pin (mca)	Hman (mca)
01	27,29	1,84	7,67	37,38	74,18
02	38,05	0,81	19,67	52,27	110,80
03	34,20	3,51	56,24	34,38	128,33
04	2,85	2,57	4,04	35,44	44,90
05	14,46	2,42	17,12	21,04	55,04

As últimas doze tabelas mostradas refletem as condições de operação das instalações de irrigação caso seus aspersores estivessem funcionando de acordo com as especificações recomendadas pelos fabricantes. O item a seguir permite maiores comentários.

5.6.3 - Comparação dos resultados

Enfim, comparando os valores da altura manométrica (H_{man}) da Tabela-32 (baseados nas características das instalações - dados de campo) com os da Tabela-44 (baseados nos aspersores modificados - informações de catálogo), nota-se grandes diferenças. A Tabela-45, por sua vez, permite esta análise.

Tabela-45 - Valores de Altura manométrica (H_{man}), em mca.

Propr.	<i>Coluna-A</i>	<i>Coluna-B</i>	<i>Coluna-C</i>
	baseados em informações de campo	baseados em informações de catálogo	comparação (%)
01	77,49	74,18	4,5
02	134,74	110,80	21,6
03	147,51	128,33	14,9
04	68,56	44,90	52,7
05	106,29	55,04	93,1

Por estas tabelas percebe-se que os valores de H_{man} baseados em informações do catálogo foram menores em todos os casos. Verifica-se também que, em termos de porcentagem, os valores da *Coluna-A* superam os da *Coluna-B* em 4,5%; 21,6%; 14,9%; 52,7% e 93,1% (*Coluna-C*) para as propriedades 01, 02, 03, 04 e 05, respectivamente. O fato mostra que as variações de vazão e de pressão de operação observadas em campo

realmente foram prejudiciais, o que pode ser explicado pela Fórmula-(4.7.1), ou seja, quanto maior a altura manométrica, maior será a potência da bomba e também consumo de energia. Isto está de acordo com o que é explicado por VIEIRA (1997) ao afirmar que a adulteração do diâmetro dos bocais dos aspersores causam grande variação de pressão e de vazão, o que desrespeita as recomendações técnicas do fabricante e provoca desperdícios de água e de energia elétrica.

5.7 - O DESPÉRDICIO DE ENERGIA ELÉTRICA :

Como mencionado no capítulo anterior, os cálculos relativos aos desperdícios de energia elétrica partem de dois parâmetros adquiridos através das medições de campo, ou seja, a vazão total na linha principal de irrigação (Q_{princ}) e a altura manométrica (H_{man}) de cada instalação, e, por este motivo, seus valores foram colocados na Tabela-46.

Tabela-46 - Vazão total (Q_{princ}) e altura manométrica (H_{man}) :

Propr.	Q_{princ} (m ³ /h)	H_{man} (mca)
01	53,73	77,49
02	28,61	134,74
03	45,74	147,51
04	32,16	68,56
05	46,36	106,29

Pela aplicação das equações (4.7.1) e (4.7.2) pôde-se montar a Tabela-47, o que por sua vez, permite a comparação dos valores de potência mecânica lida no motor (Pm_{lida}) com os de potência mecânica necessária do motor (Pm_{nec}).

Tabela-47 - Valores da Pm_{lida} e da Pm_{nec}

Propr.	Pm_{lida} (CV)	Pm_{nec} (CV) - (calculada)		
	(lida em campo)	$\eta = 60\%$	$\eta = 70\%$	$\eta = 80\%$
	$\eta = ?$			
01	75,00	28,27	24,23	21,20
02	35,00	26,17	22,44	19,63
03	50,00	45,81	39,27	34,36
04	30,00	14,97	12,83	11,23
05	30,00	33,46	28,68	25,09

Graficamente, tem-se :

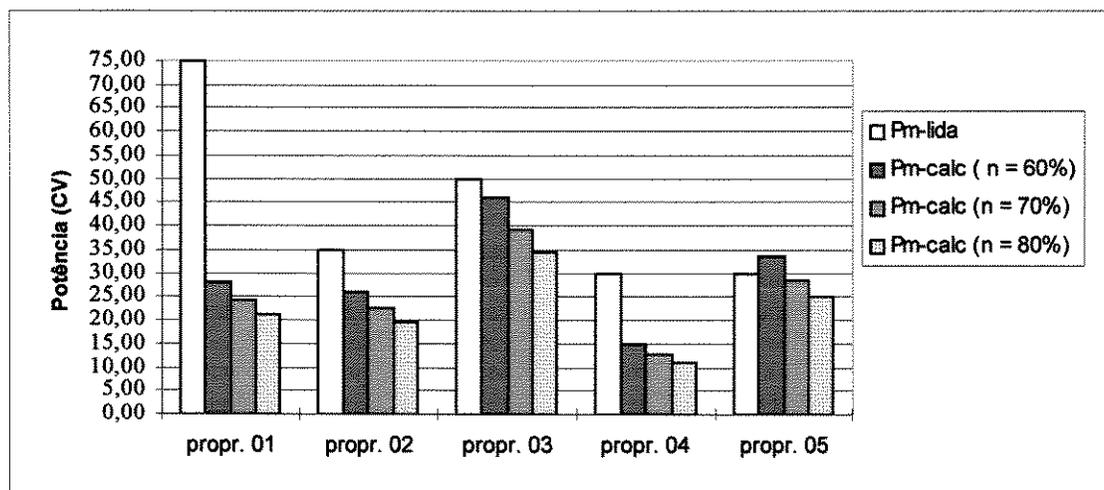


Figura-06 Comparação da potência mecânica do motor (potência lida e potências calculadas)

Como resultados das diferenças entre Pm_{lida} e Pm_{nec} apresentam-se na Tabela-48 as potências mecânicas excedentes do motor (Pm_{exc}).

Tabela-48 - Potências mecânicas excedentes do motor (Pm_{exc}), em (CV)

Propr	rendimento		
	60%	70%	80%
1	46,7	50,8	53,8
2	8,8	12,6	15,4
3	4,2	10,7	15,6
4	15,0	17,2	18,8
5	-	1,3	4,9

Como já era de se esperar, observa-se através desta figura, a superioridade do valor da potência lida em campo em relação à potência necessária (calculada), isto principalmente para as propriedades 01, 02, 03 e 04. Já para a propriedade 05 a potência lida apenas superou a calculada para os rendimentos de 70% e 80%, mostrando que o custo de implantação do conjunto motor-bomba foi, de forma geral, excessivo. Este fato torna-se muito preocupante ao se considerar a afirmação feita por **STIPLER (1956)** que ao trabalhar com instalações de irrigação por aspersão convencional em diversas culturas e diferentes condições de clima, verificou que o conjunto motor-bomba e a linha principal de irrigação, juntos, representaram quase 65% do capital necessário para a implantação do sistema.

Os excessos de potências de motores apresentados na Tabela-48 ocorrem principalmente em razão dos agricultores adquirirem equipamentos de aspersão sem disporem de projetos técnicos. Geralmente instalam conjuntos motor-bomba indicados pelos próprios vendedores de casas agropecuárias, que na grande maioria das vezes vendem equipamentos com capacidade muito superior ao que seria realmente necessária, pois é claro, querem vender o produto mais caro em decorrência de comissões de venda. Outras vezes por motivo de uma suposta “economia”, no caso de quebra de bombas ou motores, os agricultores fazem reposições de acordo com o que já possuem na fazenda. Portanto o que chamam de “economia”, na realidade representa talvez a maior causa de seus prejuízos, pois estas adaptações indevidas de equipamentos sempre geram um grande desperdício de energia.

Aplicando os valores da Tabela-48 na Equação-(4.7.4), chega-se aos resultados de potência elétrica excedente do motor (P_{exc}), o que pode ser visto na Tabela-49:

Tabela-49 - Potência elétrica excedente do motor (P_{exc}), em Kw

Propr.	rendimento		
	60%	70%	80%
1	37,56	47,67	57,69
2	7,08	11,82	16,51
3	3,38	10,04	16,73
4	12,06	16,14	20,16
5	-	1,24	5,26

Os resultados demonstrados na Tabela-49 revelam o excesso de potência elétrica do motor ocorrido em todos os casos, exceto na Propr.-05 onde ao se calcular a potência do motor considerando $\eta = 60\%$ conseguiu-se a inexistência do referido excesso.

Os excedentes de potência elétrica demonstram o mau funcionamento das instalações no que se refere à utilização da energia elétrica no meio rural. Mesmo adotando a situação que mais se aproxima do real (motores trabalhando com $\eta = 60\%$), verifica-se um grande excesso de potência elétrica, o que demonstra a validade do comentário feito por AZEVEDO (1983), ou seja, que o custo da energia passou a ter grande peso no custo de produção das culturas.

Definidos os valores da potência elétrica excedente do motor (P_{exc}), bem como o número total de horas/ano de utilização da energia elétrica (t) destinada à irrigação do morango (demonstrado no capítulo anterior pela Tabela-06), chegou-se ao consumo de energia elétrica anual excedente, em Mwh (Tabela-50). Sabendo-se que o preço do “Mwh” é aproximadamente R\$69,67 (referência: R\$1,06 = U\$1.00), então finalmente montou-se a Tabela-51 onde constam os gastos desnecessário/ano.

Tabela-50 - Consumo de energia elétrica anual excedente (MWh):

propr	t (hs/ano)	rendimento		
		60%	70%	80%
1	2940	110,43	140,15	169,61
2	1408	9,97	16,65	23,25
3	1072	3,62	10,76	17,93
4	1286	15,51	20,76	25,93
5	1408	-	1,75	7,41

Tabela-51 - Gasto desnecessário/ano (R\$) :

Propr.	rendimentos		
	60%	70%	80%
1	7693,66	9764,25	11816,73
2	694,29	1159,79	1620,02
3	252,29	749,87	1249,44
4	1080,91	1446,02	1806,32
5	0,00	121,92	516,00

O consumo de energia elétrica excedente e o gasto desnecessário/ano logo tornaram-se evidentes, o que pode ser verificado respectivamente nas últimas duas tabelas demonstradas. Somente na Propr.-05 não houve gasto desnecessário de energia, mas apenas se for considerado um motor trabalhando com $\eta = 60\%$, que é um rendimento muito baixo. Tais situações tornam-se ainda mais preocupantes ao se considerar comentário feito por AZEVEDO (1983) quando menciona que o custo da energia que passou a ter grande peso no custo de produção das culturas.

Um outro agravante para o desperdício de energia elétrica são os vazamentos de água, pois quanto maior for o vazamento maior será também o tempo de funcionamento do conjunto motor-bomba para suprir a demanda de água pela cultura.

A questão do desperdício de energia elétrica também agrava-se pela falta de projetos agrônômicos. Os motivos são os mesmos vistos anteriormente em relação ao desperdício de

água, ou seja, o desconhecimento de parâmetros de projeto tais como o tempo de irrigação (t_i), o turno de irrigação (T_i), lâmina bruta de irrigação (H_b), etc.

Como ponto positivo pôde-se observar o respeito pelo horário de pico (das 18:00 às 21:00 hs), onde o regime de trabalho (RT) adotado pelos agricultores, pelo que foi observado em todas as propriedades, termina sempre antes das 18:00 hs, concordando com o que é mostrado pelo **Manual de Orientação ao Consumidor (1988)**.

Os dados relativos ao número de horas utilizadas para a irrigação da cultura do morango (Tabela-06) foram cedidos pelos próprios agricultores, mediante entrevistas realizadas em todas as propriedades. Isto se fez necessário devido à enorme precariedade observada em relação à forma com que a Companhia Energética do Estado de São Paulo (CESP) registra a demanda de potência e o consumo de energia na zona rural. Por motivos desconhecidos, esta concessionária não realiza a leitura mensal de forma sistemática, o que pode ser provado pelo conteúdo apresentado nas contas de consumo de energia elétrica emitidas pela própria Companhia aos agricultores. O consumo de energia elétrica é calculado segundo critérios da própria CESP. É possível que esses critérios talvez não favoreçam o consumidor, e, portanto, trata-se de um tema que merece uma especial atenção e uma futura criteriosa avaliação.

5.8 - OBTENÇÃO DO COEFICIENTE “K” DA FÓRMULA DE BRESSE

Conforme o que foi explicado, com os dados calculados pelo *Estudo hidráulico econômico* das instalações, estimou-se o coeficiente de Bresse.

A Tabela-52 mostra os valores das variáveis envolvidas na aplicação da equação-(3.4.11). Já a Tabela-53 demonstra os resultados obtidos através da equação-(3.4.12) - (fórmula de Bresse), como também o valor médio do coeficiente “ \bar{K} ” e o desvio padrão correspondente.

Tabela-52 - Variáveis envolvidas na determinação do coeficiente de Bresse

Propr	f	K'	p ₁	p ₂	η
	-	-	(R\$)	(R\$)	(decimal)
01	0,0201	1,594	200,00	10,00	0,70
02	0,0220	1,744	200,00	4,00	0,70
03	0,0208	1,649	200,00	4,00	0,70
04	0,0220	1,744	200,00	4,00	0,70
05	0,0217	1,720	200,00	4,00	0,70

Tabela-53 - Coeficiente “K” da fórmula de Bresse e os diâmetro calculados

Propr.	K	V	Q		D _{princ} (calculado)
	-	(m/s)	(m ³ /h)	(m ³ /s)	(m)
01	1,203	1,13	46,55	0,0129	0,13683
02	1,423	1,59	22,00	0,0061	0,11125
03	1,410	2,83	39,20	0,0109	0,14712
04	1,423	1,75	22,05	0,0061	0,11137
05	1,420	1,74	24,50	0,0068	0,11713

$\bar{K} = 1,376$
desvio padrão = 0,0967

O valor médio do coeficiente de Bresse (\bar{K}) igual a 1,376, encontra-se no intervalo mencionado por AZEVEDO NETTO & VILLELA (1969) quando comentam que normalmente no Brasil “K” varia de 0,7 a 1,6.

É importante observar na Tabela-53 que a velocidade do fluxo (V) da Propr.-03 é excessiva por apresentar-se acima de 2,0 m/s considerado valor limite por SILVA & DUARTE (1980). O critério de se fixar o valor limite de 2,0 m/s, conforme salienta VIEIRA (1989-A) é bem realista para as condições de topografia ondulada muito comum no Brasil, e, como já comentado anteriormente, a topografia da região de Atibaia é um exemplo disso. Enfim, o valor do coeficiente “K” de Bresse estimado nesta pesquisa poderá auxiliar engenheiros irrigacionistas em futuros projetos de irrigação por aspersão convencional.

Tabela-54 - Diâmetros internos das tubulações principais (calculado x instalado)

Propr.	D_{princ} calculado (mm)	D_{princ} instalado (mm)	material
01	136,83	120,44	aço zincado
02	111,25	70,00	PVC
03	147,12	70,04	PVC
04	111,37	66,65	PVC
05	117,13	70,50	PVC

Através dos dados da Tabela-54 observa-se que, em todos os casos, os diâmetros internos das tubulações principais (D_{princ}) calculados foram maiores que os diâmetros das tubulações que vem sendo utilizadas em campo. Projetos mal elaborados provocam tais situações, o que é explicado por VIEIRA (1994) ao comentar sobre os principais problemas da agricultura irrigada no Estado de São Paulo.

6 - CONCLUSÕES

Para as condições da instalação e de acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que :

a - As instalações de irrigação por aspersão do tipo convencional fixo utilizadas na irrigação do morango não obedecem aos critérios de dimensionamento hidráulico. Portanto, operam de forma precária sob o ponto de vista hidráulico;

b - Em decorrência do tipo de manejo da cultura do morango, o método de irrigação por aspersão proporciona desperdícios de água por escoamento superficial. Este escoamento transporta sedimentos da camada fértil do solo e conduz produtos químicos utilizados para o tratamento fitossanitário da cultura, que ao atingir o manancial de água podem afetar a flora e fauna aquática;

c - Motores elétricos superdimensionados geram um desperdício de energia elétrica da ordem de 37,4% o que compromete parte do rendimento econômico da cultura;

d - Os baixos valores de uniformidade de distribuição da água são decorrentes principalmente da grande variabilidade de diâmetros de bocais dos aspersores aliados aos problemas hidráulicos observados nas cinco propriedades estudadas; e,

e - Os gastos financeiros desnecessários causados pelos desperdícios, revelam a urgente necessidade de se colocar em prática um programa de orientação aos agricultores

irrigantes, sensibilizando-os assim, quanto à importância de se racionalizar a utilização da água e da energia elétrica no meio rural.

7 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AZEVEDO NETTO, J.M., VILLELA, S.M. Manual de hidráulica. São Paulo : Edgard Bluchner, 1969. v. 1, 381p.

AZEVEDO, J.A. Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o cerrado. Brasília : EMBRAPA-CPAC, 1983. 53p. (Circular Técnica, n.16).

BARRAGÁN, J.F. Diseño hidráulico en instalaciones de riego a presión (aspersión e goteo). In : XII CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. Campinas, 1996.

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. Viçosa : Universidade Federal de Viçosa, 1982, 462p.

BRANSCHIED, V.O. e HART, W.E. Predicting fields distributions of sprinklers systems. Trans. ASAE, St Joseph, v.11, n.6, p.801-803, 808, 1968.

CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by sprinkling. Berkely : University of California, 1942. 124 p. (Bulletin n. 670).

DAKER, A. A água na agricultura : manual de hidráulica agrícola, irrigação e drenagem. Rio de Janeiro : Editora F. Bastos, 1976. v.3. 453p.

FARIA, M.A. Irrigação por aspersão tipo convencional. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.100, n.9, p.24 - 32, 1983.

