

634.6 (679.9)

Ext. R. 05

11 14

Ext. R. - 05

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Departamento de Engenharia Rural

Secção de Terra e Água

18869

**Tese de licenciatura**

Determinação de eficiências de campo  
no regadio de Sábîè-Incomati.

Raúl Oscar Raúl **PITORO**

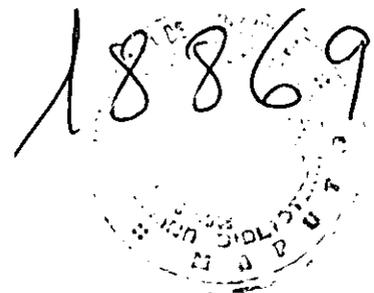
631.6  
PIT

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Departamento de Engenharia Rural

Secção de Terra e Água



**Tese de licenciatura**

Determinação de eficiências de campo  
do regadio de Sábiè-Incomati.

**Supervisor: Prof. Doutor Rui Miguel C.L Brito**

**Autor: Raúl Óscar Raúl PITORO**

Maputo, Dezembro de 1998.

Aos meus pais Simão João Pitoro e Esperança Raúl.

# *Agradecimentos*

Ao meu supervisor **Prof. Doutor Rui Miguel L. C. Brito** por me ter proposto este trabalho, pelo apoio moral, científico e em ensinamentos dados quer ao longo do curso quer no presente trabalho que sem os quais não teria sido possível realizar cabalmente este trabalho.

A **Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal** e seus docentes, em especial aos docentes do Departamento de Engenharia Rural pela oportunidade que me foi dada de realizar este curso.

Ao **PSW** (Projecto Plant, Soil and Water) pelo apoio logístico e material concedido ao longo do período de pesquisa.

Ao **GAGR** (Gabinete de gestão do regadio Sábiè-Incomate) na pessoa do seu director o **eng.º António Guerras** pelo apoio moral, material e logístico prestado ao longo da fase de trabalho de campo.

Aos senhores **Machava** (chefe administrativo da GAGR), **José João** (técnico hidráulico do regadio), **Pedro** (técnico de mecanização do regadio) pela sua atenção e disponibilidade para responder as minhas solicitações durante a fase de colheita de dados.

Ao Sr. **Pedro Machele** (técnico de rega da Faculdade de Agronomia) pelo acompanhamento caloroso e simpático e pela transmissão da sua experiência na matéria de colheita de dados.

À **Vanda Tatiana Dias** pelos conselhos e parceria ao longo do trabalho.

À **Tutuna** pela amizade, companhia e comentários à cerca do trabalho.

Aos meus colegas de turma, **Chongo, Fraqueza, Zandamela, Uqueio** e mais, grato pelos comentários em redor do trabalho.

Aos meus grandes amigos **Taty, Fauna, Viriato, Sónia, Maria Isabel, Belarmino, Rui, Emídio, Domingos, Cangela**; obrigado pela companhia, apoio moral e comentários sobre o tema.

A todos o meu profundo  
"Kanimambo"...

## *Resumo*

O presente trabalho foi elaborado com o objectivo de avaliar o desempenho da rega por gravidade no sector privado do bloco 5 do regadio de Sâbiè-Incomati e discutir as diferentes alternativas para uma melhor gestão da água no mesmo em termos de técnica de uso de água nas parcelas.

Para o efeito, seleccionaram-se aleatoriamente seis parcelas em três sectores de produção que constituem a zona de estudo onde determinaram-se as eficiência de aplicação, de uniformidade e de armazenamento; mediante a determinação das frentes de avanço e recessão, realização de testes de infiltração, medição de caudais e observações de campo. Para completar a análise, foram determinadas ainda as perdas de água ao nível das parcelas nomeadamente, perdas por percolação profunda e por escoamento superficial. Como auxiliar foram usados dados secundários extraídos de literaturas do regadio.

Os resultados obtidos mostram que os aspectos operacionais de irrigação dos campos como a mão-de-obra, o manuseamento de água, o tipo de culturas a irrigar, o abastecimento de água, o funcionamento do regadio, a condição física de algumas estruturas de rega (canais de drenagem e estruturas de tomada ) e a preparação do terreno ainda são dominados pelo uso tradicional que não reflectem um alto grau de eficiência no uso da água. Isto faz com que as diferenças entre o uso actual e o teórico da água sejam notáveis. Esta conclusão também foi alcançada por Resy (1997) num estudo realizado recentemente no mesmo local cujas causas partem desde financeiras, técnicas, de gestão até organizacionais.

A rega actualmente praticada neste regadio, com sulcos muito curtos (menores que 5,0 m), só tem sucesso no concernente a uniformidade de distribuição e armazenamento com eficiências médias de 96,1 % e 89,4 %; respectivamente. No que refere a aplicação, esta não é eficiente a julgar pelas elevadas perdas de água nas parcelas dada eficiência de aplicação média de cerca de 27,0 %.

Ainda com base nos resultados deste trabalho, para permitir que o sistema funcione eficientemente ou pelo menos se reduzam as elevadas perdas por escoamento superficial que ocorrem com grande frequência nas parcelas estudadas; há uma necessidade urgente de se melhorar as eficiências de aplicação da água, implentando-se ou bacias de inundação ou sulcos compridos.

## Índice geral

Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Índice geral.....	iv
Lista de Figuras.....	v
Lista de tabelas.....	vi
Lista de Equações.....	vii
Lista de abreviaturas e símbolos.....	viii
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Aspectos gerais e justificação.....	1
1.2 Objectivos .....	2
1.3 Área de estudo.....	3
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 Considerações gerais.....	13
2.2. Necessidades de água de rega .....	15
2.3 Fases de rega .....	16
2.4 Secção transversal do fluxo.....	19
2.5 Infiltração.....	19
2.6 Eficiências de rega.....	23
2.7 Análise estatística.....	34
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
3.1 População Amostral.....	37
3.2 Tamanho da amostra e técnica de amostragem.....	37
3.3. Colheita de dados.....	38
3.3.1 Fases do trabalho de campo.....	38
3.3.1.1 Reconhecimento.....	38
3.3.1.2 Medições de campo.....	38
3.4 Descrição estatística.....	44
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO... ..</b>	<b>46</b>
4.1 Procedimento da rega.....	46
4.2 Necessidades de água de rega (dreq) .....	46
4.3 Caudal de rega.....	47
4.4 Testes de avanço e recessão.....	48
4.5 Secção transversal do fluxo.....	49
4.6 Infiltração.....	50
4.7 Velocidade do fluxo.....	54
4.8 Eficiências de campo e suas perdas.....	55
4.9 Diferentes alternativas para promover um desempenho eficiente no regadio.....	56
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>57</b>
5.1 Conclusões.....	57
5.2 Recomendações.....	58
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS</b>	

## Lista de Figuras

- Figura 1.1 Localização geográfica da área de estudo
- Figura 1.2 Hidrografia da área de estudo
- Figura 1.3 Esquema de distribuição de água no sector privado do bloco5.
- Figura 2.1 Trajectórias de de avanço e recessão.
- Figura 2.2 Determinação da secção transversal do sulco pelo método "Profylometer"
- Figura 2.3 Padrões de humedecimento para diferentes tipos de solos.
- Figura 2.4 ES, PP e ea em função da razão ta/ti.
- Figura 3.1 "Layout" dos lotes do bloco5.
- Figura 3.2 Modelo usado na avaliação do regadio de Sábie-Incomati . Adaptado de Walker (1989) e ICID (1992)

## Lista de Tabelas

- Tabela 1.1 Dados de Etp, Pef. e necessidades de água para a região de Sábie
- Tabela 1.2 Categorias de agricultores segundo a UGAAS
- Tabela 2.1 Comprimentos de sulcos recomendáveis em função do declive, profundidade a aplicar e textura do solo.
- Tabela 2.2 Classificação da textura em função de infiltração básica
- Tabela 2.3 Classificação de solos em função de tempo necessário para infiltrar d mm
- Tabela 2.4 Classificação de regadios segundo Roscher
- Tabela 3.1 Escala de rega das parcelas estudadas.
- Tabela 4.1 Características das parcelas estudadas.
- Tabela 4.2 Necessidades de água de lavagem para atingir 100 % do rendimento potencial das culturas mais praticadas no bloco5 do regadio de Sábie.
- Tabela 4.3 Caudais médios de rega em cada sulco nas parcelas estudadas.
- Tabela 4.4 Dados médios de avanço e recessão.
- Tabela 4.5 Características dos sulcos das parcelas estudadas.
- Tabela 4.6 Resultados dos testes de infiltração.

- Tabela 4.7 Famílias de infiltração das parcelas estudadas em função do tempo necessário para infiltrar 50 mm.
- Tabela 4.8 Análise de variância do tempo necessário para infiltrar 61 mm.
- Tabela 4.9 Comparação das médias entre parcelas do tempo necessário para infiltrar 61 mm.
- Tabela 4.10 Coeficiente de infiltração  $k$  sob condição dinâmica.
- Tabela 4.11 Velocidades médias de fluxo e os respectivos coeficientes de rugosidade.
- Tabela 4.12 Eficiências de campo e perdas ao longo das parcelas estudadas.
- Tabela 4.13 Classificação das parcelas estudadas segundo Roscher.

