

~~631.6 (679.8)~~ EXT. R-18
Mun

Ext. R-18

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal
Departamento de Engenharia Rural

18437

Tese de Licenciatura

*Problemática na Drenagem de Machongos:
estudo de caso dos machongos do vale do rio Inhanômbe
(Inhambane)*

Autor: Paiva Doge Alexandre Munguambe

Junho de 1998

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Departamento de Engenharia Rural

18437

Tese de Licenciatura.

***Problemática na Drenagem de Machongos:
estudo de caso dos machongos do vale do rio Inhanombe
(Inhambane)***

Autor: Paiva Doge Alexandre Munguambe

Supervisor: Prof. Doutor Eng^o Rui Miguel C. L. Brito

Junho de 1998

1885
iii, 1, 3, 4, 15

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Alexandre e Lezi, dedico
aos meus irmãos e sobrinhos, ofereço*

AGRADECIMENTOS

Um trabalho de pesquisa e as suas conclusões não resultam somente do esforço e do empenhamento dos investigadores. Ele é sobretudo o resultado do esforço de um conjunto mais alargado de individualidades, muitas vezes anónimas, que criaram as condições materiais para o sucesso do trabalho ou que partilharam as suas informações e os seus conhecimentos através do fornecimento de documentos ou opiniões. A todos, quero expressar o meu reconhecimento, em particular:

- Ao meu supervisor, Professor Doutor Eng^o Rui Brito, por me ter proposto o tema, e pelo apoio técnico- científico prestado aquando da efectivação do presente estudo, a quem endereço a minha profunda gratidão.

- Ao Depart^o de Eng^a Rural em particular ao projecto (PSW), pelo apoio material e logístico oferecidos, o meu obrigado.

- Ao Sr. Álvaro Guimarães, ao Sr. Daiene e a todo o pessoal técnico da DAM (Inhambane), pelo apoio material prestado, o meu reconhecimento.

- Os meus especiais agradecimentos, ao meu pai Alexandre, a minha mãe Lezi, a minha irmã Paula, e aos meus irmãos, pela compreensão e apoio moral e financeiro dispensados.

- A minha Sindoca, que me aconselhou a não vacilar nos momentos difíceis, os meus especiais reconhecimentos.

- Ao Eng^o Técnico Pedro Machele, ao Senhor Carlos Nhiumane, pelo apoio prestado na recolha de dados, o meu reconhecimento.

- Ao pessoal técnico da Secção e laboratório de solos da FAEF, pelo apoio técnico oferecidos, o meu obrigado.

- As Senhoras Isabel e Ana da Biblioteca, pelos valiosos serviços prestados ao longo da vida estudantil, o meu obrigado.

- Aos meus colegas e amigos Tostão, Tcheco, Felicidade, Vlad, Betinho, pela vossa prontidão nos bons e maus momentos passados ao longo da minha formação, os meus sinceros Kanimambos.

o autor

RESUMO

O presente trabalho, é um estudo de caso que foi levado a cabo nos machongos do vale do rio Inhanombe, mais concretamente na região de Mahangue província de Inhambane.

Os machongos são solos que devido à sua origem e particularidade de formação, a sua drenagem não deve ser feita de uma maneira clássica. Quando se fala da drenagem nos machongos, está-se a falar do controle do nível do lençol freático, e não do "escoamento de água", pois, uma vez iniciada a drenagem destes solos, tornam-se mais evidentes os processos de subsidência e oxidação com uma posterior mineralização do material orgânico.

O "output" final do presente estudo, é o de propor um campo experimental de rega e drenagem para os machongos. Para o efeito, foram estabelecidas três profundidades do lençol freático 30, 50 e 70 cm, para as quais foram determinados os espaçamentos entre os drenos, assim como, as flutuações do lençol freático. Foram ainda discutidas, as implicações das três profundidades de drenagem estabelecidas, na conservação do ambiente de formação dos machongos. As determinações, foram baseadas em fórmulas de modelos de fluxo não estacionário e estacionário.

Tomando-se atributos de amostras superficiais (0 - 30 cm) de solo, colectadas em seis pontos ao longo dos quatro transectos feitos, foram estudadas as características químicas dos solos com respeito ao pH, CTC, CEE, %C, %MO, PST. Do resultado das análises de solo, foi constado que o valor médio do pH é baixo (5.27 ± 0.13), sendo necessário um estudo detalhado sobre a origem desta acidez, e as possibilidades de correcção destes valores. No concernente a salinidade dos solos, os valores da conductividade eléctrica do extracto saturado, obtidos a partir da multiplicação dos valores da conductividade eléctrica do extracto (1:2.5) pelo factor 5, indicam que os solos são salinos (12.68 ± 3.29 mS/cm). Embora tenham sido constatados problemas de salinidade dos solos, os valores da CTC sugerem uma fertilidade potencial boa dos solos.

Os espaçamentos entre os canais de drenagem do Campo Experimental sugeridos são de 12.5, 25 e 50 metros.

ÍNDICE

Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Índice.....	iv
Lista de figuras.....	vi
Lista de tabelas.....	vii
Lista de anexos.....	viii
Lista de abreviaturas	ix

páginas

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Problema e justificação.....	1
1.2 Objectivos.....	1

CAPÍTULO II

2. GENERALIDADES SOBRE OS MACHONGOS.....	3
2.1 Introdução.....	3
2.2 Definição e formação.....	4
2.3 Influência da profundidade do lençol freático na produção agrícola.....	8
2.4 Problemas na exploração dos machongos.....	11

CAPÍTULO III

3 METODOLOGIA.....	15
3.1 Área do estudo.....	15
3.1.1 Localização geográfica.....	15
3.1.2 Clima.....	15
3.1.3 Aspectos geológicos e topográficos.....	16
3.1.4 Solos.....	16
3.1.5 Sistema de produção.....	17

3.1.6 Situação actual da drenagem.....	18
3.2 Conceituação dos métodos.....	18
3.2.1 Introdução.....	18
3.2.2 Determinações de campo.....	19
3.2.2.1 Determinação da infiltração.....	19
3.2.2.2 Determinação da permeabilidade.....	21
3.2.3 Determinações laboratoriais.....	22
3.2.4 Determinação da norma de drenagem da região.....	22
3.2.5 Cálculo do espaçamento entre os canais de drenagem do campo experimental.....	24
3.2.6 Determinação da flutuação do lençol freático assumindo um fluxo não estacionário.....	26

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 Análise de solo e água.....	29
4.2 Infiltração.....	31
4.3 Permeabilidade.....	32
4.4 Norma de drenagem da região.....	33
4.5 Espaçamento entre os canais de drenagem do campo experimental.....	36
4.6 Comparação das flutuações do lençol freático, baseado no modelo de GLOVER-DUMM e de HOOGHOUTD, e discussão da implicação destes níveis na preservação dos solos.....	37

CAPÍTULO V

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	40
-----------------------------------	----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
----------------------------------	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Situação hidro - topográfica do desenvolvimento do machongo.....	5
Figura 2: Esquematização das diferentes fases de formação dos machongos.....	6
Figura 3: Relação entre o rendimento relativo das culturas (%) e a profundidade do lençol freático (cm).....	9
Figura 4: Relação entre a profundidade do lençol freático (D em cm), a temperatura do solo (em °C) e a subsidência anual dos solos orgânicos.....	13
Figura 5: Gráfico do balanço hídrico da área de estudo.....	15
Figura 6: Representação esquemática dos parâmetros da fórmula de Hooghoudt.....	26
Figura 7: Representação esquemática dos parâmetros da fórmula de Glover – Dumm.....	28
Figura 8: Perfil esquemático das camadas do solo.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Profundidade óptima do lençol freático para diferentes culturas em duas regiões nos EUA.....	10
Tabela 2a: Resultados da análise de solo.....	29
Tabela 2b: Resultados da análise de água.....	30
Tabela 3: Resumo dos dados da infiltração básica do solo.....	31
Tabela 4: Resumo dos resultados da permeabilidade.....	32
Tabela 5: Quantidade de água armazenada no solo vs altura do lençol freático.....	34
Tabela 6: Profundidade do lençol freático vs. valores da descarga projectada (mm/dia).....	35
Tabela 7: Profundidade do l. f. vs distância entre os drenos de campo.....	36

ANEXOS

ANEXO 1: Dados de precipitação usados na determinação da época crítica de drenagem.....	45
ANEXO 2a: Resultados da análise de Gumbel para o mês de Janeiro.....	46
ANEXO 2b: Resultados da análise de Gumbel para o mês de Dezembro.....	47
ANEXO 3: Curvas de probabilidades de ocorrência de chuva de 25, 50 e 80%.....	48
ANEXO 4a: Gráfico de infiltração (P1).....	49
ANEXO 4b: Gráfico de infiltração (P2).....	50
ANEXO 5a: Rectas de Gumbel para o mês de Janeiro.....	51
ANEXO 5b: Rectas de Gumbel para o mês de Dezembro.....	52
ANEXO 6a: Rectas de Gumbel e de “best fit” para (K = 1).....	53
ANEXO 6b: Rectas de Gumbel e de “best fit” para (K = 31).....	54
ANEXO 7a: Curvas de duração– frequência para o mês de Janeiro.....	55
ANEXO 7b: Curvas de duração– frequência para o mês de Dezembro.....	56
ANEXO 8a: Flutuação do lençol freático para uma altura permissível de 30 centímetros.....	57
ANEXO 8b: Flutuação do lençol freático para uma altura permissível de 50 centímetros.....	58
ANEXO 8c: Flutuação do lençol freático para uma altura permissível de 70 centímetros.....	59
ANEXO 9: Curvas de pF.....	60
ANEXO 10: Dados de infiltração (P1) e (P2).....	61
ANEXO 11a: Diagrama esquemático da determinação da permeabilidade com o método de “Auger Hole”	62
ANEXO 11b: Dados de permeabilidade.....	63
ANEXO 12: Procedimento para determinação da densidade de drenagem.....	65

ANEXO 13: Dados usados na determinação da flutuação do lençol freático, com base no modelo de GLOVER-DUMM.....	68
ANEXO 14a e 14b: Valores diários de precipitação do observatório Meteorológico de Inhambane (1952 – 1989).....	70
ANEXO 15: Mapa da localização da área de estudo.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS

CE (1:2.5) – Condutividade eléctrica de um extracto de 1 para 2.5

CEe – Condutividade eléctrica do extracto saturado

CTC – Capacidade de Troca Catiónica

FAEF – Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação

INIA – Instituto Nacional de Investigação Agronómica

ISRIC – Centro Internacional de Referência e Informação de Solos

PST – Percentagem de Sódio Trocável

UNESCO – Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura

USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problema e justificação

A região a Sul do Save, tem sido caracterizada pela insuficiência de chuvas, aliada a sua distribuição irregular. Esta situação cansou de certa maneira a população da região do vale do rio Inhanombe na Província de Inhambane, que explorava as dunas arenosas de baixa fertilidade, onde frequentemente, vêm morrer suas culturas devido a falta de água, ficando à braços com a iminência da fome. Como resposta à seca, o Governo local através da Direcção Provincial de Agricultura e Pescas, decidiu fazer a exploração agrícola dos machongos, aproveitando a atracção destes solos, que é a existência de água durante quase todo o ano, fornecida através de um fluxo permanente subterrâneo, característica essa que lhes é conferida pela sua natureza e particularidade de formação.

A valorização dos machongos, assume a nível da província de Inhambane e de outros locais onde ocorrem, um notável interesse sócio-económico, pois apresentam uma grande aptidão para a agricultura (origem orgânica), especialmente para uma agricultura não mecanizada, devido à sua fraca capacidade de carga. Especial atenção deve ser dada aquando da prática da drenagem nestes solos, i. e., a drenagem não deve ser feita de uma maneira clássica, pois uma vez iniciada a drenagem, os processos de subsidência e de oxidação com posterior mineralização do material orgânico tornam-se mais evidentes, podendo até levar ao desaparecimento dos solos.

1.2 Objectivos

Pretende-se com este estudo, chamar a atenção e interesse especialmente aos técnicos e especialistas de rega e drenagem, no concernente a exploração dos machongos. Pretende-se ainda, embora com um número bastante reduzido de dados disponíveis, discutir questões relacionadas com a drenagem dos machongos e, reunir alguns elementos que permitam a instalação de um campo experimental de rega e

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

drenagem, que possa de uma maneira detalhada e sistemática, responder a uma série de questões que dizem respeito a exploração destes solos, ajudando assim a esclarecer o mito existente sobre os machongos.

Especificamente, o estudo pretende:

- calcular o espaçamento entre os canais de rega/drenagem do campo experimental;
- comparar os níveis do lençol freático obtidos a partir da fórmula de HOOGHOUTT com os de GLOVER-DUMM, e, discutir a implicação destes níveis na preservação dos machongos.

3-14

2 GENERALIDADES SOBRE OS MACHONGOS

2.1 Introdução

Embora sejam solos de ocorrência mais frequente em climas temperados frios, onde as temperaturas contribuem fortemente para a restrição da actividade microbiana, os machongos ocorrem também sob climas mais quentes e até inter-tropicais.

Em Moçambique, estes solos ocorrem sobretudo próximo da faixa costeira, onde as dunas geralmente arenosas por serem muito permeáveis dão origem à numerosas nascentes nas suas bases. Estes solos ocupam actualmente no país, uma área de aproximadamente 10 mil hectares (Boletim de Solos da FAO N.º 59, 1988), contra os cerca de 28 mil hectares nos princípios da década 50 (MONTEIRO, 1957), altura em que teve início o resgate dos machongos do Sul do Save. Esta diferença poderá ser explicada pelos critérios outrora usados para a classificação deste tipo de solos, pois, na altura a classificação era mais abrangente.

Em Moçambique, os machongos são geralmente usados como solos para a agricultura, mas, eles podem também ser usados como fonte de energia, i. e., quando usados no fabrico de pequenos blocos, os quais possuem um poder calorífico de aproximadamente 10 - 20 MJ por quilograma de solo (FAO, Boletim de Solos N.º 59, 1988). Estes valores, variam conforme o grau de decomposição do material e também com a composição botânica do material que constitui o machongo. Os machongos, podem ainda ser misturados com solos minerais para aumentar a capacidade de retenção hídrica em solos arenosos e para o aumento da taxa de infiltração em solos argilosos.

A sua fraca consistência/ baixa capacidade de carga provocada pelo elevado conteúdo de matéria orgânica vs. alagamento permanente, todos os trabalhos e amanhos culturais, são feitos de um modo geral manualmente, razão pela qual a exploração dos machongos é destinada preferencialmente aos camponeses residentes nos arredores das áreas onde estes ocorrem.

2.2 Definição e formação

No presente estudo o termo machongo é usado para designar os solos turfosos (*peat soils*), os quais possuem mais de 50% de matéria orgânica nos 60 a 80 centímetros superficiais de solo (Boletim de Solos da FAO N.º 59, 1988).

Os machongos, são formados sob condições de alagamento permanente, condicionado pelo próprio rio e/ou nascentes de outra origem, e, com um crescimento simultâneo de vegetação adaptada (clímax), onde a decomposição bioquímica da matéria orgânica é retardada devido a persistência do alagamento e/ou, acidez extrema (oligotrofia) e/ou, presença de elevados níveis de toxinas orgânicas (DRIESSEN, 1989).

A topografia é invariavelmente sob a forma de uma bacia com a drenagem vertical e horizontal, impedida/ bloqueada por obstáculos naturais associados a fonte permanente de água.

Dois são os factores relevantes na formação dos machongos, segundo MOORE and BELLAMY (1974), citados pelo Boletim de Solos da FAO N.º 59 (1988), sendo eles a hidro-topografia e a fonte de fornecimento de água.

O balanço hídrico da região durante o processo de crescimento e desenvolvimento do machongo, pode ser caracterizado pela seguinte equação:

$$\text{Fluxo que entra} = \text{Fluxo que sai} + \text{Retenção}$$

2.1

modificando a equação (2.1) em factores climáticos, temos:

$$\text{Fluxo que entra} + \text{Precipitação} = \text{Fluxo que sai} + \text{Evapotranspiração} + \text{Retenção}$$

2.2

A situação hidro-topográfica fundamental para o desenvolvimento do machongo, é apresentada na figura 1.

Segundo a figura, à medida em que as condições de formação forem estabelecidas localmente, isto é, uma fonte permanente de água e uma área de

inundação/retenção, como mostra a figura 1 abaixo, o material constituinte do machongo (árvores, arbustos, resíduos de algumas espécies aquáticas, etc.) cai e, devido ao peso do material vegetal este afunda-se mantendo-se sob condições anaeróbias, e começando a sua decomposição.

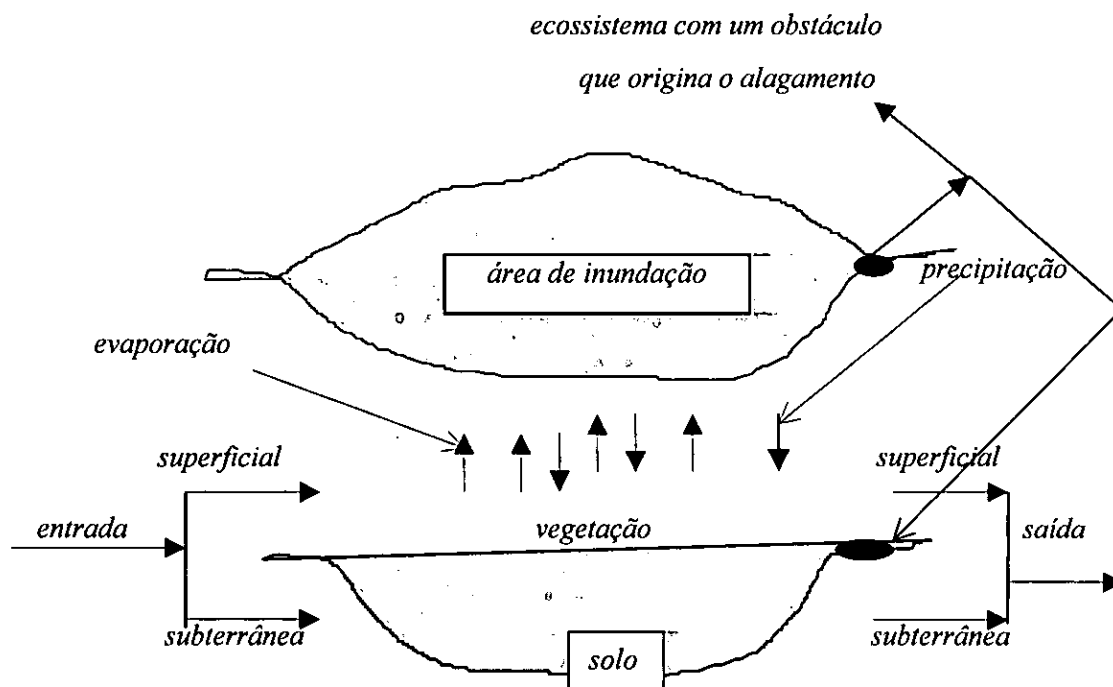


Figura 1: Situação hidro-topográfica de desenvolvimento do machongo
(Fonte: Boletim de Solos da FAO N°.59, 1988)

Sob estas condições, a decomposição do material vegetal é praticamente inexistente, começando assim o processo de acumulação e formação do machongo. As diferentes fases do desenvolvimento dos machongos podem ser esquematizadas da seguinte maneira:

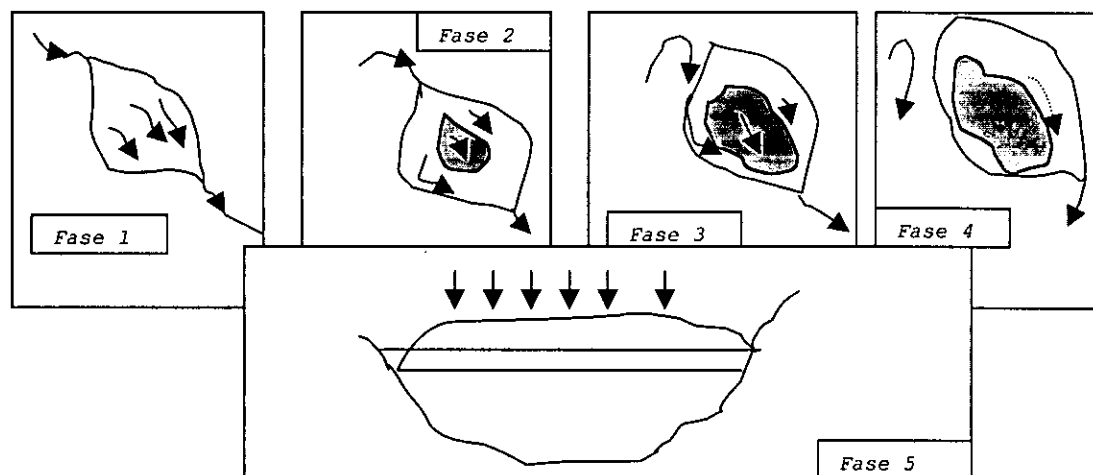


Figura 2: Esquemática das diferentes fases de formação dos machongos.
(Fonte: Boletim de Solos da FAO N.º 59, 1988)

- Na primeira fase, a água corre ao longo de toda a depressão. Nesta fase, a água é proveniente das chuvas, do escoamento superficial das áreas à montante e do fluxo subterrâneo das regiões circunvizinhas mais elevadas. Dá-se início do processo de deposição do material em suspensão, como resultado de baixas velocidades da água nas depressões. Este material rico em nutrientes, constitui então a base para o desenvolvimento de uma vegetação natural adaptada às condições específicas locais.
- Na segunda fase, dá-se início do desenvolvimento da vegetação natural e acumulação da turfa. Nesta fase, a água fornecida ao sistema é proveniente do rio e das chuvas durante a estação húmida. Com o crescimento da vegetação, a água do rio aumenta de velocidade ao longo das vias de drenagem naturais.
- Na terceira e quarta fase, a superfície de vegetação e a quantidade de turfa aumenta, sendo a influência do rio cada vez menor e a das chuvas maior. Durante a estação húmida, as inundações que ocorrem permitem a deposição de minerais no machongo. A riqueza e fertilidade do machongo,

depende da quantidade do material depositado, proveniente da erosão nas regiões à montante, e também do tipo de vegetação que o constitui.