GOMES, H.P. Engenharia de Irrigação. João Pessoa, : Universitária, Universidade Federal da Paraíba, 1994. 344p.

HERMANN, D.F., KOHL, R.A. Fluid dynamics of sprinkler systems. In : JENSEN, M.E. (Ed.). Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph : ASAE, 1980. p.583-618.

HERMSMEIR, L.F. Evaporation during sprinkler application in a desert climate. St. Joseph : ASAE, 1973. (Paper n.73-216).

MANUAL DE ORIENTAÇÃO AO CONSUMIDOR - CODI. Tarifas horo-sazonais azul e verde -. Rio de Janeiro, 1988, 28p.

MARTÍN-BENITO, J.M.T; GÓMEZ, M.V. e PARDO, J.L. Working Condition of sprinkler to optimize application of water. J. Irrig. Drain. Eng., v.118, n.6, p.895-913, 1992.

MERRIAM, J.L. e KELLER, J. Farm irrigation : a guide for management. Logan : Utah State University, 1978. 270p.

MERRIAM, J.L.; SHEARER, M.N. e BURT, C.M. Evaluating irrigation systems and practices. In : JENSEN, M.E. (Ed.). Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph : ASAE, 1980. p.721-760.

OLITTA, A.F.L. Os Métodos de Irrigação. São Paulo : Nobel, 1977. 300p.

PAULINO, W.D. e PEREIRA, P.M., Dimensionamento econômico de tubulação de recalque. In : VII CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 1987. 18p.

- PENTEADO FILHO, R.T. O uso da energia elétrica e os programas governamentais de irrigação. In : HERNANDES, F.B.T. Irrigação : momento atual e perspectivas. Jaboticabal : SECITAP, 1987. p.27-38.
- SILVA, A. T. e DUARTE, E.F. Irrigação: fundamentos e métodos. Rio de Janeiro : Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1980. 179p.
- SHEARER, M.N., VOMOCIL, J. Twenty-five years of modern irrigation scheduling promotional efforts. In : IRRIGATION SCHEDULING CONFERENCE, 1981, Chicago. Irrigation scheduling for water and energy conservation in the 80's. St. Joseph : ASAE, 1981. p.208-212.
- SOLOMON, K. Variability of sprinkler coefficient of uniformity : test results. Trans. ASAE, St. Joseph, v.22, n.5, p.1078-1086, 1979.
- STIPLER, H.H. Sprinkler irrigation in the Pacific Northwest. Washington : U.S. Department of Agriculture/Agricultural Research Service, 1956. 265p. (Agriculture Information Bulletin n.166).
- TELLES, D.A. Sistemas de irrigação por aspersão. São Paulo : Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, USP, 1989, v.2, 28p. (apostila).
- TELLES, D.A. Cadastro de irrigantes. 1 etapa - Unidade de gerenciamento de recursos hídricos : Bacia do Rio Piracicaba. Secretaria de Energia e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica, São Paulo, 1992. 17p.
- VIEIRA, D.B. As Técnicas de Irrigação. São Paulo : Globo SA - Coleção do Agricultor, 1989-A. 263p.
- VIEIRA, D.B. Avaliação da irrigação por aspersão. São Paulo : Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, USP, 1989-B, v.6, 14p. (apostila).

VIEIRA, D.B. Planejamento do uso das áreas irrigadas. São Paulo : Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, USP, 1989-C, v.4, 8p. (apostila).

VIEIRA, D.B.; BERTASSO, J.A.; PORTO, B.S.; PAIVA, R.A. Conservação integrada e melhoria da produtividade em irrigação. Diretoria Regional da Companhia Energética do Estado de São Paulo (CESP) - Atibaia : Trabalho em parceria CESP / Unicamp, 1992-A. 40p. (Relatório técnico).

VIEIRA, D.B.; SOLIANI, R. e RAMOS, A.S. Efeito do manejo da irrigação no dimensionamento hidráulico do pivô-central. In : CONGRESSO LATINO AMERICANO DE HIDRÁULICA, 15, Cartagena, 1992-B. Anais... v.2, p.573 -582.

VIEIRA, D.B. A irrigação pressurizada no Estado de São Paulo. Lleida : Escola Técnica Superior de Engenharia Agrária, Universidade de Lleida, 1994, 17p. (Palestra).

VIEIRA, D.B. Avaliação de Sistemas de Irrigação. Campinas : UNICAMP, 1995. 43p. (Nota técnica).

VIEIRA, D.B. Irrigação: Projeto e Técnica II. Campinas : FEC, Unicamp, 1997. (disciplina IC-419 / notação de aula).

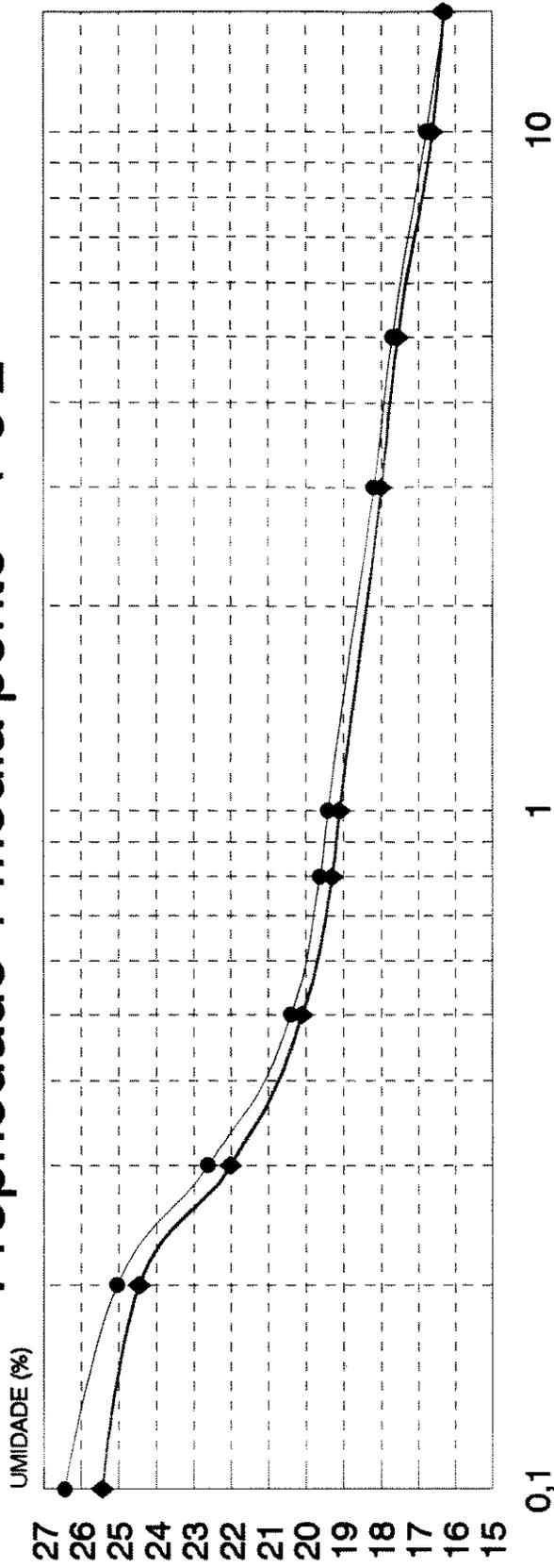
VORIES, E. e VON BERNUTH, R. Single nozzle sprinkle performance in wind. Trans. ASAE, St. Joseph, v.29, n.5, p.1325-1330, 1986.

ANEXO-01

CURVAS CARACTERÍSTICAS DA
ÁGUA NO SOLO

CURVA CARACTERÍSTICA DA ÁGUA DO SOLO

Propriedade-1 média ponto - 1 e 2



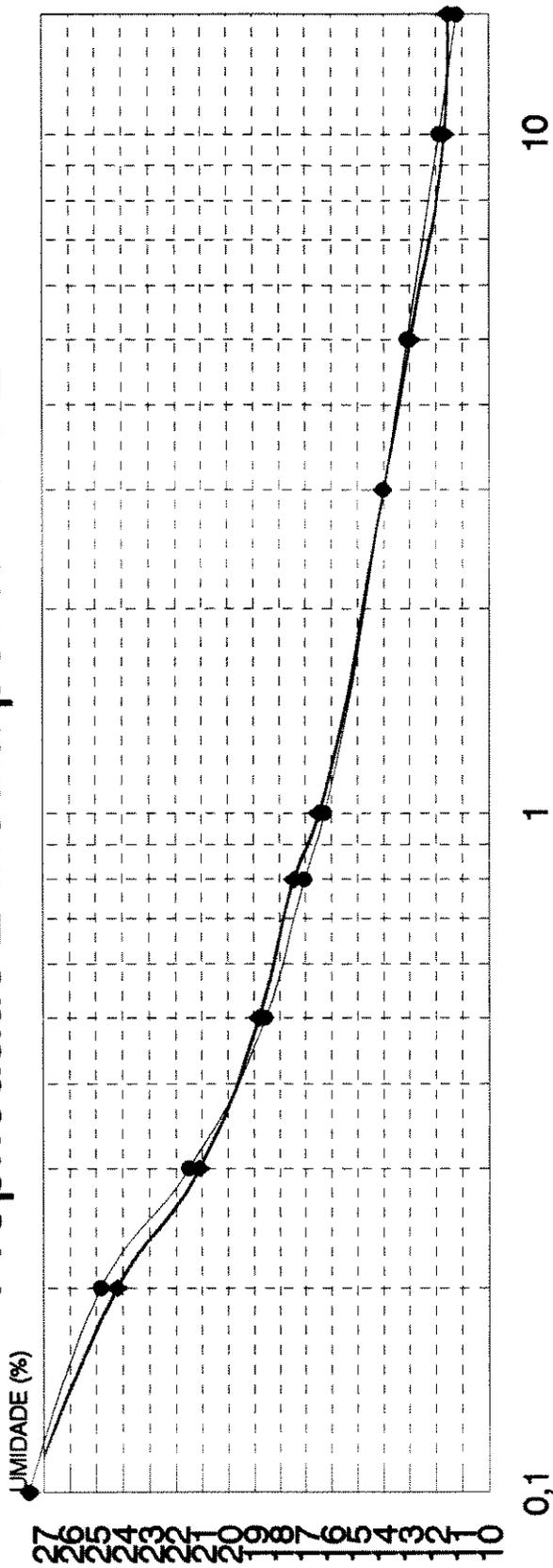
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1	3	5	10	15
0-0,25	26,44	25,04	22,63	20,39	19,62	19,41	18,2	17,7	16,78	16,26
0-0,50	25,44	24,46	22,02	20,1	19,3	19,1	18	17,56	16,62	16,32

Profundidades (m)

● 0-0,25 ◆ 0-0,50

CURVA CARACTERÍSTICA DA ÁGUA DO SOLO

Propriedade 2 média ponto - 1 e 2



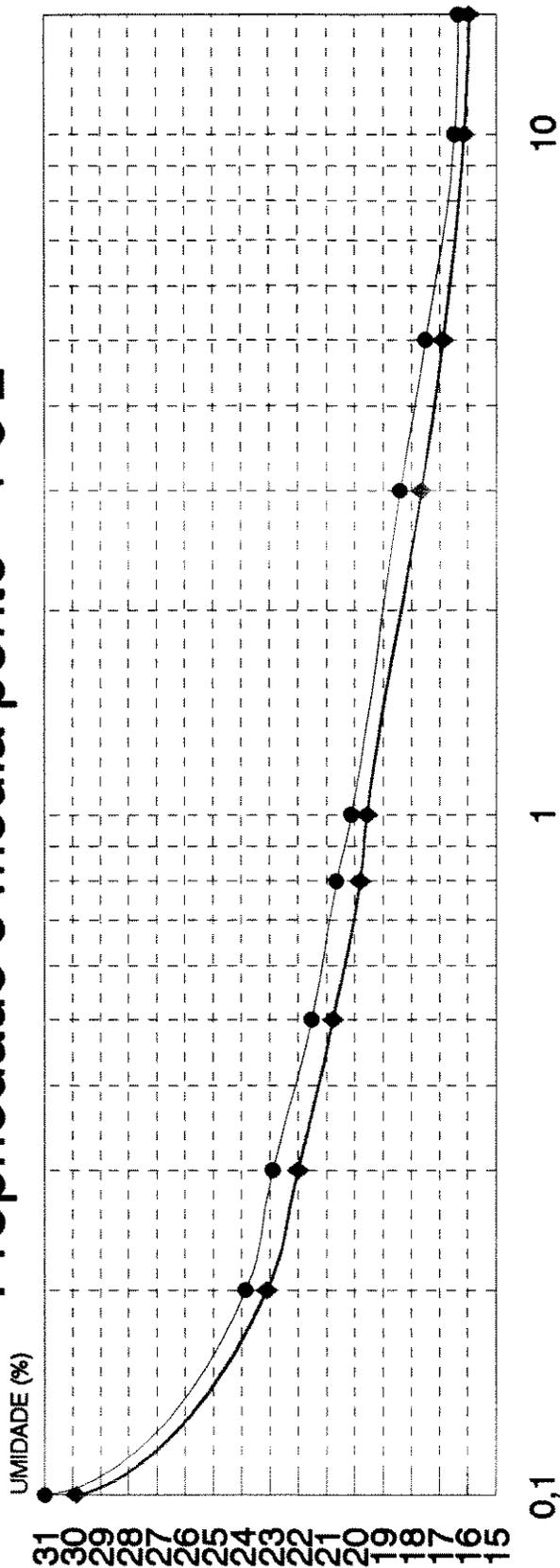
		TENSÃO (bar)										
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1	3	5	10	15	
0-0,25	27,55	24,82	21,5	18,55	17,02	16,26	14	13,1	11,89	11,2		
0-0,50	27,5	24,21	21,1	18,81	17,43	16,48	14	12,99	11,69	11,56		

Profundidades (m)

● 0-0,25 ◆ 0-0,50

CURVA CARACTERÍSTICA DA ÁGUA DO SOLO

Propriedade 3 média ponto - 1 e 2



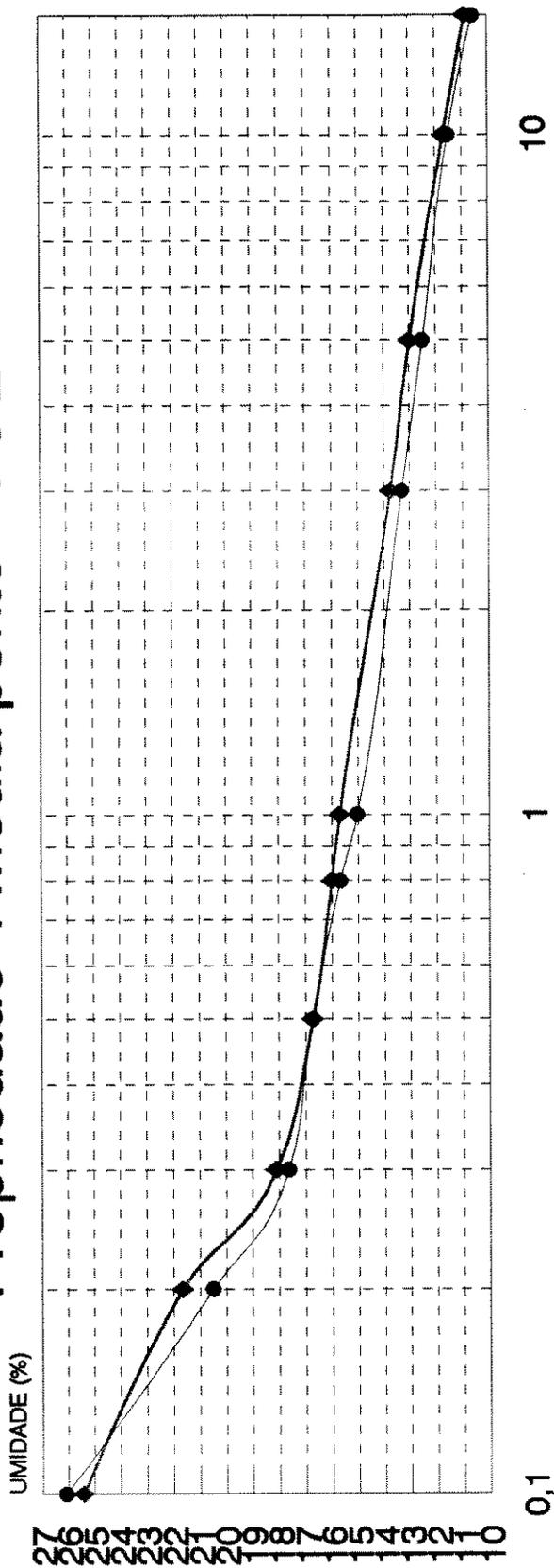
		TENSÃO (bar)									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1	3	5	10	15
0-0,25	30,98	23,85	22,89	21,53	20,63	20,12	18,4	17,5	16,47	16,35	
0-0,50	29,88	23,11	22,01	20,78	19,81	19,57	17,66	16,89	16,14	15,96	

Profundidades (m)