### Lista de Equações

- 2.1.1 Tempo de aplicação de água na cabeceira do sulco.
- 2.2.1 Necessidades de água de rega.
- 2.2.2 Necessidades de água de rega para lavagem de sais na rega por gravidade.
- 2.3.1 Trajectória de avanço na rega por sulcos.
- 2.3.2 a Expoente  $r$  na trajectória de avanço na rega por sulcos.
- 2.3.2 b Coeficiente  $p$  na trajectória de avanço na rega por sulcos.
- 2.3.3 Trajectória de recessão na rega por sulcos.
- 2.5.1 Equação de infiltração instantânea de *Lewis Kostiaikov*.
- 2.5.2 Equação de infiltração acumulada.
- 2.5.3 Equação geral de infiltração de *Lewis Kostiaikov*.
- 2.5.4 Factor de ajustamento de infiltração medida por métodos de aneis cilindricos ( $\beta$ )
- 2.5.5 Equação de infiltração ajustada.
- 2.6.1 Eficiência de condução
- 2.6.2 Eficiência de distribuição.
- 2.6.3 Eficiência de aplicação.
- 2.6.4 Eficiência de uniformidade.
- 2.6.5 Eficiência de armazenamento.
- 2.6.6 Perdas por percolação profunda.
- 2.6.7 Perdas por escoamento superficial.

- 2.6.8 Caudal não erosivo, segundo Criddle.
- 2.7.1 Valor de  $F_{\text{calculado}}$ .
- 2.7.2 Valor de  $T_{\text{calculado}}$ .
- 2.7.3 Erro padrão para diferença de médias.
- 2.7.4 Modelo estatístico usado no presente trabalho.
- 3.2.1 Tamanho de amostra de cada extracto.
- 3.3.1 Caudal de água de rega medido por "Parshall Flume".

### Lista de Abreviaturas e Símbolos

- GAGER** Gabinete de Gestão do regadio Sábie-Incomati.
- UGAAS** Unidade de gestão das Associações Agro-pecuárias de Sábie.
- n*** Coeficiente da curva de infiltração acumulada.
- Dr*** Profundidade radicular.
- ea*** Eficiência de aplicação.
- ec*** Eficiência de condução.
- ed*** Eficiência de distribuição.
- ep*** Eficiência total do projecto.
- es*** Eficiência de armazenamento.
- eu*** Eficiência de uniformidade.
- ES*** Escoamento superficial.
- EV*** Evaporação.
- fo; I.bas*** Infiltração básica.
- I.acum*** Infiltração acumulada.
- Ir; dreq*** Necessidades de rega.
- k*** Infiltração no tempo igual a 1 minuto.
- L*** Comprimento do campo ou sulco.
- LR*** Necessidades de lavagem de sais.
- PP*** Percolação profunda.
- p*** Factor de depleção.
- Qr*** Caudal de rega que entra na parcela.
- Qo*** Caudal de rega que entra em cada sulco.

$t ; ta ; tx$	Tempo de avanço.
$top$	Tempo de oportunidade.
$tco$	Tempo de corte do fluxo de água.
$trec ; tr$	Tempo de recessão.
$ti$	Tempo de infiltração.
$t_L$	Tempo de avanço até ao fim do campo ou sulco.
$T_{L/2}$	Tempo de avanço até a metade do campo ou sulco..
$t.acum$	Tempo acumulado.
$We$	Volume de água armazenado no solo.
$Wf$	Volume de água fornecido a parcela.
$Wi$	Humidade inicial do solo.
$Z_m$	Infiltração média.
$Z$	Profundidade total infiltrada em mm.
$\beta$	Factor de ajustamento da infiltração sob condição de rega por sulcos.
$Etp$	Evapotranspiração potencial.
$Prec$	Precipitação.
$Pef.$	Precipitação efectiva.
$Etp - Pef$	Necessidades de água de rega

## Anexos

- Anexo 1 – Caudais de rega.
- Anexo 2 – Secção transversal dos sulcos.
- Anexo 3 – Avanço e recessão (dados originais e curvas).
- Anexo 4 – Infiltração ( dados originais e curvas).
- Anexo 5 – Análise estatística.
- Anexo 6 – Velocidade do fluxo e rugosidade.
- Anexo 7 – Estruturas de rega.

## **1. Introdução**

### **1.1 Aspectos gerais e justificação**

No mundo a água é um líquido precioso que o homem não tem o direito de gastá-la indiscriminadamente em detrimento do outro e das gerações futuras. O uso eficiente da água deve ser uma obrigação de cada usuário e varia duma região para outra.

Em regiões onde ela é abundante, o seu valor é baixo e a tendência é de gastá-la, enquanto que em regiões onde ela é escassa e cara (Hansen et.al, 1980), como é o caso de algumas regiões de Moçambique, a água disponível deve ser usada cuidadosamente.

A eficiência no uso da água é influenciada de entre outros factores, pelo custo e qualidade da mão-de-obra, facilidade de manuseamento, culturas a serem irrigadas, características do solo, estruturas de rega e pelo sistema de distribuição. A eficiência de rega é um termo aplicado nas práticas de rega também na forma qualitativa como instrumento de gestão.

Como as fontes de água superficial em Moçambique são limitadas, é necessário ter uma boa gestão na sua utilização. Isto só será alcançado se obtermos informação sobre as necessidades brutas de água de rega a partir das eficiências de rega e do consumo.

Como se sabe, nos regadios de Moçambique, especialmente no regadio de Sábie há grandes perdas de água quer nos canais quer nos campos. Nos canais, as perdas são principalmente devidas à presença de vegetação, fendas, buracos e, ao cultivo nas bermas. Nos campos as causas principais das perdas observadas são a introdução de caudais aquém das capacidades de manuseamento dos operadores associado a canais curtos de diques baixos.

Até agora, a disponibilidade de dados sobre as eficiências nos regadios de Moçambique é exígua a razão pela qual se propôs o presente estudo para obter estas informações. Neste estudo, não só foram determinadas eficiências de rega mas também discutiram-se as diferentes alternativas para melhorar o desempenho do sistema em causa, informação de capital importância no planeamento, operação e projecção dos sistemas de rega.

O presente trabalho comporta cinco (5) capítulos nomeadamente : Introdução, revisão bibliográfica, materiais e métodos, resultados e a sua discussão , conclusões e recomendações.

A introdução constitui o primeiro capítulo no qual se faz a apresentação do problema de estudo, seu contexto e objectivos e, a descrição da área do estudo.

O segundo capítulo é ocupado pela revisão bibliográfica onde se faz uma abordagem teórica dos vários assuntos inerentes a rega superficial especialmente a rega por sulcos.

Os materiais e métodos constituem o terceiro capítulo que se ocupa pela listagem dos vários materiais usados na realização do presente trabalho e os procedimentos da sua execução.

No quarto capítulo faz-se a apresentação e discussão dos resultados obtidos para no capítulo quinto apresentam-se as conclusões alcançadas e recomendações para promover um melhor desempenho do regadio.

## **1.2 Objectivos**

### **1.2.1 Geral**

Este trabalho tem como objectivo geral o de determinar as eficiências de rega de campo e discutir diferentes alternativas para uma melhor gestão da água no sector privado do bloco5 do regadio de Sábie.

### **1.2.2 Específicos**

Como objectivos específicos temos:

- Determinar as perdas de água nos campos aquando de rega através da avaliação da eficiência de aplicação;
- Avaliar como este sistema de rega distribui água pelos campos mediante a determinação da eficiência de uniformidade e,
- Avaliar se este sistema de rega armazena ou não água suficiente para suprir às necessidades das culturas, através da determinação da eficiência de armazenamento.

### 1.3 Área de estudo.

#### 1.3.1 Localização geográfica.

A localidade de Sábie está situada no posto administrativo de Sábie, distrito da Moamba, província de Maputo a 80 Km em linha recta e a 110 Km por estrada da cidade de Maputo. Encontra-se localizado à 25°19' de latitude Sul, 32°14' de longitude Este e a 80 m de altitude. A rodovia entre a capital e a Moamba passando por Boane é alcatroada num primeiro troço de 82 Km e, uma picada em mau estado de conservação, piorando no período chuvoso nos restantes 28 Km (FDHA, 1994).

Esta região é limitada a norte pelo distrito de Magude através do rio Massintonto, a leste pela localidade de Vundiça, a sul pelo povoado de Muxia e a oeste pela província Sul Africana de Transvaal como se pode ver na Figura 1.1.