- Na quinta e última fase, a acumulação do material orgânico ocorre acima da superfície do lençol freático. A água subterrânea é determinada pelo fluxo subterrâneo proveniente das encostas circunvizinhas, e pela água das chuvas. Estas águas, são pobres em nutrientes, uma vez que os nutrientes provém principalmente da erosão dos solos à montante durante a época das chuvas.

Esta última fase, raramente ocorre sob condições tropicais e subtropicais como as nossas. À medida que se vai da fase 1 para a fase 5, as condições do solo variam.

O tipo de vegetação e características do machongo a se desenvolver, depende fortemente da natureza da água que abastece o ecossistema. Geralmente, distinguem-se três tipos de condições: eutrófica- caracterizada por reacções quase neutras (pH entre 6 e 7), com alto conteúdo de minerais, especialmente carbonato de cálcio, estas condições verificam-se nas fases iniciais de formação e desenvolvimento do machongo; oligotrófica- nestas condições o teor de minerais é baixo, com uma deficiência de magnésio e cálcio, e um pH relativamente baixo; e por último, a condição mesotrófica que é uma situação mediana entre as duas acima descritas.

O abaixamento do pH do solo e o reduzido teor de nutrientes especialmente o Ca e Mg, na fase final de formação do machongo, é consequência directa das águas das chuvas e do ambiente reduzido que se observa.

Sob estas condições, a recuperação dos solos para a agricultura, resulta numa deficiência de certos nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, e consequentemente traduzido em baixos rendimentos agrícolas caso não seja feita a adubação destes solos.

O desenvolvimento do machongo é uma questão de velocidade de formação e acumulação da turfa em condições anaeróbicas versus a velocidade de decomposição do material orgânico (oxidação). Segundo ANDERSSOM (1964), citado pelo Boletim

de Solos da FAO N.º 59, a formação de uma camada de turfa de 1 metro, pode levar cerca de 600 a 2400 anos.

2.3 Influência da profundidade do lençol freático na produção agrícola

A presença de um nível elevado do lençol freático em algumas regiões do país, tem constituído um dos factores limitantes na produção agrícola, sobretudo na época chuvosa. Estes níveis elevados do lençol freático, podem ser consequência directa do balanço hídrico da região. Se o nível do lençol freático for bastante elevado, mesmo por reduzidos períodos de tempo, este pode afectar negativamente a produção agrícola, dependendo contudo, da fase em que as culturas se encontrem, da sensibilidade das culturas ao excesso de água e, da quantidade de alagamento. O efeito do excesso de água nos diferentes processos fisiológicos e consequentemente no rendimento de algumas culturas, foi discutido detalhadamente por (VAN'T WOUDT and HAGAN, 1967), citados por MILLAR (1978).

De entre outros objectivos para os quais a drenagem é concebida, destaca-se a sua prática para a redução não só da grandeza das flutuações do lençol freático, através da distância entre os drenos, bem como, o de limitar tais flutuações a uma certa profundidade previamente estabelecida (profundidade de água nos canais), criando-se assim condições óptimas de água e ar, para o desenvolvimento do sistema radicular das culturas e, paralelamente serem obtidos rendimentos satisfatórios.

Segundo vários estudos feitos por diferentes investigadores MILLAR (1978), o efeito de diferentes níveis do lençol freático no rendimento relativo das culturas, é apresentado na figura abaixo.

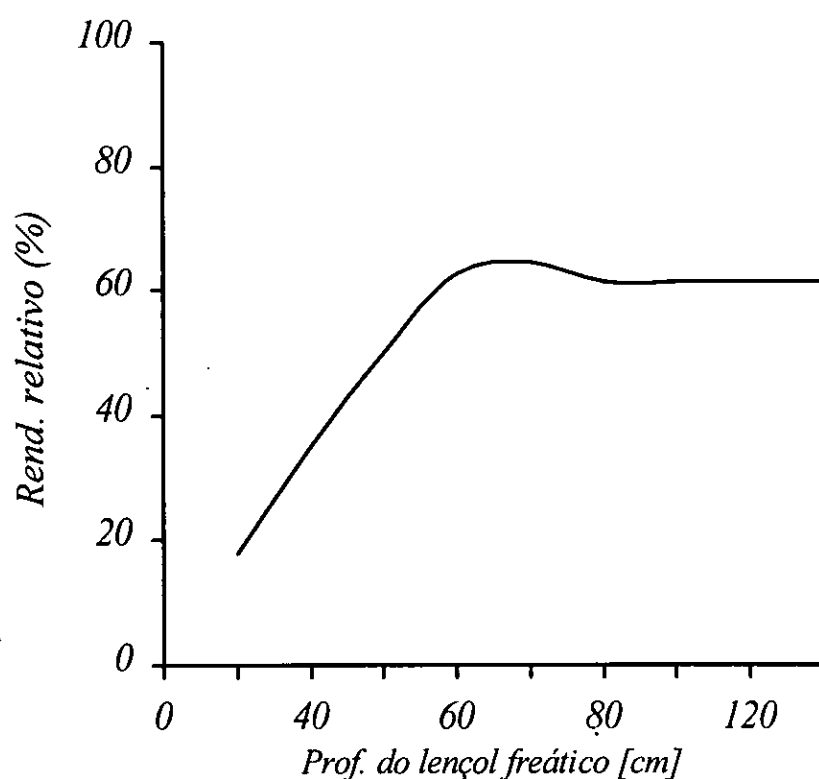


Figura 3: Relação entre o rendimento relativo das culturas em (%) e a profundidade do lençol freático em (cm).

(Fonte: Millar, 1978)

Genéricamente, e baseando-se no gráfico acima apresentado, pode-se observar que quando o nível de drenagem for baixo, os rendimentos relativos aumentam até um valor máximo. Esta profundidade é função não só da cultura em questão, assim como do solo e do clima da região. O valor óptimo da profundidade de drenagem é determinado a partir de ensaios experimentais.

A tabela abaixo, apresenta alguns valores da profundidade de drenagem determinadas para diferentes culturas em dois locais diferentes nos Estados Unidos da América.

Tabela 1: Profundidade óptima do lençol freático, para diferentes culturas em duas regiões nos EUA

CULTURA	FLÓRIDA	MINNESOTA
Feijão	45 - 60 cm	45 cm
Couve	45 - 60 cm	60 cm
Alface	75 - 90 cm	75 cm
Cebola	45 - 60 cm	90 cm
Tomate	45 - 60 cm	60 cm
Batata	45 - 60 cm	60 cm

Fonte: Boletim de Solos da FAO N.º 59

Com a excepção da cultura do arroz alagado, a maior parte das culturas não suportam uma saturação com água na sua zona radicular. O controle do nível do lençol freático através da drenagem é o método efectivo para assegurar tal condição.

A densidade do sistema de drenagem é função da permeabilidade dos solos, da intensidade das chuvas no local e das culturas a serem produzidas. Quanto maior for a quantidade de chuva e menor for a permeabilidade dos solos, maior será a subida do lençol freático e maior também o tempo de alagamento. Por outro lado, quanto maior for a drenagem, menores serão as subidas do nível do lençol freático e o tempo de alagamento. Sob estas condições, os rendimentos aumentam, mas em contra partida os custos de drenagem também aumentam.

Durante a época seca, a água é proveniente do lençol freático. Desta maneira, observa-se nesta época um movimento de água de baixo para cima. A ascensão capilar da água freática, provocada pela absorção da água pelas culturas e pela evapotranspiração para a atmosfera, pode criar uma deposição de sais que se encontram dissolvidos na água na superfície do solo. Se este efeito não for contrariado, os solos podem salinizar-se e uma redução no desenvolvimento das culturas pode também ser observado.

2.4 Problemas na exploração dos machongos

No seu estado natural, os machongos têm funções específicas no ecossistema em que se constituem. Contrariamente ao processo de formação do machongo, que é bastante lento, pois deriva somente dos despojos da vegetação espontânea que cobre as áreas onde eles se formam, a sua destruição pode ser rápida, se a sua exploração for feita de uma maneira descontrolada.

Durante a exploração agrícola, verifica-se:

- a) a prática da drenagem a profundidades relativamente maiores, de modo a permitir uma melhor aeração do sistema radicular das culturas em campo. Estas práticas levam à uma aeração das camadas superficiais. A elevação da temperatura nessas mesmas camadas como consequência de um reduzido teor de humidade, conduz a uma aceleração dos processos de oxidação e posterior mineralização do material orgânico;
- b) a retirada da massa vegetal aquando da colheita, deixando o solo exposto ao sol, aumenta também por sua vez, a velocidade de decomposição da matéria orgânica.

Paralelamente, a drenagem pode conduzir a subsidência destes solos. A subsidência é o resultado de três factores principais, sendo eles a secagem do material orgânico, a qual causa a diminuição do volume do material; a decomposição e oxidação da matéria orgânica com resultado da actividade bioquímica e; a consolidação e encolhimento (compressão) da camada orgânica por razões mecânicas que podem ocorrer no solo. A diminuição da força de impulsão causada pelo abaixamento do nível do lençol freático, aumenta assim o peso do material orgânico e consequentemente a compressão nas camadas subjacentes.

Segundo LUCAS (1982), as principais formas de perda da matéria orgânica, resumem-se nos processos de subsidência e oxidação da matéria orgânica.

Estas duas formas de perda da matéria orgânica, são influenciadas basicamente pelo regime térmico, natureza do material vegetal e práticas culturais em uso.

A oxidação¹ dos machongos é mais rápida nas regiões subtropicais e tropicais relativamente às regiões temperada, devido à elevadas temperaturas que se registam.

Um outro factor segundo LUCAS (1982), é o facto das turfas tropicais e subtropicais, serem geralmente eutróficas, i.e., ricas em nutrientes, e de nelas ocorrerem reacções aproximadamente neutras (pH 6 - 7.5), condições estas, que estimulam a decomposição microbiológica do material orgânico, enquanto que, em climas temperados o meio é geralmente ácido (pH 3.5 - 4).

A profundidade de drenagem é também um dos factores que pode conduzir a uma elevada taxa de oxidação e, foi detalhadamente estudado por SCHOTHORST (1977), na Holanda.

STEPHENS and STEWART (1977), citados pelo Boletim de Solos da FAO N.º 59 (1988), desenvolveram um modelo matemático que pode ser usado para estimar a subsidência anual dos machongos para diferentes condições climáticas. Este modelo, relaciona a profundidade de drenagem e a temperatura do solo segundo mostra a figura 4.

¹ processo através do qual o carbono orgânico é convertido em dióxido de carbono e posteriormente perdido para a atmosfera.

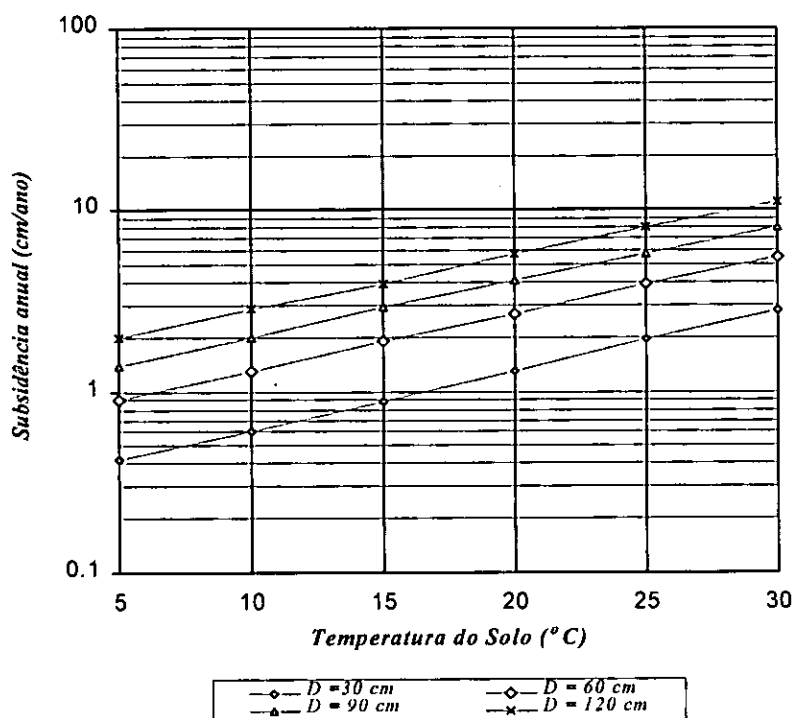


Figura 4: Relação entre a profundidade do lençol freático (D), a temperatura do solo (em °C, a 10 cm de profundidade) e a subsidência anual dos machongos (cm/ano).

(Fonte: Boletim de Solos da FAO N.º59, 1988)

Desta figura, pode-se observar que a subsidência dos machongos é directamente proporcional ao aumento da temperatura (factor de difícil influência) e também ao aumento da profundidade de drenagem (factor de fácil controle).

O conhecimento da taxa de subsidência é revestido de extrema importância na planificação do sistema de drenagem, na estimação da vida útil dos machongos e também, para uma exploração sustentável dos machongos.

Antes de se decidir sobre a exploração e recuperação dos machongos, várias podem ser as questões que devem ser abordadas e respondidas, tais como:

- qual é o tempo de vida esperada para a agricultura dos machongos?

- qual é o perigo de salinização destes solos (intrusão salina superficial e subterrânea), dada a proximidade das áreas onde estes solos ocorrem com o mar? Devido à influência das marés, e em função do caudal e declive do rio, a influência da água salgada pode chegar até aos 50 Km para o interior da encosta. Esta situação é mais relevante no fim do período seco, durante o qual os caudais no rio são baixos e as necessidades de rega são elevadas.
- quais as perspectivas de cultivo dos solos subjacentes após o desaparecimento dos machongos?
- qual a natureza, frequência e grandeza das inundações na área?

Estas são apenas algumas das questões que podem ser levantadas aquando da do início da drenagem e recuperação destes solos.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

3.1.1 Localização geográfica

A região de estudo localiza-se à cerca de 20 Km a norte da cidade da Maxixe, na província de Inhambane, dentro das coordenadas 23°45' de Latitude Sul e 35°15' de Longitude Este. Os machongos em questão estão na sua maioria, localizados ao longo do vale do rio Inhanombe (vide anexo 15).

3.1.2 Clima

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é tropical seco de savana "Aw". A evapotranspiração média anual é de 1408 mm, e a precipitação média anual é de aproximadamente 954 mm, com uma temperatura média anual de 24.3°C, com relativamente pouca variação.

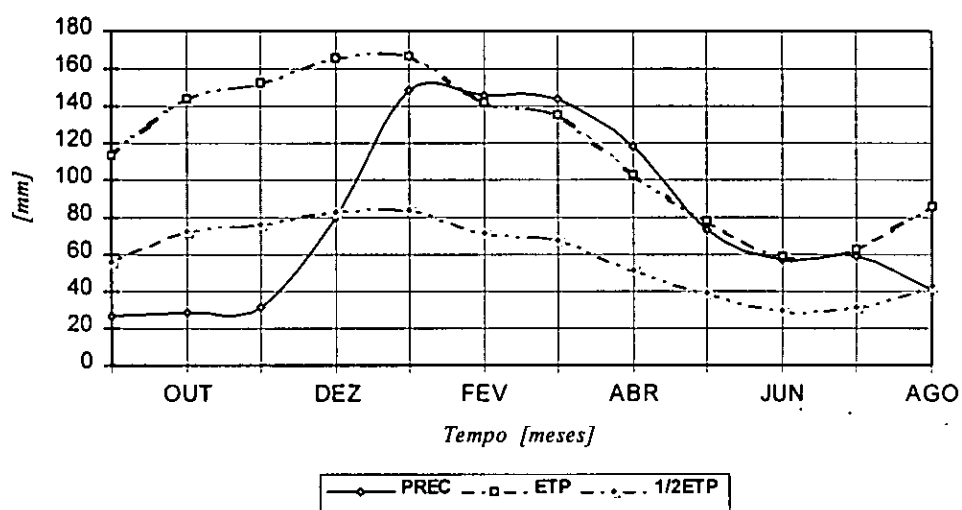


Figura 5: Balanço hídrico da área de estudo

O gráfico do balanço hídrico apresentado, dá-nos uma primeira ideia sobre a distribuição da precipitação, e das estações com excesso ou deficiência de água no solo. Sendo assim, o período chuvoso tem o seu início no mês de Outubro. O período com balanço positivo (meses de $Pr > \frac{1}{2}Eto$) é observado a partir do mês de Dezembro até Agosto.

3.1.3 Aspectos geológicos e topográficos

A planície aluvial do rio Inhanombe, é formada basicamente por rochas sedimentares do Quaternário, referidas na Carta Hidrogeológica 1 : 1 000 000 (DNA, 1987), como Qd, sendo estas dunas do interior fixas e consolidadas, constituídas por areias médias a muito finas, argilosas, de origem eólica e/ou marinha, com uma orientação ENE-WSW. Estas dunas, fazem parte da grande formação de Inharrime, de Oligoceno, que por sua vez é coberta pela formação de Jofane/Morrumbene, do Mioceno, constituída por calcários e dolomitos, contendo essencialmente oolitos e fragmentos de corais.

A planície é ainda circundada por outros sedimentos do Quaternário, constituídas por areias finas mais ou menos soltas e argilosas, formando coberturas desenvolvidas sobre rochas sedimentares e, por depósitos arenosos de origem aluvial, incluindo por vezes, calhaus, siltes ou leitos argilosos. A geologia da área é descrita com mais detalhes por AFONSO (1978).

A área de estudo é caracterizada por uma topografia plana ao longo do vale onde ocorrem os machongos, os quais, são rodeados por dunas arenosas de cotas superiores a 5 metros.

3.1.4 Solos

Os solos da região apresentam uma camadas rica em matéria orgânica, com uma espessura que varia de vinte centímetros a aproximadamente dois metros. Segundo

a Legenda do Mapa de Solos do Mundo (FAO/UNESCO e ISRIC, 1997), os machongos, devido às suas características e modo de formação, pertencem ao grande grupo dos solos orgânicos, designado por Histossolos (*Gk. histos; tecidos*), mais concretamente, as sub-unidades - Histossolos térricos (HSs) e Histossolos fibricos (HSf).

3.1.5 Sistema de produção

Actualmente, existe uma maior pressão no aproveitamento agrícola dos machongos, feita pelo sector familiar, para o cultivo das culturas do arroz, hortícolas, milho, batata-doce e da cana-de-açúcar. O cultivo das hortícolas nomeadamente, couve, alface, tomate, cebola e hortaliças no geral, é feito basicamente na época fresca e o do milho na época quente, sendo este contudo, seriamente afectado pelas inundações que ocorrem durante este período.

As machambas são pequenos talhões, limitados geralmente por valas de drenagem, ao longo das quais aparecem plantadas culturas como a bananeira, batata doce e a cana-de-açúcar. Segundo fontes locais, a distribuição dos talhões é feita com base na capacidade da força de trabalho de cada família, sendo o lote básico de 0.5 ha (módulo básico de 100 x 50 metros). Devido à existência de minas em alguns locais da extensão dos machongos, sobretudo nas proximidades do rio Inhanombe, não se verifica um aproveitamento agrícola integral dos machongos, sendo este feito pelo caniço (*phragmites australis*), vegetação característica deste tipo de solo.

Nas dunas arenosas do interior, a população pratica a agricultura de sequeiro onde geralmente produzem culturas de subsistência, como a mandioca, o milho, a batata-doce, e algumas fruteiras (laranjeiras, tangerineiras, etc.), sem se esquecer do coqueiro. Para além das actividades agrícolas, a população tem praticado a pesca, a caça e a criação de animais de pequena e grande espécie.

3.1.6 Situação actual da drenagem

O nível do lençol freático nos machongos, é condicionado pela cota do curso de água no rio, e pela distribuição das chuvas que se juntam às águas freáticas. Como é do conhecimento geral, o regime hidráulico do rio, dependendo do pluviométrico, caracteriza-se por uma variação nos caudais ao longo do ano, dependendo contudo, do tamanho da bacia de inundação e da quantidade de precipitação. A actual rede hidráulica de canais de drenagem instalada, visa facilitar o escoamento das águas que transbordam do rio na época quente e os mesmos, poderão servir de canais de rega na época seca, controlando deste modo as flutuações do nível do lençol freático.

A rede de drenagem é constituída por dois canais principais paralelos ao rio e, espaçados entre si a uma distância de cerca de 100 metros, com uma profundidade de 60 centímetros. Fazem ainda parte da rede, canais de campo perpendiculares ao rio e, espaçados entre si a 50 metros e a uma profundidade de 40 centímetros.

A execução das obras de abertura dos canais, foi feita pelos actuais utentes do machongo, sob vigia técnica de uma equipe do Projecto de Regadios de Chindjinguir sediada em Homoine na província de Inhambane. A manutenção dos canais está sob responsabilidade dos próprios camponeses. Foi ainda constatado que os canais de drenagem próximos da encosta, são cobertos pelas areias erodidas da encosta devido a falta de manutenção e protecção. Paralelamente à abertura dos canais de drenagem para facilitar o escoamento do excesso das águas da chuva, está prevista a instalação de estruturas simples para o controle dos níveis de água nos canais.

3.2 Conceituação dos métodos

3.2.1 Introdução

Para o presente estudo, foram usados dados diários e mensais de precipitação para os meses mais chuvosos, do Observatório Meteorológico de Inhambane. Os dados dizem respeito a um período de 38 anos (1952 a 1989). Com estes dados, foi feita a

análise da probabilidade de ocorrência de valores extremos. Foram determinadas as normas de drenagem, a partir das curvas de duração- frequência, para as alturas do lençol freático de 30, 50, e 70 cm. Posteriormente, foram calculadas as distâncias entre os drenos e as flutuações do lençol freático, tendo os cálculos sido baseados em fórmulas de modelos de fluxo estacionário e não estacionário respectivamente. Foram ainda realizados, ensaios de campo para a determinação da permeabilidade, infiltração e colhidas algumas amostras da água e de solo para posterior análise no laboratório.