● 0-0,25 ◆ 0-0,50

CURVA CARACTERÍSTICA DA ÁGUA DO SOLO

Propriedade 4 média ponto - 1 e 2



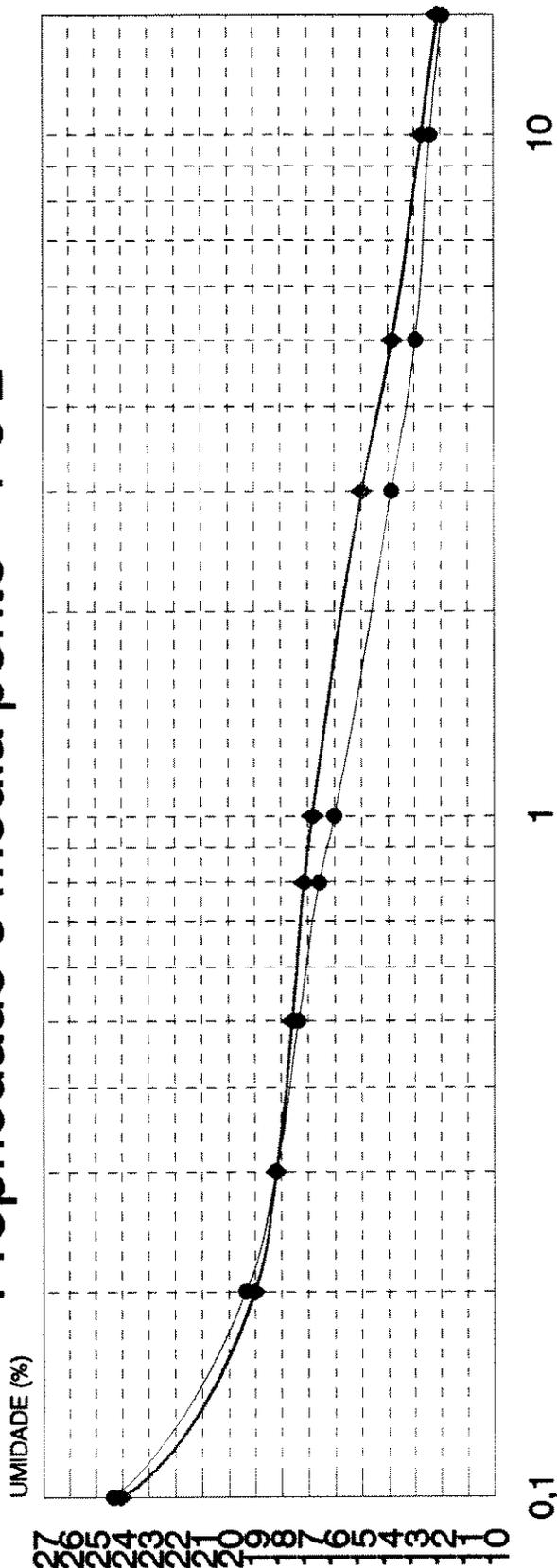
		TENSÃO (bar)									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1	3	5	10	15
0-0,25	26,09	20,49	17,64	16,74	15,67	15,03	13,3	12,5	11,52	10,56	
0-0,50	25,42	21,64	18,1	16,73	16,01	15,7	13,74	12,99	11,7	10,86	

Profundidades (m)

● 0-0,25 ◆ 0-0,50

CURVA CARACTERÍSTICA DA ÁGUA DO SOLO

Propriedade 5 média ponto - 1 e 2



		TENSAO (bar)														
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1	3	5	10	15					
0-0,25	24,33	19,35	18,2	17,35	16,58	16,01	13,87	12,96	12,4	11,92						
0-0,50	24,06	19,02	18,2	17,59	17,14	16,83	14,98	13,84	12,74	12,11						

Profundidades (m)

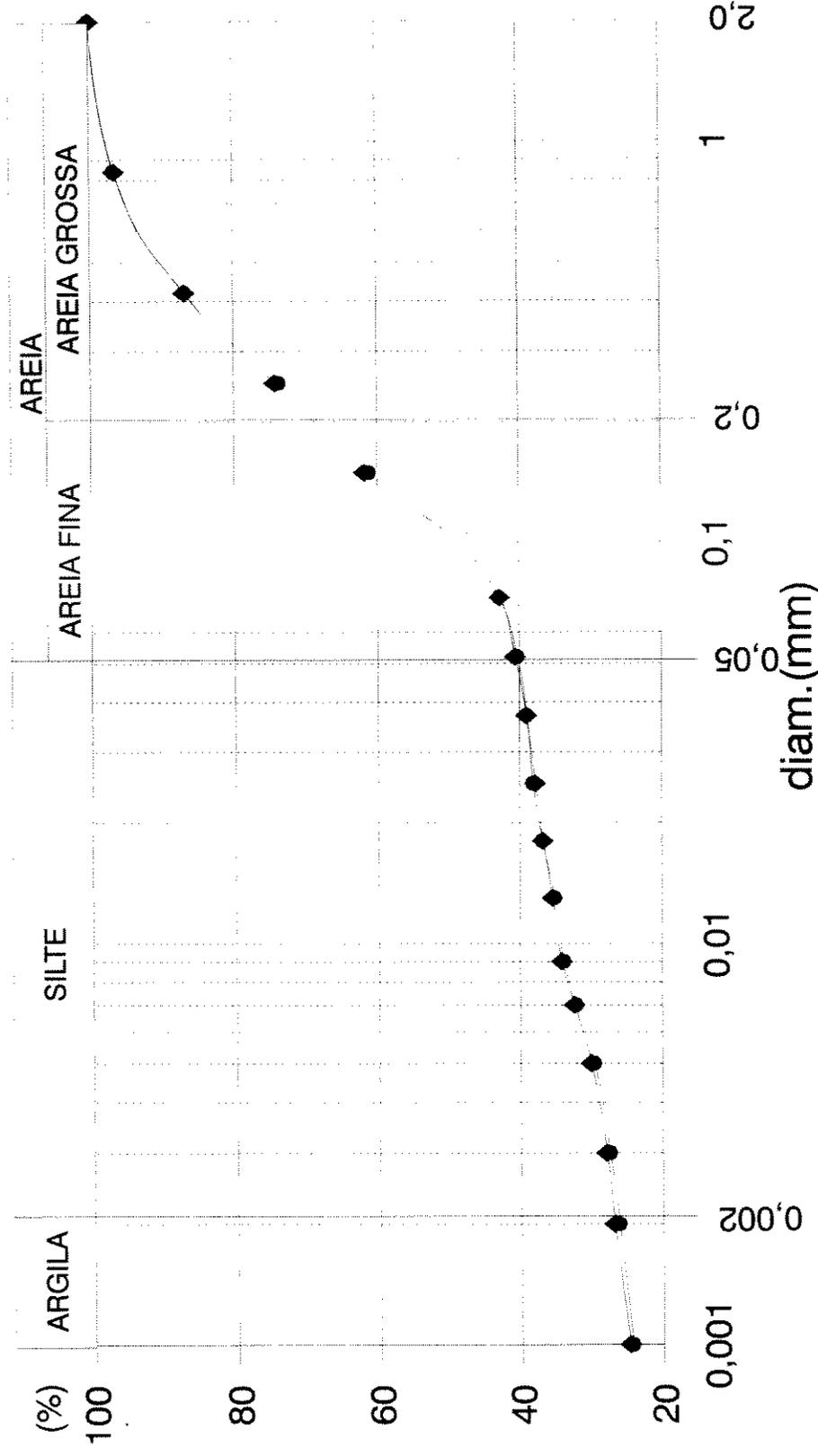
● 0-0,25 ◆ 0-0,50

ANEXO-02

CURVAS GRANULOMÉTRICAS

CURVA GRANULOMETRICA DO SOLO

Propriedade 1 média dos pontos 1 e 2

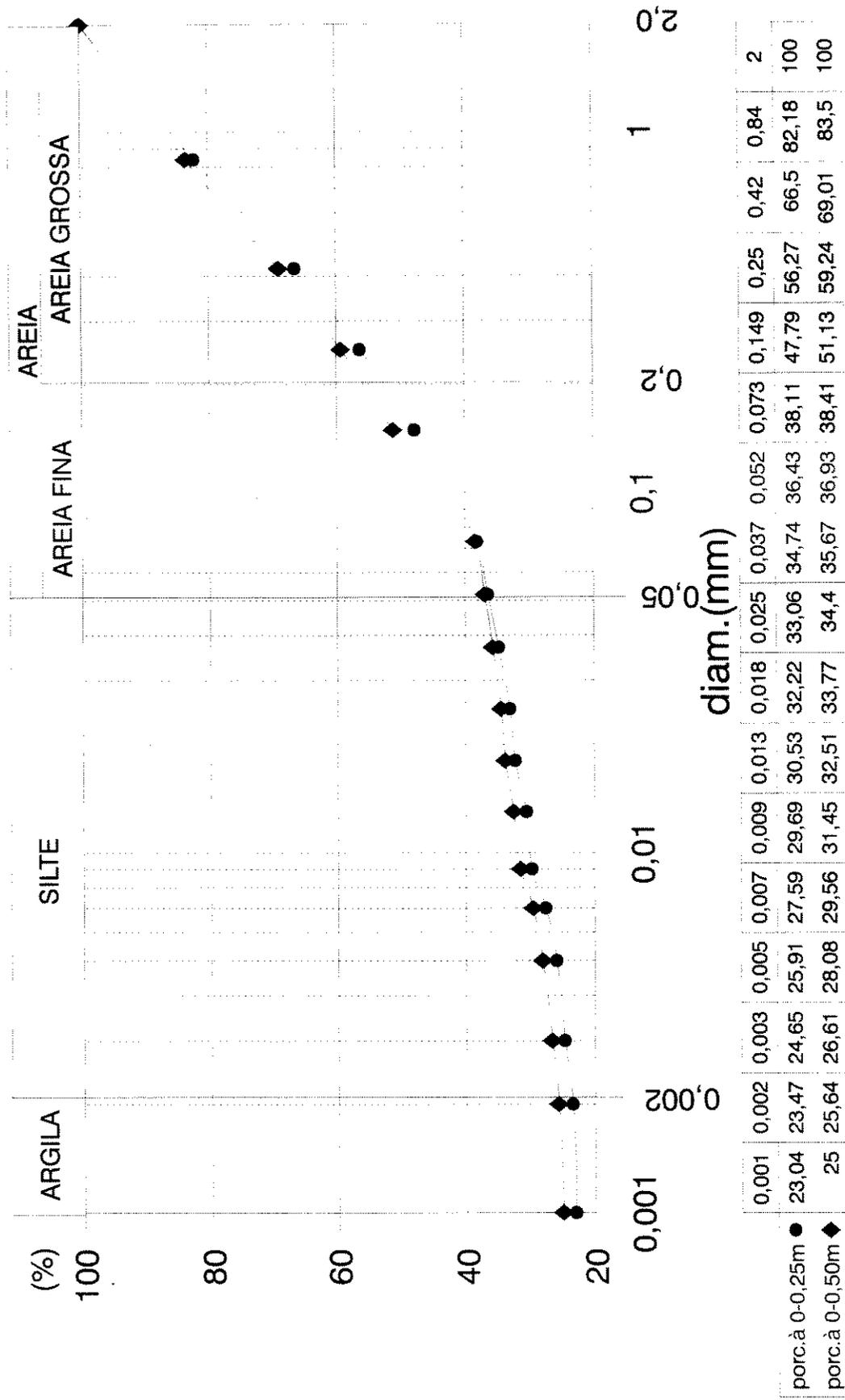


	0,001	0,002	0,003	0,005	0,007	0,009	0,013	0,018	0,025	0,037	0,052	0,073	0,149	0,25	0,42	0,84	2
porc. à 0-0,25m ●	24,29	26,09	27,38	29,52	32,1	33,81	35,09	36,81	38,1	38,96	40,26	42,83	61,15	73,68	86,76	96,58	100
porc. à 0-0,50m ◆	24,64	26,77	27,84	29,98	32,33	34,13	35,41	36,69	37,77	39,05	40,55	42,7	61,79	74,16	86,81	96,46	100

classe-USDA- franco argiloso arenoso

CURVA GRANULOMETRICA DO SOLO

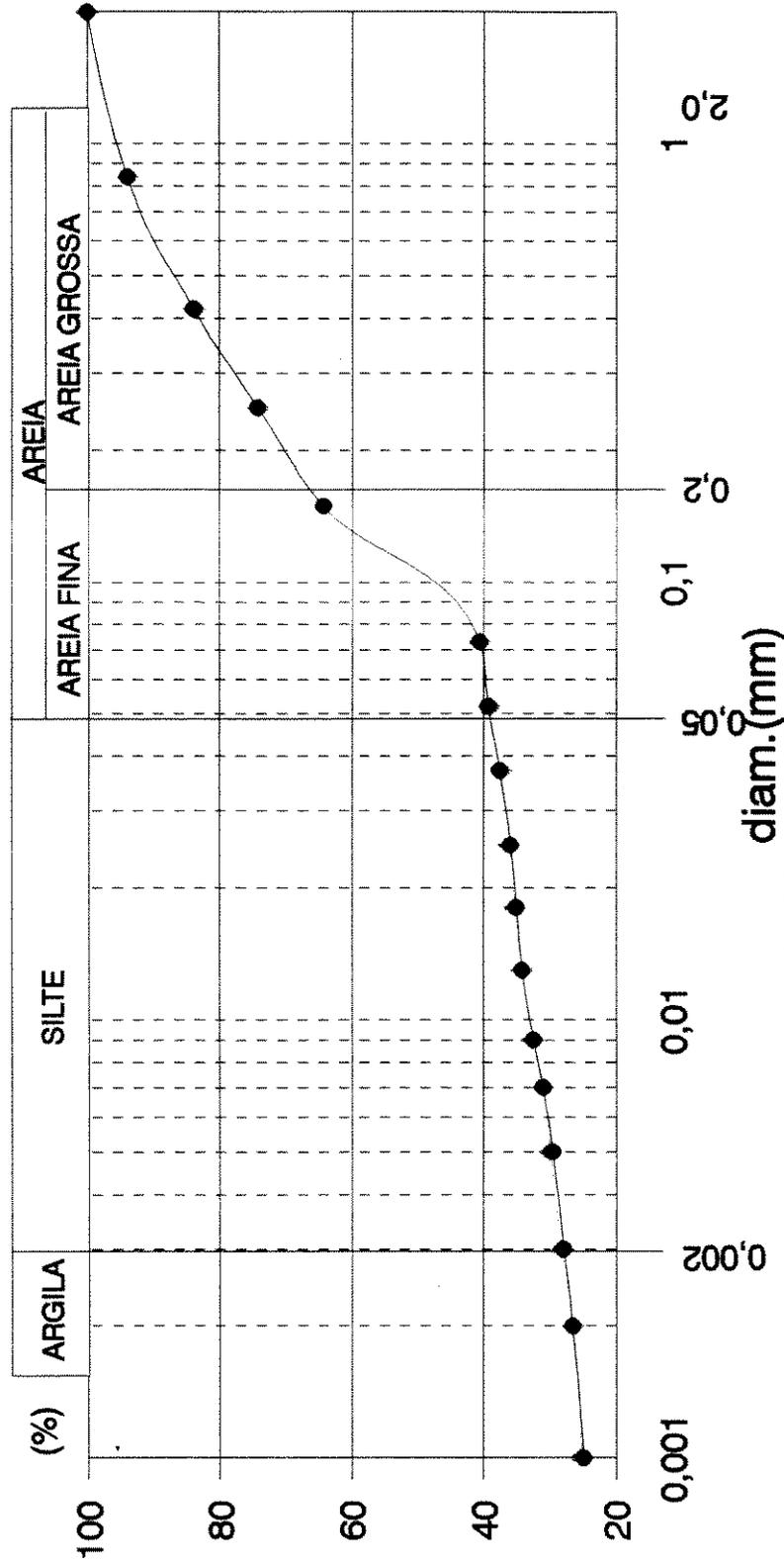
Propriedade 2 média dos pontos 1 e 2



classe-USDA- franco argiloso arenoso

CURVA GRANULOMETRICA DO SOLO

Propriedade 3 média dos pontos 1 e 2

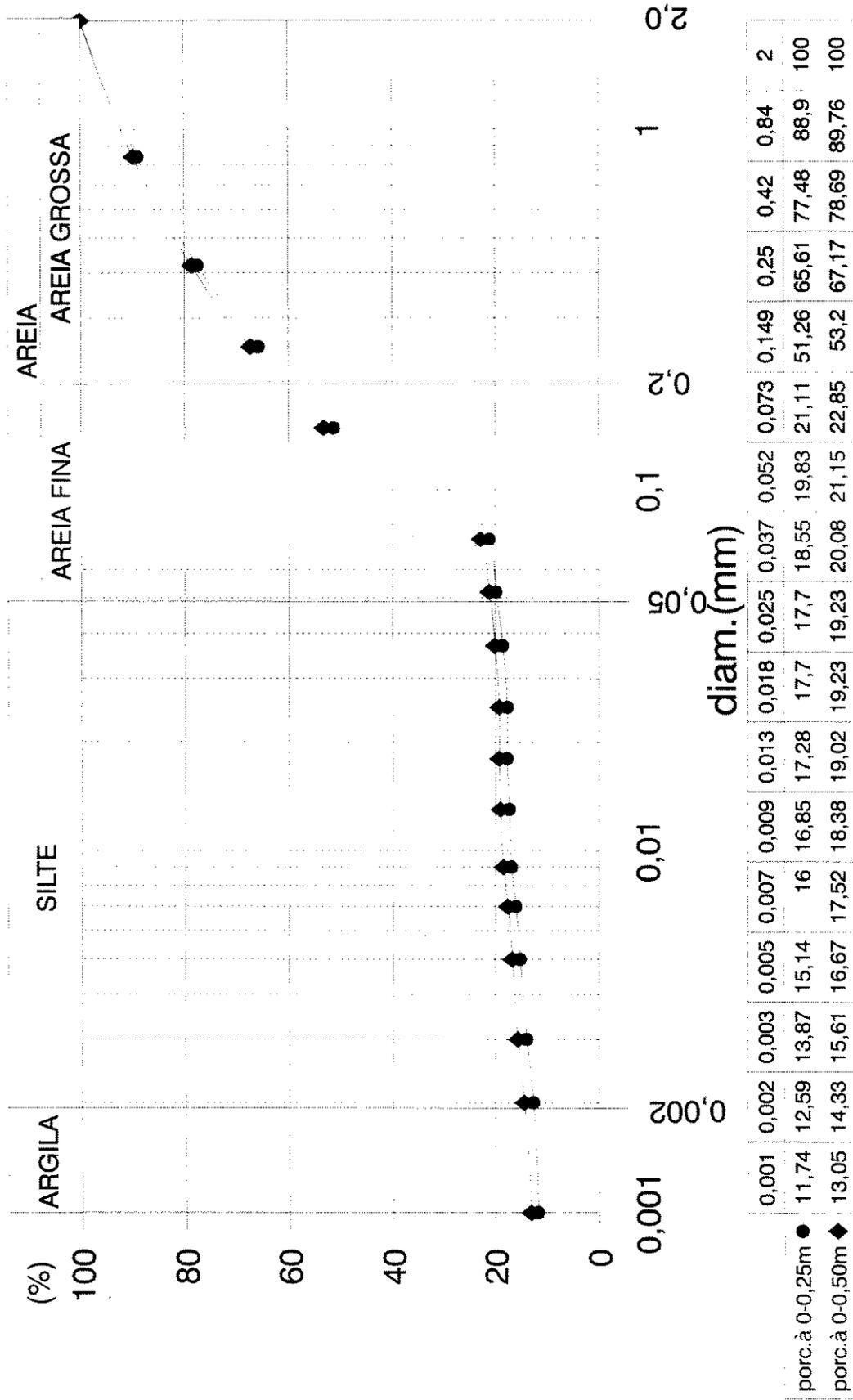


	0,001	0,002	0,003	0,005	0,007	0,009	0,013	0,018	0,025	0,037	0,052	0,073	0,149	0,25	0,42	0,84	2
porc. à 0-0,25m ●	24,84	26,56	27,84	29,56	31,02	32,48	34,2	35,05	35,91	37,63	39,35	40,65	64,42	74,31	83,88	93,99	100
porc. à 0-0,50m ◆	25,17	26,46	28,18	29,91	30,95	32,63	34,14	35,22	36,08	37,37	39,1	40,61	64,11	74,17	83,83	93,88	100