#### 1.3.2. Clima

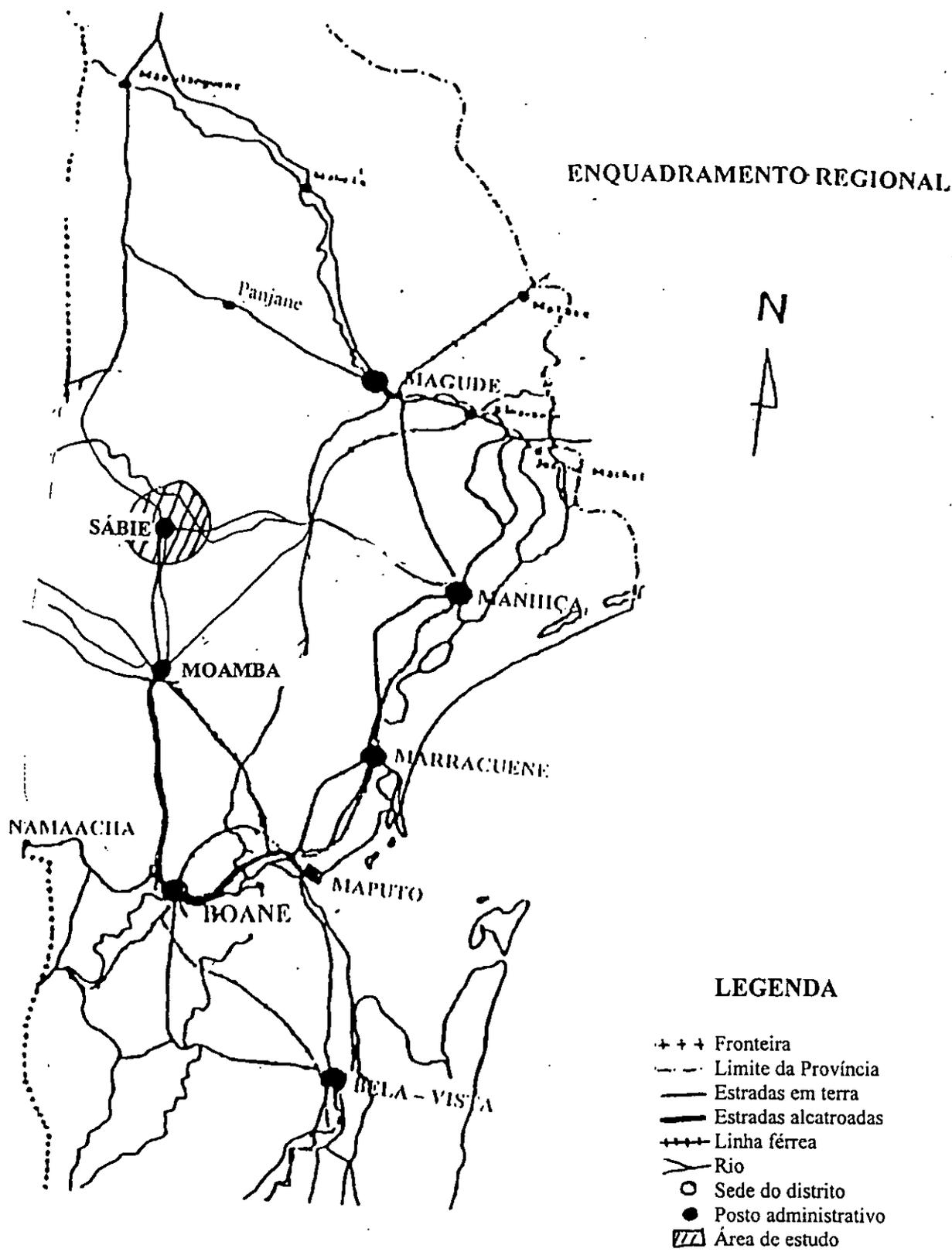
A região caracteriza-se fundamentalmente por um clima sub-tropical segundo a classificação climática de "Koppen" com verão quente e húmido e inverno frio e seco.

A precipitação anual é em média de 560 mm, com uma média mensal máxima de 105.2 mm no mês de Dezembro e mínima de 1.0 mm em Julho.

A evapotranspiração de referência média anual é de 1740 mm, com uma média mensal máxima de 158 mm no mês de Janeiro e mínima de 70 mm no mês de Julho.

A temperatura média anual é de 23 °C, com a máxima de 26.9 °C em Janeiro e mínima de 18.7°C em Julho.

A humidade relativa varia de 67% a 73% com 5 meses em que a média é de 72% (com início em Fevereiro a fins de Junho). É constante observar-se humidade relativa elevada durante a estação de inverno o que justifica a formação de orvalho nocturno, o qual é observado com frequência. Este fenómeno explica a sobrevivência de certas gramíneas em especial nos invernos mais secos que apresentam colmo verde na estação seca (FDHA, 1994).



Escala: 1:1.000.000

Fonte: FDHA (Anexos técnicos)

Figura 1.1 Localização geográfica da Área de estudo.

### 1.3.2.1 Necessidades de água para as culturas.

Cálculos de evapotranspiração potencial (Etp) feitos segundo o método de *THORNTHWAITE* para as estações de Sábie, Corumana (ex-Machatuine) e Moamba e da precipitação efectiva segundo a fórmula empírica AGLW/FAO indicaram que é necessário compensar a falta de água de que as culturas padecem, recorrendo à rega FDHA(1994), como se pode ver na tabela 1.1 abaixo.

Tabela 1.1 Dados de Etp, Pef. e necessidades de água para região de Sábie

Meses	Etp	Prec	Pef	Etp-Pef	
	(mm/mês)	(mm/mês)	(mm/mês)	(mm/mês)	(mm/ha)
Jan.	140,2	83,3	41,6	98,6	3,3
Fev.	195,4	81,6	40,3	155,1	5,2
Mar.	126,9	59,2	25,5	101,4	3,4
Abr.	98,7	34,8	10,9	87,8	2,9
Mai.	73,4	25,1	5,1	68,3	2,3
Jun.	50	8,8	0	50	1,7
Jul.	47,6	1	0	47,6	1,6
Ago.	65,1	9,1	0	65,1	2,2
Set.	86,1	30	8	78,1	2,6
Out.	98,7	46	17,6	81,1	2,7
Nov.	112,5	69,5	31,7	80,8	2,7
Dez.	134	105,2	59,2	74,8	2,5
<b>TOTAL</b>	<b>1168,6</b>	<b>554,4</b>	<b>239,8</b>	<b>928,8</b>	<b>31,0</b>

Fonte: FDHA (anexos técnicos), 1994.

Legenda:

Prec = Precipitação , Pef = Precipitação efectiva segundo o método empírico AGLW/FAO.

Etp = evapotranspiração potencial.

Segundo a tabela 1.1, todos os meses apresentam a Etp maior que a Pef. o que significa que há sempre um déficite hídrico que deve ser compensado pela rega para um bom desenvolvimento das culturas.

### **1.3.3 Solos e Topografia.**

A área é plana a quase plana, com uma percentagem de declive que não passa de 2,0 %.

Os solos são derivados de sedimentos aluvionares do rio Sábiè, profundos e estratificados, de textura arenosa a franca no antigo leito do rio e de textura franca a argilosa leve à medida que se afasta do leito do rio (FDHA,1994). A sua fertilidade natural é de média a alta e apresenta uma aptidão para a agricultura que varia de marginal, moderada a boa (INPF, 1992).

Estudos pedo-hidrológicos realizados pela Bonifica em 1991 indicam a existência de duas limitações principais para a prática de agricultura :

- a sodicidade dos solos numa parte considerável da área.
- um alto nível de salinidade das águas subterrâneas.

### **1.3.4 Hidrografia**

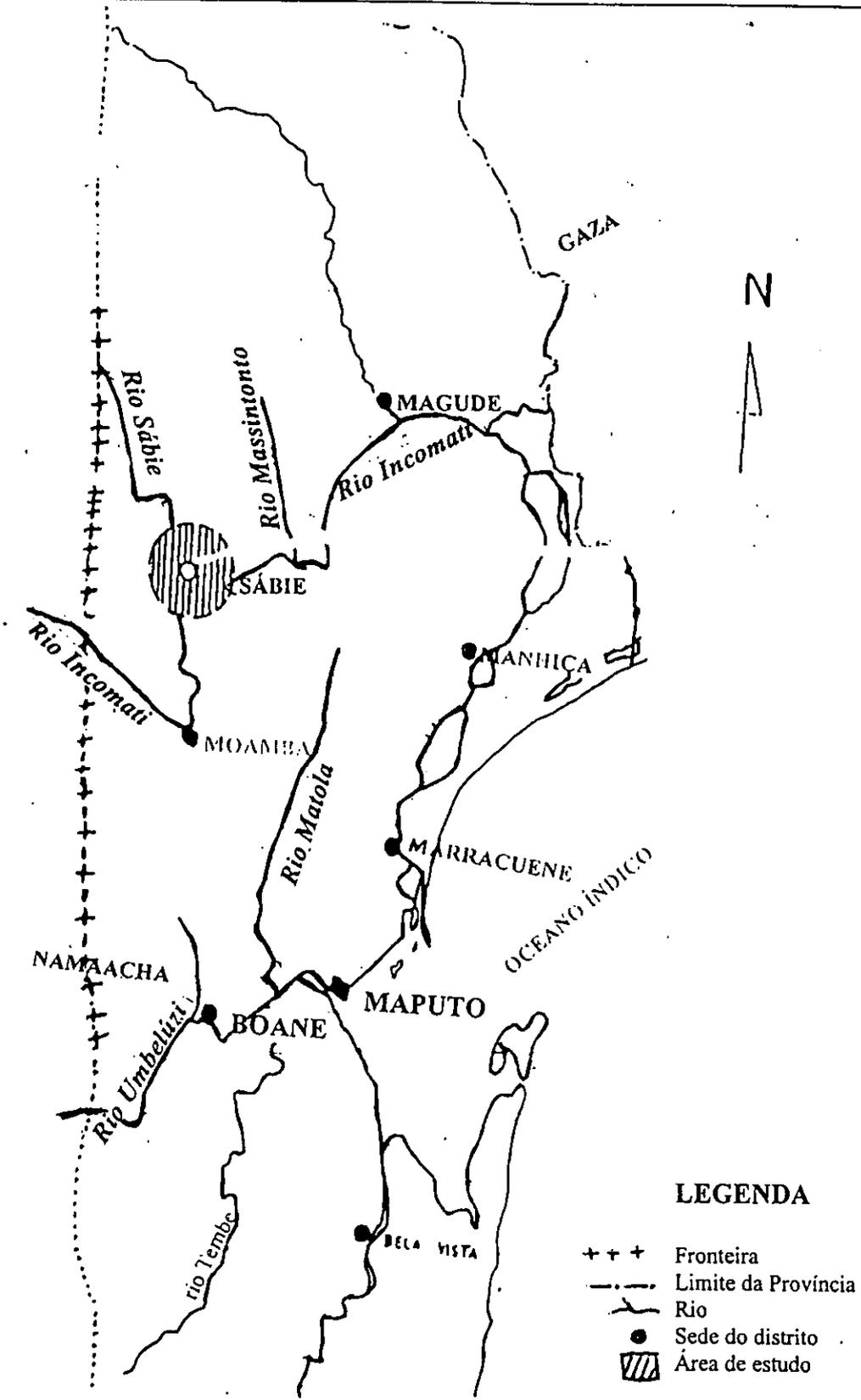
A região faz parte da bacia do rio Incomati, com um volume médio anual de escoamento de 2060 milhões de m<sup>3</sup>. O principal afluente do rio Incomati é o rio Sábiè, que possui um volume anual de 652,6 milhões de m<sup>3</sup> no qual está instalada a Barragem de Corumana, que se destina a regular os caudais para rega dos terrenos à jusante da confluência deste com o Incomati (INPF,1992) (veja a figura 1.2).