3.2.2 Determinações de campo

Dada a não existência de material de base, como sejam mapa de solos, foram feitos quatro transectos de amostragem, todos eles aproximadamente perpendiculares ao rio Inhanombe, em locais onde o rio muda de direcção. As medições foram feitas a cerca de 200 metros do rio. Em cada transecto, foi feita a medição da permeabilidade, e recolhidas amostras de solo, num intervalo vertical de 30 centímetros, para posterior determinação no laboratório de parâmetros como a CTC, pH, saturação por bases, PST, matéria orgânica, % de carbono. As amostras de água foram recolhidas nos dois canais de drenagem principais e no rio.

3.2.2.1 Determinação da infiltração

Num projecto de drenagem, é importante que se tenha informação a respeito das características da infiltração do solo. Para o presente estudo, foram feitos 2 ensaios de infiltração, para se ter uma ideia do fluxo vertical de água nestes solos, e deste modo poder prever o escoamento superficial, que a haver, terá que se considerar na determinação da norma de drenagem da região.

Para a determinação da infiltração, foi usado o método de anel duplo, um externo para reduzir o efeito de bordadura e outro interno para as medições.

Foram registados os abaixamentos dos níveis de água relativamente ao tempo, e, medidas as diferenças das alturas dentro do anel interno. A infiltração assim obtida, é a infiltração cumulativa em relação ao tempo, e é dada pela seguinte relação.

$$I_{cum} = K \cdot t^n \quad 3.1$$

onde:

K é uma constante e depende do tipo de solo

n é uma constante positiva e menor que uma unidade

I_{cum} a infiltração acumulada [cm]

t tempo [min]

A infiltração instantânea, é obtida derivando a infiltração acumulativa em relação ao tempo, como mostra a relação abaixo:

$$I_{inst} = K \cdot n \cdot t^{(n-1)} \quad 3.2$$

Onde I_{inst} é em cm/min e K , n e t são os mesmos parâmetros descritos na relação (3.1).

A quantidade física comumente usada em estudos hidrológicos, é a taxa de infiltração básica. Contudo, as medições de campo são feitas em termos de infiltração cumulativa.

Para determinação da taxa de infiltração básica do solo, parte-se do princípio que esta é atingida quando a mudança na taxa de infiltração instantânea durante o período de uma hora, for inferior a 10%, e é dada pela relação abaixo indicada,

$$I_{bas} = K \cdot n \cdot [600 \cdot (1 - n)]^{(n-1)}$$

3.3

Os parâmetros K e n são os mesmos descritos na relação (3.1) e I_{bas} em cm/min.

3.2.2.2 Determinação da permeabilidade

Para uma determinada região, onde se pretende beneficiá-la de obras de drenagem, é necessário que se conheçam as características físicas do solo relativamente ao fluxo de água saturado.

A permeabilidade é um dos parâmetros usados como indicador de tal condição, e a determinação de valores realísticos desta é tanto mais difícil, quanto maior for a estratificação (heterogeneidade) dos solos, pois, implica o uso de técnicas mais sofisticadas para a sua determinação.

A medição da permeabilidade, foi feita usando o método de campo simples, que é o método de "Auger Hole". Este método, consiste na abertura de um buraco de profundidade situada um pouco abaixo do nível do lençol freático. Em seguida, espera-se algum tempo, até que o nível de água dentro do buraco, fique em equilíbrio com o nível do lençol freático. Depois de estabilizado, e com a ajuda de uma bomba manual, retira-se a água do poço e, registam-se no tempo as subidas do nível de água no poço.

De salientar que neste método, os dados a serem usados no cálculo da permeabilidade são aqueles que são obtidos antes do lençol freático sofrer deformação provocada pelo cone de depressão, pois, a equação desenvolvida para a determinação da permeabilidade é baseada na horizontalidade do lençol freático.

A permeabilidade do solo, é depois determinada a partir de fórmulas e/ou nomogramas que descrevem a relação entre a taxa de elevação do lençol freático, sob condições do fluxo subterrâneo e a geometria do buraco (ILRI, Bulletin n°1, 1983).

$$K = \frac{\Delta h}{\Delta t} \cdot c$$

3.4

Onde:

K é a condutividade hidráulica do solo [m/dia]

c factor de geometria do buraco

$\Delta h/\Delta t$ a taxa de subida de água no buraco [m/sec]

Experimentalmente, foi estabelecido que as medições a serem consideradas, são aquelas que estiverem abaixo de $\frac{3}{4}$ do potencial criado, ou seja, até que $\frac{1}{4}$ da água removida do buraco tenha sido repostas.

3.2.3 Determinações laboratoriais

Para a determinação dos valores de pF e análise química das amostras de solo e água, foi seguido o método recomendado pela FAO, em uso no Laboratório de Solos da FAEF e também no INIA (Manual de Práticas Laboratoriais de Solo, 1985). Com excepção das análises de K (potássio) e Na (Sódio) do complexo de troca, que foram feitas no Laboratório do INIA, as demais análises CTC, pH - água, pH - KCl a (1:2.5), CE(1:2.5) e percentagem de matéria orgânica, foram determinadas no Laboratório de Solos da FAEF.

3.2.4 Determinação da norma de drenagem da região

Para o controle efectivo do nível do lençol freático, é necessário que se defina uma norma de drenagem, isto é, o excesso de água que deve ser drenado numa dada região. Esta norma de drenagem, serve de base para o cálculo do espaçamento entre os drenos. Para a determinação da norma de drenagem, é necessário tomar-se em linha de conta o seguinte:

- norma de drenagem devido ao excesso da água das chuvas e;
- norma de drenagem devido à contribuição do fluxo subterrâneo.

Neste estudo, foi considerada a norma de drenagem devido ao excesso da água das chuvas, não obstante, a existência também de uma contribuição significativa através do fluxo subterrâneo de encosta. A determinação da norma de drenagem ou descarga projectada, foi baseada na análise de frequência de valores extremos de precipitação, baseada na distribuição de GUMBEL. Este cálculo, foi efectuado com auxílio de uma folha de cálculo.

A descarga projectada, foi obtida directamente a partir das curvas de duração-frequência, construídas para os tempos de retorno de 2, 5 e 10 anos respectivamente.

Na determinação da época crítica de drenagem, foram construídas as curvas com probabilidades de ocorrência de 25, 50 e 80%, as quais são apresentadas na figura 9 em anexo. Em seguida, foram seleccionados dois dos meses mais chuvosos que serviram de base na determinação da norma de drenagem para a região.

No entanto, para efeitos de delineamento de um sistema de drenagem, é necessário que se tenham em consideração, os valores diários de precipitação desses meses. Os dados diários de precipitação usados na determinação dos valores máximos diários de precipitação, são apresentados no anexo 6a e 6b.

A função de probabilidade de GUMBEL é dada por (ILRI, Cap. 18 Vol. II):

$$\text{Prob}(P_N < P) = \exp\{-\exp(-y)\}$$

3.5

Onde:

P_N , é a precipitação da amostra de tamanho N ;

$Y = \alpha (P-u)$, é a variável reduzida de GUMBEL;

$u = \mu - c/\alpha$, é o modo da distribuição de GUMBEL;

$\alpha = \pi/\sigma * 6^{1/2}$, é o desvio padrão da distribuição de GUMBEL;

$c = 0.577$, é a constante de Euler;

μ = a média da distribuição de GUMBEL;

σ , é o desvio padrão da população.

As alturas do lençol freático de 30, 50 e 70 centímetros, foram consideradas para determinar a capacidade de armazenamento de água no solo. Para cada nível do lençol freático, foi determinado o respectivo valor da porosidade efectiva (μ), a partir da curva de pF correspondente aos solos turfosos (vide anexo 1, curva g).

Por exemplo, para uma subida do lençol freático de 10 cm o valor da porosidade efectiva é de 5%, e a capacidade de armazenamento será de 5 mm de armazenamento (100 mm * 5%).

Foi ainda considerado para o cálculo, a norma de drenagem obtida para o mês mais chuvoso de entre os dois meses seleccionados, e para o tempo de retorno de uma vez em cada cinco anos (1/5), tempo de retorno normalmente usado na agricultura.

3.2.5 Cálculo do espaçamento entre os canais de drenagem do campo experimental

Um dos factores de primordial importância na projecção de um sistema de drenagem, é o espaçamento entre os drenos. Em geral, a profundidade de drenagem e o espaçamento entre os drenos, variam em conformidade com as características físicas do solo, culturas, etc. Na determinação do espaçamento entre os drenos, há que considerar os seguintes aspectos:

- características físicas dos solos em questão (capacidade de armazenamento, permeabilidade) e;
- necessidades da profundidade do lençol freático.

Existe um grande número de fórmulas que descrevem a flutuação do lençol freático e o fluxo de água para os drenos. Muitas delas, são baseadas num estado de equilíbrio (fluxo estacionário) entre o fornecimento de água e a descarga.

No presente estudo, dada a sua simplicidade e o perfil dos solos em questão, foi usado o método de HOOGHOUTD, onde se assumem as seguintes suposições:

- ◆ o fluxo é permanente, i.e., a profundidade do lençol freático mantém-se constante no tempo, e a descarga do sistema é igual a sua recarga;
- ◆ o solo é homogéneo até a camada impermeável e;
- ◆ a recarga R (mm/dia) é homogeneamente distribuída.

A relação matemática de HOOGHOUTD é dada por (ILRI, *Bulletim* nº8, 1979):

$$L^2 = \frac{8 \cdot K_2 \cdot d \cdot m_o}{R} + \frac{4 \cdot K_1 \cdot m_o^2}{R} \quad 3.6$$

onde:

L é o espaçamento entre os drenos [m]

K_1 a condutividade hidráulica do solo acima do nível dos drenos [m/dia]

K_2 a condutividade hidráulica do solo abaixo do nível dos drenos [m/dia]

m_o a altura do lençol freático acima do nível dos drenos [m]

d a espessura da camada equivalente de HOOGHOUTD [m]

R a norma de drenagem da região [m/dia]

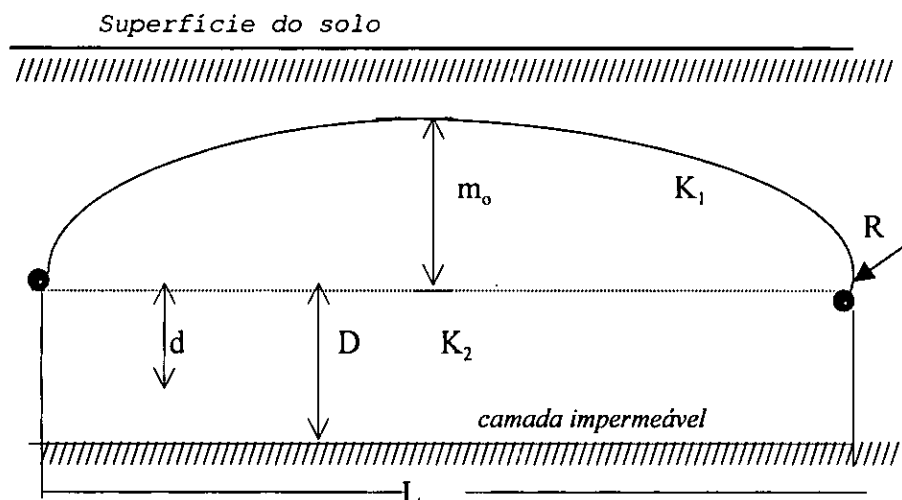


Figura 6: Representação esquemática mostrando os parâmetros da fórmula de HOOGHOUTD. (Fonte: ILRI, Bulletin nº8, 1979)

3.2.6 Determinação da flutuação do lençol freático assumindo um fluxo não estacionário

Na equação de HOOGHOUTD, parte-se do princípio que a chuva é uniformemente distribuída ao longo de todo o dia. Na realidade, a situação é mais complexa.

A subida do lençol freático, pode atingir níveis bastante elevados, níveis esses que podem ser prejudiciais para as culturas, provocando na maioria dos casos decréscimos na produção.

De entre as várias características do lençol freático, será aqui considerada a flutuação do lençol freático, devido à ocorrência de precipitações com uma certa duração e frequência. O comportamento do fluxo subterrâneo pode ser resumido da seguinte maneira:

- na situação inicial, depois de longo período sem chuvas o nível do lençol freático mantém-se estacionário e horizontal, à mesma profundidade dos drenos (assume-se que não há fluxo).

- no caso de ocorrer uma precipitação significativa, o sistema é imediatamente alterado. O lençol freático eleva-se instantaneamente, como resultado de uma recarga instantânea. A grandeza dessa subida, é função da porosidade efectiva e da humidade das diferentes camadas do solo. Depois da chuva ocorrer, o lençol freático começa a descer, à medida que a drenagem ocorre. A velocidade de descida do lençol freático é função da permeabilidade das diferentes camadas do solo, do espaçamento entre os drenos, da altura do lençol freático e da quantidade da recarga.

Para quantificar as variações do lençol freático, foi usada a fórmula modificada de GLOVER-DUMM (fluxo não estacionário):

$$L^2 = \frac{\pi^2 \cdot K \cdot d \cdot t}{\mu \cdot \ln(1.16 \cdot \frac{h_0}{h_t})} \quad 3.7$$

onde:

L é o espaçamento entre os drenos [m]

K a conductividade hidráulica do solo [m/dia]

d a espessura da camada equivalente de HOOGHOUTT [m]

h_0 altura do l. f. a meio do nível dos drenos no tempo inicial, após a ocorrência de uma recarga instantânea [m]

h_t altura do l. f. a meio do nível dos drenos no tempo t [m]

t o tempo considerado a partir do início [dias]

μ a porosidade efectiva (%)

$\pi = 3.14$, é uma constante

Rearranjando a equação (3.7), obtém-se a flutuação do lençol freático (h_t):

$$h_t = 1.16 \cdot h_o \cdot e^{-\frac{\pi^2 \cdot K \cdot d \cdot t}{\mu \cdot L^2}}$$

3.8

A figura abaixo, apresenta sumariamente os parâmetros da equação de GLOVER-DUMM.

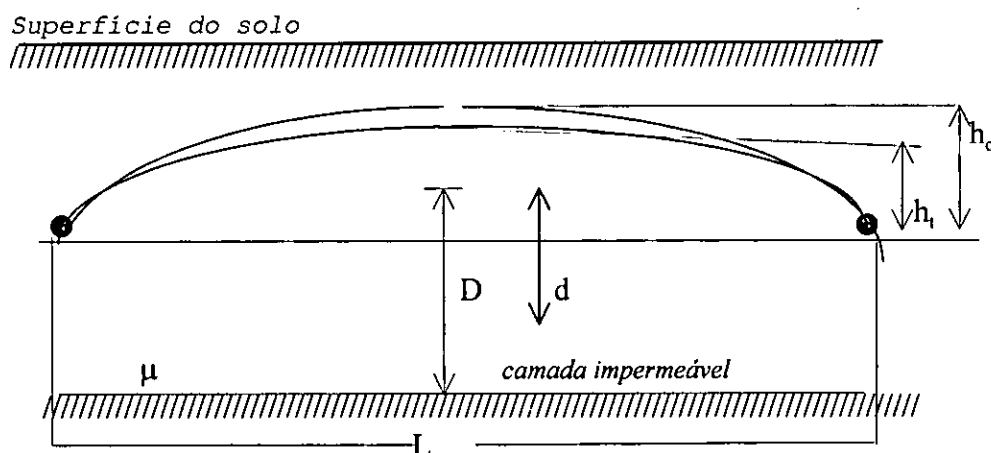


Figura 7: Representação esquemática mostrando os parâmetros da fórmula de GLOVER-DUMM. (Fonte: ILRI, Bulletin nº8, 1979)

Para o uso da fórmula de GLOVER-DUMM, foram consideradas como recarga instantânea do sistema, dados diários de precipitação e o valor do espaçamento (L), determinados a partir da equação de HOOGHOUDT.

Na selecção dos valores da recarga, foi tomada em consideração a probabilidade de 80% (Tr. = 5), para o mês mais chuvoso.

Para o efeito, foram ordenados os dados anuais do mês mais chuvoso, e depois atribuído-lhes um valor de frequência. Em seguida foi seleccionado o ano cujos valores correspondem com a probabilidade para o tempo de retorno de 5 anos (1982). Isto significa que o sistema de drenagem tem uma probabilidade de ser excedido uma vez em cinco anos. É com base nesta informação, que depois se projecta e propõem-se o campo experimental de drenagem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de solo e água

Os resultados das análises das amostras de solo feitas, são apresentados na tabela 2a.

Tabela 2a: Resultados da análise de solo

Nº da amostra	pH-água (1:2.5)	pH-KCl (1:2.5)	CE(1:2.5) (dS/m)	CEe (dS/m)	%C	%MO	CTC meq/100g	Bases de troca (meq/100g)				PST (%)
								Ca	Mg	K	Na	
1 (0-30)	5.20	4.80	1.15	5.75	14.10	24.33	48.32	84.00	15.09	0.45	3.78	7.80
2 (0-30)	4.84	4.53	2.15	10.75	16.60	28.55	48.60	65.20	13.81	0.70	4.10	8.44
3 (0-30)	5.66	5.39	2.69	13.45	29.40	50.73	58.56	30.80	22.53	0.46	7.46	12.74
4 (0-30)	5.20	5.04	2.12	10.60	24.50	42.15	52.85	72.06	17.47	0.65	4.59	8.68
5 (0-30)	5.10	4.86	5.63	28.15	23.70	40.78	53.96	29.21	18.56	0.80	10.14	18.79
6 (0-30)	5.61	5.24	1.47	7.35	26.10	44.92	60.22	45.51	21.04	0.48	3.81	6.33
Média	5.27	4.98	2.54	12.68	26.75	38.60	53.75	54.46	18.08	0.59	5.60	10.46
Erro padrão	0.13	0.13	0.66	3.29	2.39	4.12	2.02	9.26	1.37	0.06	1.06	1.88

Da tabela 2a, pode-se observar que o valor médio da capacidade de troca cationica (CTC) é de 53.75 (± 2.02) meq/100g, e a saturação de bases é de aproximadamente 3/2 vezes superior ao valor da CTC. Este valor da saturação por bases (superior ao valor da CTC), é aceitável, se tomarmos em consideração os valores da CEe obtidos. Relativamente ao valor do pH, o solo apresenta no geral valores baixos, sendo o valor médio igual a 5.27 (± 0.13). Pode estar na origem dos baixos valores de pH, a oxidação dos ácidos orgânicos durante o processo de oxidação e mineralização da matéria orgânica.

Embora os valores de pH sejam baixos, o acima exposto, sugere que os solos possuem uma fertilidade potencial boa.

A distribuição da salinidade no solo a qual foi medida através da condutividade eléctrica num extracto de (1:2.5), mostra um valor de 2.54 (± 0.66)

dS/m. Os valores da CE_e, foram obtidos pela multiplicação dos valores da CE (1:2.5) pelo factor 5. Este procedimento é válido se for tomado em consideração que um dos pressupostos para a utilização deste factor é de que todos os sais presentes são solúveis e permanecem em solução, i. e., não há formação de precipitados. Segundo a classificação da USDA, um solo é salino caso a CE_e ≥ 4 dS/m. Sendo assim, os solos em questão são salinos, pois o valor da CE_e é de 12.68 (± 3.29) dS/m. Segundo ainda o critério de classificação da USDA, um solo é sódico caso o seu valor da PST > 15%; os solos assentam sobre um substrato de argila (vide figura 8), e o valor da PST medido foi de 10.46%. Este teor de sódio trocável existente no solo, não exerce influência nas características físicas do solo, pelo facto da estrutura da camada orgânica não ser alterada. Estes níveis de sodicidade dizem respeito a espessura do solo de 0 a 30 centímetros, e podem ser problemáticos no desenvolvimento agrícola, devido aos possíveis efeitos de toxicidade nas culturas.

As características do solo, CTC, bases de troca, espessura da camada de machongo, são de grande importância para a utilização e manejo destes solos. Os resultados aqui obtidos e apresentados, por compreenderem uma fracção da área total, não podem ser transferidos ou usados como padrão, sendo recomendada para o efeito uma amostragem mais representativa.

Foram feitas algumas medições da condutividade eléctrica e pH da água dos canais de drenagem e do rio, e os resultados são apresentados na tabela 2b.

Tabela 2b: Resultados da análise de água

Parâmetros	Rio		Canal 1		Canal 2	
pH	7.57	7.63	7.37	7.40	7.59	7.58
CE(10 ⁻³ dS/m)	0.586	0.705	0.915	0.849	0.830	0.903

Nota-se na tabela, que os níveis de salinidade da água no canal de drenagem próximo da encosta (canal 2), no canal de drenagem próximo do rio (canal 1) assim como no rio, são inferiores a 0.1 dS/m. Estes valores, não apresentam perigo de

salinidade, pois de um modo geral, considera-se que uma água de rega não apresenta perigo de salinidade, quando os valores da sua condutividade eléctrica, forem inferiores a 0.25 dS/m. O uso da água dos canais e/ou do rio com baixa concentração de sais para irrigação, pode ter uma implicação no processo de troca catiónica, em caso de uma necessidade de lavagem de sais. Para além das questões discutidas, dada a proximidade da área de estudo do mar, é necessário que se faça um estudo sobre o problema da salinização e intrusão salina nestes solos.

4.2 Infiltração

Foram feitas no total duas medições de infiltração, e os dados colhidos são apresentados no anexo 2.

A infiltração básica do solo calculada a partir dos valores da infiltração cumulativa figuras 10a e 10b (apresentadas depois da bibliografia), forneceram os resultados abaixo indicados:

Tabela 3: Resumo dos resultados da infiltração básica do solo

Ponto nº	<i>K</i>	<i>n</i>	I_{bas} (mm/hora)	I_{bas} (m/dia)
1	11.828	0.7557	1586	38.1
2	9.849	0.6827	763	18.3

O valor médio obtido da taxa de infiltração básica é de 1175 mm/hora (família de infiltração rápida, pois é maior do que 37,5 mm/min). Desta maneira, pode-se considerar que toda a precipitação ocorrida, é infiltrada no solo, não havendo portanto, escoamento superficial. A precipitação máxima diária observada nesta série de dados foi de 241.5 mm, correspondente ao mês de Dezembro no ano de 1963. Dada a elevada taxa de infiltração dos solos em questão, justifica-se neste caso, considerar a recarga da água freática como sendo instantânea.