classe-USA- franco argiloso arenoso

CURVA GRANULOMETRICA DO SOLO

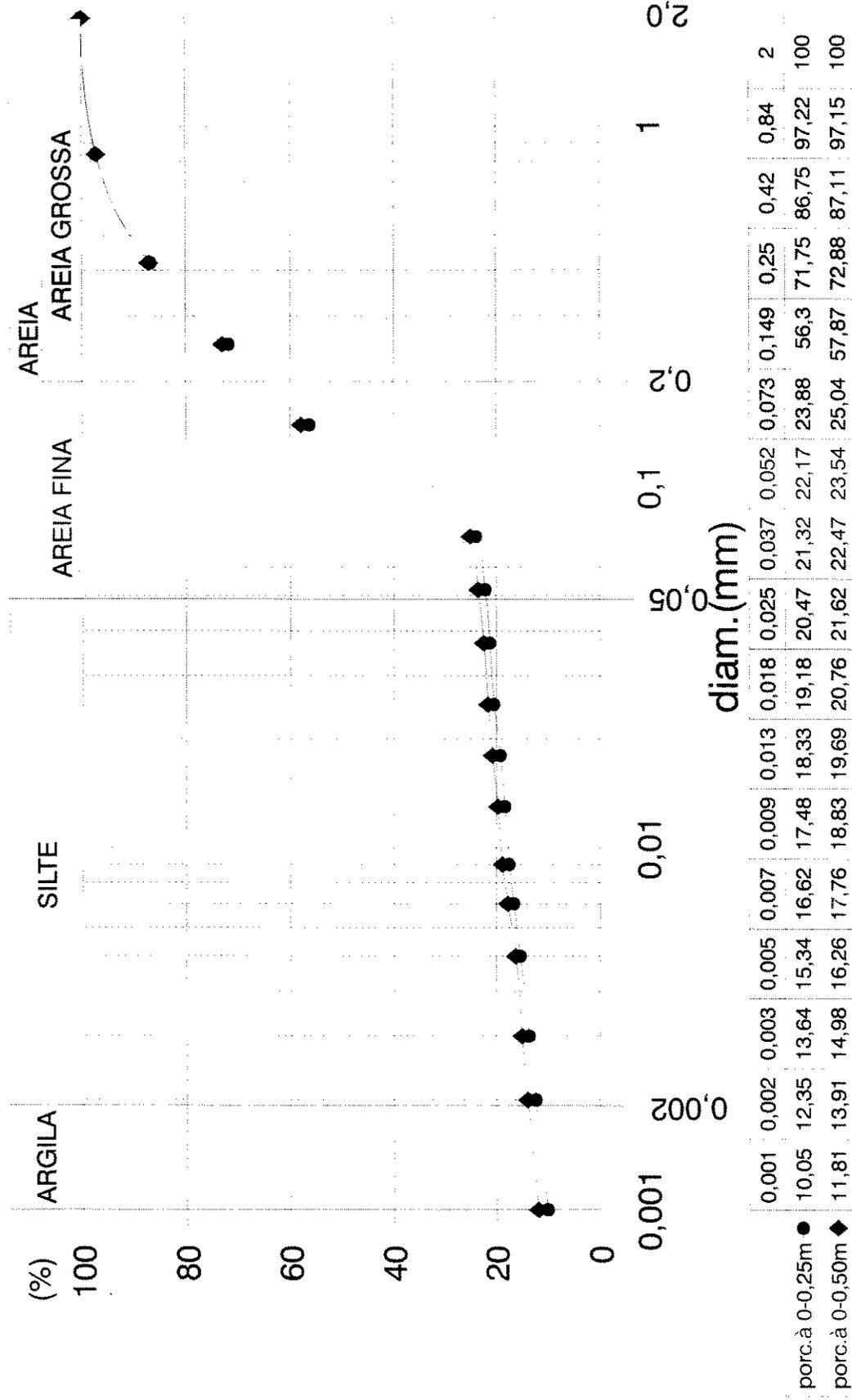
Propriedade 4 média dos pontos 1 e 2



classe- USDA- areia franca

CURVA GRANULOMETRICA DO SOLO

Propriedade 5 média dos pontos 1 e 2



classe- USDA- franco arenoso

ANEXO-03

DADOS DA AVALIAÇÃO SIMPLES

Propr.-01 :

Lat.	Asp.	d (mm)	d (mm)	marca/ modelo	alt tubo (m)	Lat.	Asp.	d (mm)	d (mm)	marca/ modelo	alt tubo (m)	
1	1	5,98	4,64	Agropolo	0,48	7	1	5,00	4,82	Agropolo	0,48	
	2	6,60	4,26	Agropolo	0,43		2	6,00	5,30	Agropolo	0,53	
	3	6,88	4,46	Agropolo	0,48		3	6,00	5,82	Agropolo	0,33	
	4	6,82	4,18	Agropolo	0,48		4	6,00	4,64	Agropolo	0,31	
	5	6,18	4,62	Agropolo	0,55		5	8,00	4,52	Agropolo	0,37	
	6	6,10	4,62	Agropolo	0,47		6	5,88	4,78	Agropolo	0,48	
	7	5,00	4,82	Agropolo	0,41		7	6,00	4,86	Agropolo	0,46	
	2	8	6,08	4,28	Agropolo	0,26	8	1	6,60	4,72	Agropolo	0,48
		9	4,92	4,76	Agropolo	0,46		2	6,18	4,84	Agropolo	0,48
		10	6,16	4,68	Agropolo	0,38		3	6,00	4,52	Agropolo	0,47
		11	7,00	4,64	Agropolo	0,54		4	6,00	4,72	Agropolo	0,52
		12	7,00	4,64	Agropolo	0,52		5	6,00	4,50	Agropolo	0,43
3	1	6,00	4,82	Agropolo	0,47	6		8,66	4,62	Agropolo	0,49	
	2	6,28	4,42	Agropolo	0,41	7		6,00	4,84	Agropolo	0,46	
	3	6,38	4,66	Agropolo	0,31	9	1	5,00	4,82	Agropolo	0,49	
	4	6,00	4,72	Agropolo	0,61		2	7,10	4,84	Agropolo	0,45	
	5	6,00	4,64	Agropolo	0,46		3	6,80	4,62	Agropolo	0,42	
	6	6,10	4,52	Agropolo	0,47		4	6,00	4,72	Agropolo	0,42	
	7	6,00	4,72	Agropolo	0,60		5	6,78	4,62	Agropolo	0,47	
4	1	8,54	4,78	Agropolo	0,57		6	6,62	4,64	Agropolo	0,34	
	2	6,00	4,58	Agropolo	0,40		7	6,76	4,72	Agropolo	0,47	
	3	5,84	4,74	Agropolo	0,48	10	1	6,52	5,20	Agropolo	0,54	
	4	5,84	4,88	Agropolo	0,53		2	8,54	4,55	Agropolo	0,64	
	5	6,88	4,54	Agropolo	0,44		3	7,74	4,82	Agropolo	0,59	
	6	5,00	4,66	Agropolo	0,48		4	5,90	4,52	Agropolo	0,35	
	7	6,00	4,82	Agropolo	0,48		5	6,00	4,64	Agropolo	0,47	
5	1	6,00	4,64	Agropolo	0,46		6	6,00	4,74	Agropolo	0,49	
	2	5,76	4,80	Agropolo	0,35		7	6,00	4,86	Agropolo	0,42	
	3	5,78	4,18	Agropolo	0,47	11	1	6,82	5,92	Agropolo	0,25	
	4	8,84	4,66	Agropolo	0,45		2	5,72	5,20	Agropolo	0,30	
	5	6,00	4,72	Agropolo	0,57		3	6,00	4,74	Agropolo	0,35	
	6	5,00	5,30	Agropolo	0,43		4	6,00	4,72	Agropolo	0,49	
	7	6,00	4,74	Agropolo	0,59		5	8,54	4,72	Agropolo	0,49	
6	1	8,72	4,80	Agropolo	0,33		6	6,30	4,72	Agropolo	0,48	
	2	5,00	4,70	Agropolo	0,40		7	6,00	4,72	Agropolo	0,46	
	3	5,62	4,52	Agropolo	0,46	12	1	5,84	4,72	Agropolo	0,49	
	4	5,42	4,72	Agropolo	0,42		2	6,00	4,82	Agropolo	0,49	
	5	6,00	4,84	Agropolo	0,37		3	6,00	5,75	Agropolo	0,50	
	6	6,00	4,78	Agropolo	0,37		4	6,03	4,92	Agropolo	0,50	
	7	7,90	5,10	Agropolo	0,50		5	5,75	5,42	Agropolo	0,50	
7	1	7,00	4,72	Agropolo	0,37		6	5,70	5,21	Agropolo	0,49	
	2	6,00	4,50	Agropolo	0,31		7	6,00	5,00	Agropolo	0,48	
	3	6,00	4,68	Agropolo	0,48	13	1	6,00	4,68	Agropolo	0,46	
	4	5,88	4,28	Agropolo	0,46		2	5,00	4,74	Agropolo	0,44	
	5	6,44	4,42	Agropolo	0,60		3	5,00	4,48	Agropolo	0,28	
	6	5,62	4,86	Agropolo	0,38		4	6,00	4,68	Agropolo	0,40	
	7	6,00	5,00	Agropolo	0,56		5	8,78	5,42	Agropolo	0,48	
					6		5,92	5,20	Agropolo	0,48		
					7		8,88	4,72	Agropolo	0,48		

						Prorr.-03 :						
Lat.	Asp.	d (mm)	d (mm)	marca/ modelo	alt tubo (m)	Lat.	Asp.	d (mm)	d (mm)	marca/ modelo	alt tubo (m)	
14	1	6,00	4,72	Agropolo	0,39	1	1	6,12	4,66	Agropolo	48,50	
	2	5,58	4,74	Agropolo	0,70		2	5,76	4,52	Agropolo ny30	0,48	
	3	6,00	4,74	Agropolo	0,26		3	6,08	4,58	Agropolo	0,14	
	4	6,44	4,88	Agropolo	0,45		4	5,96	4,76	Agropolo	0,13	
	5	6,00	4,72	Agropolo	0,29		5	7,06	4,70	Agropolo	0,49	
	6	6,00	4,72	Agropolo	0,34		6	6,00	4,30	Agropolo ny30	0,19	
	7	6,00	4,82	Agropolo	0,29		2	1	5,00	4,58	Agropolo	0,28
	8	7,10	4,72	Agropolo	0,53			2	6,10	4,58	Agropolo	0,28
	9	6,00	4,72	Agropolo	0,44			3	6,18	4,78	Agropolo ny30	0,48
	10	6,00	4,72	Agropolo	0,36			4	6,14	4,36	Agropolo	0,48
	11	6,72	7,74	Agropolo	0,41			5	4,94	4,20	Agropolo	0,48
	12	8,82	4,80	Agropolo	0,47			6	6,10	4,50	Agropolo	0,29
Prorr.-02 :						3	1	6,08	4,58	Agropolo ny30	0,23	
1	1	6,08	5,92	Top-A	0,44		2	5,00	4,60	Agropolo	0,27	
	2	5,90	5,90	Top-A	0,47		3	6,00	4,32	Agropolo	0,27	
	3	4,88	4,84	Agropolo	0,50		4	5,00	4,54	Agropolo	0,47	
	4	8,46	5,90	Top-A	0,48		5	6,10	4,64	Agropolo ny30	0,28	
2	1	6,00	5,90	Top-A	0,47		6	7,00	4,72	Agropolo	0,26	
	2	5,90	5,90	Top-A	0,48		4	1	5,80	4,62	Agropolo ny30	0,25
	3	5,88	5,70	Top-A	0,46			2	6,00	4,68	Agropolo ny30	0,27
	4	6,30	5,86	Top-A	0,52			3	6,10	4,84	Agropolo ny30	0,37
3	1	5,90	5,80	Top-A	0,48			4	6,00	4,72	Agropolo	0,27
	2	5,90	5,20	Omek n.1	0,48			5	6,10	4,42	Agropolo ny30	0,28
	3	5,80	5,76	Top-A	0,48			6	6,00	4,62	Agropolo	0,28
	4	6,40	6,10	Top-A	0,49	7	4,82	5,40	Agropolo	0,48		
4	1	5,8	5,66	Top-A	0,48	5	1	6,48	4,48	Agropolo	0,48	
	2	5,9	5,88	Top-A	0,48		2	6,08	4,82	Agropolo ny30	0,47	
	3	5,6	5,70	Top-A	0,50		3	6,00	4,64	Agropolo	0,28	
	4	5,76	5,90	Top-A	0,52		4	6,06	4,64	Agropolo	0,28	
5	1	6,00	6,16	Top-A	0,70		5	5,00	4,76	Agropolo	0,48	
	2	5,80	4,86	Top-A	0,48		6	6,06	4,44	Agropolo	0,47	
	3	5,70	5,86	Top-A	0,48	6	1	6,10	4,60	Agropolo	0,48	
	4	5,80	8,54	Top-A	0,52		2	6,08	4,70	Agropolo	0,47	
6	1	5,80	5,86	Top-A	0,46		3	5,74	4,64	Agropolo	0,28	
	2	5,60	4,90	Top-A	0,58		4	6,06	4,60	Agropolo	0,48	
	3	5,50	5,80	Top-A	0,50		5	5,86	4,66	Agropolo ny30	0,47	
	4	5,80	6,00	Top-A	0,48		6	7,50	4,50	Agropolo	0,47	
7	1	5,76	6,26	Top-A	0,45	7	6,04	4,68	Agropolo	0,29		
	2	5,60	6,00	Top-A	0,46	7	1	5,92	4,74	Agropolo ny30	0,28	
	3	5,80	5,74	Top-A	0,46		2	6,00	4,70	Agropolo ny30	0,14	
	4	5,76	5,78	Top-A	0,49		3	5,82	4,82	Agropolo	0,30	
							4	7,20	4,68	Agropolo	0,27	
							5	6,90	4,52	Agropolo	0,28	
							6	6,06	4,64	Agropolo	0,22	
							7	5,80	4,64	Agropolo ny30	0,49	