Do ponto de vista de disponibilidade de recursos hídricos subterrâneos, a região apresenta condições muito limitadas devido a excessiva salinidade. Em geral, os aquíferos são de baixos rendimentos e encontram-se a profundidades muito elevadas (INPF,1992 e PIDASI,1995).

### **1.3.5 Regadio de Sábiè-Incomati**

#### **1.3.5.1.Breve historial**

O regadio de Sábiè está inserido na bacia de Incomati. O projecto para a sua construção foi feito no início da década 80 com os estudos iniciais levados a cabo pela sociedade Italiana , BONIFICA, no âmbito da cooperação entre os governos Moçambicano e Italiano. A sua construção teve como objectivo, aproveitar os recursos hídricos da Barragem de Corumana de modo a promover o desenvolvimento rural nesta região, potenciando as actividades agro-pecuárias, florestais e faunísticas.



Escala: 1:1.000.000

Fonte: FDHA (Anexos técnicos)

Figura 1.2 Hidrografia da Área de estudo.

A bacia de Incomati cobre uma área total de 49079 Km<sup>2</sup> dos quais 32% estão no território Moçambicano. A bacia possui uma área equipada para agricultura de 20.100 ha (sendo 2000 ha afectados pela salinização), sendo actualmente irrigados 7.646 ha (SEHA, 1993).

A capacidade de armazenamento da Albufeira de Corumana é de 1320 milhões de m<sup>3</sup> com um potencial para irrigar 25.000 ha (FDHA, 1994).

Depois da conclusão dos estudos, tornou-se evidente fazer a construção do regadio por etapas na construção, subdividindo a área de regadio em cinco (5) unidades orgânicas cuja construção caberia a diferentes parceiros (cooperação entre governos).

Em 1988, iniciaram-se as obras referentes à primeira fase para 1700 ha. Devido à retirada do empreiteiro resultante do conflito armado em Abril de 1993, o primeiro bloco construído foi o 48 com cerca de 125 ha (actualmente explorados 108 ha). Em seguida iniciou-se a construção do bloco 5 que foi antecedida pela retirada dos camponeses que ali se encontravam para o já concluído (bloco 48). Depois seguiram-se as várias obras que vieram a terminar em 1991, resultando na construção de infraestrutura para irrigar 582 ha.

O regadio entrou em pleno funcionamento em 1995 depois da Unidade de gestão das Associação Agropecuárias de Sábie (UGAAS) ter recebido um financiamento doado pelo governo Italiano.

Dos 582 ha com infraestrutura para rega nos dois blocos, 108 ha estão localizados no bloco 48 são destinados ao sector familiar que pratica uma agricultura basicamente virada para o autoconsumo e 474 ha no bloco 5 são ocupados na sua maioria pelo sector privado (421 ha) e uma pequena área pelo sector familiar (53 ha).

Os tamanhos das parcelas no regadio varia de 0,5 ha a 15,0 ha, como se pode observar na tabela 1.2.

Tabela 1.2 Categorias de parcelas segundo a unidade de gestão das associações agro-pecuárias (UGAAS).

Categorias	Lotes	Tamanho da parcela (ha)	número de beneficiários	Área no bloco 48 (ha)	Área no bloco 5 (ha)	Área total (ha)
Sector familiar	E4; E5; D18 D19 e D20	0,5 - 1,5	173	108	53	161
Sector privado médio	E1 a E3	2.8 - 7.0	41	-	287	287
Sector privado largo	D1 a D17 e F1 a F8	7.0 - 15.0	15	-	134	134
<b>TOTAIS</b>		-	<b>229</b>	<b>108</b>	<b>474</b>	<b>582</b>

Fonte: Adaptado de Don Smith, 1993.

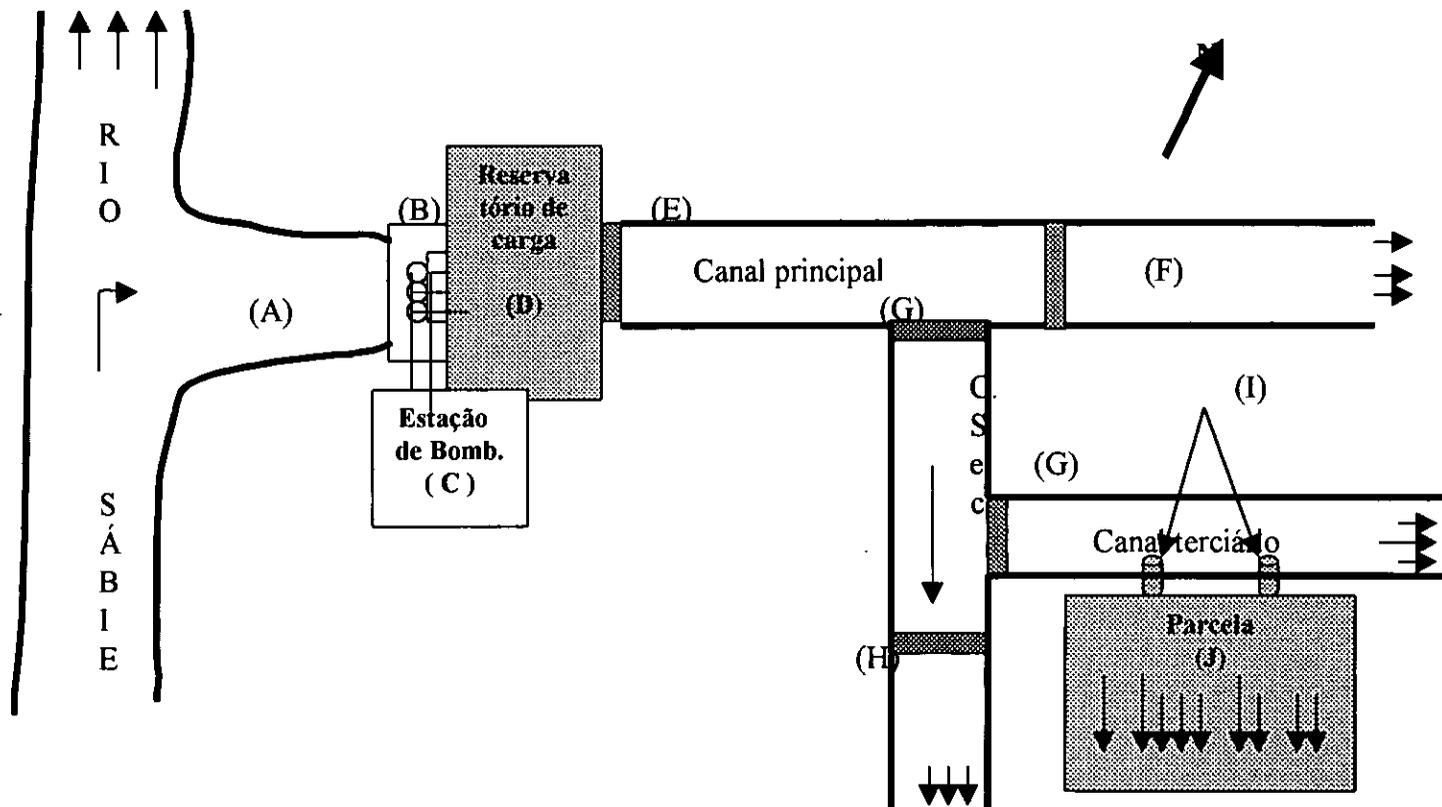
Nos sectores familiares de ambos blocos, as principais culturas praticadas são: o milho, amendoim abóbora e a cana sacarina. As parcelas variam de 0.5 a 1.5 ha tendo em média parcelas de 1.0 ha. Os agricultores deste sector são assistidos por 5 extensionistas ( 3 no bloco 48 e 2 no bloco 5) e 1 cantoneiro. A sua produção é essencialmente para consumo e na sua maioria não usam maquinaria.