Embora o lençol freático encontrava-se muito elevado (≈ 40 a 50 centímetros da superfície do solo), devido as chuvas que se faziam sentir na região na altura da recolha das amostras, os valores da infiltração obtidos não foram por este influenciados, devido a alta permeabilidade do machongo. Este ensaio de infiltração, veio a confirmar a suposta elevada taxa de infiltração destes solos.

4.3 Permeabilidade

Para a determinação da permeabilidade, foram feitas 5 amostras, com duas repetições em média cada.

Os dados são apresentados no anexo 3a e 3b, os resultados obtidos foram analisados e ajustados, e os valores extremos não representativos (valores com (*)) foram desprezados.

Tabela 4: Resumo dos resultados de permeabilidade (método de Auger Hole)

Permeabilidade	Número do buraco					Média	STD
	1	2	3	4	5		
1ª	4.72	1.41*	4.77	2.90	3.6	4.00	0.78
K (m/dia) 2ª	4.70	1.36*	3.40	3.28			
3ª	4.67						

A permeabilidade média dos machongos é de 4.00 m/dia, dependendo do material constituinte do solo e do grau de composição do mesmo.

Segundo o quadro de classificação proposto por MILLAR (1978), os solos em questão, pertencem a família de permeabilidade rápida, pois o valor médio desta situa-se entre os $3 - 5$ m/dia.

No caso do buraco número 2, cujo valor situou-se muito abaixo da média ($1.36 - 1.41$ m/dia), valores estes que foram desprezados no cálculo da permeabilidade média, o facto deveu-se a presença no local de um tronco- material não decomposto, o qual

obstruiu o fluxo vertical da água. Não foi possível determinar os valores relativos à permeabilidade da argila, devido à alta permeabilidade do machongo, tendo sido fixo para este substrato o valor de zero, o que em termos relativos é correcto.

A estratificação do solo, pode ser esquematizada segundo a figura abaixo.

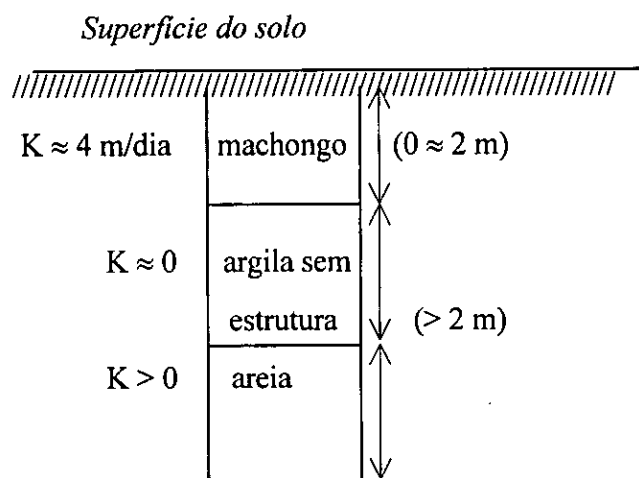


Figura 8: Perfil esquemático das camadas de solo

4.4 Norma de drenagem da região

No anexo 3, são representadas as curvas de precipitação para as probabilidades de ocorrência de 25, 50 e 80%. Os dados utilizados são apresentados no anexo 1. Desta figura, e tomando em consideração a época crítica de drenagem que são os meses de Dezembro a Abril, e com base na curva de 80% de probabilidade de ocorrência de chuvas, foram seleccionados os meses de Dezembro e Janeiro, por serem os meses de maiores precipitações.

Os anexos 2a e 2b, apresentam os resultados obtidos da análise de GUMBEL, para os meses de Janeiro e Dezembro respectivamente, e as rectas são apresentadas nos anexos 5a e 5b.

Embora o método de GUMBEL seja internacionalmente utilizado para a análise da frequência de ocorrência de valores extremos de precipitação, o mesmo

pode não se adaptar a todas as situações. Os anexos 6a e 6b, mostram as diferenças existentes entre os resultados obtidos a partir da função de probabilidade de GUMBEL (traçada a partir de dois pontos) e a recta da linha de tendência dos pontos que melhor se ajustam “best fit”, para 1 e 31 dias consecutivos de chuva respectivamente. Por exemplo, para o caso da recta de 31 dias e o tempo de retorno de 5 anos temos o valor de aproximadamente 230 mm para a recta de GUMBEL, e o valor de 240 mm para a recta de “best fit”, sendo a diferença entre os dois de 10 mm.

Portanto, pode se ver do exemplo acima apresentado, que o método de GUMBEL, estima valores inferiores para maiores tempos de retornos, enquanto que a recta da tendência dos pontos “best fit” estima valores ligeiramente superiores para o mesmo tempo de retorno. A diferença dos valores obtidos com os dois métodos está dentro do erro admissível, podendo se concluir que a distribuição de Gumbel, descreve o comportamento dos valores extremos de precipitação.

A quantidade de armazenamento hídrico do solo, determinada a partir da curva de pF, é apresentada na tabela 5. Por motivos de avaria do aparelho, não foi possível a determinação da curva de pF, a partir dos dados colhidos no campo para os solos em questão. Foi utilizada a curva apresentada no anexo 1, que é uma curva genérica dos valores de pF para os solos turfosos “*peat soils*” (MEIJER, 1993). Em função da profundidade do lençol freático, a porosidade ou capacidade de armazenamento de água no solo varia. Isto é especialmente verdade para os machongos pelo que, tomam-se em consideração os valores da porosidade efectiva (μ) para cada uma das profundidades do lençol freático consideradas.

Tabela 5: Quantidade de água armazenada vs. prof. do lençol freático

Altura do lençol freático (m ₀)	Porosidade efectiva (μ) em (%)	Água armazenada No solo (mm)
30 cm	10	30
50 cm	15	75
70 cm	19	133

Desta tabela, pode-se depreender que a quantidade de água armazenada no solo, é proporcional ao aumento da profundidade do lençol freático. À medida que a profundidade do lençol freático aumenta, o espaço poroso acima do lençol freático aumenta também, dependendo contudo, da contribuição do fluxo subterrâneo, das perdas de água por evaporação e por escoamento.

As curvas de duração, são curvas que dão-nos a relação precipitação – duração para diferentes tempos de retorno de 2, 5 e 10. Estas curvas são traçadas a partir das rectas de GUMBEL, e são apresentadas nos anexos 7a e 7b.

A tabela 6, apresenta o resumo das descargas projectadas, para as diferentes profundidades do lençol freático. O procedimento de cálculo das descargas projectadas é apresentado no anexo 12.

Tabela 6: Profundidade do lençol freático vs. descarga projectada em (mm/dia) para $Tr = 5$ anos

altura do Lençol freático (m _o)	Descarga projectada (mm/dia)	
	Janeiro	Dezembro
30 cm	50.6	48.0
50 cm	19.1	22.9
70 cm	4.6	4.4

Observando os valores na tabela acima, pode ser constatado que contrariamente ao que acontece com a capacidade de armazenamento hídrico no solo, que aumenta com a profundidade do lençol freático, a descarga projectada diminui com o aumento da profundidade do lençol freático, o que é de esperar uma vez que verifica-se um aumento da carga.

Relativamente aos valores das descargas obtidas para cada um dos meses, pode ser visto, que o mês de Janeiro, constitui o mês das maiores necessidades de drenagem para as profundidades de 30 e 70 cm, e o mês de Dezembro para a profundidade de 50 cm. Esta diferença de valores é na ordem de alguns milímetros,

o que para o cálculo do espaçamento entre os canais de drenagem, não fornecem grandes diferenças nos resultados. Deste modo, o uso dos valores das descargas referentes ao mês de Dezembro ou Janeiro, não influenciam nos resultados finais. No cálculo do espaçamento entre os canais, foram usados os dados referentes ao mês de Janeiro, para o tempo de retorno de 5 anos.

4.5 Espaçamento entre os canais de drenagem do campo experimental

Na determinação do espaçamento entre os canais, foi tomada em consideração a norma de drenagem para o mês Janeiro, que é o mês de maiores necessidades de drenagem, como foi acima referenciado.

Os valores dos espaçamento entre os canais são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 7: Profundidade do lençol freático vs. distância entre os canais do campo experimental

Altura do lençol Freático (m_o)	Espessura d (m)	Permeabilidade (m/dia)	Distância entre os Canais de campo (m)
30 cm	0.91	$K_1 = K_2 = 4$	14
50 cm	0.93	$K_1 = K_2 = 4$	32
70 cm	0.97	$K_1 = K_2 = 4$	80

Como pode ser observado, os comprimentos dos canais calculados aumentam à medida que a profundidade de drenagem aumenta. Os valores obtidos foram de 14, 32 e 80 metros para as alturas do lençol freático de 30, 50 e 70 centímetros respectivamente. Portanto, pode se ver que um aumento na profundidade de drenagem de 30 para 50 cm, o aumento no espaçamento entre os canais de drenagem é quase o dobro.

Se considerarmos o espaçamento actual existente ($L = 50$ metros), o uso dos valores de L acima calculados não é aconselhável, pois, levanta-se aqui o problema da ocupação da área total do módulo (0.5 ha) formado pelo espaçamento actual. Portanto, o uso dos valores dos espaçamentos calculados, implica a instalação de uma nova rede de drenagem. Como sugestão e alternativa de gestão da área do módulo actual, propõem-se a divisão do espaçamento $L = 50$ metros existente, em $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ ou então permanecer o espaçamento de 50 metros existente. Os valores correspondentes à divisão são de 12.5 metros para $\frac{1}{4}$ do espaçamento actual, e de 25 metros para $\frac{1}{2}$ do valor actual do espaçamento.

Desta maneira, teríamos a área do módulo na sua totalidade aproveitada para a produção agrícola. Contudo, há que para estes espaçamentos, conhecer os respectivos valores das alturas do lençol freático (m_0). Actualmente, a profundidade de drenagem (m_0) estabelecida é de 40 cm. Se considerarmos o facto de área de estudo ser uma zona ocupada por pequenas explorações agrícolas familiares, a proposta de espaçamentos apresentada tem algumas vantagens, pois a prática de algumas culturas e técnicas culturais, assim como o controle dos níveis de água nas parcelas, são facilitados devido ao reduzido tamanho das parcelas.

4.6 Comparação das flutuações do lençol freático, baseado no modelo de GLOVER- DUMM e de HOOGHOUDT e suas implicações na preservação dos solos

Usando os espaçamentos determinados no ponto anterior, e por forma a se estudar melhor o comportamento real do lençol freático como consequência directa de chuvas intensas e de curta duração, foram calculadas as flutuações do lençol freático, a partir da fórmula de GLOVER- DUMM. Os dados utilizados para a determinação das flutuações do lençol freático, são apresentados no anexo 13, e os anexos 8a a 8c, mostram o cenário obtido a partir do modelo.

Contrariamente ao modelo do fluxo estacionário (modelo de HOOGHOUTD), o qual considera que a descarga do sistema é igual a sua recarga, e que os valores das descargas são obtidos com base nos valores extremos de precipitação observados numa dada região, o modelo de GLOVER-DUMM, mostra-nos que existem variações no nível do lençol freático, sendo estas, consequência directa das chuvas. Contudo, a sensibilidade do modelo de GLOVER-DUMM, é função não somente da magnitude da precipitação, assim como do valor do espaçamento entre os drenos (L) e da porosidade efectiva (μ).

No anexo 8a, no qual os valores dos parâmetros (L) e (μ) são menores (14 m e 10% respectivamente), e a magnitude dos valores da precipitação variáveis, conforme o padrão de distribuição das chuvas observado para o mês e ano em questão, pode-se observar que o nível do lençol freático não apresenta grandes flutuações. Nesta situação, o nível máximo atingido pelo lençol freático foi de 25 cm, portanto, o nível máximo permissível do lençol (30 cm), não foi ultrapassado.

Nos anexos 8b e 8c, nas quais os valores de (L) e (μ) são ligeiramente maiores, pode ser observado que as flutuações são também maiores, embora a magnitude dos valores da precipitação seja a mesma. O nível máximo que o lençol freático atingiu foi para este caso de 20 e 40 centímetros para as alturas do lençol de 50 e 70 centímetros respectivamente.

Portanto, quando o espaçamento entre os canais (L) for menor, o sistema reage mais rapidamente e a água é consequentemente drenada mais rapidamente, criando-se em seguida um ambiente melhor para o desenvolvimento do sistema radicular das culturas. No caso em que temos um maior espaçamento, o cenário é contrário, isto é, o sistema reage mais lentamente e os níveis de água permanecem elevados.

Usando o modelo de GLOVER-DUMM, pode ser possível obter informação sobre o número de dias consecutivos que possam causar alagamento da cultura.

Para que a informação sobre a norma seja mais completa e credível, é necessário o processamento de dados diários de uma série de anos consideráveis, e

analisar estatisticamente os resultados obtidos. Desta maneira, e em função da sensibilidade das diferentes culturas ao alagamento, pode-se então, determinar o valor do espaçamento ou norma ideal requerida pela cultura.

Se por lado as culturas exigem um ambiente de aeração na sua zona radicular, isto é, com oxigénio e nutrientes suficientes para um melhor desenvolvimento do seu sistema radicular, por outro lado, o ambiente de formação do machongo deve ser preservado, isto através de técnicas de uso e manejo adaptadas para este tipo de solos, como por exemplo, pequenas profundidades de drenagem, reincorporação de restos vegetais aquando da colheita.

Como foi dito no início, a drenagem dos machongos, leva à perda do material orgânico, por oxidação da matéria orgânica e/ou posterior mineralização da mesma, ou ainda a subsidência do material orgânico como consequência de uma drenagem excessiva. Se formos a considerar uma profundidade de drenagem de 30 centímetros, e com base no modelo matemático proposto por STEPHENS and STEWART (1977) anteriormente apresentado (vide figura 4, Capítulo II), pode-se ver que a taxa anual de subsidência varia de 1.4 a 2.0 centímetros, para temperaturas do solo de 20 e 25 °C respectivamente. Estes valores de temperatura são aceitáveis, uma vez tratar-se de uma região tropical, onde as temperaturas são geralmente elevadas. Os valores da taxa de subsidência, são tanto maiores quanto maiores forem as profundidades de drenagem.

Os níveis de subsidência estimados com base na relação matemática acima referenciada, dão-nos uma ideia geral do risco de desaparecimento destes solos.

Sendo este um trabalho de Licenciatura, e portanto, de âmbito limitado, e atendendo a natureza e particularidade dos machongos, e também o interesse de se aprofundar os assuntos aqui discutidos, assim como, um estudo sobre as potencialidades e limitações destes solos, fica desde já recomendado a abordagem destes assuntos no campo experimental a ser proposto, ou então em posteriores trabalhos do género.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Como principal conclusão do presentes estudo temos que:

- Comparando o modelo de GLOVER- DUMM com o de HOOGHOUDT, verifica-se que as alturas do lençol freático (m_o) usadas no modelo de HOOGHOUDT são raramente atingidas, quando se usa o modelo de GLOVER- DUMM. Esta constatação, sugere que o método de HOOGHOUDT nas condições dos solos em questão, sobrestima os valores das alturas do lençol freático (m_o), podendo se concluir então que nestas condições, o modelo de HOOGHOUDT pode ser usado com segurança na estimação das alturas do lençol freático.

A drenagem dos machongos é uma questão complexa. Ela depende de muitos factores, e desencadeia uma série de processos irreversíveis cuja intensidade e velocidade são ainda defíceis de avalaliar e quantificar.

Como recomendações genéricas para a exploração dos machongos, recomenda-se:

- as culturas a serem seleccionadas, devem ser tolerantes aos níveis elevados do lençol freático e as outras características tais como, a acidez. Desta maneira, propõe-se o cultivo do arroz durante a época das chuvas e, hortícolas, bananeiras, papaieiras e milho durante a época seca;
- a mecanização nestes solos é impossível, devido à sua baixa capacidade de carga. Portanto, recomenda-se o uso de uma tecnologia baseada no trabalho manual;
- a gestão dos solos e água, deve sempre tender a diminuir a subsidência destes solos, e conservar a sua riqueza natural que é essencialmente a água e o material orgânico não decomposto;
- as queimadas devem ser proibidas dado o elevado risco de queimadas descontroladas. A vegetação natural e/ou restos

culturais, podem ser arrancados e queimados fora do machongo e só depois é que as cinzas podem ser distribuídas pelo machongo;

- a drenagem não deve ser excessiva e o arejamento da camada superficial deve ser apenas o necessário à cultura em campo. Sendo assim, o nível do lençol freático deve ser o mais elevado possível de modo a evitar no máximo o desaparecimento do material orgânico.

Tendo em consideração que os aspectos apresentados e discutidos no presente trabalho ainda carecem de um estudo aprofundado, o presente estudo tem como principal recomendação a instalação de um Campo Experimental de Drenagem de Machongos, para a descrição e quantificação dos diferentes processos.

O Campo Experimental de Drenagem terá como objectivos principais:

- i. estudar a relação óptima entre a produção agrícola, tempo de alagamento e profundidade de drenagem, pela instalação de um ensaio no qual serão seleccionadas diferentes culturas e estabelecidas profundidades de drenagem de 20, 40 e 60 cm, para cada cultura;

Neste ensaio, serão quantificados os seguintes parâmetros:

- rendimento das culturas; alturas do lençol freático (através de piezómetros) e tempo de alagamento; precipitação; caudais de drenagem;

- ii. determinar as características (flutuações do lençol freático) da drenagem para diferentes espaçamentos entre os drenos de campo;

- iii. estudar a relação entre a profundidade de drenagem, temperatura do solo e a taxa de subsidência;

- iv. identificar as práticas culturais mais apropriadas para este tipo de solos.

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tomando em consideração o actual espaçamento de $L = 50$ metros, as características físicas dos solos em questão, o regime de precipitação local, bem como o facto da área de estudo ser uma zona de ocupação agrícola por pequenas explorações familiares, as distâncias entre os drenos do Campo Experimental sugeridas são:

- ⇒ 12.5 metros (1/4 do espaçamento actual)
- ⇒ 25 metros (1/2 do espaçamento actual)
- ⇒ 50 metros (espaçamento actual)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Afonso, R. 1978. Geologia de Moçambique. Imprensa Nacional. 2ª Edição

Brito, R. 1995. Relatórios Técnicos 1 e 2 da visita ao Projecto de Construção de 400 ha de Canalizações Hidráulicas no Vale do Rio Inhanombe. (documento não publicado)

DNA, 1987. Carta Hidro- Geológica de Moçambique. Escala 1 : 1 000 000

Driessen, P. M. & R. Dudal. 1989. Lecture Notes on Major Soils of the World. Wageningen

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. 1983. Apontamentos de Hidráulica;

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. 1985. Manual de Práticas Laboratoriais de Solo

FAO Soils Bulletin n.º 59. 1988. Nature and Management of Tropical Peat Soils

FAO-Unesco e ISRIC. 1997. Mapa dos Solos do Mundo, Legenda Revista (Versão Portuguesa). Roma -

ILRI, Bulletin n.º 1. 1983. The Auger Hole Method - Wageningen

ILRI, Bulletin n.º 8, Some Nomographs For The Calculation Of Drain Spacing - Wageningen

ILRI, Publication 16, Vol. II - Drainage Principles and Application - Wageningen. Cap. 8, pp. 1 -31; Cap. 11, pp. 131 - 150

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ILRI, Publication 16, Vol. III - Drainage Principles and Application - Wageningen.
Cap.18, pp. 13 -41; Cap. 23, 221 - 243; Cap. 24, pp. 253 - 270

ILRI, Publication 16, Vol. IV - Drainage Principles and Application - Wageningen.
Cap. 32, pp. 281 - 287

Meijer, T. K. E. 1993. Design of Smallholder's Irrigation Systems.
Wageningen Agricultural University. Cap. 3, pp. 26

Millar, Agustin A. 1978. Drenagem de Terras Agrícolas. Cidade: McGraw - Hill

Monteiro, J. F. de Sousa. 1957. Relatório Sobre o Resgate dos "Machongos" do Sul
do Save; Imprensa Nacional de Moçambique. Lourenço Marques, pp. 149 - 157

Monteiro, J. F. de Sousa. 1953. Relatório Sobre o Resgate dos "Machongos" do Sul
do Save; Imprensa Nacional de Moçambique. Lourenço Marques, pp. 6 - 7 e 20 - 22

ANEXO 1: Dados de precipitação usados na determinação da época crítica de drenagem (mm)