Lat.	Asp.	d (mm)	d (mm)	marca/ modelo	alt tubo (m)	Lat.	Asp.	d (mm)	d (mm)	marca/ modelo	alt tubo (m)
8	1	7,00	4,50	Agropolo	0,47	15	1	8,00	5,10	Agropolo	0,14
	2	5,00	4,60	Agropolo	0,26		2	6,00	4,66	Agropolo	0,30
	3	6,10	4,46	Agropolo	0,48		3	5,82	4,70	Agropolo ny30	0,28
	4	5,06	4,54	Agropolo	0,12		4	5,86	4,70	Agropolo	0,26
	5	4,92	4,58	Agropolo	0,27		5	7,40	5,20	Agropolo ny30	0,10
	6	5,82	4,60	Agropolo	0,14		6	6,52	4,70	Agropolo	0,27
	7	6,20	4,72	Agropolo	0,28		7	6,28	4,78	Agropolo ny30	0,29
9	1	6,00	4,64	Agropolo	0,31	16	1	6,08	4,80	Agropolo	0,27
	2	5,90	4,44	Agropolo	0,48		2	6,84	4,26	Agropolo	0,47
	3	6,08	4,44	Agropolo	0,26		3	7,10	5,20	Agropolo	0,18
	4	6,10	5,82	Agropolo ny30	0,27		4	6,06	4,60	Agropolo ny30	0,15
	5	6,30	4,70	Agropolo ny30	0,20		5	6,68	4,54	Agropolo	0,27
	6	6,10	4,70	Agropolo	0,13		6	6,00	4,62	Agropolo ny30	0,28
	7	5,98	4,56	Agropolo ny30	0,13		7	6,18	4,72	Agropolo ny30	0,14
10	1	6,16	4,50	Agropolo ny30	0,31	17	1	6,06	4,72	Agropolo ny30	0,15
	2	5,90	4,62	Agropolo ny30	0,14		2	5,80	4,58	Agropolo ny30	0,49
	3	5,90	4,72	Agropolo	0,47		3	7,06	4,60	Agropolo	0,28
	4	7,06	4,80	Agropolo	0,27		4	6,08	4,44	Agropolo ny30	0,13
	5	6,12	4,66	Agropolo ny30	0,14		5	6,08	4,66	Agropolo ny30	0,27
	6	6,30	4,66	Agropolo ny30	0,27		6	6,80	5,56	Agropolo ny30	0,28
	7	5,82	4,80	Agropolo ny30	0,29		18	1	5,00	4,80	Agropolo
11	1	6,32	4,68	Agropolo	0,26	2		6,06	4,64	Agropolo	0,28
	2	4,94	4,68	Agropolo	0,14	3		6,90	4,62	Agropolo	0,13
	3	6,14	4,72	Agropolo ny30	0,27	4		6,48	4,64	Agropolo	0,18
	4	6,22	5,86	Agropolo ny30	0,41	5		5,94	4,64	Agropolo ny30	0,26
	5	6,06	4,88	Agropolo	0,26	6		4,50	4,60	Agropolo	0,14
	6	6,20	4,50	Agropolo ny30	0,22	7		7,00	4,00	Agropolo	0,29
	7	6,14	4,54	Agropolo ny30	0,27	19	1	5,86	4,60	Agropolo ny30	0,15
8	6,08	4,34	Agropolo ny30	0,49	2		5,00	4,64	Agropolo	0,12	
12	1	6,16	4,74	Agropolo ny30	0,28		3	6,22	4,66	Agropolo ny30	0,13
	2	6,00	4,54	Agropolo	0,27		4	6,00	4,30	Agropolo	0,28
	3	7,00	4,72	Agropolo	0,29		5	4,70	4,60	Agropolo	0,27
	4	7,10	4,72	Agropolo	0,28		6	5,70	4,48	Agropolo ny30	0,47
	5	6,00	4,68	Agropolo ny30	0,29		7	7,22	4,60	Agropolo	0,14
	6	4,82	4,70	Agropolo	0,27	20	1	8,50	4,62	Agropolo	0,14
	7	6,06	4,90	Agropolo	0,13		2	6,00	4,70	Agropolo	0,13
13	1	6,26	4,70	Agropolo ny30	0,27		3	6,70	4,72	Agropolo	0,49
	2	4,82	4,84	Agropolo ny30	0,27		4	8,66	4,70	Agropolo ny30	0,47
	3	6,00	4,60	Agropolo ny30	0,27		5	6,00	4,70	Agropolo ny30	0,13
	4	6,08	4,86	Agropolo ny30	0,30		6	5,82	4,62	Agropolo	0,14
	5	7,06	4,70	Agropolo	0,21		7	6,10	4,50	Agropolo	0,14
	6	6,08	4,78	Agropolo ny30	0,31	8	5,80	4,92	Agropolo ny30	0,28	
	7	6,08	4,50	Agropolo ny30	0,28	21	1	7,60	4,50	Agropolo	0,14
14	1	6,10	4,76	Agropolo	0,27		2	6,00	4,30	Agropolo	0,53
	2	6,28	4,70	Agropolo ny30	0,14		3	6,20	4,80	Agropolo ny30	0,14
	3	6,28	4,70	Agropolo	0,28		4	5,62	4,70	Agropolo ny30	0,48
	4	6,24	4,72	Agropolo ny30	0,28		5	5,90	4,72	Agropolo ny30	0,15
	5	5,00	4,72	Agropolo	0,13		6	6,24	5,82	Agropolo ny30	0,48
	6	6,06	4,72	Agropolo ny30	0,15		7	6,30	4,62	Agropolo ny30	0,52
							8	6,38	5,00	Agropolo ny30	0,14

Propr.-04

Lat.	Asp.	d (mm)	d (mm)	marca/ modelo	alt tubo (m)	Lat.	Asp.	d (mm)	d (mm)	marca/ modelo	alt tubo (m)	
1	1	7,10	4,62	Agropolo	0,25	6	1	5,00	4,64	Agropolo	0,28	
	2	5,92	4,52	Agropolo	0,26		2	5,10	4,82	Agropolo ny30	0,28	
	3	5,38	4,52	Agropolo	0,31		3	6,68	4,62	Agropolo	0,32	
	4	7,10	4,52	Agropolo	0,28		4	4,92	4,50	Agropolo	0,36	
	5	7,10	4,32	Agropolo	0,37		5	4,94	4,24	Agropolo	0,22	
	6	5,00	4,70	Agropolo	0,54		6	5,08	4,66	Agropolo	0,35	
	7	4,90	4,70	Agropolo	0,36		7	5,10	4,62	Agropolo	0,40	
	8	7,10	4,72	Agropolo	0,50		8	5,00	4,64	Agropolo ny30	0,35	
2	1	7,00	4,52	Agropolo	0,43		9	6,20	4,70	Agropolo	0,58	
	2	5,00	4,48	Agropolo	0,47		10	5,00	4,54	Agropolo	0,31	
	3	5,00	4,52	Agropolo	0,56	7	1	6,28	4,50	Agropolo	0,31	
	4	6,28	4,60	Agropolo	0,29		2	5,54	4,62	Agropolo	0,28	
	5	6,00	4,62	Agropolo	0,49		3	5,70	4,68	Agropolo	0,31	
	6	6,00	4,62	Agropolo	0,31		4	5,54	4,24	Agropolo	0,36	
	7	4,90	4,20	Agropolo	0,31		5	6,00	4,30	Agropolo	0,30	
	8	7,00	4,48	Agropolo	0,37		6	8,30	4,62	Agropolo	0,31	
3	1	7,22	4,60	Agropolo	0,48		7	4,68	4,46	Agropolo	0,31	
	2	6,08	4,60	Agropolo	0,48		8	5,00	4,48	Agropolo	0,32	
	3	6,86	4,56	Agropolo	0,31		9	4,82	4,30	Agropolo	0,32	
	4	6,40	4,80	Agropolo ny30	0,58		10	4,46	7,16	Agropolo	0,49	
	5	5,90	4,56	Agropolo ny30	0,29	8	1	4,95	4,78	Agropolo	0,28	
	6	5,96	4,64	Agropolo	0,26		2	7,26	4,90	Agropolo ny30	0,48	
	7	7,00	4,54	Agropolo	0,58		3	6,28	4,86	Agropolo ny30	0,58	
	8	6,28	4,80	Agropolo ny30	0,47		4	6,28	4,82	Agropolo ny30	0,47	
	9	6,90	4,46	Agropolo ny30	0,31		5	6,30	4,82	Agropolo ny30	0,52	
4	1	7,00	4,60	Agropolo ny30	0,57		6	6,22	4,82	Agropolo ny30	0,47	
	2	6,08	4,16	Agropolo ny30	0,31		7	6,22	4,76	Agropolo ny30	0,29	
	3	7,08	4,18	Agropolo ny30	0,29		8	7,16	4,80	Agropolo	0,58	
	4	6,00	4,30	Agropolo	0,27		9	1	6,32	4,82	Agropolo ny30	0,48
	5	8,78	4,24	Agropolo	0,47			2	6,28	4,80	Agropolo ny30	0,46
	6	7,00	4,20	Agropolo	0,31	3		6,28	4,82	Agropolo ny30	0,33	
	7	4,94	4,20	Agropolo	0,32	4		6,30	4,80	Agropolo ny30	0,35	
	8	5,70	4,40	Agropolo	0,28	5		5,08	2,62	Agropolo	0,26	
	9	6,92	4,60	Agropolo	0,28	6		6,28	4,82	Agropolo ny30	0,57	
5	1	6,10	4,78	Agropolo	0,58	7		5,10	4,72	Agropolo	0,28	
	2	4,62	4,60	Agropolo	0,58	8		6,20	4,72	Agropolo ny30	0,53	
	3	4,96	4,72	Agropolo	0,56	9		6,20	4,78	Agropolo ny30	0,66	
	4	6,08	4,62	Agropolo	0,49	10		7,00	4,72	Agropolo	0,32	
	5	5,00	4,70	Agropolo ny30	0,49							
	6	6,28	4,82	Agropolo ny30	0,36							
	7	7,20	4,20	Agropolo	0,46							
	8	5,10	4,68	Agropolo	0,47							
	9	7,20	4,96	Agropolo	0,47							

Propr.-05

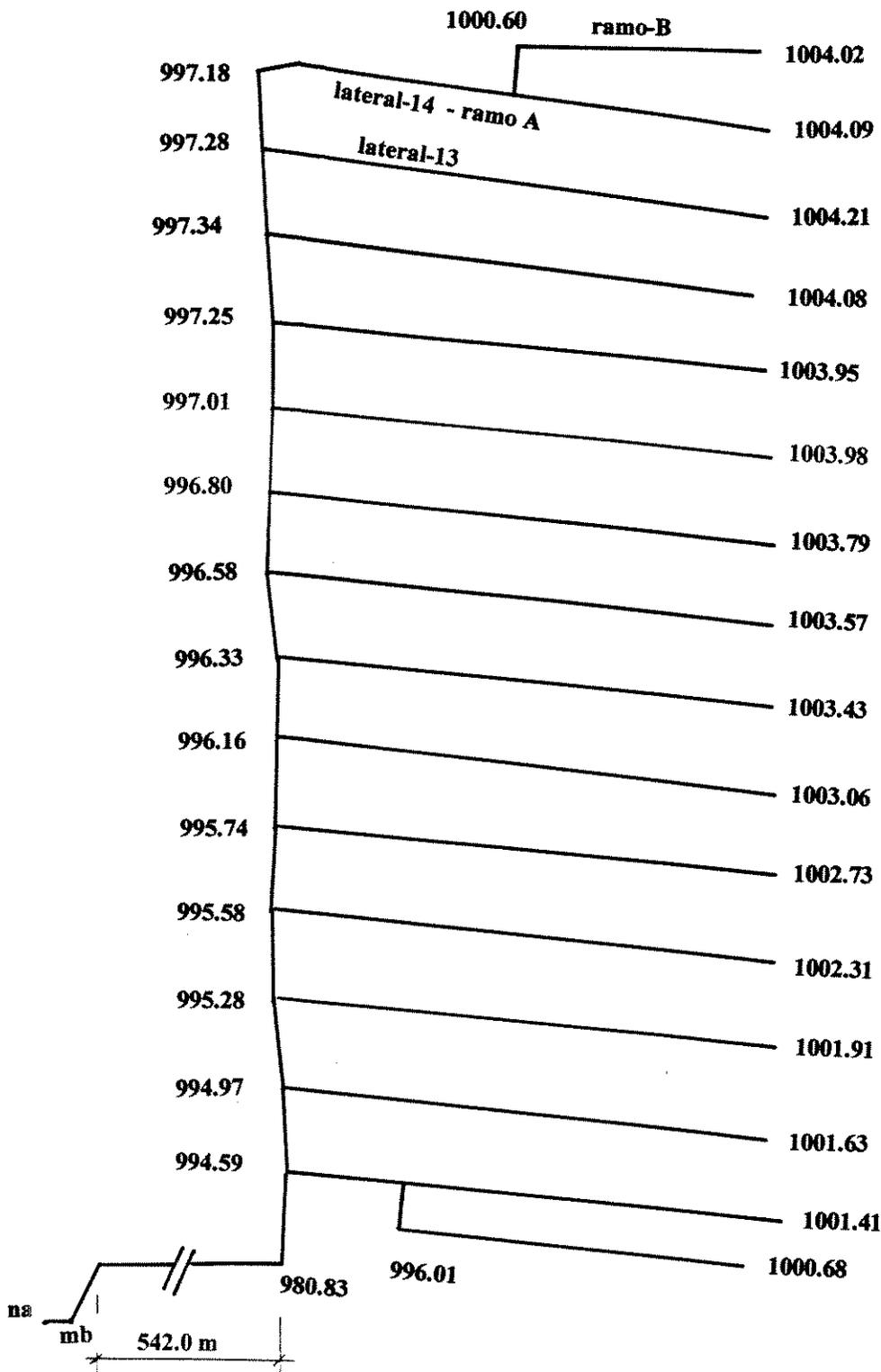
Lat.	Asp.	d (mm)	d (mm)	marca/ modelo	alt tubo (m)	Lat.	Asp.	d (mm)	d (mm)	marca/ modelo	alt tubo (m)
1	1	6,41	4,87	Agropolo	0,45	11	1	5,97	4,42	Agropolo ny30	0,53
	2	5,92	4,56	Agropolo	0,46		2	6,23	4,45	Agropolo ny30	0,52
	3	5,94	4,65	Agropolo ny30	0,45		3	6,54	5,82	Agropolo ny30	0,51
	4	7,01	4,54	Agropolo ny30	0,45		4	6,91	4,70	Agropolo ny30	0,53
	5	7,00	6,52	Agropolo ny30	0,47		5	6,59	4,79	Agropolo ny30	0,49
2	1	5,87	5,66	Agropolo ny30	0,51	6	6,00	5,35	Agropolo ny30	0,55	
	2	5,94	5,95	Agropolo ny30	0,54	12	1	5,21	4,63	Agropolo ny30	0,54
	3	5,62	5,70	Agropolo ny30	0,56		2	5,64	4,68	Agropolo ny30	0,55
	4	5,74	5,32	Agropolo	0,50		3	5,85	4,96	Agropolo ny30	0,51
	5	4,87	4,03	Agropolo	0,48	13	1	6,29	4,64	Agropolo ny30	0,54
3	1	7,70	4,68	Agropolo ny30	0,35		2	8,75	4,67	Agropolo ny30	0,52
	2	5,94	4,52	Agropolo ny30	0,40		3	4,42	4,40	Agropolo	0,50
	3	6,12	4,64	Agropolo ny30	0,45	4	4,62	4,36	Agropolo ny30	0,50	
	4	6,00	4,69	Agropolo ny30	0,47	14	1	5,69	5,86	Agropolo ny30	0,54
	5	6,15	4,64	Agropolo ny30	0,50		2	5,68	5,96	Agropolo ny30	0,51
4	1	6,15	4,42	Agropolo	0,56		3	5,52	5,87	Agropolo	0,50
	2	6,09	4,13	Agropolo ny30	0,55		4	5,14	5,12	Agropolo	0,49
	3	6,58	4,59	Agropolo ny30	0,51						
	4	6,14	4,75	Agropolo ny30	0,45						
	5	7,12	4,61	Agropolo ny30	0,39						
5	1	6,48	4,94	Agropolo ny30	0,56						
	2	6,18	4,32	Agropolo ny30	0,58						
	3	6,17	4,65	Agropolo ny30	0,59						
	4	5,16	4,97	Agropolo ny30	0,51						
	5	6,09	4,29	Agropolo ny30	0,55						
6	1	5,68	4,97	Agropolo ny30	0,52						
	2	5,41	4,82	Agropolo	0,55						
	3	6,12	4,87	Agropolo	0,55						
	4	6,31	4,98	Agropolo	0,48						
	5	6,25	4,67	Agropolo	0,51						
7	1	8,79	5,67	Agropolo ny30	0,53						
	2	6,15	4,69	Agropolo ny30	0,52						
	3	5,98	4,78	Agropolo ny30	0,50						
	4	5,87	4,72	Agropolo	0,54						
	5	7,32	5,21	Agropolo ny30	0,57						
8	1	6,97	4,65	Agropolo ny30	0,58						
	2	5,16	4,72	Agropolo ny30	0,61						
	3	6,78	4,89	Agropolo ny30	0,55						
	4	7,42	4,21	Agropolo ny30	0,58						
	5	5,64	4,69	Agropolo ny30	0,56						
9	1	6,97	4,84	Agropolo ny30	0,48						
	2	6,35	4,62	Agropolo ny30	0,51						
	3	6,17	4,63	Agropolo ny30	0,53						
	4	6,98	4,62	Agropolo ny30	0,45						
	5	6,63	4,67	Agropolo ny30	0,47						
10	1	6,97	4,82	Agropolo ny30	0,46						
	2	6,54	4,82	Agropolo ny30	0,51						
	3	6,25	4,83	Agropolo	0,50						
	4	6,32	4,89	Agropolo ny30	0,54						
	5	6,56	6,23	Agropolo ny30	0,53						