No sector privado, as parcelas variam de 2,8 a 15 ha , tendo no entanto aparecido alguns agricultores com parcelas de 34 ha. As culturas praticadas são principalmente hortícolas (tomate, cebola, couve e repolho) e feijão destinadas a venda. A assistência é prestada por 3 extensionistas e 3 cantoneiros. Esta agricultura é parcialmente mecanizada.

Em ambos blocos, o sistema está projectado para regar 2 ha por dia durante 10 horas com um caudal de 25 l/s e uma frequência de rega de 7 dias.

### 1.3.5.2 A rega

O sistema de rega funciona segundo o esquema apresentado na figura 1.1.



Legenda:

- (A) – Desvio na margem direita do Rio Sábie.
- (B) – Electrobombas.
- (C) – Estação de bombagem.
- (D) – Reservatório de carga.
- (E) – Orifício de tomada de água para o canal principal.
- (F) – Estrutura para controle automático do nível de água
- (G) – Estrutura de tomada de água ("Neyrpic").
- (H) – Estrutura de controle do nível de água (soleira do tipo "bico de pato").
- (I) – Estruturas de tomada de água para as parcelas.
- (J) – Parcela.

Fig. 1.1 Desenho esquemático da distribuição de água no bloco 5 do regadio de Sábie.  
As estruturas encontram-se esquematizadas no Anexo 7.

### **Captação**

A água é captada a do desvio (A) feito sobre o rio Sábie a jusante da ponte de comando de Dimane e a aproximadamente 19 Km da Barragem de Corumana . Do açude, a água é desviada até a bacia situada a aproximadamente 100 metros da margem, donde é bombeada para um reservatório.

O regadio comporta 2 estações de bombagem, uma em cada bloco. No bloco5, a estação de bombagem ( C ) consiste de 3 electrobombas submersíveis (B) com capacidade de 420 l/s por cada uma, para elevarem a água até 6.35 m de altura em relação ao nível do rio onde se situa o reservatório de carga (D) com capacidade de armazenamento de cerca de 1800 m<sup>3</sup>. Estas bombas são activadas automaticamente quando o nível de água no reservatório estiver abaixo dum nível predeterminado e desligam-se também automaticamente quando o nível máximo de água é atingido (Don Smith, 1993).

### **Distribuição**

Do reservatório de carga, a água é introduzida por um orifício (E) no canal principal, revestido de cimento, com uma capacidade de 3120 l/s. A regulação do nível de água neste canal é feita por comportas automáticas ("Radial gates") (F) que permitem manter um nível constante de água a montante da estrutura para que o caudal seja constante nos canais secundários. A diferença entre a capacidade do canal principal e a capacidade das bombas deve-se ao facto de o canal principal ter sido projectado para funcionar abaixo da sua capacidade máxima.

Do canal principal, a água é distribuída para 8 canais secundários, também de cimento, com uma capacidade máxima de 390 l/s. A estrutura de tomada é "masque module" (G) composta por placas corrediças (duas de 90 l/s, três de 60 l/s, uma de 20 l/s e uma de 10 l/s).

Dos canais secundários, a água é tomada para os canais terciários, com uma capacidade de 25 l/s. através de "masque module"(G) que fornecem um caudal fixo dentro de certos limites mediante a combinação de 3 placas corrediças ( duas de 10 l/s e uma de 5 l/s). A regulação de nível à jusante da tomada é feita por soleiras de tipo "deck bill" (H). Os canais terciário são de terra.

O sistema de rega foi concebido para irrigar em simultâneo 38 lotes (dum total de 46) irrigados. Cada lote ( de 10 - 14 ha) é servido por um canal terciário.

### ***Aplicação***

Em ambos blocos, a preparação do terreno é mecanizada fazendo-se sulcos curtos (menores de 6 m). No sector familiar quem determina o comprimento dos sulcos é a unidade de gestão das associações agro-pecuárias e não o regante.

Para ambos sectores, a opção por sulcos curtos que funcionam como pequenas bacias de inundação é resultante da irregularidade no declive e o não nivelamento do terreno.

A água é retirada dos canais terciários em alguns casos pelas estruturas apropriadas e noutros casos pelas aberturas feitas ao longo dos canais terciários (I) que desviam a água para as parcelas (J). Já dentro das mesmas, a água é distribuída sequencialmente em sulcos até se esgotar o seu tempo de rega. Nos casos de parcelas maiores que 2,0 ha, os agricultores regam em dias consecutivos até cobrirem toda área.

### ***Manutenção***

A manutenção dos canais revestidos (principais e secundários) e os canais principais de drenagem é feita pela U.G.A.A.S (Unidade de Gestão das Associações Agro-pecuárias de Sábie) actualmente conhecida por Gabinete de Gestão do regadio de Sábie (GAGR). A manutenção dos canais terciários é da responsabilidade dos agricultores.

### ***Pagamento***

Em ambos blocos a taxa de água é única e de 50.000,00 Mt/mês/ha. O pagamento iniciou-se em Agosto de 1996 (Tcheco, 1997) e, é feito directamente à GAGR. O período oficial de pagamento é de 10 a 16 de cada mês e a cobradora desloca-se ao regadio ( de manhã no bloco 48 e a tarde no bloco 5). Findo este período os regantes só poderão efectuá-lo na direcção da GAGR. No caso de falta de pagamento ou pagamento tardio, os agricultores ficam sujeitos a multas segundo o Chefe administrativo do GAGR.

## **2. Revisão bibliográfica**

### **2.1 Considerações gerais**

A rega por sulcos é um dos tipos de rega superficial que consiste na introdução de água no campo através de pequenas depressões designadas sulcos dispostas ao longo das linhas cultivadas, evitando deste modo a inundação total da superfície do campo.

A água infiltra-se ao longo do perímetro molhado e penetra vertical e radialmente para preencher a reserva do solo. Contudo, pequenos sulcos também podem ser empregues na rega por bacias e faixas para reduzir o efeito da variação topográfica.

A característica distinta da rega por sulcos é a introdução, e o controle do fluxo em cada sulco independentemente um do outro e o humedecimento parcial da área superficial (entre 1/5 a 1/2). Isto reduz as perdas por evaporação e o solo não seca rapidamente depois da rega, contrariamente ao que acontece na rega por bacias e faixas (Walker, 1989) e (Stern, 1994).

Apesar de os sulcos fornecerem uma melhor flexibilidade na gestão da água no campo sob várias condições da superfície de rega, não significa que a rega por sulcos resulta em maiores eficiências de aplicação comparativamente às bacias e faixas.

Existem também desvantagens usando este tipo de rega nomeadamente: (1) a acumulação de sais entre os sulcos, (2) Um aumento de perdas por escoamento superficial, (3) a dificuldade de mover máquinas transversalmente aos sulcos, (4) O incremento de custo e tempo para a preparação do solo (construção de sulcos), (5) O aumento do potencial de erosão, (6) A obrigação de usar mão-de-obra para operar eficientemente e (7) a dificuldade de automatizá-lo especialmente quando se desejar regular um caudal igual para cada sulco.

O comprimento do sulco depende principalmente do declive, da textura do solo e da altura da água a ser aplicada. Vários estudos feitos relacionam estes três factores como mostra a tabela 1.2 abaixo.

Tabela 2.1 Comprimentos de sulcos recomendados em m em função da textura do solo, caudal em l/s, declive em % e a profundidade aplicada em mm.

Declive (%)	Caudal (l/s)	Solo Argiloso		Solo Franco			Solo Arenoso		
		<i>Profundidade aplicada em mm</i>							
		75	150	50	100	150	50	75	100
0.05	3	300	120	120	270	400	60	90	150
0.1	3	340	180	180	340	440	90	120	190
0.2	2.5	370	220	220	370	470	120	190	250
0.3	2	400	280	280	400	500	150	220	280
0.5	1.2	400	280	280	370	470	120	190	250
1	0.6	280	250	250	300	370	90	150	220
1.5	0.5	250	220	220	280	340	80	120	190
2	0.3	220	180	180	250	300	60	90	150

Fonte: Kay, 1986.

O fluxo no sulco é determinado basicamente por experimentos de campo. O valor máximo é determinado pelo risco de erosão e/ou a capacidade do sulco.

O espaçamento entre os sulcos depende do espaçamento recomendado para as culturas a irrigar, da textura do solo (razão infiltração horizontal/vertical) e varia de 0,75 a 1,00 m mas também pode reduzir-se para 0,40 a 0,75 m ou mais quando se tratar de corrugação (Stern, 1994).