Meses Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1952	123.3	159.3	55.6	104.3	209.7	147.3	38.9	10.3	57.9	22.1	114.9	41
1953	200.6	128.9	71.1	41.2	25.6	33.1	45.8	45.6	48	1.7	32.3	20
1954	59.2	93	22	41.1	18.8	79.1	0.8	31.2	19.9	64.3	275.3	180.4
1955	177.6	120.1	92.5	170.7	19.2	24.6	15	3.7	7.4	33.3	220	116.5
1956	44.5	284.9	76.9	63.9	49.3	209.2	1	0.6	8.6	4.8	11.5	174.4
1957	102.2	38.7	114.7	39.2	29.9	20.8	152	14.2	22.2	43.1	49.9	143.2
1958	176.7	66.4	25.9	131.5	12.7	165.4	52.6	61.1	59.8	99.9	40.6	129.7
1959	224.3	139.4	71	19.8	42.2	79	61.7	31.7	78.5	18.8	15.1	178
1960	112.9	43.7	156.8	65.5	15.9	22.3	60.7	24.2	93.1	28.8	70.6	228.1
1961	197.1	34.1	86.1	90.4	8.2	83	44	135.7	3.8	65.9	15.9	25.3
1962	443.4	159.8	15.8	71.1	128	8.5	16	63	0.4	49.8	164.7	544
1963	32	214.1	42.6	46.2	63	85	50.9	1.1	1	28	11.3	295.8
1964	83	54	11.8	32.7	23.7	50.2	25.2	25.2	4.2	20.9	24.6	419.6
1965	113.2	147.6	174.8	66.2	27	16	8.3	12.4	79.9	36	74.2	14
1966	333.8	183.4	171.1	91.2	6.4	45.3	15.6	14.7	8.9	62.2	69.2	132
1967	295.6	177.3	337.6	64.3	67.3	41.9	138.4	22.5	15.4	43	40.5	41.9
1968	313.5	71.5	62	40	46.9	41.7	46.9	3.5	6.7	113	99.4	51.2
1969	206.3	122.2	143.4	184.1	29.6	31.4	39.2	29.3	3.7	77.7	36.3	202.6
1970	41.3	85.4	35.3	4.6	9.1	51.8	28.4	49.6	0.9	66.9	45.4	28.3
1971	112.7	86.2	212.5	2	70.9	220	7.4	3.7	14.9	59.9	141.5	88.3
1972	104.5	472	65.2	70.7	156.1	22.9	44.1	5.7	10.6	8.1	22.1	123
1973	93	65.9	61	241.1	74.5	39.6	80.6	17.4	2.5	21.7	82.8	131.8
1974	110.2	144	327.3	71.2	120.3	6.4	60.8	11	10.2	0.8	82.6	275.7
1975	107.5	46.5	184.4	127.1	105.6	60.6	28.3	3.8	17.1	23.2	10.9	187.7
1976	171.7	75.6	176.3	93.6	101.2	109.7	19.9	32.6	0.7	21.2	4.5	44.1
1977	97.5	547	137.2	14.1	34.9	21.2	11	79.5	34.9	19.7	86.1	78.7
1978	492.8	193.2	123.2	113.4	9.9	108.9	53.9	19.1	3.6	20.4	32.8	280
1979	21.5	21.8	123.8	35.1	50.9	22.8	49.5	27.2	5.8	20.2	327.6	96
1980	90.5	92.7	124.1	171.8	14.1	17.4	30.8	20.6	104.9	34.9	96.1	138.9
1981	124.6	215.2	51.1	61.2	218.8	18.7	23.3	81.1	266.6	131.1	44.7	88.6
1982	49.8	269.9	108.1	88.9	76.5	5.7	36.8	4.2	53.7	53.7	20.4	22.3
1983	14.4	185.4	33.3	18.8	19.5	22.7	45.6	91.9	4.9	27.4	54.5	139
1984	320.5	98.2	86.5	87.8	55.4	82.2	80.4	15.3	34.9	1.8	69.4	150.1
1985	155.7	89.1	147.5	65.9	12.8	188.9	58.3	68.2	112.2	6.7	225.6	82.9
1986	159.2	90.6	114.7	91.9	53.5	16.2	11.6	53.1	7.8	44.2	48.4	98.7
1987	79.1	20.4	94.9	113.3	51.8	61	32.1	20.2	52.3	11.8	10.6	231.8
1988	28.6	59.1	95.1	63.2	67.8	14.2	83.4	22.1	2.7	46.4	15	101.9
1989	44.8	136.2	19.2	75.8	64	86.7	52.8	7.2	71.2	69.7	81.7	155

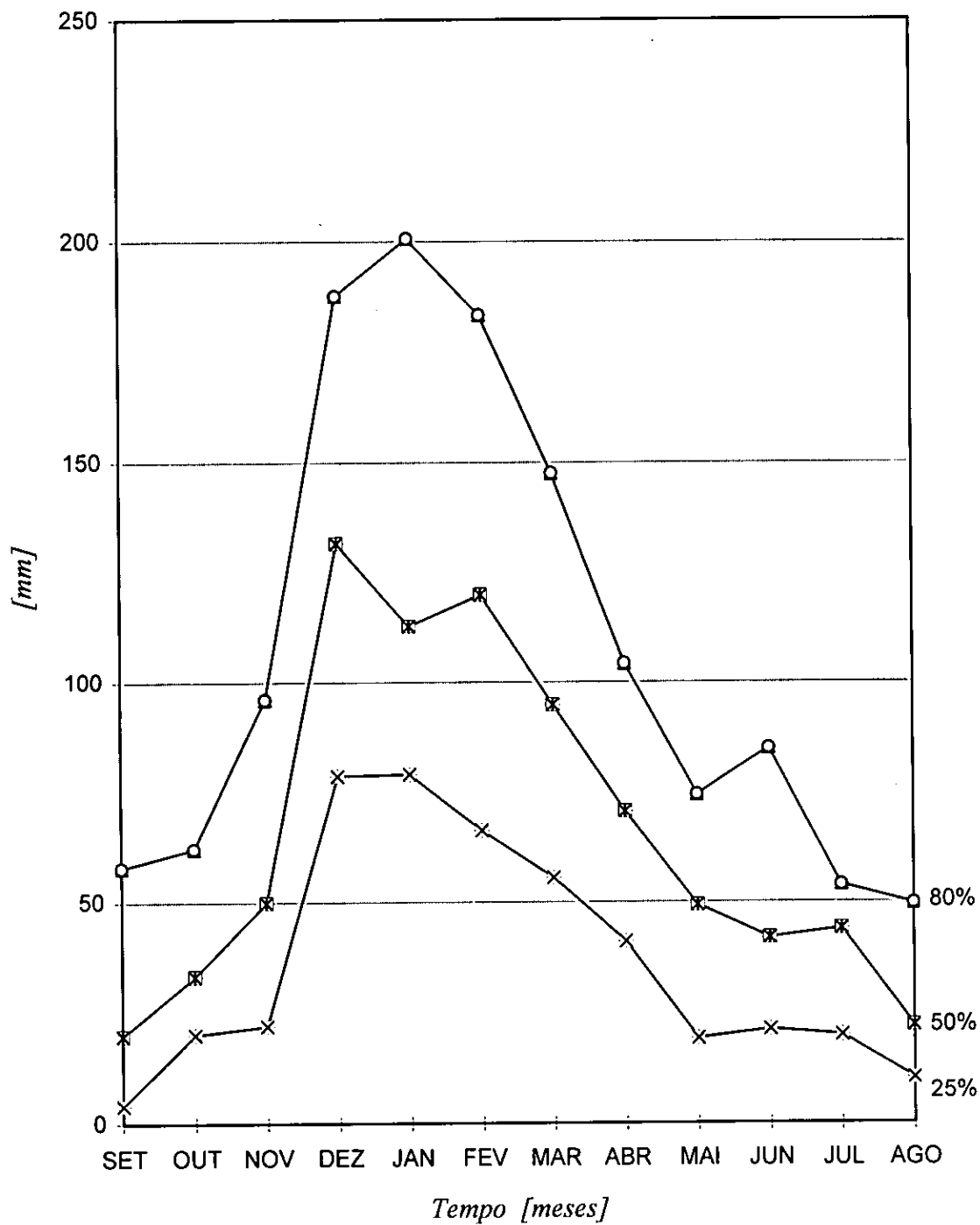
ANEXO 2a: Resultados da análise de Gumbel para o mês de Janeiro (mm)

Anos	K=1	K=2	K=3	K=5	K=7	K=10	K=15	K=20	K=31
1952	51.8	53.4	58.9	69.6	80.5	82.3	82.7	101.2	123.3
1953	51.4	78.7	94.3	134.4	137	140.9	166.2	195.3	200.6
1954	15.8	29.9	34.2	35.5	47.1	49.9	59.2	59.2	59.2
1955	46.1	46.7	52	55.6	71.6	89.7	89.7	124.1	177.6
1956	21.4	22.1	28.8	33.2	37.2	37.2	39.4	39.4	44.5
1957	45.3	48.1	48.1	48.1	73.2	7.6	101.1	101.4	102.2
1958	64.6	64.6	86.5	87.3	94.2	158.8	163.6	176.7	176.7
1959	61.8	70.9	83.1	94.6	156.4	157.5	206.7	206.7	224.3
1960	63.1	63.1	63.1	63.5	63.5	63.5	63.9	64	112.9
1961	41.6	68.2	68.8	83.6	91.8	91.8	93	93.3	134.6
1962	111.4	221.1	232.7	234.1	315.7	339.3	433.9	435.6	437.3
1963	10.7	15.6	16.9	17.3	17.6	18.3	25.1	26.8	32
1964	33	33.7	36.9	41.9	41.9	42.3	42.3	79.5	83
1965	54.5	55	57.5	60.1	60.1	77.4	81	105.1	158.4
1966	101.7	175.8	184.7	187.7	313.8	318.5	332.8	332.8	334.9
1967	121.7	182.5	184.6	184.6	184.6	184.9	188.7	195.8	262
1968	105	114.4	137	192.3	196.9	196.9	300.7	313.5	313.5
1969	73.5	107.2	112	112.8	116.3	125.7	147.6	186	202.6
1970	22.3	22.3	25.2	25.2	25.5	27.7	27.7	40.9	44.2
1971	31.2	36	36	45	51.3	74.6	75.3	100.1	119.8
1972	21.3	28.6	37.6	50.8	58	74.8	77.7	103.9	115
1973	77.2	79.5	80	80	82.2	82.2	83	83	83
1974	77.3	79.5	82.1	82.3	82.5	84.8	85.6	85.6	88.2
1975	15.1	17.5	17.5	24.4	24.4	30	38.1	46.3	61.8
1976	144.4	170.6	199.2	212.5	212.5	212.5	215.5	224.9	226.5
1977	50.6	50.6	54.8	55.6	55.6	56.1	56.6	56.6	108
1978	99.1	159.9	201.4	252.6	301.4	413.4	477.3	486.1	505.9
1979	14.5	17.5	17.5	19.7	19.7	19.7	21.5	21.5	21.5
1980	27.1	50.5	52.3	56.5	58.3	58.3	58.9	87.8	94.4
1981	58.4	64.6	73.4	77.5	77.8	118.9	123	123	145.3
1982	23	23	25.4	30.7	33.1	37.8	37.8	37.8	49.8
1983	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	11.9	13.9	14.4	14.4
1984	122.9	182.3	199	206.4	207.3	207.3	253	264.8	301.8
1985	63.9	105.2	127	139.7	145.3	157.5	159.2	159.2	179.5
1986	49.3	63.9	63.9	64.1	65.1	77.1	82.1	96	159.9
1987	20.6	40.9	41	41.2	41.2	41.2	41.2	41.2	57.2
1988	18.1	22.7	22.7	22.7	23	26	26.7	27.4	49.4
1989	11.7	19.5	28.5	34.9	36.7	37.5	39.6	44.1	44.6

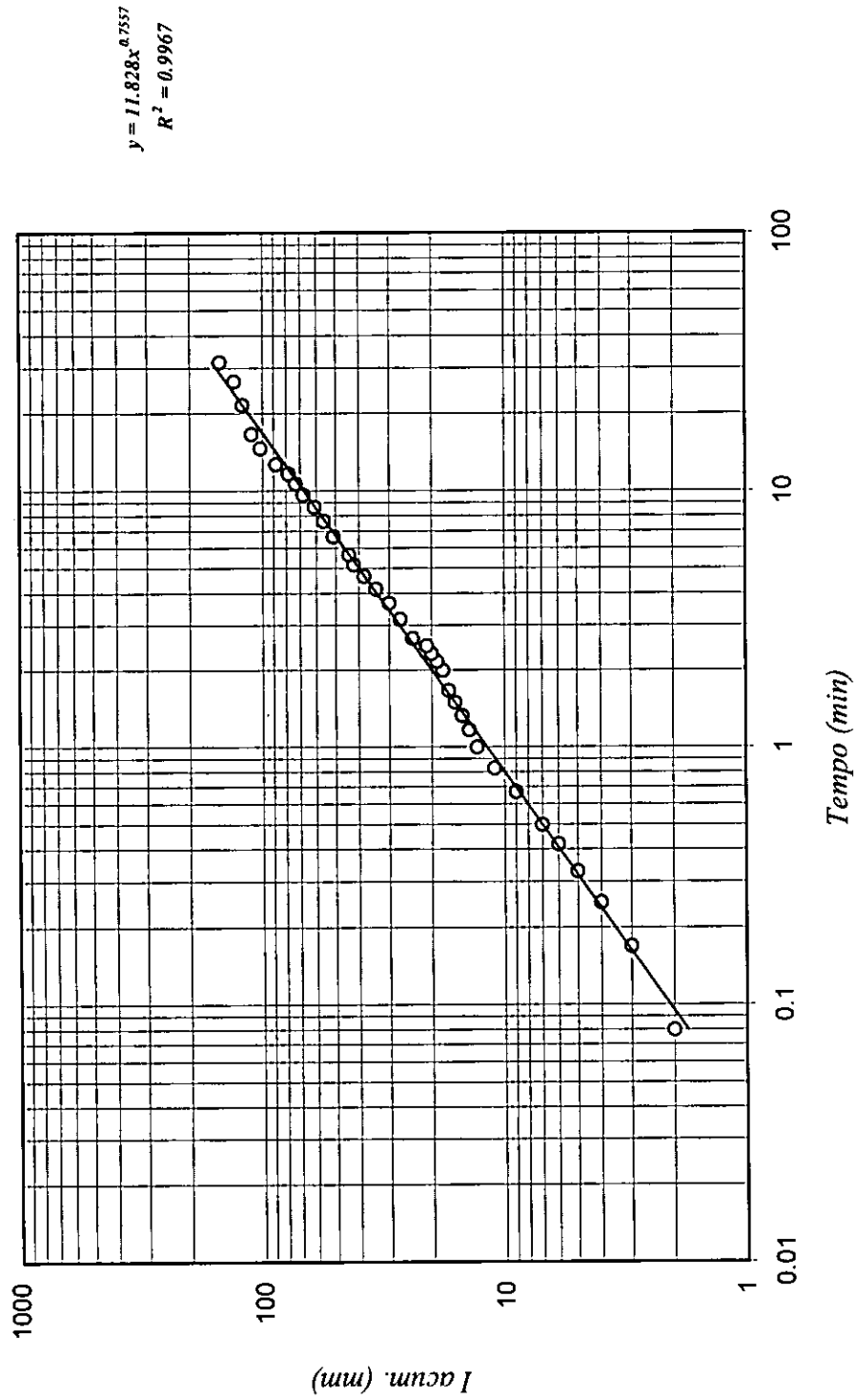
ANEXO 2b: Resultados da análise de Gumbel para o mês de Dezembro (mm)

Anos	K=1	K=2	K=3	K=5	K=7	K=10	K=15	K=20	K=31
1952	25.2	33	33	33	33	33.6	34	41	41
1953	9.6	10.4	10.6	10.6	11.3	11.9	19.4	20	20
1954	55.5	72.4	72.4	72.4	110.1	133	152.1	187.6	187.6
1955	38.5	38.5	47.1	53.9	61.1	76.5	89.7	95.3	110.2
1956	64.5	64.5	64.5	64.5	91.5	91.5	98.9	145.2	158.9
1957	61.4	74.8	74.8	74.8	74.8	102.8	117.8	127.9	136.9
1958	42.4	42.4	42.4	63.8	66.3	92.6	109.7	122	123.6
1959	66.5	112.7	112.7	153	154.3	154.8	155.6	176.4	178
1960	97	136.6	119.1	206.6	207	222	235	268.4	286.3
1961	6.6	11.1	11.1	14.9	14.9	14.9	16.5	26	31.4
1962	158.4	240.9	250.8	372.8	444.9	455.5	542.5	543.6	544
1963	241.5	269.5	271.1	271.2	271.6	291.4	293.7	295.7	295.8
1964	163.7	268.6	328.7	350.1	353.8	384.1	403.1	403.1	406.7
1965	7.4	7.4	7.4	7.4	9.8	13.5	13.9	14	14.6
1966	87.1	107.2	118.5	128	128.8	147.1	164.2	164.6	165.2
1967	26.6	29.3	33.1	33.1	34.2	35.9	38.4	39.1	41.9
1968	34.8	34.8	49.1	49.4	49.4	49.4	49.4	51.2	70.6
1969	38.2	74.6	76.8	77.6	106.8	113.9	146.1	162.4	177.1
1970	9	9	9	9	9.2	10.4	10.4	11.6	14.9
1971	62.6	62.6	62.7	62.7	62.6	63.9	75.4	88.8	101.7
1972	40.6	59	72.8	85.9	104.3	113.7	122.8	132.8	132.8
1973	47.3	48.1	48.1	48.1	60.3	79.9	110.9	153.3	153.7
1974	63.2	63.2	63.2	70.6	91.8	121.5	131.1	189.8	256.9
1975	68.6	68.6	76.6	76.8	76.8	89.3	101.6	101.8	178.4
1976	17.5	19.3	32.7	33.9	36.3	40.5	44.1	44.1	44.1
1977	33.9	52.7	62.4	63.3	63.3	64.6	65.9	66.9	79.2
1978	94.5	136.8	151.5	153.4	160.2	163.2	257.9	273.8	275.5
1979	40.8	52.6	52.6	55	55	55	55.4	56.4	96
1980	43.9	63	77.9	78.7	78.7	78.7	88.6	89.7	138
1981	53.1	53.1	53.1	53.1	53.1	53.1	53.1	85.5	85.5
1982	14.5	14.5	16.9	16.9	16.9	17.3	19.9	22.3	22.3
1983	68.5	73.1	73.2	73.3	73.4	105.7	105.9	117.9	152.8
1984	62.7	75.1	80.3	100	100	100	100	100	149.4
1985	33.3	33.3	33.8	37.8	37.8	37.8	40.4	33.8	73.6
1986	49.1	87.1	88.1	88.1	89.8	89.8	966.6	98.6	119.6
1987	62.2	92.4	101.1	101.1	120.8	131.1	168.2	202.1	230.9
1988	49.6	49.6	49.6	49.6	49.6	49.6	90.5	90.5	91.3
1989	34.4	55.7	61.6	63.8	74	80.2	103	103.2	103.6

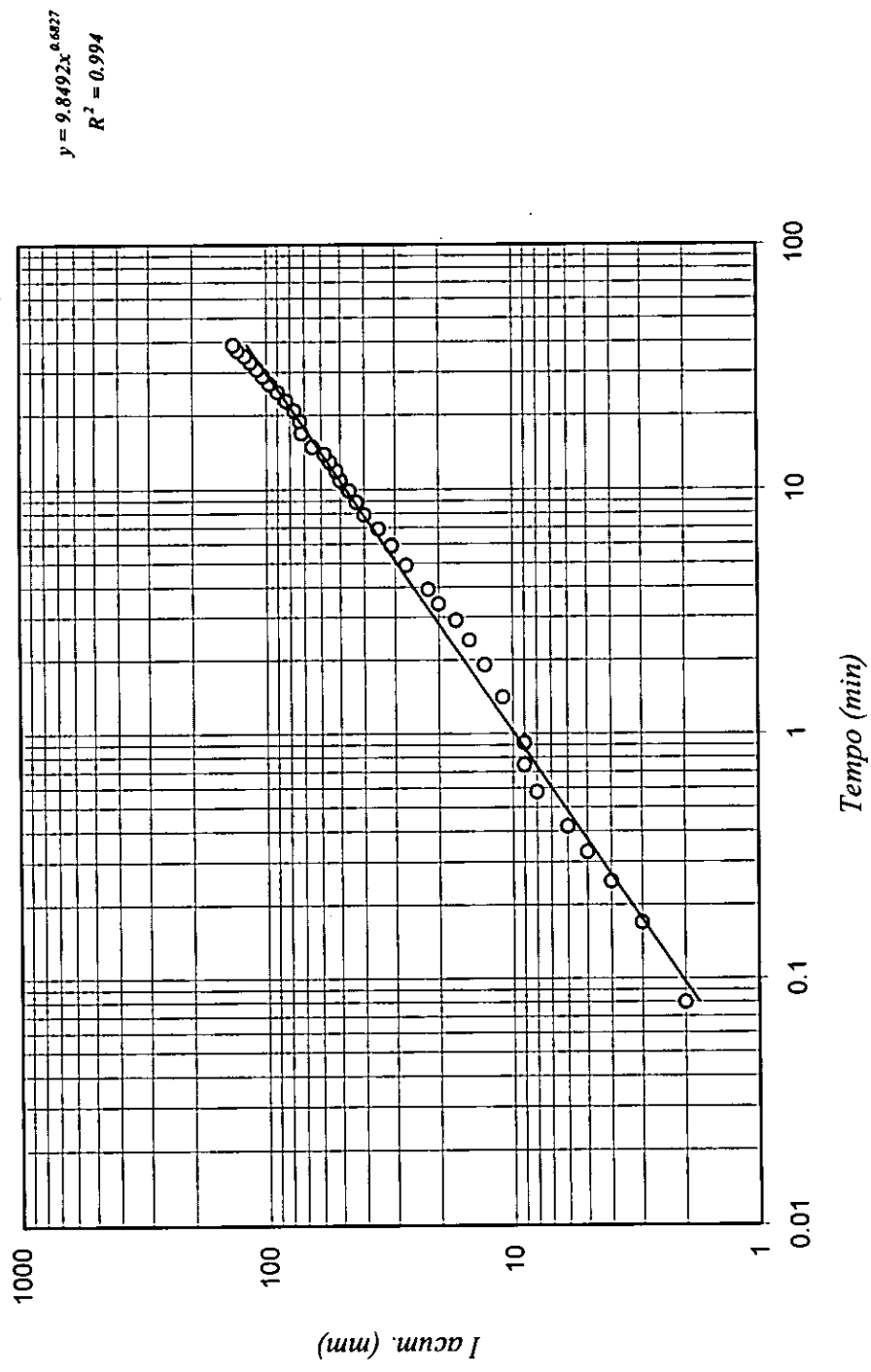
ANEXO 3: Curvas de probabilidade de ocorrência de chuvas de 25, 50 e 80%