ANEXO-04

LEIAUTE DAS INSTALAÇÕES

PROPR. - 01

ESC. 1:100

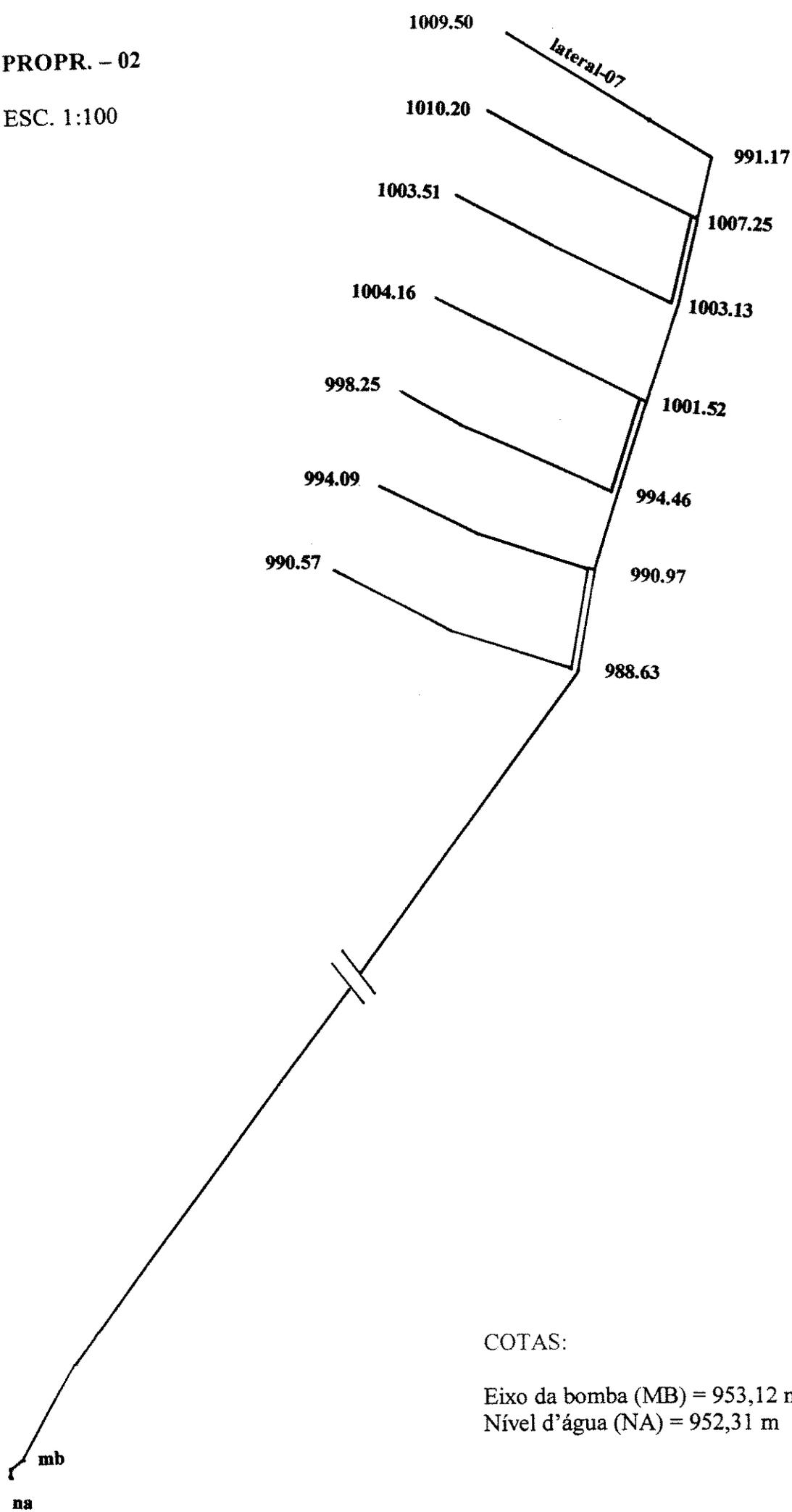


COTAS:

Eixo da bomba (MB) = 969,89 m

Nível d'água (NA) = 968,05 m

ESC. 1:100



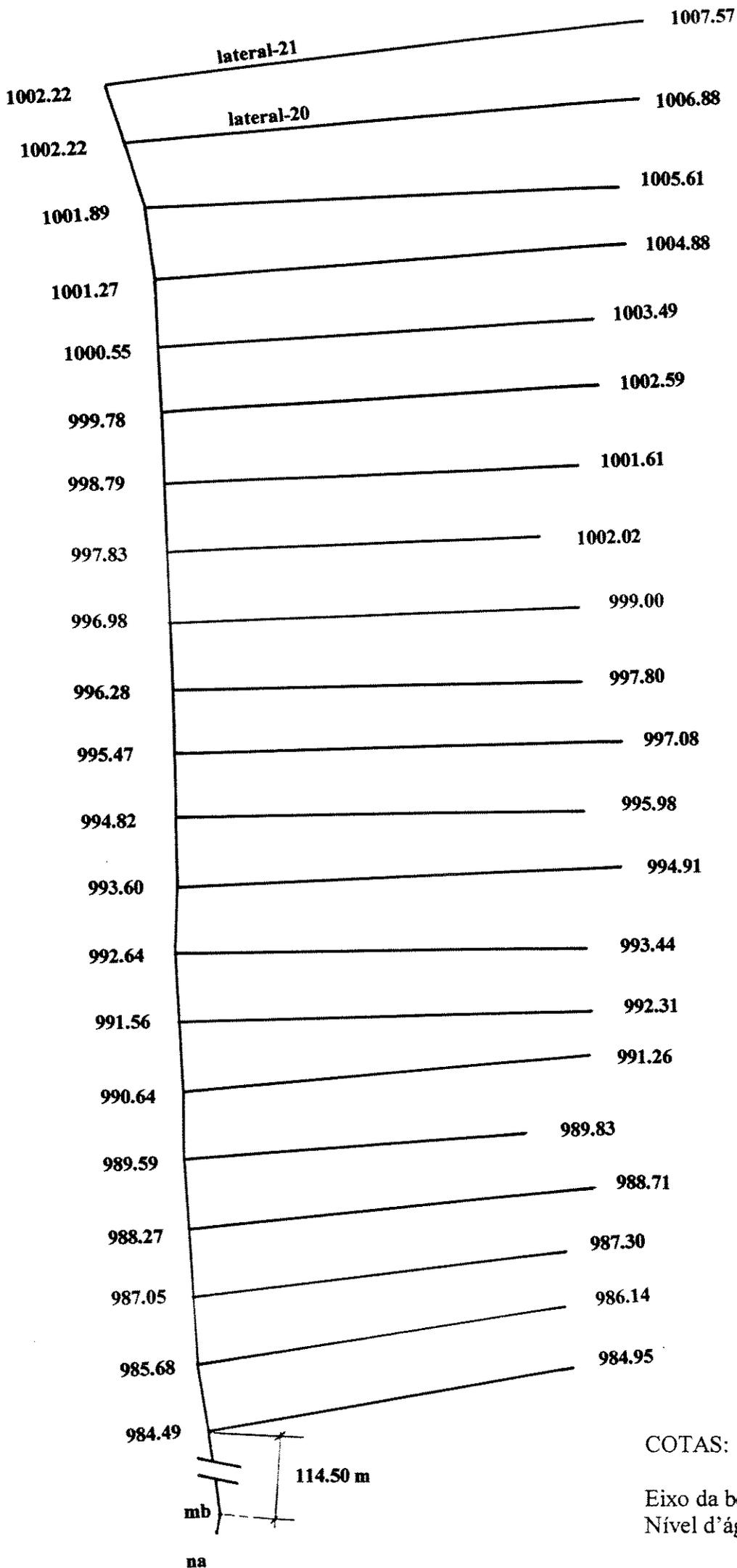
COTAS:

Eixo da bomba (MB) = 953,12 m

Nível d'água (NA) = 952,31 m

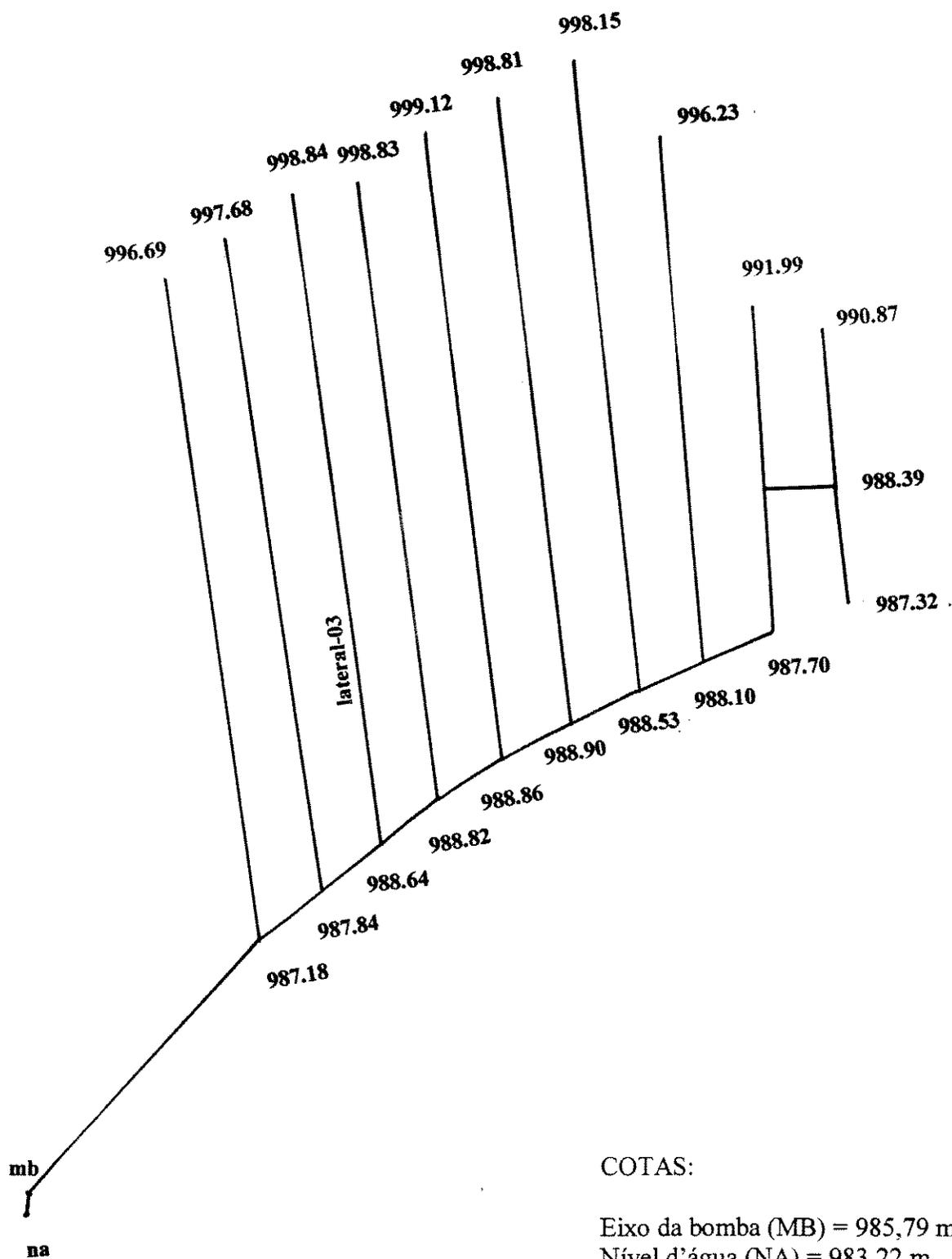
PROPR. - 03

ESC. 1:100



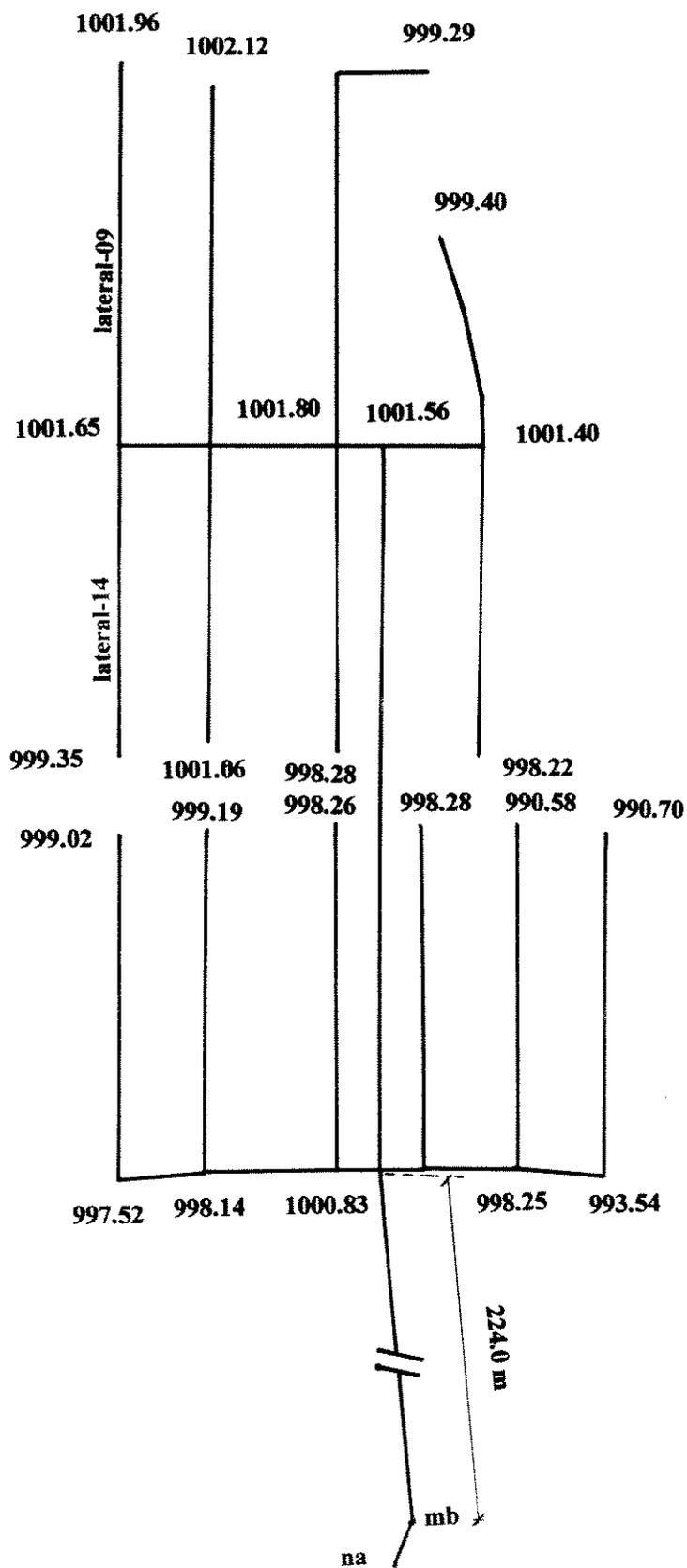
PROPR. - 04

ESC. 1:100



PROPR. - 05

ESC. 1:100



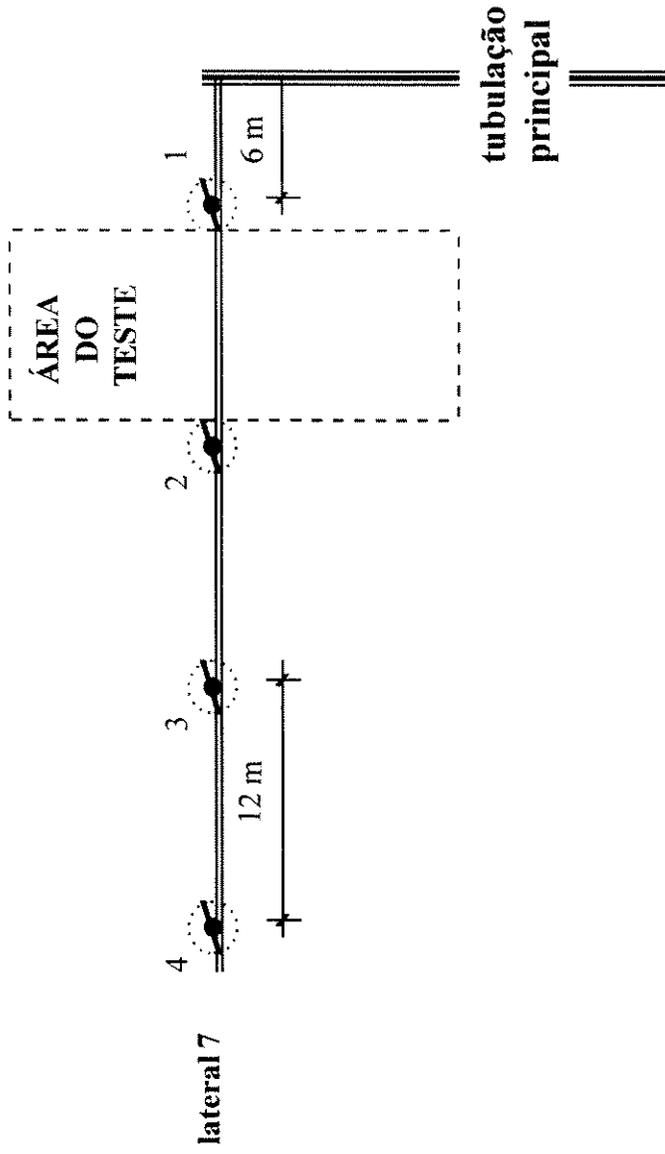
COTAS:

Eixo da bomba (MB) = 987,19 m

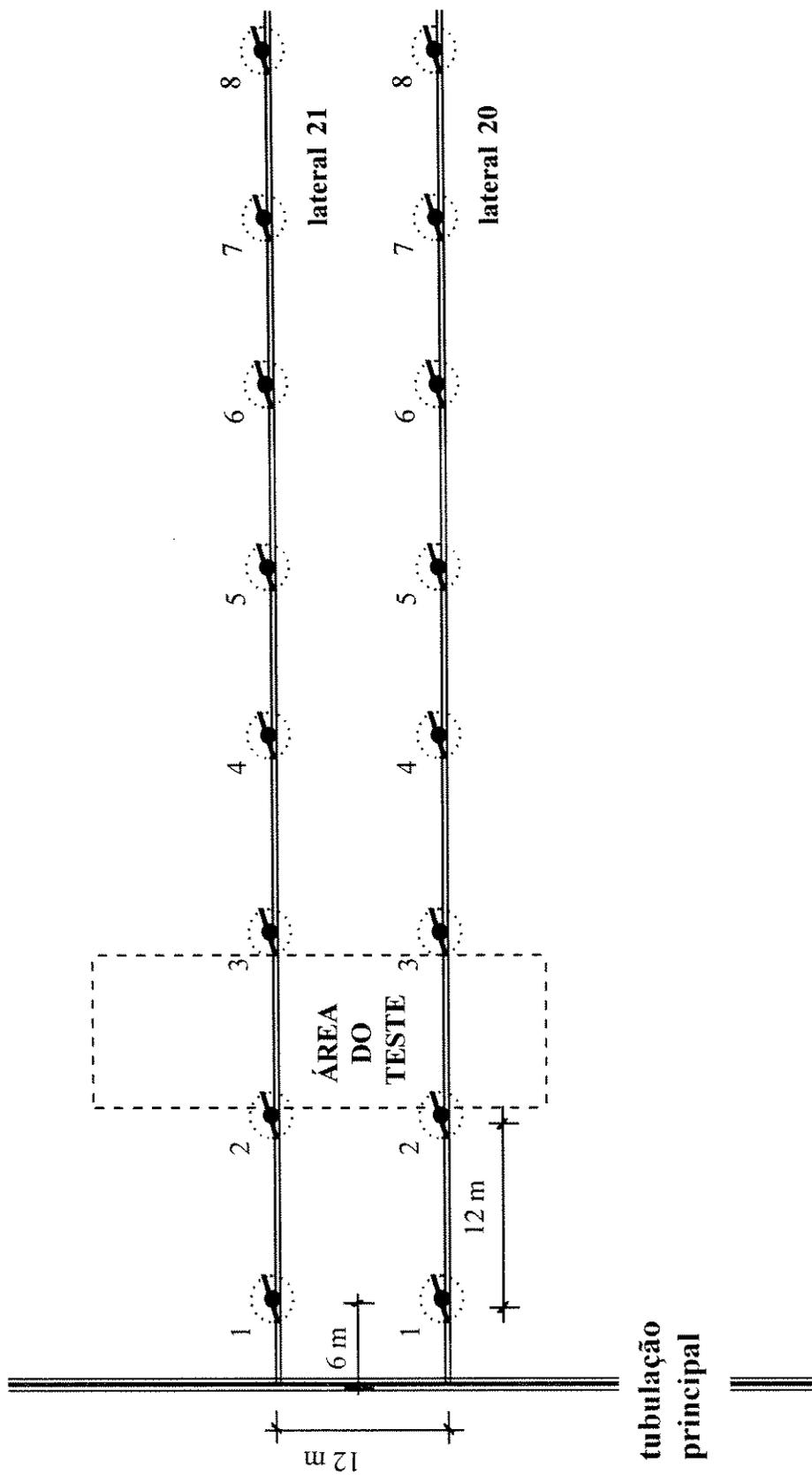
Nível d'água (NA) = 984,77 m

ANEXO-05

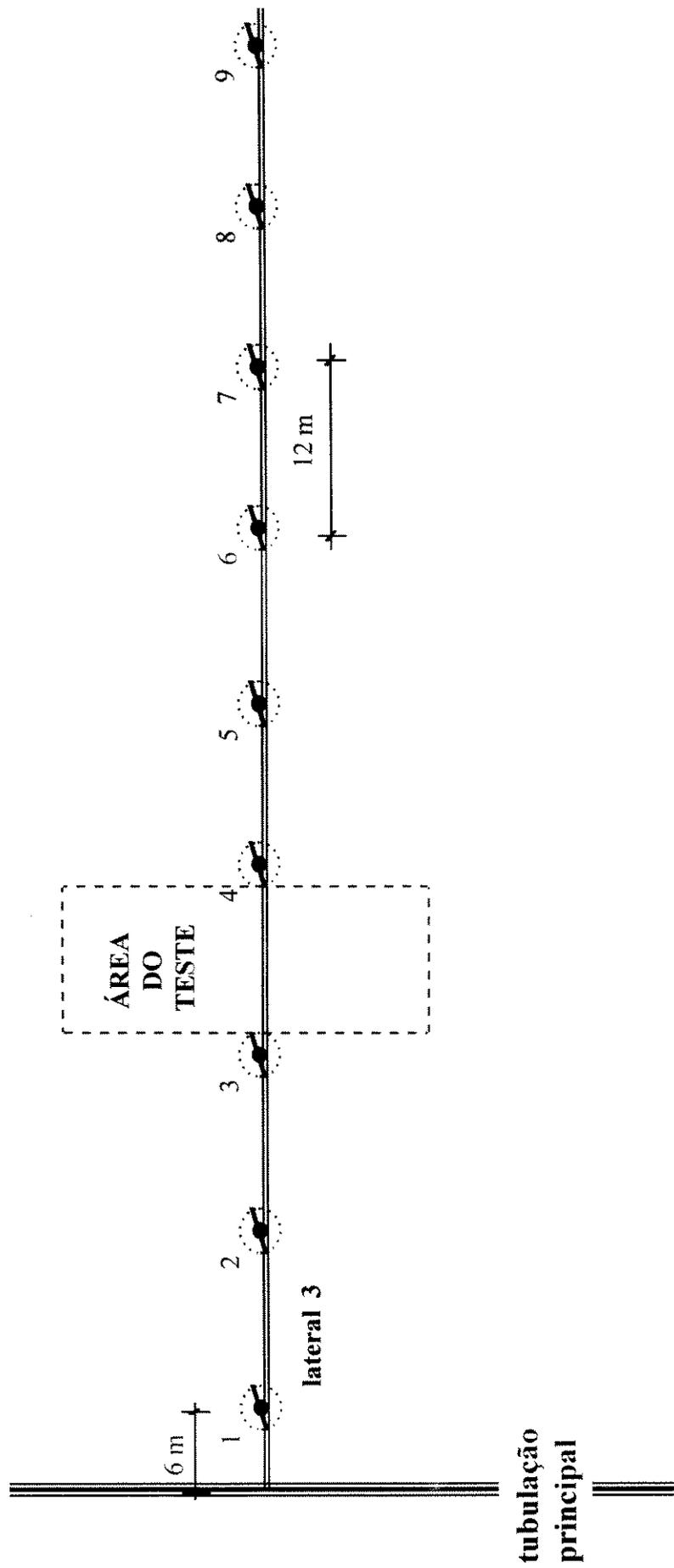
POSIÇÃO DE IRRIGAÇÃO MAIS
HIDRAULICAMENTE DESFAVO-
RÁVEL EM CADA PROPRIEDADE



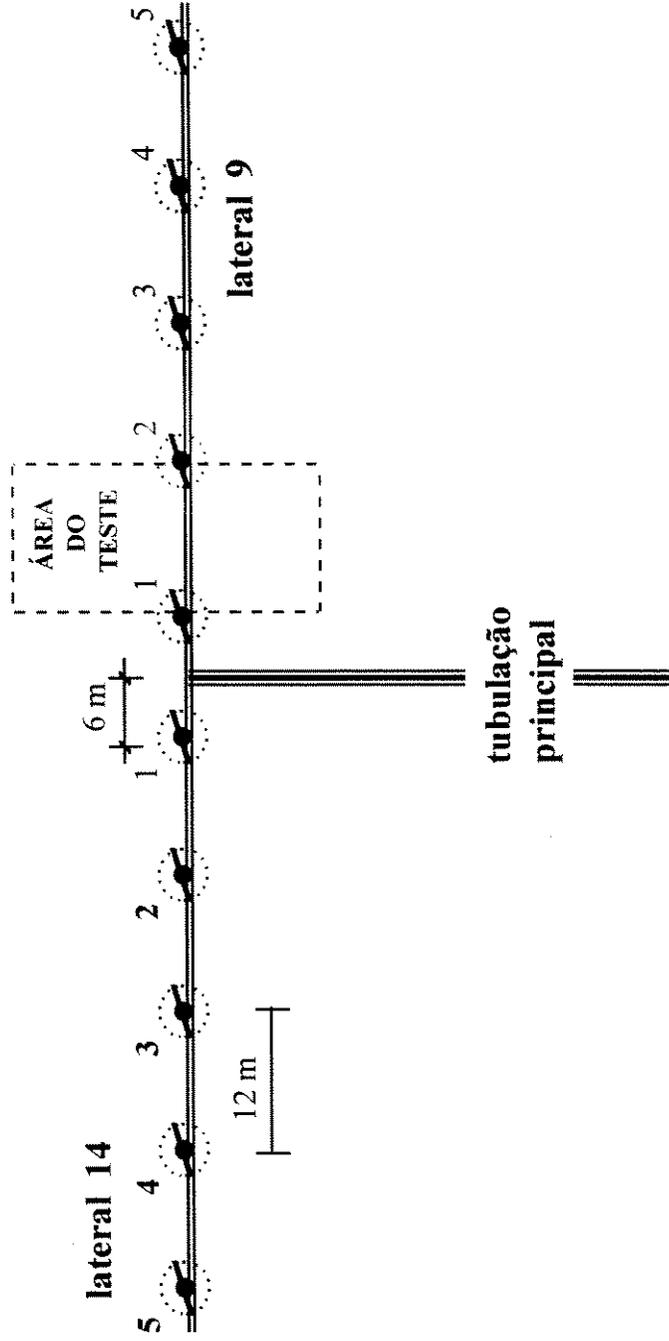
propriedade 03



propriedade 04



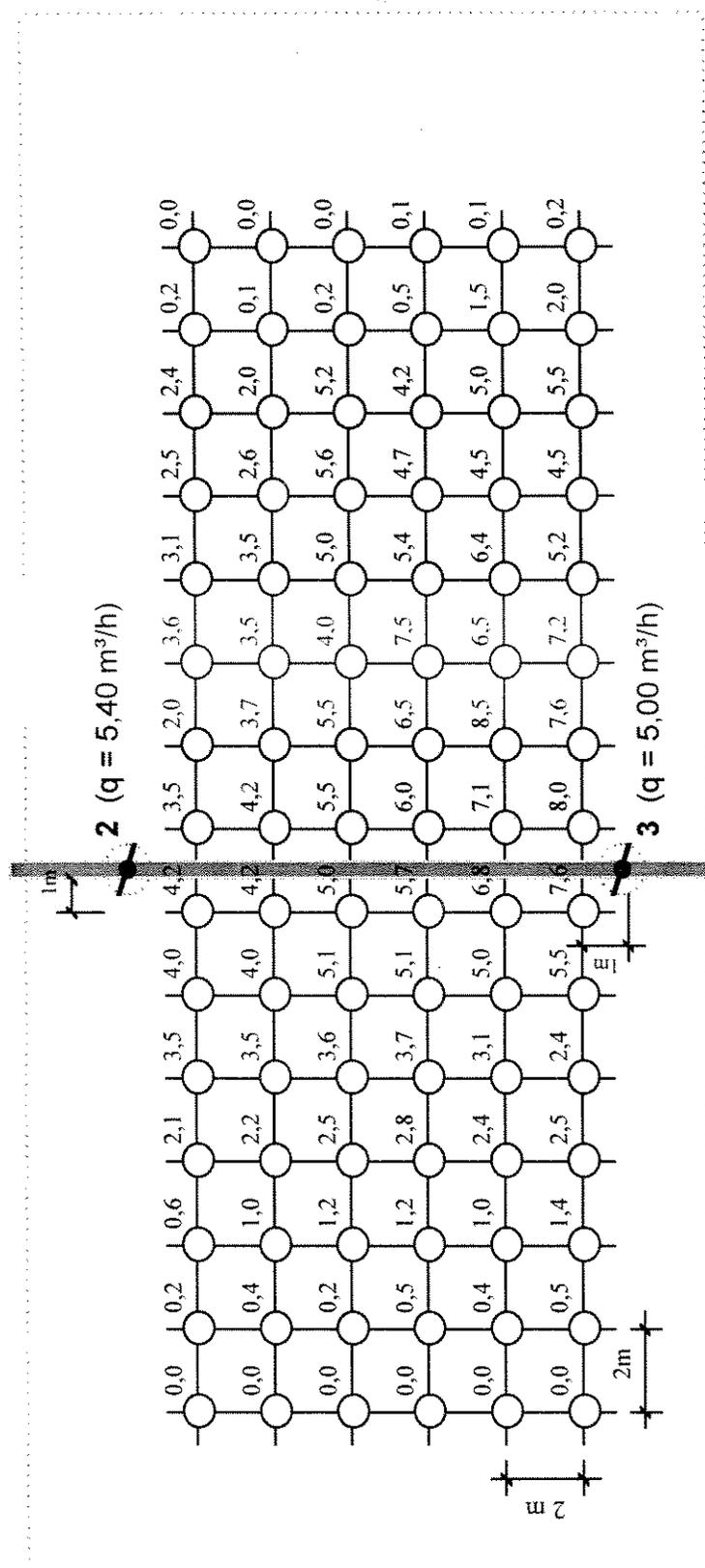
propriedade 05



ANEXO-06

MALHA DE PLUVIÔMETROS DA
AVALIAÇÃO COMPLETA

Propriedade - 01



tempo de realização do teste = 19 min

$$q_{\text{média}} = (5,40 + 5,00) / 2 = 5,20 \text{ m}^3/\text{h}$$

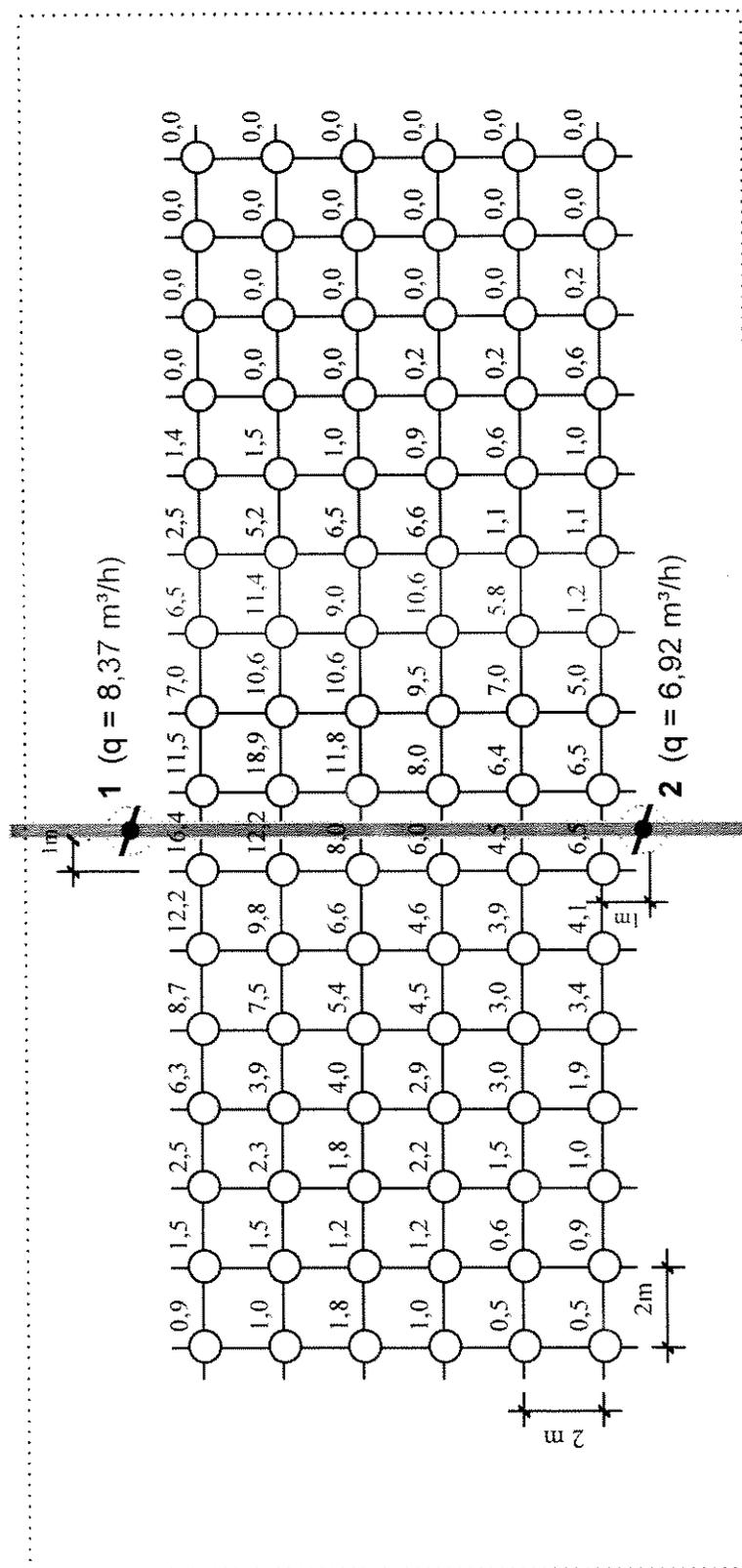
velocidade do vento = 3 m/s

direção do vento :