O tempo de aplicação de água na cabeceira do sulco depende da necessidade de água de rega. Na prática, este é muitas vezes difícil de ser quantificado pelo camponês mas, se a dotação  $d_{req}$  (mm) e o caudal na cabeceira do sulco  $Q$  for conhecido, o tempo de aplicação pode ser calculado por:

$$T = \frac{d_{req} * W * L}{\left(\frac{e_a}{100}\right) * 60 * Q} \quad \text{[minutos]} \quad \boxed{2.1.1}$$

Onde:

$e_a$  = eficiência de aplicação (%);

$T$  = o tempo de aplicação de água na cabeceira do sulco (minutos);

$d_{req}$  = é a necessidade de água de rega (dotação líquida) em mm;

$W$  = o espaçamento entre os sulcos em m;

L = o comprimento do sulco em m

Q = o caudal na cabeceira do sulco em l/s.

3600 = factor de conversão de segundos para horas.

O método de rega por sulcos que consiste no bloqueio do fluxo nas cabeceiras dos sulcos quando estes estiverem totalmente inundados. Esta forma de rega difere do uso de sifões na medida em que exige uma maior preparação do irrigante, enquanto que a rega por sifões permite maior controle de água a razão pela qual é mais recomendada.

## 2.2. Necessidades de água de rega ( $d_{req}$ )

A projecção de sistema de rega não pode ser feita somente com base na quantidade de água necessária para o crescimento das culturas uma vez que a precipitação e a ascensão capilar podem contribuir substancialmente para cobrir estas necessidades. No entanto, é de salientar que nas regiões de climas semi-áridos, deve-se evitar a ascensão capilar devido ao maior risco de salinização.

As necessidades de rega ( $d_{req}$ ) podem ser avaliadas pelo uso de balanço hídrico, que fornece necessidades líquidas de água de rega. Como numa rega há sempre a necessidade de lavar os sais, as necessidades de rega devem incluir as necessidades de lavagem de sais de modo a providenciar boas condições produtivas ao solo. Assim, as necessidades de água de rega podem ser dadas por:

$$d_{req} = \frac{ETp - Pef}{1 - LR}$$

2.2.1

Onde:  $d_{req}$  = necessidades líquidas de água (mm/dia)

ETp = evapotranspiração potencial em mm/dia dado por:  $ETp = ETo * Kc$ .

ETo = Evapotranspiração de referência em mm/dia

Kc = Coeficiente de cultura (que depende da cultura e varia com a fase de crescimento e tipo de cultura, do solo e clima).

Pef = precipitação efectiva em mm

LR = necessidade de lavagem.

Para um sistema de rega por gravidade é dada por:

$$LR = \frac{ECw}{5ECe - ECw}$$

2.2.2

em que:

$EC_w$  = Condutividade eléctrica de água de irrigação em dS/m

$EC_e$  = Condutividade eléctrica de extracto saturado do solo por forma a não afectar o desenvolvimento da cultura em questão em dS/m (extraído das tabelas da FAO 24).

Este balanço assume que as contribuições do lençol freático e da humidade inicial são nulas e que não há acumulação de sais como consequência da irrigação.

### 2.3 Fases de rega

A rega por sulcos sendo um tipo de rega superficial compreende as seguintes fases: (a) avanço, (b) armazenamento, (c) deplecção e (d) recessão como se pode observar na figura 2.1 abaixo.

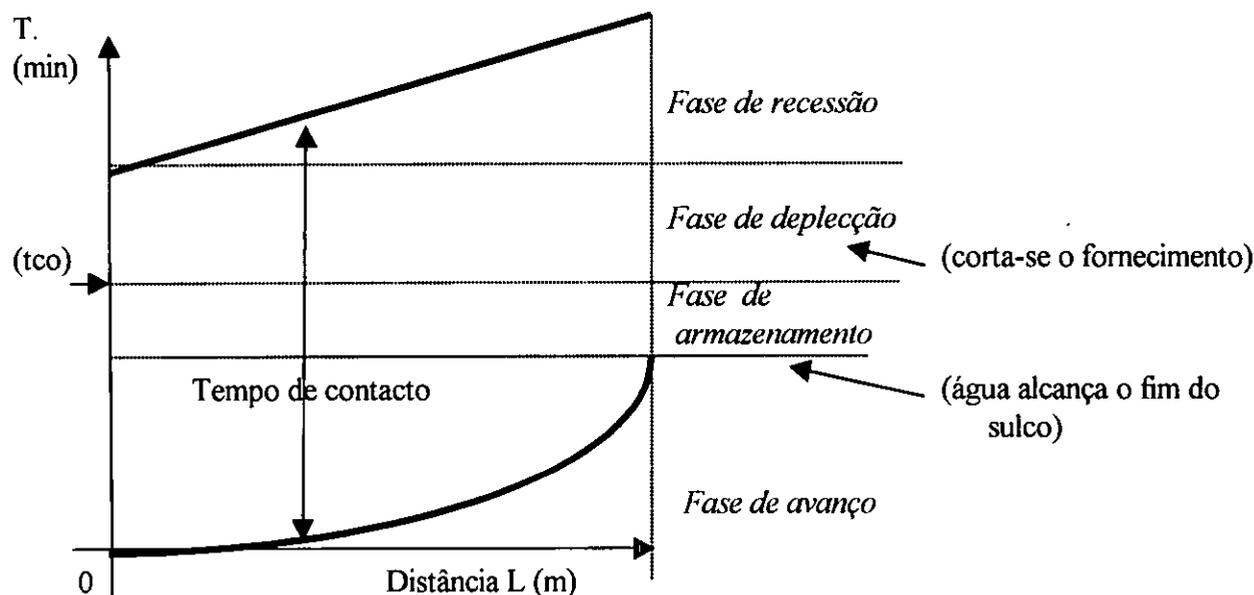


Fig. 2.1 Trajectória da água durante a rega ilustrada pelas fases de avanço, armazenamento, deplecção e recessão. (Walker, 1989).

#### 2.3.1 Avanço

O tempo de avanço é o tempo necessário para lâmina de água mover-se até ao fim do sulco e cobri-lo completamente. Este conceito é muito importante na gestão de sistemas de rega por gravidade (Walker, 1989).

Sob sistemas de rega superficial, o tempo durante o qual a água infiltra num dado local denominado de tempo de contacto é determinado pela diferença entre o tempo que a frente de avanço leva a atingir o mesmo

(ta) e o tempo que sucede ao corte, cuja água leva a drenar nesse local ( $t_{rec}$ ). Este ( tempo de infiltração ou de contacto) determina a quantidade de água infiltrada ao longo do sulco e permite fazer a avaliação diferentes eficiências (aplicação, uniformidade, armazenamento, percolação e escoamento superficial).

A frente de avanço pode ser aproximada pela seguinte equação:

$$X = p t_x^r \quad \boxed{2.3.1}$$

onde: X é a distância em metros percorrida pela frente de avanço ao fim de t minutos.

$t_x$  é o tempo que a frente de avanço leva a atingir uma determinada distância no sulco (em minutos).

p e r são parâmetros de calibração:

O coeficiente r é obtido pelo declive da linha obtida num gráfico de duplo logaritmo no qual o logaritmo de tempo constitui o eixo das abcissas e o logaritmo de distância eixo das ordenadas, resultando em:

$$\text{inclinação} = r = \frac{\Delta \log \text{distância}}{\Delta \log \text{tempo}} = \frac{\log L - \log L/2}{\log t_L - \log t_{L/2}} \Rightarrow \frac{\log \frac{L}{L/2}}{\log \frac{t_L}{t_{L/2}}} = \frac{\log 2}{\log \frac{t_L}{t_{L/2}}} \quad \boxed{2.3.2 a}$$

em que  $t_{L/2}$  e  $t_L$  são os tempos de avanço perto da metade e no fim do sulco respectivamente.

Esta aproximação usa-se quando se tem dois pontos. Quando há mais pontos usa-se um procedimento estatístico que consiste em minimizar a distância dos pontos para a recta "best fit".

O p corresponde ao valor de x quando o tempo é igual à unidade e é dado por:

$$p = \frac{L}{t_L^r} \text{ ou } \frac{L/2}{t_{L/2}^r} \quad \boxed{2.3.2 b}$$

### 2.3.2 Armazenamento

Esta fase inicia imediatamente após o término da fase de avanço. Nesta fase a água é acumulada ao longo do sulco, resultante da manutenção do caudal aplicado e da diminuição no tempo da infiltração com o tempo da água infiltrada ao longo do sulco. Esta fase termina quando se corta o caudal fornecido ao sulco.

### 2.3.3 Depleção

A fase de depleção inicia quando o fluxo tiver cessado e termina quando se inicia a curva de recessão. Nesta fase a água armazenada ao longo do sulco vai diminuindo como consequência da infiltração ao longo do sulco e do corte do caudal aplicado.

### 2.3.4 Recessão

Uma frente de secagem move-se desde o início até ao fim do sulco e esta continua até alcançar o fim do campo. Assim como avanço, a recessão depende do caudal de rega, do declive do sulco, da capacidade de infiltração do solo e da rugosidade hidráulica da superfície.