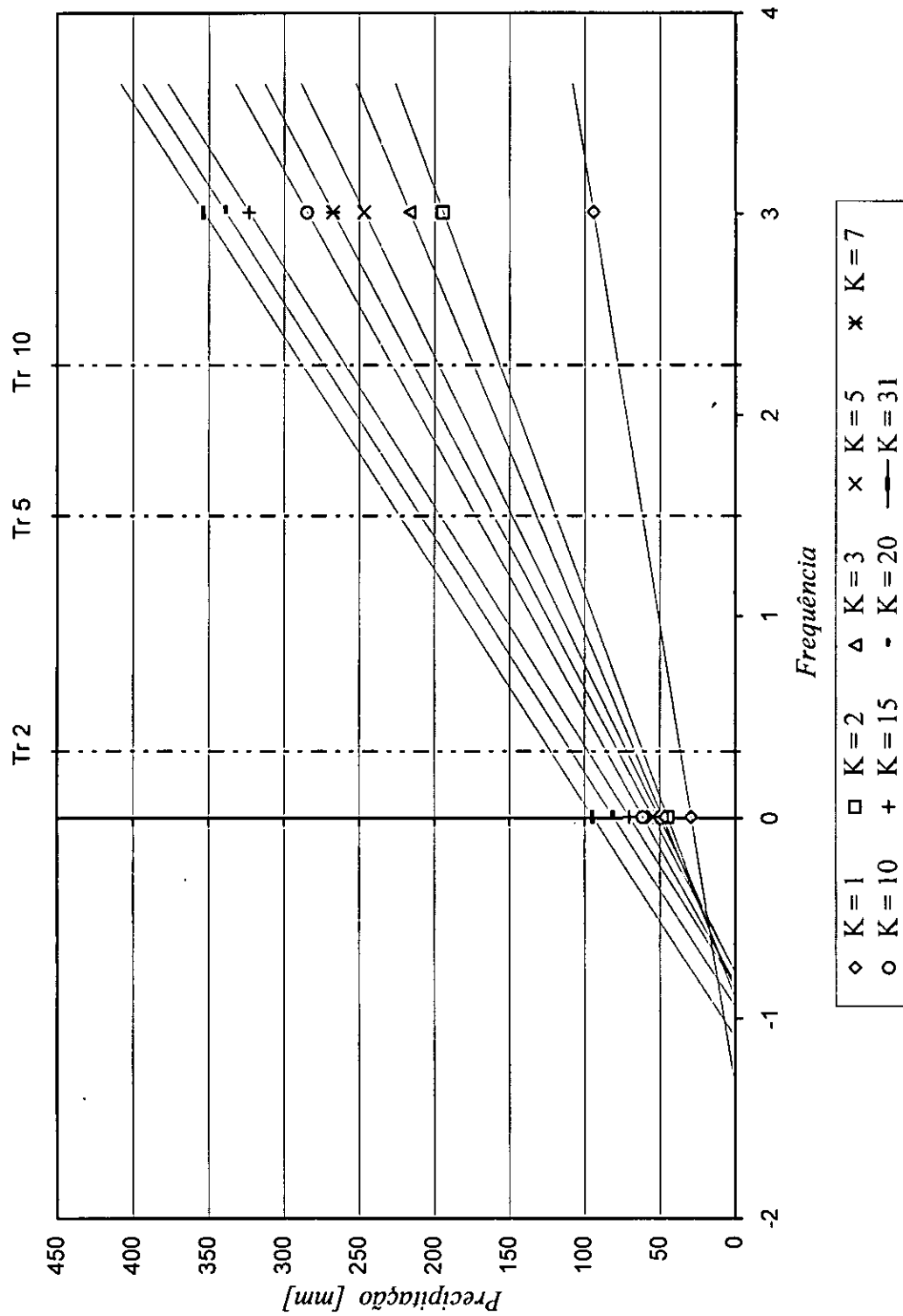
ANEXO 4a: Gráfico de infiltração (P1)



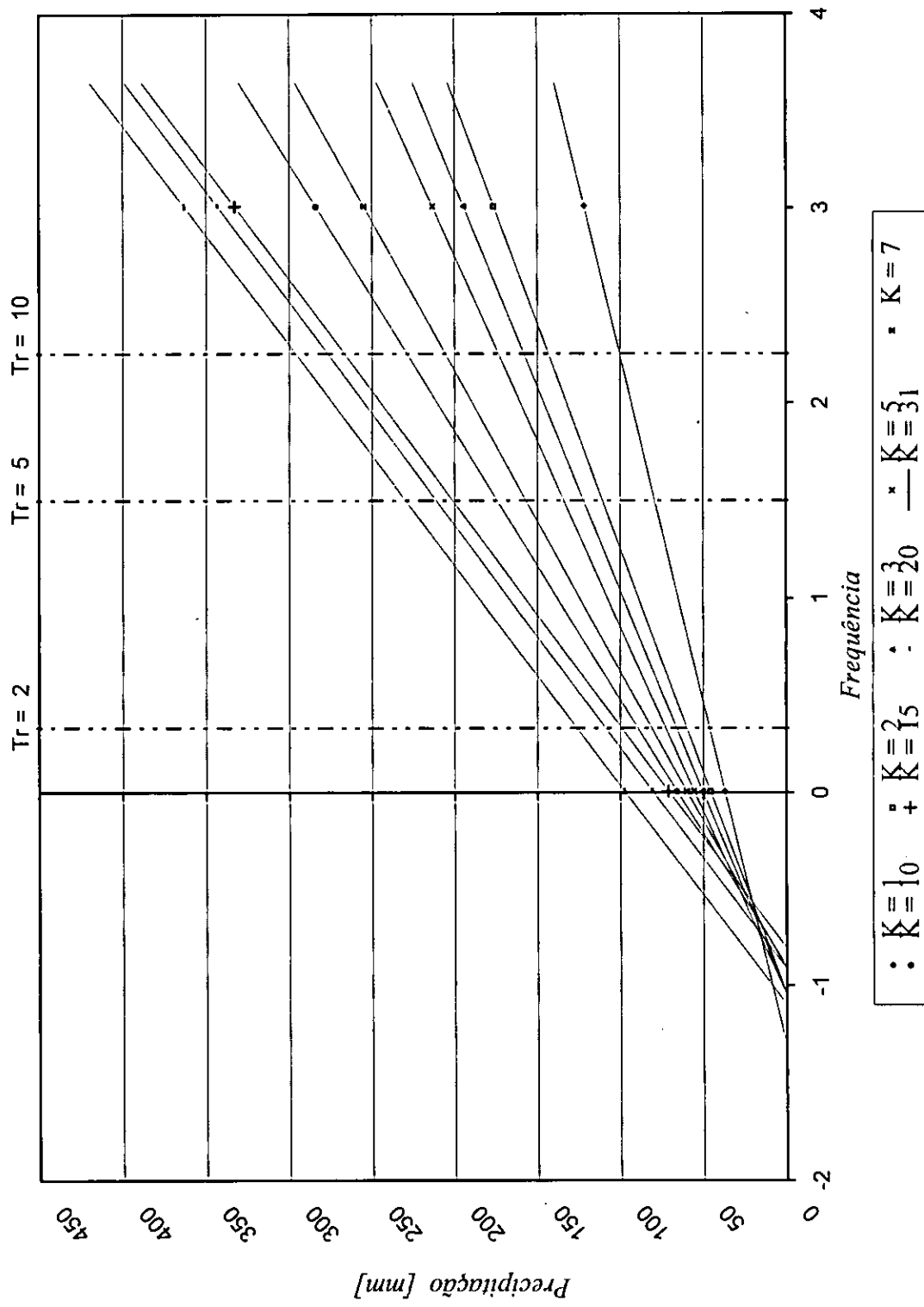
ANEXO 4b: Gráfico de infiltração (P2)



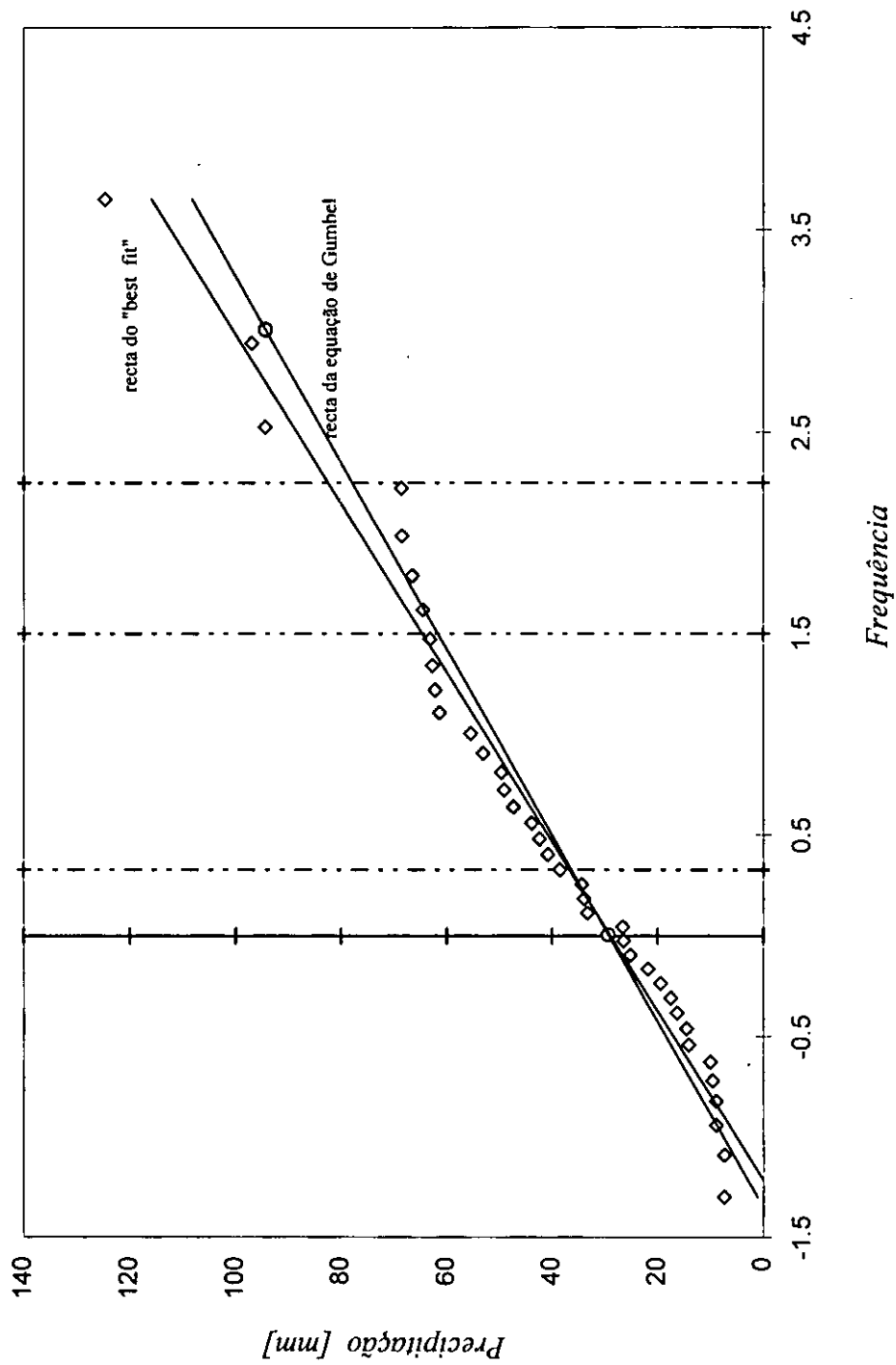
ANEXO 5a: Representação gráfica das rectas de Gumbel para o mês de Janeiro



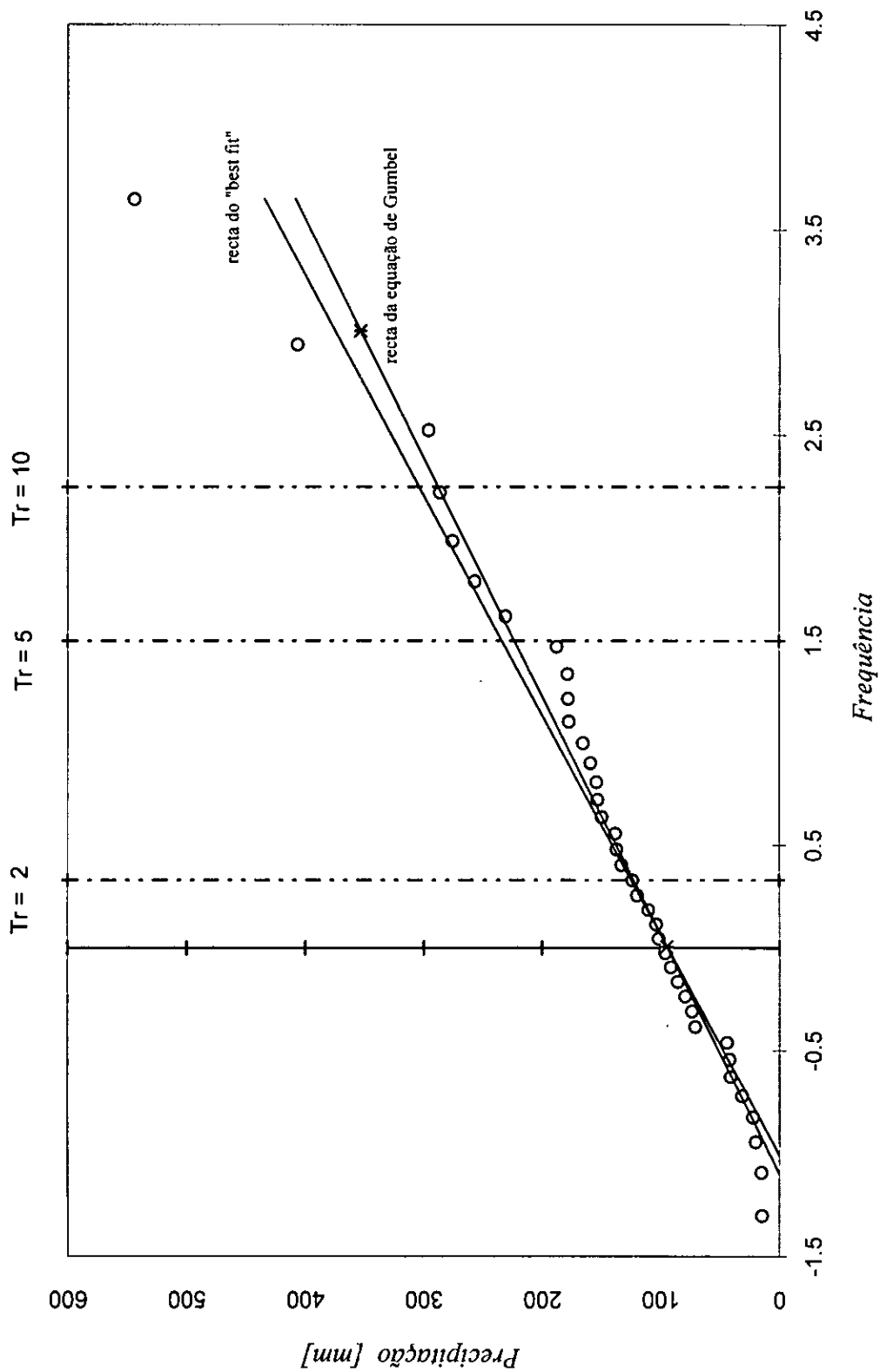
ANEXO 5b: Representação gráfica das rectas da equação de Gumbel para o mês de Dezembro

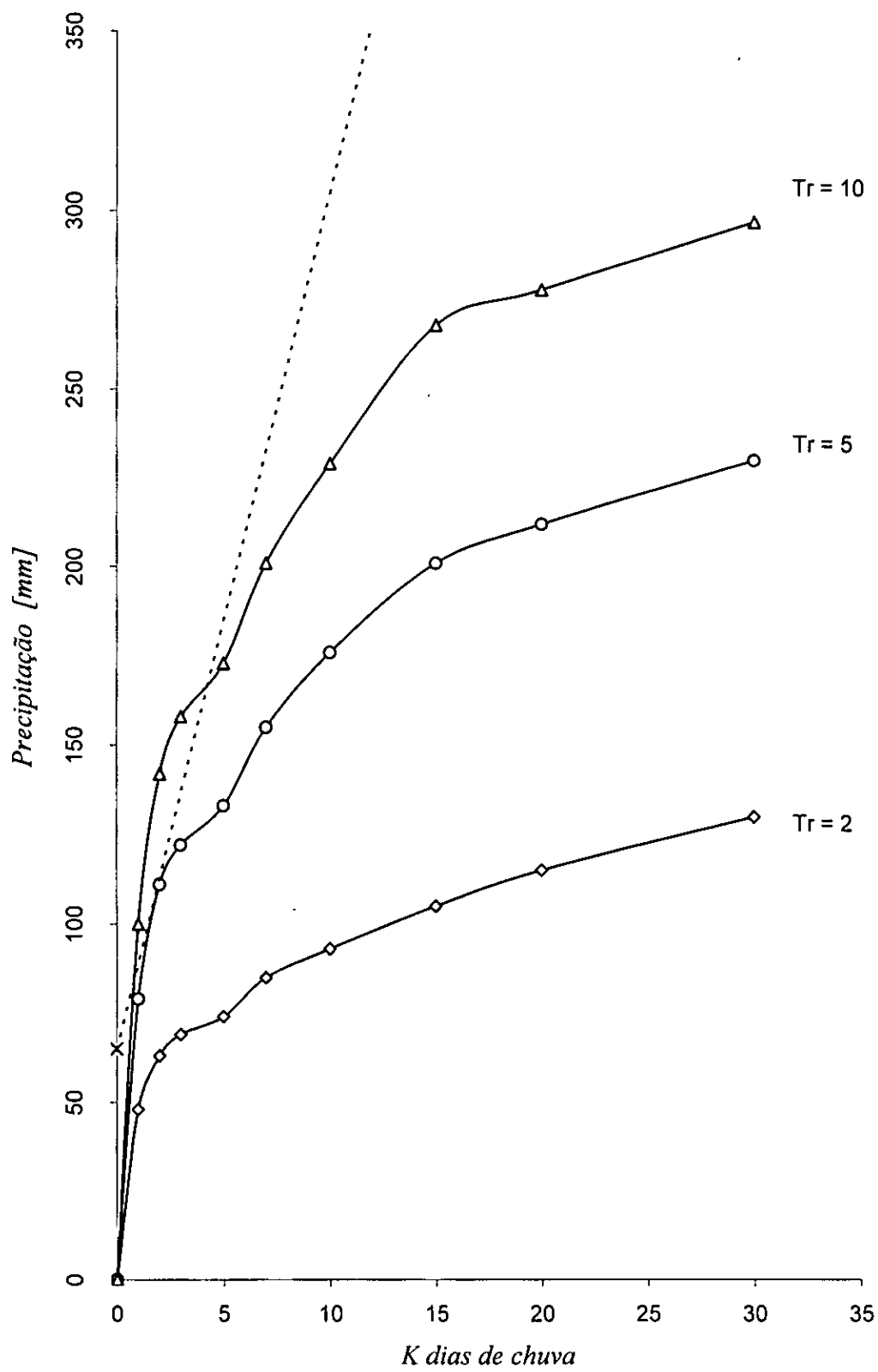


ANEXO 6a: Representação gráfica das rectas de Gumbel vs "best fit" para a série de 1 dia de chuva

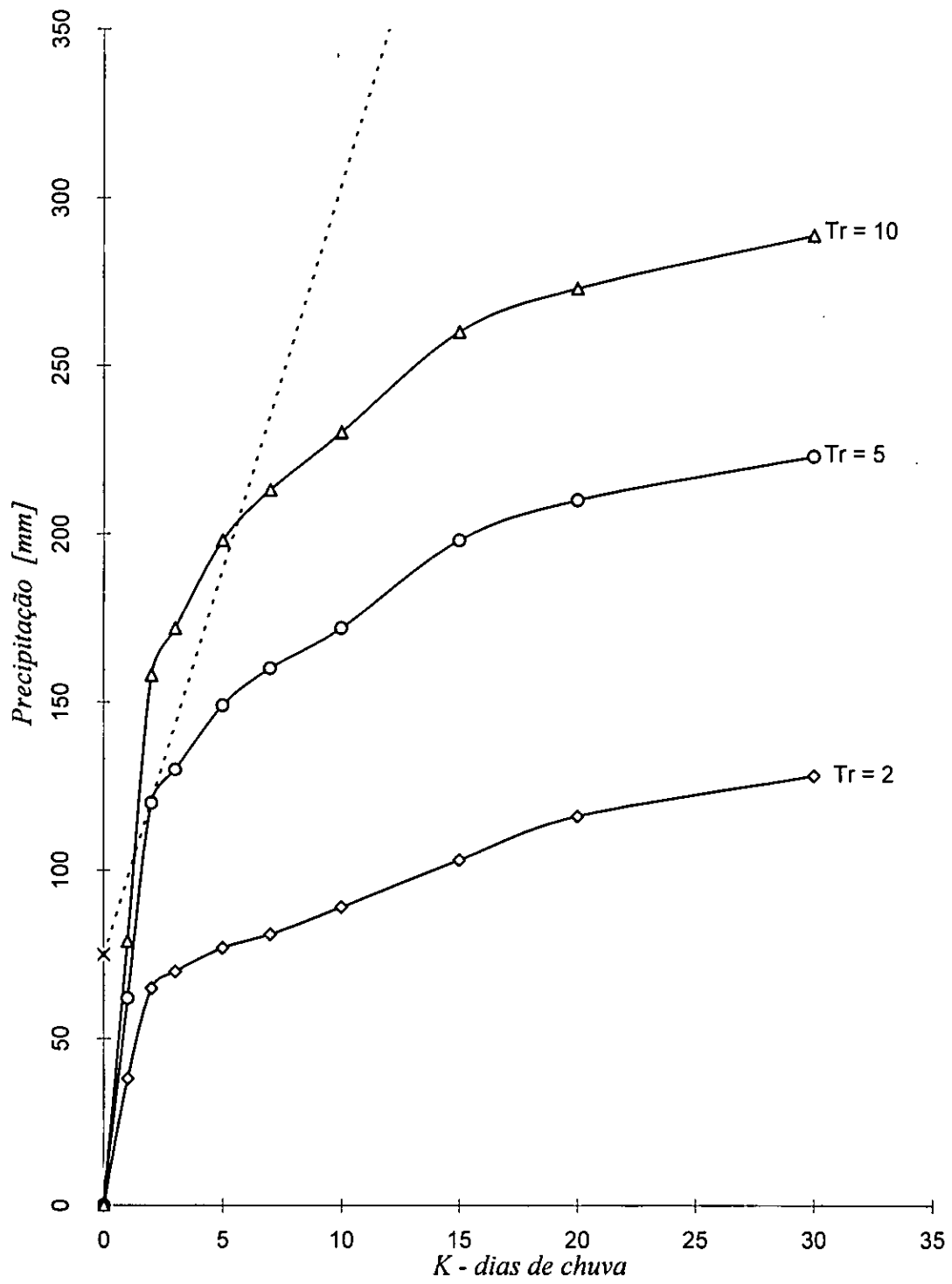


ANEXO 6b: Representação gráfica das rectas de Gumbel vs "best fit" para a série de 31 dias consecutivos de chuva