- = aspersor
- = micropluviômetro
- = linha lateral

Lateral 14

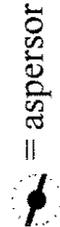
Propriedade - 02



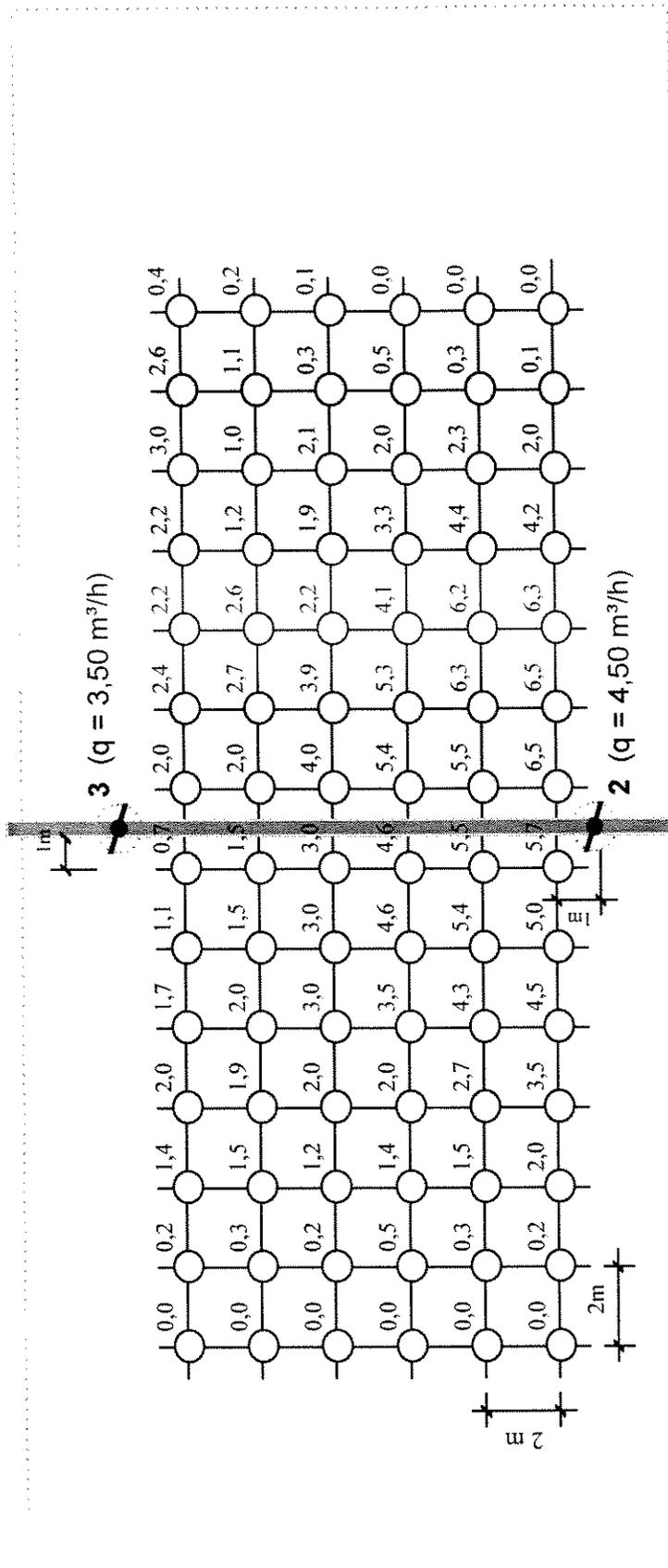
tempo de realização do teste = 18 min

$$Q_{\text{média}} = (8,37 + 6,92) / 2 = 7,645 \text{ m}^3/\text{h}$$

velocidade do vento = 0 m/s

-  = aspersor
-  = micropluviômetro
-  = linha lateral

Propriedade - 03



tempo de realização do teste = 18 min

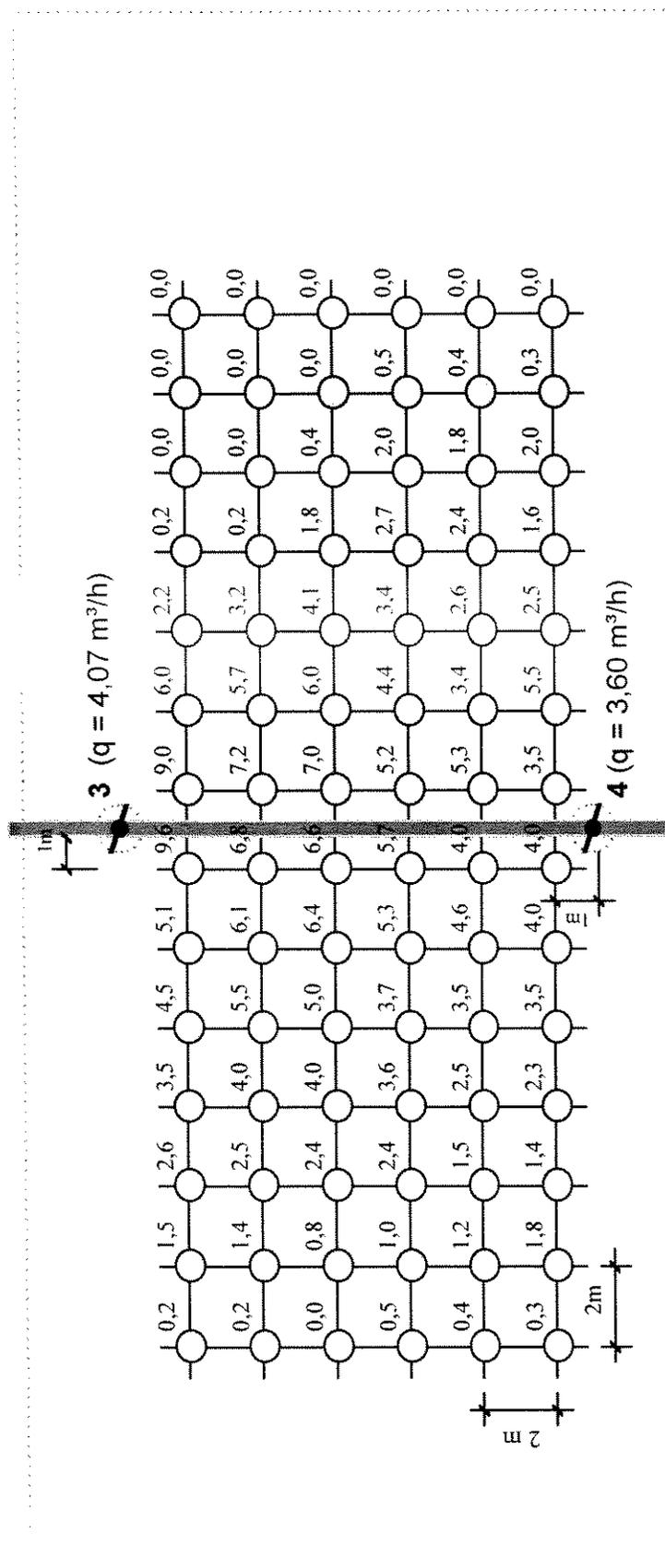
$$q_{\text{média}} = (3,50 + 4,50) / 2 = 4,00 \text{ m}^3/\text{h}$$

velocidade do vento = 0 m/s

Lateral 21

-  = aspersor
-  = micropluviômetro
-  = linha lateral

Propriedade - 04



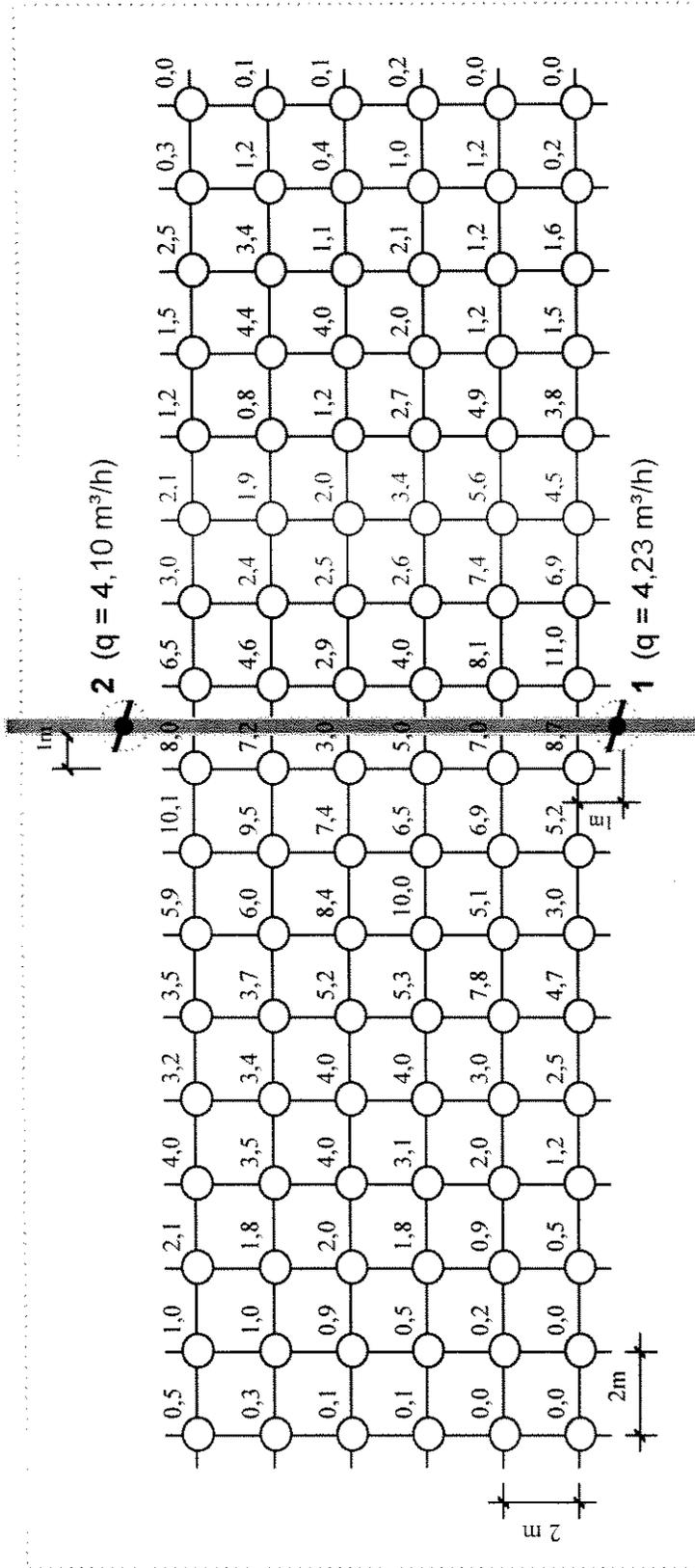
tempo de realização do teste = 18 min

$$q_{\text{m\u00e9dia}} = (4,07 + 3,60) / 2 = 3,835 \text{ m}^3/\text{h}$$

velocidade do vento = 0 m/s

-  = aspersor
-  = micropluvi\u00f4metro
-  = linha lateral

Propriedade - 05



tempo de realização do teste = 18 min

$$q_{\text{média}} = (4,10 + 4,23) / 2 = 4,165 \text{ m}^3/\text{h}$$

velocidade do vento = 3 m/s

direção do vento :

Lateral 9

- = aspersor
- = micropluviômetro
- = linha lateral

ANEXO-07

DADOS DE "ENTRADA" / "SAÍDA"
DO PROGRAMA OVERLAP

Lâminas sobrepostas, em mm.

Propr.-01

a) Com simulação de 12 metros entre laterais :

3.9	2.6	5.7	6.6	6.5	6.6
4.7	4.7	5.7	7.0	6.6	6.2
5.9	6.7	6.5	8.6	10.7	10.2
7.0	7.8	10.3	9.1	9.8	9.9
9.0	9.6	8.9	9.5	9.5	11.8
10.5	9.2	9.7	7.6	10.0	13.1

b) Com simulação de 18 metros entre laterais :

3.5	2.0	3.6	3.3	3.1	4.5	3.7	4.0	4.2
4.2	3.7	3.5	3.9	3.6	4.2	3.6	4.0	4.2
5.5	5.5	4.0	5.2	6.8	7.7	3.8	5.1	5.0
6.0	6.5	7.5	5.9	5.9	7.0	4.2	5.2	5.7
7.1	8.5	6.5	6.8	5.5	7.4	4.6	5.1	6.8
8.0	7.6	7.2	5.7	5.9	8.0	4.4	5.7	7.6

Propr.-02

a) Com simulação de 12 metros entre laterais :

13.0	9.5	12.8	11.2	13.6	16.4
10.4	12.9	15.3	12.7	11.3	12.2
13.0	12.4	13.0	11.9	7.6	8.0
9.2	11.7	13.5	11.1	5.5	6.2
7.0	8.5	8.8	4.1	4.5	4.7
7.6	6.0	3.1	4.5	5.1	7.1

b) Com simulação de 18 metros entre laterais :

11.5	7.0	7.4	4.0	3.9	6.3	8.7	12.2	16.4
18.9	10.6	12.4	6.7	3.8	3.9	7.5	9.8	12.2
11.8	10.6	10.8	7.7	2.8	4.0	5.4	6.6	8.0
8.0	9.5	11.6	7.8	3.1	3.1	4.5	4.6	6.0
6.4	7.0	6.3	1.7	2.1	3.2	3.0	3.9	4.5
6.5	5.0	1.7	2.0	2.0	2.5	3.6	4.1	6.5

Propr.-03

a) Com simulação de 12 metros entre laterais :

2.6	3.8	4.2	3.9	4.1	3.3
2.5	4.2	4.5	3.2	2.5	2.6
4.3	5.1	4.2	4.9	5.1	3.3
5.9	6.7	6.1	6.8	6.6	5.1
5.8	7.8	8.9	8.7	7.7	5.8
6.7	8.5	9.8	8.7	7.0	5.8

b) Com simulação de 18 metros entre laterais :

2.0	2.4	2.2	2.4	4.4	4.6	2.1	1.1	0.7
2.0	2.7	2.6	1.5	2.5	3.0	2.2	1.5	1.5
4.0	3.9	2.2	2.1	3.3	2.3	3.1	3.0	3.0
5.4	5.3	4.1	3.8	3.4	2.5	3.5	4.6	4.6
5.5	6.3	6.2	4.7	3.8	3.0	4.3	5.4	5.5
6.5	6.5	6.3	4.4	4.0	3.6	4.5	5.0	5.5

Propr.-04

a) Com simulação de 12 metros entre laterais :

10.5	8.6	5.7	4.7	5.1	9.6
8.6	8.2	7.2	5.7	6.1	6.8
7.8	8.4	8.1	6.8	6.8	6.6
6.2	6.8	7.0	6.4	7.3	6.2
6.5	4.9	5.1	5.9	6.4	4.4
5.3	6.9	4.8	5.1	6.0	4.3

b) Com simulação de 18 metros entre laterais :

9.0	6.0	2.4	1.7	2.6	3.5	4.5	5.1	9.6
7.2	5.7	3.4	1.6	2.5	4.0	5.5	6.1	6.8
7.0	6.0	4.1	2.6	2.8	4.0	5.0	6.4	6.6
5.2	4.4	3.9	3.7	4.4	4.1	3.7	5.3	5.7
5.3	3.4	3.0	3.6	3.3	2.9	3.5	4.6	4.0
3.5	5.5	2.8	3.4	3.4	2.6	3.5	4.0	4.0

Propr.-05

a) Com simulação de 12 metros entre laterais :

10.8	6.2	5.6	7.1	11.6	10.5
9.3	5.9	5.6	6.8	13.9	10.6
7.3	6.6	7.2	9.6	11.4	4.1
8.1	6.8	8.7	12.7	8.5	7.1
11.3	10.4	13.4	10.0	8.1	8.2
2.4	9.4	9.2	6.8	6.7	10.3

b) Com simulação de 18 metros entre laterais :

7.0	4.0	4.2	5.2	4.7	6.0	6.2	10.1	8.0
4.9	3.4	3.7	4.3	7.8	7.1	7.2	9.6	7.2
3.0	3.4	4.0	5.2	8.0	6.3	8.8	7.5	3.0
4.1	3.1	5.2	5.8	6.0	7.4	11.0	6.7	5.0
8.1	7.6	6.5	6.9	4.2	9.0	6.3	6.9	7.0
11.0	6.9	5.0	5.0	4.0	6.3	3.2	5.2	8.7

Dados de “entrada” e “saída” do programa Overlap

(dados de entrada)										(dados de saída)						
ec	nc	nl	col	ea	el	q	td	H _a	h*	UD	CUC	I	H _a =H _b	E _a		
(m)	-	-	-	(m)	(m)	(m ³ /h)	(min)	(mm)	(mm)	(%)	(%)	(mm/h)	(mm)	(%)		
Propr-01	2	15	6	7	12	12	5,20	19	7,99	5,10	63,82	75,29	36,11	11,44	44,60	
	2	15	6	7	12	18	5,20	19	5,33	3,52	66,10	75,13	24,07	7,62	46,19	
Propr-02	2	16	6	7	12	12	7,64	18	9,87	4,86	49,18	65,84	53,09	15,93	30,49	
	2	16	6	7	12	18	7,64	18	6,69	2,75	41,12	55,53	35,39	10,62	25,90	
Propr-03	2	14	6	7	12	12	4,00	18	5,46	3,08	56,33	69,08	27,78	8,33	36,93	
	2	14	6	7	12	18	4,00	18	3,63	1,84	50,77	65,07	18,52	5,56	33,17	
Propr-04	2	14	6	7	12	12	3,83	18	6,58	4,86	73,82	82,96	26,63	7,99	60,77	
	2	14	6	7	12	18	3,83	18	4,41	2,69	60,83	70,31	17,75	5,33	50,42	
Propr-05	2	17	6	9	12	12	4,16	18	8,84	6,03	68,26	77,03	28,92	8,68	69,53	
	2	17	6	9	12	18	4,16	18	6,15	3,69	59,97	72,88	19,28	5,78	63,71	