Segundo James (1988), a recessão tende a ser rápida com caudal de rega baixo, declive maior, alta capacidade de infiltração e/ou menor rugosidade.

A avaliação desta trajectória é feita, medindo-se o tempo que a frente de secagem leva a atingir a diferentes distâncias ao longo do comprimento do sulco. Matematicamente pode ser representada da seguinte forma (Brito, 1995):

$$X_{rec} = \alpha * t_{rec}$$

2.3.3

onde:

$\alpha$  é coeficiente de aproximação obtido pela correlação entre o tempo de recessão e a distância.

### 2.4 Secção transversal do fluxo.

A secção transversal do fluxo pode ser determinada pelo método de "Profylometer" que consiste na colocação de pequenas varetas graduadas depois da rega na posição vertical e perpendicularmente ao sulco onde se fazem leituras da profundidade do sulco em função da sua extensão lateral (veja figura 2.2). Estes dados são apresentados na forma gráfica para se identificar a melhor relação entre os parâmetros medidos para depois determinarem-se as características de interesse (área, perímetro molhado e raio hidráulico).

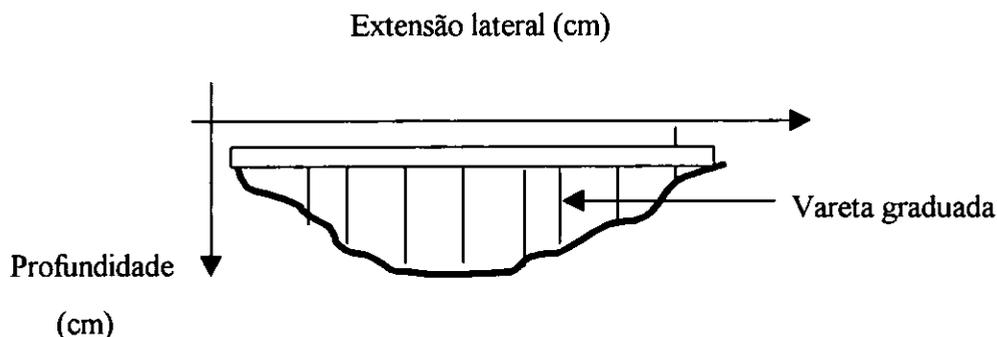


Figura 2.2 Secção transversal do sulco determinada pelo método de "Profylometer" (Walker, 1989).

### 2.5 Infiltração

A infiltração é definida por Lencastre e Franco(1992) como sendo o movimento de água para dentro do solo marcado pela acção da gravidade e pelo potencial capilar/matricial. Ela controla essencialmente a quantidade de água que entra no reservatório do solo assim como com o avanço e a recessão da frente do fluxo na superfície do solo (Walker, 1989).

A infiltração é um processo complexo e depende de factores físicos, hidráulicos, da quantidade de humidade do solo, história de humedecimento anterior, mudanças estruturais nos poros e a circulação do ar.

Segundo o Irrigation I (1983), na rega por sulcos a infiltração decompõe-se em componentes vertical e horizontal e, durante a rega o processo da infiltração no solo é determinado no início pelas forças matriciais do solo ( humidade inicial) que originam o fluxo de água e no fim pelas forças gravitacionais (geometria das partículas do solo em função da textura e estrutura das partículas do solo) que à medida que o tempo avança, vão se tornando mais importantes.

O padrão de humedecimento nos sulco depende essencialmente da razão entre as permeabilidades vertical e horizontal que são em função do tipo de solo. Peter Stern reconhece que existe para cada tipo de solo um padrão de humedecimento característico como se pode ver na figura 2.3.

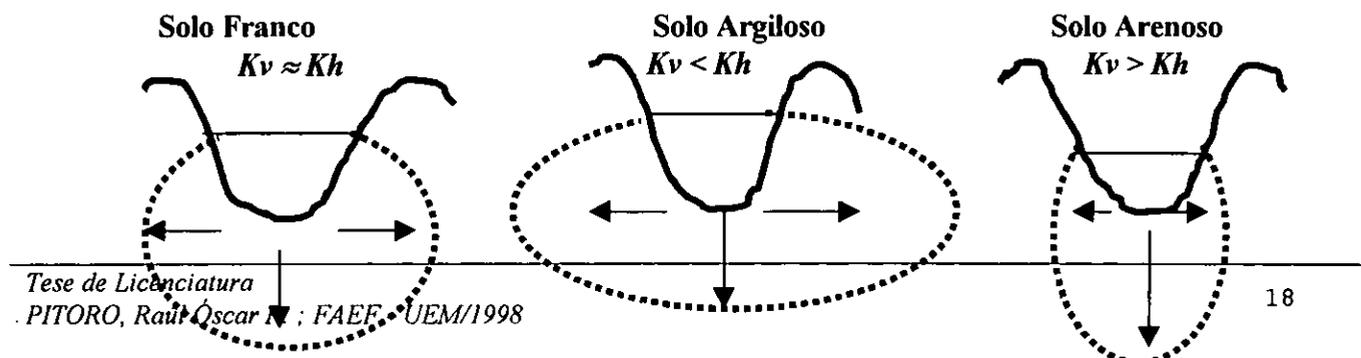


Fig. 2.3 Padrões de humedecimento para diferentes tipos de solos.

Fonte: Stern, 1994.

Segundo Withers e Vipond (1988), a taxa de infiltração para fins de irrigação pode ser determinada por vários métodos em função do sistema de rega a ser usado Walker (1989) adianta que para a rega por gravidade há três métodos principais:

- 1) **Anéis cilíndricos:** neste método faz-se a leitura da altura da água nos infiltrômetros ao longo do tempo até se atingir a infiltração. Aqui tem-se a vantagem de ser fácil determinação e de permitir quantificar a infiltração ao longo do tempo. A sua desvantagem aparece pela não representação das condições dinâmicas da rega. Neste método só se mede a componente vertical da infiltração. A outra desvantagem é a área de determinação ser pequena e portanto estar sujeito a uma maior variabilidade.
- 2) **Bacias:** constroi-se uma bacia circular limitada por diques cujas operações se assemelham ao dos infiltrômetros. Tem a vantagem de produzir infiltração que ocorre numa área relativamente maior comparativamente ao anterior método mas, a sua grande desvantagem é a sua baixa praticabilidade.
- 3) **Afluxo e defluxo:** segundo este método, mede-se o caudal na entrada e saída de um sulco de largura e comprimento conhecidos. Este método tem a vantagem de medir a infiltração nas condições de rega por sulcos, mas a desvantagem de ser mais complexo e necessitar de mais determinações pois envolve mais parâmetros a determinar.

A representação matemática da infiltração instantânea pode ser expressa pela equação de LEWIS KOSTIAKOV:

$$I_{inst.} = At^B \text{ [ cm/min ]}$$

2.5.1

em que:

$I_{inst.}$  = taxa de infiltração (cm/min)

t = tempo desde o início da infiltração (min)

A = coeficiente representando a taxa de infiltração no tempo  $t = 1.0$  ( $\text{cm} \cdot \text{min}^{-(1+n)}$ )

B = dimensão do expoente (sempre negativo e varia de 0 a -1.0).

Esta equação deve ser usada somente dentro do intervalo de dados obtidos experimentalmente e admite um erro de cerca de 15%.

A infiltração cumulativa ou profundidade de infiltração pode-se deduzir da infiltração instantânea através da sua integração, no tempo. A cumulativa é entendida como o total de água infiltrada no solo durante um certo período de tempo (t).

Nos experimentos de infiltração, a infiltração cumulativa pode ser medida em função de tempo através da seguinte equação:

$$Z_i = kt^n$$

2.5.2

onde:

$Z_i$  = profundidade cumulativa da camada de água (cm) infiltrada no tempo t desde o início da infiltração.

k = a profundidade cumulativa de água infiltrada no tempo  $t = 1$ .

n = a dimensão do expoente, sempre positivo, variando de 0 a 1.

Os coeficientes  $k$  e  $n$  estão relacionados com A e B da seguinte forma:

$$k = A / B + 1$$

$$n = B + 1$$

A equação (2.5.2) apesar de ser prática e largamente usada apresenta a grande desvantagem de descrever inadequadamente a infiltração sob longos períodos. Quando o tempo de rega for longo a infiltração segundo a equação 2.5.2 tende para zero. Na verdade a infiltração tende para um valor constante denominado de infiltração básica e não para zero (Walker, 1989).

Pode-se usar a equação mais genérica  $Z_i = kt^n + f_0 t$

2.5.3

Onde:  $f_0$  = a taxa de infiltração básica.

A equação (2.5.3) pode ser simplificada na equação (2.5.2) se a rega realizar-se num período curto comparativamente ao tempo necessário para a infiltração atingir uma taxa fixa.

A infiltração é um parâmetro crucial e muitas vezes difícil de avaliar para condições de rega superficial. Em geral é necessário um número relativamente elevado de medições para representar as condições médias do terreno em estudo. Isto não só deve-se ao facto de ela variar com o tipo de solo mas também devido ao movimento de pequenas partículas causado pela passagem de água durante a rega que pode resultar no encerramento dos poros na camada do solo.