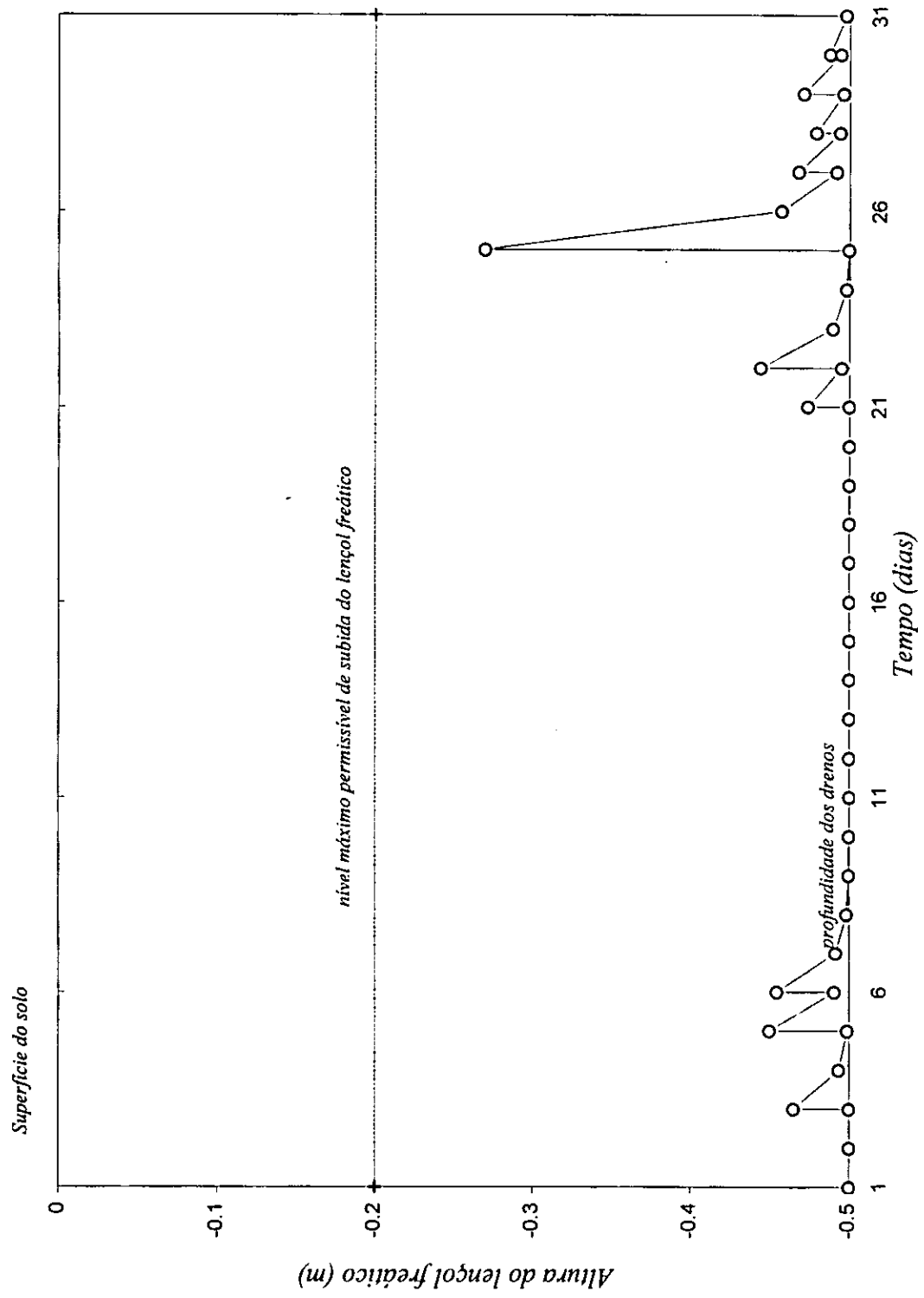


ANEXO 7a: Curvas de duração frequência para o mês de Janeiro

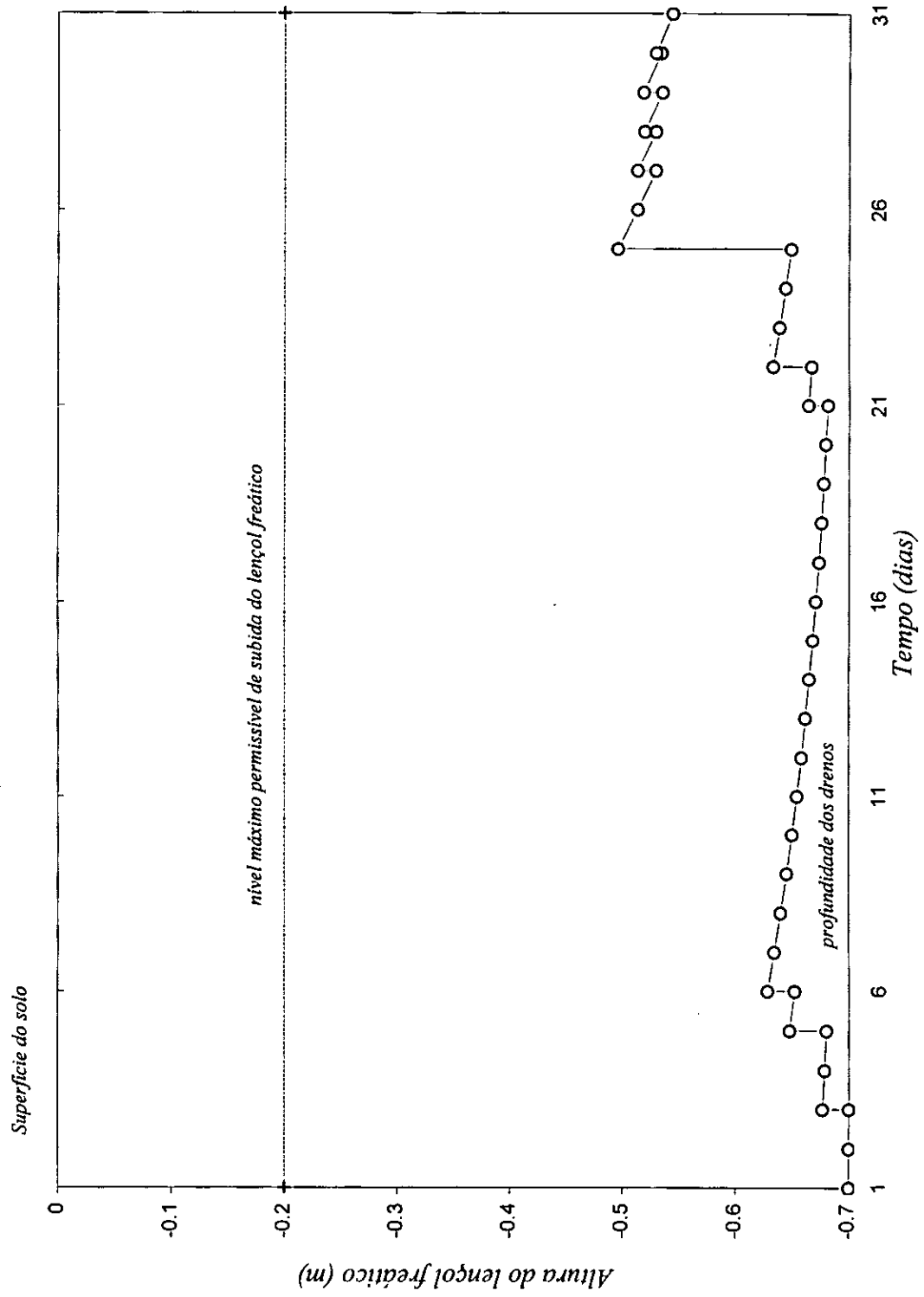


ANEXO 7b: Curvas de duração frequência para o mês de Dezembro

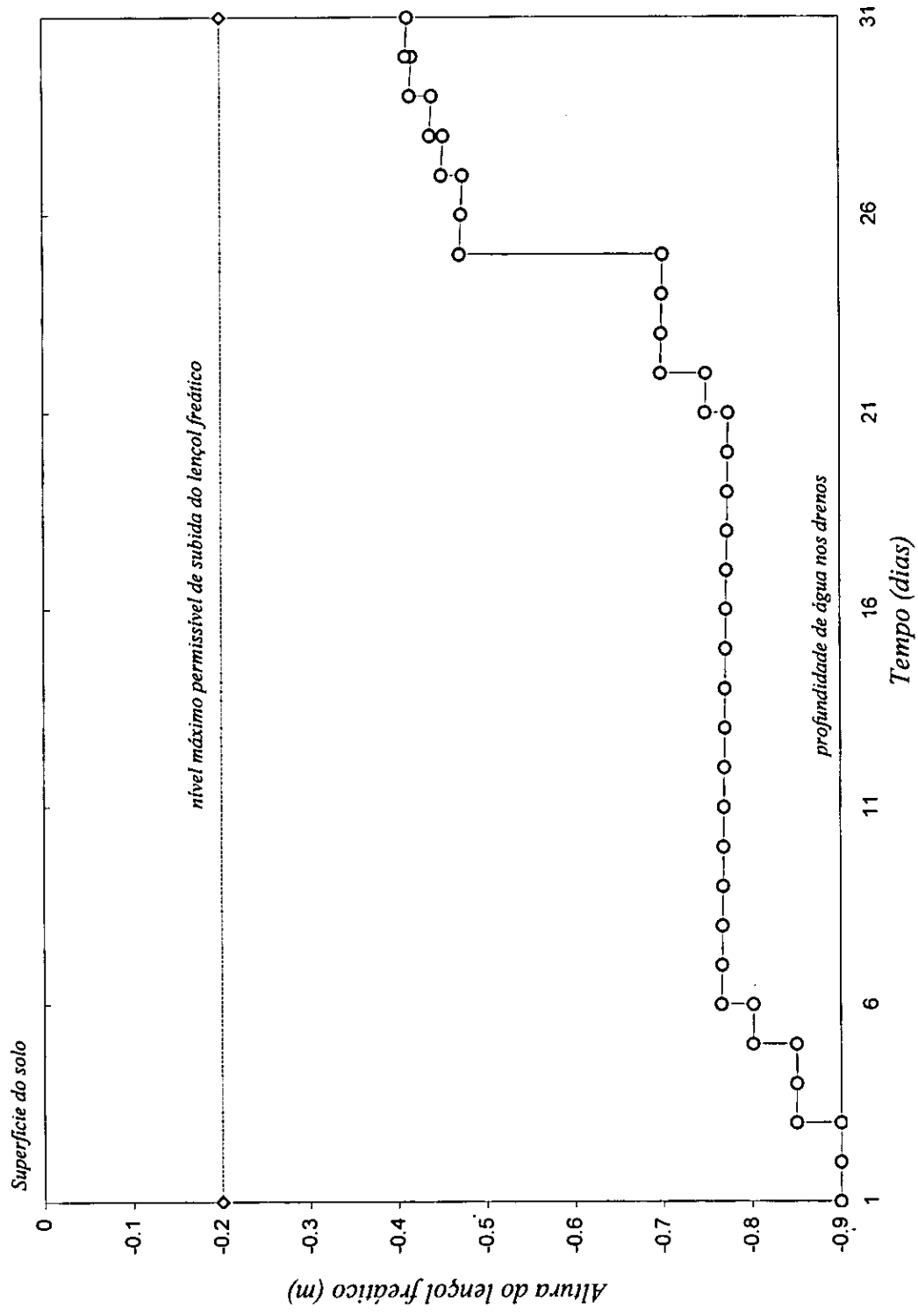
ANEXO 8a: Flutuação do lençol freático para uma altura permissível de 30 centímetros



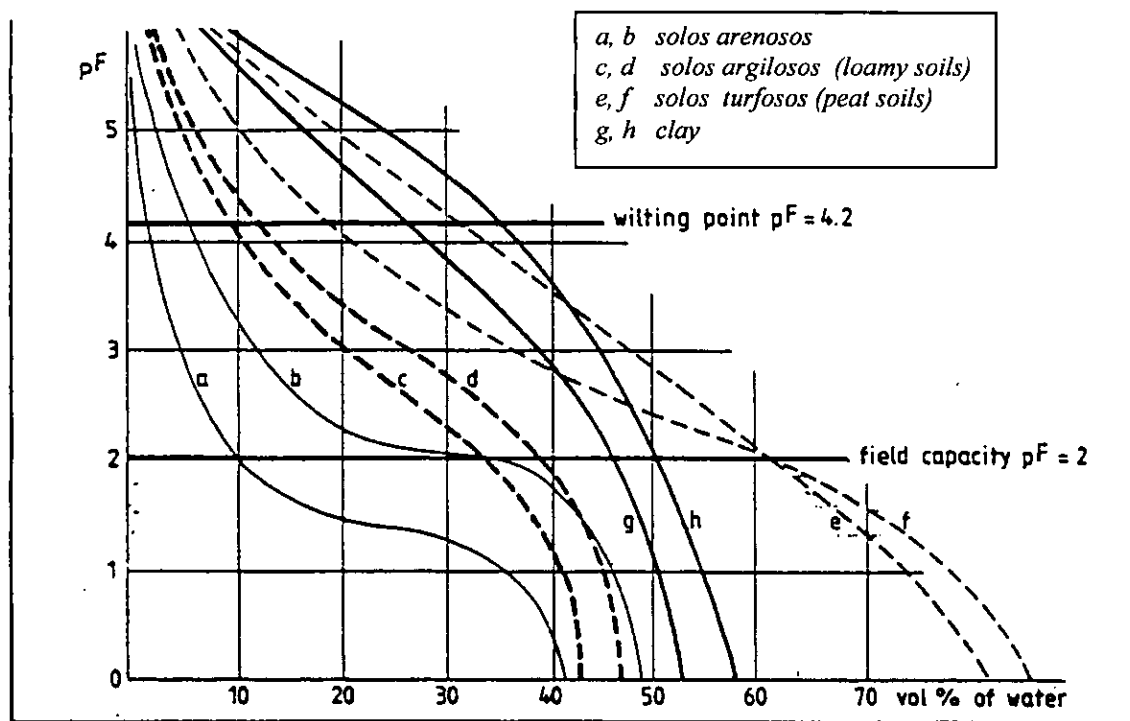
ANEXO 8b: Flutuação do lençol freático para uma altura permissível de 50 centímetros



ANEXO 8c: Flutuação do lençol freático para uma altura permissível de 70 centímetros



ANEXO 9: Curvas de pF



(Fonte: MEIJER, 1993)

ANEXO 10: Dados de infiltração

(P1)

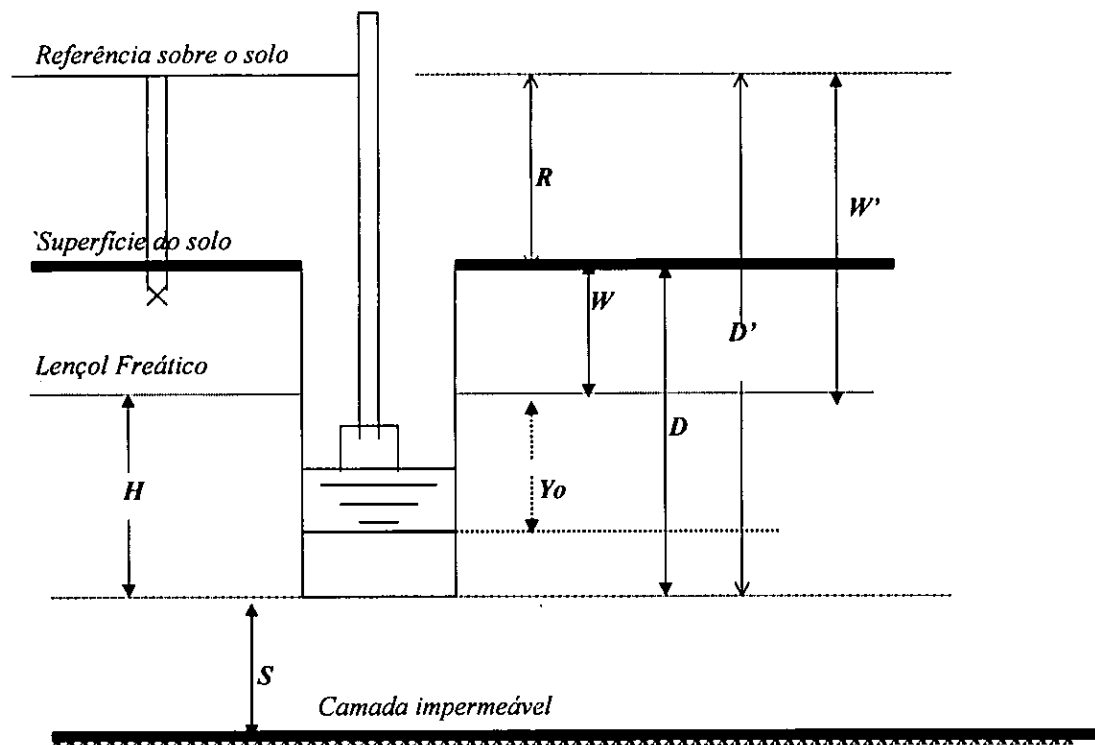
Leitura Número	Altura (cm)	Tempo (min)	I _{acumulado} (mm)
1	9.5	0	0
2	9.7	0.08	2
3	9.8	0.17	3
4	9.9	0.25	4
5	10	0.33	5
6	10.1	0.42	6
7	10.2	0.50	7
8	10.4	0.67	9
9	10.6	0.83	11
10	10.8	1.00	13
11	10.9	1.17	14
12	11	1.33	15
13	11.1	1.50	16
14	11.2	1.67	17
15	11.3	2.00	18
16	11.4	2.17	19
17	11.5	2.33	20
18	11.6	2.50	21
19	11.9	2.67	24
20	12.2	3.17	27
21	12.5	3.67	30
22	12.9	4.17	34
23	8.8*	4.67	38
24	9.2	5.17	42
25	9.4	5.67	44
26	10.1	6.67	51
27	10.6	7.67	56
28	11.1	8.67	61
29	11.8	9.67	68
30	12.3	10.67	73
31	12.8	11.67	78
32	13.8	12.67	88
33	10.5*	14.67	102
34	11.4	16.67	111
35	12.4	21.67	121
36	10.8*	26.67	140
37	12.7	31.67	159

(P2)

Leitura Número	Altura (cm)	Tempo (min)	I _{acumulado} (mm)
1	9	0	0
2	9.2	0.08	2
3	9.3	0.17	3
4	9.4	0.25	4
5	9.5	0.33	5
6	9.6	0.42	6
7	9.8	0.58	8
8	9.9	0.75	9
9	9.9	0.92	9
10	10.1	1.42	11
11	10.3	1.92	13
12	10.5	2.42	15
13	10.7	2.92	17
14	11	3.42	20
15	11.2	3.92	22
16	11.7	4.92	27
17	12.1	5.92	31
18	12.5	6.92	35
19	13	7.92	40
20	13.3	8.92	43
21	13.6	9.92	46
22	14	10.92	50
23	14.2	11.92	52
24	14.5	12.92	55
25	14.8	13.92	58
26	15.5	14.92	65
27	16.2	16.92	72
28	16.3	18.92	73
29	9.6*	20.92	77
30	10.2	22.92	83
31	10.9	24.92	90
32	11.6	26.92	97
33	12.2	28.92	103
34	12.8	30.92	109
35	13.5	32.92	116
36	14.1	34.92	122
37	15	36.92	131
38	15.5	38.92	136

* acréscimo de água

ANEXO 11a: Diagrama esquemático da determinação da permeabilidade com o método de "Auger Hole"



(Fonte: ILRI; Bulletin nº1 1983)

onde:

- H = a distância desde o lençol freático até o fundo do buraco (cm)
- R = a distância desde o ponto de referência até à superfície do solo (cm)
- W' = a distância desde a superfície do solo até o lençol freático (cm)
- W = a distância desde o ponto de referência até o lençol freático (cm)
- D' = a distância desde o ponto de referência até o fundo do buraco (cm)
- D = a distância desde a superfície do solo até o fundo do buraco (cm)
- r = é o raio do buraco (cm)
- S = a distância desde o fundo do buraco até a camada impermeável (cm)
- Y_o = a distância entre o nível do lençol freático e a superfície de água no buraco, depois da remoção da água na altura da primeira leitura (cm)

ANEXO 11b: Dados da permeabilidade

Ponto (1)
 Perfil do Solo
 0 - 140 cm - machongo
 >140 cm - argila

1ª Leitura				2ª Leitura			
W' = 68.5 cm				W' = 68.5 cm			
Tempo (s)	Leituras (cm)	ΔY (cm)	$\Sigma \Delta Y$ (cm)	Tempo (s)	Leituras (cm)	ΔY (cm)	$\Sigma \Delta Y$ (cm)
0	90.1	-	-	0	98	-	-
5	88	2.1	2.1	10	93	5	5
10	86	2	4.1	20	90	3	8
20	84.1	1.9	6	30	87.2	2.8	10.8
30	82.5	1.6	7.6	40	85.1	2.1	12.9
40	81.1	1.4	9	50	83.7	1.4	14.3
50	79.8	1.3	10.3	60	82.3	1.4	15.7
60	78.6	1.2	11.5	70	81.1	1.2	16.9
70	77.6	1	12.5	80	80.2	0.9	17.8
80	76.6	1	13.5	-	-	-	-

3ª Leitura			
W' = 68.5 cm			
Tempo (s)	Leituras (cm)	ΔY (cm)	$\Sigma \Delta Y$ (cm)
0	90.8	-	-
5	88.7	2.1	2.1
10	86.7	2	4.1
15	84.8	1.9	6
20	83.3	1.5	7.5
30	81.8	1.5	9
40	80.5	1.3	10.3
50	79.5	1	11.3
60	78.7	0.8	12.1

Ponto (2)
 Perfil do Solo
 0 - 160 cm - machongo
 >160 cm - argila

1ª Leitura				2ª Leitura			
W' = 58 cm				W' = 57.4 cm			
Tempo (s)	Leituras (cm)	ΔY (cm)	$\Sigma \Delta Y$ (cm)	Tempo (s)	Leituras (cm)	ΔY (cm)	$\Sigma \Delta Y$ (cm)
0	81	-	-	0	78	-	-
10	79.5	1.5	1.5	10	76.4	1.6	1.6
20	78.2	1.3	2.8	20	75.1	1.3	2.9
30	77	1.2	4	30	74.1	1	3.9
40	76	1	5	40	73.4	0.7	4.6
50	75.1	0.9	5.9	50	72.5	0.9	5.5
60	74.2	0.9	6.8	60	71	0.8	6.3
70	73.6	0.6	7.4	70	70.2	0.7	7
80	73	0.6	8.0	80	69.4	0.8	7.8

ANEXO 11b: (... Continuação)

Ponto (3)
 Perfil do Solo
 0 – 140 cm – machongo
 >140 cm – argila

1ª Leitura				2ª Leitura			
W' = 62.7 cm				W' = 62.9 cm			
Tempo (s)	Leituras (cm)	ΔY (cm)	$\Sigma \Delta Y$ (cm)	Tempo (s)	Leituras (cm)	ΔY (cm)	$\Sigma \Delta Y$ (cm)
0	80.5	-	-	0	83	-	-
10	77.5	3	3	10	80.5	2.5	2.5
20	75.5	2	5	20	78.4	2.1	4.6
30	74.2	1.3	6.3	30	76.6	1.8	6.4
40	73.5	0.7	7	40	75.1	1.5	7.9
50	73.1	0.4	7.4	50	74.4	0.7	8.6
60	72.8	0.3	7.7	60	74.1	0.3	8.9
70	72.6	0.2	7.9	70	73.6	0.5	9.4
80	72.4	0.2	8.1	80	73.3	0.3	9.7

Ponto (4)
 Perfil do Solo
 0 – 200 cm – machongo
 >200 cm – argila

1ª Leitura				2ª Leitura			
W' = 61.5 cm				W' = 62.5 cm			
Tempo (s)	Leituras (cm)	ΔY (cm)	$\Sigma \Delta Y$ (cm)	Tempo (s)	Leituras (cm)	ΔY (cm)	$\Sigma \Delta Y$ (cm)
0	100.2	-	-	0	100.3	-	-
10	94.3	5.9	5.9	10	94	6.3	6.3
20	89.8	4.5	10.4	20	89.8	4.2	10.5
30	85.9	3.9	14.3	30	85.8	4	14.5
40	82.9	3	17.3	40	82.1	3.7	18.2
50	80	2.9	20.2	50	78.4	3.7	21.9
60	77.6	2.4	22.6	60	75.9	2.5	24.4
70	75.7	1.9	24.5	70	73.7	2.2	26.6
80	74	1.7	26.2	80	72.1	1.6	28.2

Ponto (5)
 Perfil do Solo
 0 – 180 cm – machongo
 >180 cm – argila

1ª Leitura			
W' = 86.4 cm			
Tempo (s)	Leituras (cm)	ΔY (cm)	$\Sigma \Delta Y$ (cm)
0	114	-	-
10	109	5	5
20	105	4	9
30	102.2	2.8	11.8
40	100.1	2.1	13.9
50	98.2	1.9	15.8
60	96.8	1.4	17.2
70	95.5	1.3	18.5

ANEXO 12: Procedimento para determinação da densidade de drenagem (Lei de Gumbel)

Em trabalhos de drenagem precisamos de conhecer os valores de precipitação máxima, assim como, a sua frequência ou período de retorno.

Para o estudo da frequência dos valores extremos, geralmente usa-se a Lei de Gumbel ou seja, Lei dos valores extremos.

O procedimento para a determinação é o seguinte:

1. Os dados recolhidos por uma dada estação meteorológica, são apresentados na sua forma natural. No presente estudo, os dados referem-se a estação meteorológica de Inhambane, para os meses de Dezembro e Janeiro para um período de 38 anos (1952 a 1989, vide anexo 6)
2. Para uma duração de um dia, tomamos o valor máximo de cada série de valores. No caso de uma duração superior a um, tomamos o valor máximo da precipitação ocorrida no número de dias consecutivos no mês considerado, e que dê um valor máximo.
3. Para se determinarem os parâmetros de Gumbel, procede-se da seguinte maneira:
 - ordenam-se os valores máximos em ordem crescente;
 - calcula-se a frequência de não excedência para cada um dos valores, dado por $[1/(n+1)]$ e;
 - calculam-se 2 valores de X, correspondentes a 2 valores de Y, com base na equação (3.5), apresentada no Capítulo III, para se poder traçar as rectas de Gumbel.
4. Em seguida, é feita a representação gráfica dos valores de X correspondentes a Y (vide anexos 5a e 5b) no papel de GUMBEL.

ANEXO 12: (... continuação)

O uso da Lei de Gumbel, permite-nos estabelecer as curvas de duração para um determinado tempo de retorno.

5. Das rectas traçadas como descrito anteriormente, determinaram-se os valores de precipitação para os diferentes tempos de retorno de 2, 5 e 10 anos. Com base nestes valores (vide tabelas abaixo), traçam-se as curvas de duração frequência para os diferentes tempos de retorno (vide anexos 7a e 7b).

Tabela de dados de precipitação vs. tempo de retorno, usados na construção das curvas de duração frequência, para o mês de Janeiro

Tempo de retorno (anos)	K-dias de chuva								
	1	2	3	5	7	10	15	20	30
2	48	63	69	74	85	93	105	115	130
5	79	111	122	133	155	176	201	212	230
10	100	142	158	173	201	229	268	278	297

Tabela de dados de precipitação vs. tempo de retorno, usados na construção das curvas de duração frequência, para o mês de Dezembro

Tempo de retorno (anos)	K-dias de chuva								
	1	2	3	5	7	10	15	20	30
2	38	65	70	77	81	89	103	116	128
5	62	120	130	149	160	172	198	210	223
10	79	158	172	198	213	230	260	273	289

6. Finalmente, com base nas curvas de duração frequência, pode-se determinar a densidade de drenagem (design discharge). Em função das capacidades de retenção de água no solo (vide tabela 4, capítulo IV), determinadas a partir da

ANEXO 12: (... continuação)

curva de pF (vide anexo 9). Para o efeito, traça-se uma tangente a cada uma das curvas de duração frequência. Esta recta tangente, define então a densidade de drenagem para as características de solo consideradas (vide tabela 5, capítulo IV).

ANEXO 13: Dados usados na determinação da flutuação do lençol freático, com base no modelo de GLOVER-DUMMM

Os dados de precipitação usados, referem-se ao mês de Janeiro e ao ano de 1982, os quais correspondem a uma probabilidade de ocorrência de 80%.

A tabela que se segue, apresenta esses valores:

Tabela de valores de precipitação do mês de Janeiro, para o ano de 1982

Dia do mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Precipitação (mm)	0	0	3.5	0	4.9	3.6	0	0	7.6	0	0	0	0	0	0

(...continuação)

Dia do mês	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Precipitação (mm)	0	0	0	0	0	2.6	5.1	0	0	23	0	2.4	1.5	2.5	0.7	0

A relação de GLOVER-DUMMM usada para a determinação das flutuações do lençol freático, é a mesma apresentada no capítulo III, e é abaixo indicada:

ANEXO 13: (... continuação)

Onde: μ é a porosidade efectiva (%), t o tempo considerado a partir do início (dias), h_o a altura do lençol freático a meio do nível dos drenos no tempo inicial (m), h_t a altura do lençol freático a meio do nível dos drenos no tempo t (m) e π uma constante.

O valor de h_o é obtido a partir da seguinte relação:

$$h_o = h_t + \text{precipitação/porosidade efectiva } (\mu)$$

Na tabela abaixo, são indicados os valores de espaçamento entre os drenos (L), do estrato equivalente de HOOGHOUDT (d) e da porosidade efectiva (μ), para as diferentes alturas do lençol freático.

Altura do lençol freático (cm)	L (m)	d (m)	μ (%)
30	14	0.91	10
50	32	0.93	15
70	80	0.97	19

ANEXO 14a)

Valores Diários de Precipitação (mm)
Mês de Janeiro
INHAMBANE

Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ano															
1952	0	0	0.4	0.1	0	0	16.3	18.4	5.2	0.1	0.1	0	0	0	0
1953	0.2	0	0	0	0	0	12.8	35.7	7.2	51.4	27.3	1.2	1.4	1.7	2.1
1954	0	1.7	0	0	0	0	0	0	0	4.3	15.8	14.1	0	0	5.6
1955	0.3	0	0	46.1	0.6	0.5	1.6	2.5	0.2	0	0	16.9	14.9	0.6	2
1956	0	0	21.4	0.7	6.7	4.1	0.3	1	3	0	0	0	0	1.2	0.6
1957	0	0	5.5	19.6	0	0	0	2.8	45.3	0	0	0	0	0	0.7
1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	64.6
1959	0	0.4	48.2	1.1	0	0	12.2	54.2	16.7	0.3	11.2	0	61.8	1	0
1960	62.5	14.8	0	0	63.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0
1961	6.1	0	0.6	26.6	41.6	0	0	8.2	0	0	0	0	0	0	0.9
1962	0	0	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	77.9	3.8	1.3	0
1963	0	0	1	0.4	6.8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.4
1964	0	3.6	0	0.3	0.1	0	0	0	0	33	0.7	2.5	5.7	0	0
1965	0.3	0.3	0	0	0	2.1	0.5	54.5	0.5	2.5	0	0	0	0	2.6
1966	7.2	26.4	1.7	0	52.7	76.1	0.3	0	8.9	101.7	74.1	3	0	0	2.2
1967	0	0	0	60.8	2.1	0	0	0	0	0	0	0.3	1	0	0
1968	0	19.4	0	0	0	0	0	0	11.2	0	0	0	105	0	0.4
1969	0	0	0	0	0	0.9	0	3.5	0	0.2	33.7	73.5	4.8	0.6	0
1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.8	0.5	0	1.7	2.8	0
1971	0	3.9	8.9	18.5	6.3	0	10.5	3.3	0	0	31.2	4.8	0	0	0
1972	5	0	0	8.9	0.2	0	0	0	0	0	2.3	0	0	0.3	7.3
1973	0	17.8	0	10	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0.5	77.2	2.3
1974	0	0	0	0	0	2.3	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0	0
1975	0	0	63.2	0	5.2	0	1	0	0	0	0	0	9.3	0	0
1976	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.1	1	0	0.3	0	0	0
1977	0	0	0	50.6	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0.5	0	12.8	34.7	8.2	49.3	1.9	91.5	37.2	72.7	0.2	0.7	0
1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0	1.8	27.1	23.4	0.7	1.7	3.6	0	8.8
1981	0	0	0	0	0	0	0	34.2	11	0	0	0	0.3	0	0
1982	0	0	3.5	0	4.9	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	0	0	0	0	7.6	0	0	0	0	0	0
1984	6.4	14.4	0	0	0.7	25.3	3.9	2	3.5	1	0.6	0	0.6	0	0
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.1	3.2	0	0	0
1986	0	0	0	0	49.3	14.6	0	0.2	0	0	0	0	0.7	16.8	0.5
1987	3	18.9	20.3	20.6	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.6	18.1	0	0	0
1989	0.2	0	0	0.2	0	0	0	0.3	0	0	1.1	3.4	0	0	0

ANEXO 14a) (continuação)

Valores Diários de Precipitação (mm)
Mês de Janeiro
INHAMBANE

Ano	Dia	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1952		0.4	0	0	0	0	0	1.8	0	51.8	1.6	5.5	0.2	10.5	10.9	0	0
1953		0.1	1.2	7.5	10.3	6.3	0	0	2.3	26.8	0	0	0	0	0	1.4	3.7
1954		7.3	0.8	0.9	1.1	3.4	5.2	0.2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
1955		0	0	0	0	0	0	3.5	1.2	27.3	1.7	0.4	0.6	3	20.7	17.9	13.4
1956		0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0.3	0.7	0	1.2	1.2	0.4	1	0.3
1957		4.2	23	0.3	0	0	24.2	18.3	44	0	0.8	0	4	0.1	0	1.6	11.2
1958		0	4.3	3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.5	11.1
1959		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	1.7	0	0	0	1.2
1960		0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.1	20
1961		0.3	0.1	0	0	0	0.2	11	0.3	0	0.4	0.4	0	0	2.1	0	0
1962		11.6	111.4	109.7	1.1	0.3	0	0	0.1	65.7	5.6	45.4	0.6	0	1.1	0	0
1963		0	4.9	10.7	1.3	0	0.3	0	0	0	0	0	1.4	0	1	0.3	2.5
1964		0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0.4	29.1	1.1	6.7	3.1	0
1965		16.8	0	0	0.1	0	0	4	13.4	8.1	0	0	0.4	0.8	0	3.3	0
1966		10	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
1967		0	2.8	0	5.5	1.6	0	0	4.1	0	56.7	0	2.5	0.3	0.8	1.0	0
1968		0	0	0	0	0	0	45.9	21.6	69.5	44.9	10.4	3	1.6	0	0	0
1969		0	0	0	2	11.1	0.2	0	0	0	0	55.4	1	0	0	0	0
1970		10.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.2	0	0.3	0	0	22.3
1971		0	0	0	0	1.4	24.1	0	0	0	0.3	0	1.6	2.2	2.9	3.4	2.2
1972		21.3	0.3	0	0.3	0	0	0	0	0	0	16.8	11.5	0	9.3	11.3	1.9
1973		0	0	0	2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1974		0	0	0	0	0	0	0	2.3	0.2	0	0	0.2	77.3	2.2	2.6	0
1975		15.1	0	0	0	0	2.5	3.1	6.3	0	0.8	0	1	0	0	0	0
1976		0	7	2.4	0	1.2	0.3	1.5	0	0	0	0	0	0	0	13.3	144.4
1977		0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	34.6	10.5
1978		99.1	60.8	8.2	0	4.4	4.4	0	0	0	0	0	0.9	0	1.5	2.9	0.9
1979		0	1.8	0	0	0	0	0	0	14.5	3	0	2.2	0	0	0	0
1980		0	0	0	0.6	0	0	0	1.9	0	0.8	0	1.9	26.1	0.9	0	0
1981		6.2	58.4	4.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6
1982		0	0	0	0	0	2.6	5.1	0	0	23	0	2.4	1.5	2.5	0.7	0
1983		1.7	0	2.6	0	0	0	2	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0
1984		9	45.4	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	4.9	16.7	122.9	59.4
1985		0	0	0	0	0	0	0	0	1.7	9.9	5.3	0.3	12.9	0.1	63.9	41.3
1986		0	0	0	0	0	0	7	6.9	0.3	0	2.5	16	7.9	31.5	0.8	4.2
1987		0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	2.7	12.7	0	0	0
1988		0	0	0	0	0.7	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	1.2
1989		0.3	0	2	0	0	0	0.6	9	11.7	7.8	4.7	1.7	1.2	0.6	0	0

Valores Diários de Precipitação (mm)
Mês de Dezembro
INHAMBANE

Dia Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1952	0	0	25.2	7.8	0	0	0	0	0	0	0.5	0.1	0	0	0.4
1953	0	0	0	9.6	0.8	0.2	0	0	0.7	0	0.4	0.2	0	0.7	0
1954	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55.5	16.9	0	0	0	0
1955	0.6	0.7	2.2	0	0	3.5	7.9	0	0	4.1	0	0	0	0	0
1956	0	0	0	64.5	0	0	0	0	22.9	0	0	0	0	7.4	0
1957	0	0	1.6	36.4	0.4	0	4.6	0	0	0	0	0	61.4	13.4	0
1958	0	0	0	42.4	0	0	0.3	0	21.4	0	0	6.7	19.6	13	0
1959	0.3	0	0	0	0	21.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1960	3.3	0	0	0	0	0	0	0	14.8	3.1	0	1.7	26.7	0	6.5
1961	0	0	3.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1962	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	25.4	18.2	42.6
1963	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0.5	0	0	0	1.6	241.5
1964	14.8	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8	30.3	0	0
1965	0	0	0	0	0	7.4	0	0	0	0	0	2.4	3.7	0	0
1966	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0.1	0.5	0	0	0.5	0	0
1967	0	0	0	0	1	1.7	0.1	0	0	0.2	0	0	0	2.5	0
1968	0	0	0	0	0	0	0	0.3	14.3	0	34.8	0	0	0	0
1969	0	21.6	3.9	0.5	0	0	25.9	5.5	0	0.8	0	36.4	38.2	2.2	0
1970	0	0	13.8	1.3	2	0	0	0	0.4	0.4	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	0	0	62.2	0	0.1	0	0	0	0	0	0
1972	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1973	0.9	0	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0	0	0.7	0	0	0.8
1974	12.6	4	60.7	4.7	11.7	0	21.3	29.4	4.1	5	0	0.2	0	0	0
1975	0	4.5	4.8	68.6	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1977	0	0	0	0	0	0.9	0	10.9	0	0	0	1	0	0	0
1978	0	4.5	0	0	0	0	0	16.1	1.5	0	0	0	0	94.5	0.2
1979	0	0	0	0	0	37.5	2.1	0	0	0	0	0	0.8	0	0
1980	0	0.9	32.6	4.7	10.7	0.1	0	0	0	0	0.2	0.6	0	0	0
1981	0.2	2.9	0	0	0	0	0	0	0	0	53.1	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8	0.8	0	0
1983	1	6.1	28.9	3.6	0	0	0	0	0.1	68.5	4.6	0	0	0.2	0
1984	0	0	0.7	39.8	0.7	0	2.4	6.5	0	0	0	0	0	0	0
1985	9.3	0	0	0	0	0	0	4	0.5	0	33.3	0	0	0	0
1986	0.6	0.4	0.1	0	0.3	0	0	0	0.7	1	0	0	49.1	38	1
1987	0.8	0	0	2.9	0	0	0	0	20.6	0.5	15.4	3.6	0	0	19.3
1988	0	6.5	4.3	0	0	0	0	49.6	0	0	0	0	0	0	0
1989	7.9	18.8	24.7	0.2	0	9.1	6.4	0	5.2	2.1	2.6	2.9	0.7	0.2	10

Valores Diários de Precipitação (mm)
Mês de Dezembro
INHAMBANE

Dia Ano	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1952	0	0	0	1.4	3.8	1.7	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1953	0	0.5	0	0.3	0	0	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
1954	37.7	4.7	0.2	18	2	0	0	13.7	3.4	0	0	0	0	0.1	22.8	5.4
1955	5.6	4.4	2.2	0	0	6.8	8.6	0	38.5	35.5	0	0	0	0	0	0
1956	0	0	0	0	0	15.4	23.8	7.1	0	0	0	0	0	0	22.6	6.6
1957	0	0	0	0	0	0	0.7	11	0	5	7.7	0	0	0.7	0.3	0
1958	0	4.1	0	0	12.3	0	0	0	0.3	3.1	0.9	0	0	0	3.3	0.1
1959	0	0	0	66.5	46.2	3.2	0	37.1	1.3	0	0	0	0.5	0	0.8	0
1960	0.2	1	1.1	0	0	11.5	0.4	1	12.2	1.8	0.4	0	0	7.5	9.7	39.6
1961	6.6	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.9	1.5	0	3.4
1962	0.8	0	0.4	9.9	158.4	82.5	4	3.2	124.7	35	37.1	0.3	0	0	0.1	1
1963	28	0.1	0	0	0	0	0	0	21.8	0.7	0	0	0	0.1	0	0
1964	0.3	3.4	104.9	163.7	60.1	13.5	7.9	2.1	0	0	14.1	0	0	0	0	0
1965	0	0	0	0.4	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1966	0	0	0.4	0	0.8	0	5	11.3	87.1	20.1	4.5	0	26.6	0	0.2	1.6
1967	0	0	0	0	0	1.7	1.1	0	0	0	3.8	2.7	1.8	0	0	0
1968	0	0	0	34.4	2.7	0	0	0	0	0	16.3	8.9	2.9	1	1.4	0
1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
1970	0	0	0.4	0.8	0	0.2	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0.1	0
1971	1.2	0.1	0	0	11.2	0	0	0	11.9	0	0	0	0	0	0	0
1972	0	9.4	0	31.5	0	0	13.8	40.6	18.4	0	0	0	9.1	0	0	0
1973	0	0	0	0	2	0.5	21.1	2.9	5.1	11.5	6.9	5.2	7.6	0	1.9	17.7
1974	0	57.1	0.2	0	0.4	12.9	0.4	20.8	25.8	3.6	0.3	0	6	0	0	0
1975	0	0	0	2.5	9.8	12.5	0	0	0.9	17.5	1.8	1.4	13.4	35.6	32.6	0
1976	0	0	0	0	6.6	0	0	0.3	0	0	0	18.8	33.9	9.7	2.4	1.2
1977	0	0	0	1.3	0	0	1.3	0	0	0	58.4	78.4	1.7	0	0.9	0
1978	0	0.1	0	0	1.3	3.1	4.6	0.7	0.2	14.7	0	0	11.8	40.8	0	2.4
1979	0.2	0.3	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.8	0	10.9	43.9	23.1
1980	0.5	0	0	0	5.5	4.4	0	0	0	0	0	0	14.9	8.6	8.9	0
1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.5	0	2.4	0	0	0
1982	0	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	3.8	7.8
1983	0	0	0	0	0	8	4	0	1.6	0	0	0	18.2	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	62.7	12.4	5.2	0	0	0	17.8
1985	0	0	0	0	2.1	0	0.5	0.9	2.3	1.1	11.1	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	0	1.6	0	0	0.3	5.6	0	0	0	0	0	0	0
1987	0.4	0	0	56.3	36.2	8.7	0	0.1	0	0	0	0	0	0	62.2	4.8
1988	0	0	0	20.7	20.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.5
1989	2.2	0	5.9	21.3	34.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0