Segundo Walker (1989), métodos de medição que simulam infiltração, somente no sentido vertical geralmente não representam melhor as condições dinâmicas do campo. Como resultado, pode-se optar por duas soluções para se obter a infiltração do campo nas condições reais de rega por sulcos. A primeira consiste em determinar a curva de infiltração directamente de caudais de entrada e saída do sulco. Nesta situação a infiltração resultante por este método é semelhante a que ocorre na situação prática de rega superficial.

Dado a dificuldade no uso deste método e, muitas vezes a impossibilidade de fazerem-se sulcos, usa-se um factor de ajuste por forma a contar unicamente com o perímetro molhado. Este factor é dado por:

$$\beta = \frac{Pm}{W}$$

2.5.4

Onde:

$Pm$  é o perímetro molhado do sulco em metros e

$W$  é o espaçamento entre os sulcos em metros.

Para  $Pm < W$

Para  $Pm \geq W \Rightarrow \beta = 1$ .

Determinado o factor de ajustamento, multiplica-se os valores da infiltração obtidos pelos métodos de anéis resultando na equação seguinte:

$$Inf_{rega} = Inf_{anéis} * \beta,$$

2.5.5

Sendo assim, a equação (2.5.2) passa a ser multiplicada pelo  $\beta$ , podendo em seguida ser usada para calcular infiltração em qualquer ponto do longo do sulco. Para todo campo, a infiltração é dada pela média das infiltrações que ocorrem em cada sulco dentro do campo em questão.

Segundo Roscher (1985), com base nas curvas de infiltração determinadas os solos podem-se classificar como de infiltrações lenta, moderada e alta; tal como pode-se ver na tabela 2.3.

Tabela 2.3 Classificação das infiltrações com base no tempo necessário para infiltrar um dado d (mm).

Profundidade a aplicar d(mm)	Tempo necessário para infiltrar a profundidade (d) em minutos		
	25	>40	13 – 40
50	>120	40 – 120	<40
75	>220	70 – 220	<70
100	>330	100 – 330	<100
<b>Classificação</b>	<b>Lenta</b>	<b>Moderada</b>	<b>Rápida</b>

Fonte: Roscher, 1985.

## 2.6 Eficiências de rega

As eficiências de rega são indicadores que permitem fazer uma avaliação de "performance" dos sistemas de rega.

O principal objectivo na avaliação de sistemas de rega é o de identificar os problemas e discutir as diferentes alternativas que sejam ambas efectivas e práticas na melhoria do desempenho dos sistemas.

Kay, (1986) reconhece que para que a irrigação seja eficiente não só é necessário uma boa projecção mas também de uma boa gestão, com o objectivo de se alcançar uma utilização efectiva e eficiente da rega. São necessários estudos de campo para quantificar o desempenho do sistema de rega, que podem ser ou não relativos aos aspectos físicos. Estudos de campo feitas numa só área podem não reflectir a verdadeira faceta do sistema por isso, o seu âmbito deve ser o maior possível quer no espaço, no tempo e também ao nível multidisciplinar.

De entre os indicadores usados para julgar o desempenho dum sistema de rega ou a sua gestão, os mais comuns são eficiências e perdas. Estes parâmetros são divididos e definidos de várias maneiras como os nomes indicam. Um só parâmetro não é suficiente para julgar o desempenho dum sistema de rega.

A eficiência total de um projecto ou sistema de rega é tida por Dorembos & Kassam (1977) como uma expressão quantitativa de água armazenada na zona radicular e usada pela planta em percentagem da água retirada/captada do rio. Por forma a se dividir o problema e tendo em conta as especificidades de cada sector,

a eficiência total é dada pelo produto das suas eficiências parciais nomeadamente, eficiências de condução, de distribuição e de aplicação no campo.

### 2.6.1 Eficiência de condução ("conveyance")

Segundo Wolter (1992), a eficiência de condução expressa as perdas de água que vão desde a captação até à distribuição. Ela pode ser calculada pela seguinte equação:

$$ec = \frac{W_d}{W_c} * 100 \%$$

2.6.1

Onde:  $W_c$  = volume de água retirada/captada do rio em  $m^3$ ;

$W_d$  = volume de água que entra no sistema de distribuição em  $m^3$ .

As perdas incluem evaporação, percolação/infiltração e de operação.

Este indicador é influenciado principalmente pelo controlo da distribuição e pelo tamanho da unidade terciária.

### 2.6.2 Eficiência de distribuição

A eficiência de distribuição expressa as perdas de água que ocorrem no sistema de distribuição desde o seu início até as tomadas de campo. Segundo Wolter (1992), ela pode ser determinada pela seguinte equação:

$$ed = \frac{W_f}{W_d} * 100\%$$

2.6.2

Onde:  $W_f$  = volume que entra nos campos em  $m^3$ ;

$W_d$  = volume que entra no sistema de distribuição em  $m^3$ .

As perdas incluem evaporação, percolação/infiltração e de operação.

É influenciada principalmente pelo tamanho do caudal de rega e pela grandeza do sistema. Se o caudal for menor, a  $ed$  torna-se baixa devido a maiores perdas relativas por percolação profunda e infiltração enquanto que se o caudal for maior a eficiência de distribuição se torna elevada.

### 2.6.3 Eficiência de aplicação

Segundo Walker (1989), a eficiência de aplicação expressa as perdas de água no campo aquando da rega. Ela pode ser representada por:

$$ea = \frac{d_{req} * W * L}{Q_o * t_{co} * 60} 100\%$$

2.6.3

Onde: ea = eficiência de aplicação em %;

$d_{req}$  = necessidade de rega a adicionar na zona radicular em m.

W = espaçamento entre sulcos em m,

L = comprimento do sulco em m;

$Q_o$  = caudal no sulco em  $m^3/s$ ;

$t_{co}$  = tempo de corte em minutos;

60 = factor de conversão de segundos para minutos.

O valor da  $d_{req}$  é uma aproximação da quantidade de água que a planta realmente usa, que é calculada com base na evapotranspiração potencial da cultura, precipitação efectiva e frequência de rega (é um valor teórico).

Segundo Wolter (1992), a eficiência de aplicação é influenciada de entre outros factores pelo tipo de rega, profundidade de aplicação, tipo de solo, estruturas de rega, gestão da água e experiência do regante.

A eficiência de aplicação varia durante o ciclo de crescimento da cultura, atingindo o seu máximo durante o período pico do uso de água. Para fins práticos é considerada constante durante o período de crescimento (Mater, 1987) e (Irrigation I, 1983).

As perdas podem incluir perdas por percolação profunda (PP), por evaporação (Ev) e por escoamento superficial ao fim do sulco (ES) (Irrigation I, 1983) e (Walker, 1989). Para determinar a eficiência de aplicação é necessário determinar pelo menos uma destas perdas assim como a água armazenada na zona radicular.

As perdas por evaporação dependem do comprimento do tempo de rega e da infiltração. Geralmente são tão pequenas que se despreza a sua determinação. Em casos de elas serem elevadas, podem ser reduzidas pela implementação de regas nocturnas.

Para campos de arroz por exemplo onde uma larga superfície livre de água permanece por longos períodos ou mesmo continuamente, a evaporação é considerada parte da evapotranspiração necessária (Irrigation I, 1983).

### 2.6.6 Eficiência de uniformidade.

A eficiência de uniformidade (*eu*) descreve como um sistema de rega distribui água pelos campos.

Uniformidade perfeita (100%) significa que o campo inteiro recebe igual profundidade de água, enquanto que a uniformidade imperfeita (menor que 100%) significa que algumas áreas do campo recebem mais água que as outras. Isto pode resultar em sob-irrigação de culturas numa parte do terreno e sub-irrigação noutra.

Segundo James (1988) e Walker (1989), para que a profundidade infiltrada seja idêntica ao longo do sulco e desta forma promover elevada eficiência de uniformidade, o tempo de oportunidade deverá ser igual ao longo do sulco o que é impossível dado a frente de avanço nunca ser paralela á frente de recessão.

Não obstante existirem vários métodos para avaliar a eficiência de uniformidade, um dos mais comuns é o *método de coeficiente de CHRISTIANSEN* que é recomendado também para a rega por aspersão. Esta eficiência é dada pela seguinte equação:

$$eu = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (|Z_i - \bar{Z}|)}{n * \bar{Z}} \right) * 100 \% \quad \boxed{2.6.4}$$

Onde:  $Z_i$  é a profundidade de água infiltrada no ponto  $i$  (mm).

$\bar{Z}$  é a profundidade média de água infiltrada ao longo do sulco ou do campo (mm).

$n$  é o número de pontos de observação.

$i$  é o ponto de observação.

### 2.6.7 Eficiência de armazenamento

A eficiência de armazenamento (*es*) é dado pela razão entre a água efectivamente armazenada na camada radicular pela irrigação e a necessária para satisfazer as necessidades das culturas. Também é conhecida por

eficiência das necessidades de rega. A eficiência de armazenamento é um indicador de como a rega alcança o seu objectivo de preencher a zona radicular ( Walker, 1989).

Segundo Israelsen, et.al (1980) e Walker ( 1989), ela é expressa por:

$$es = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n * d_{req}} * 100\%$$

2.6.5

Onde : es = eficiência de armazenamento em %;

$d_{req}$  = profundidade de aplicação água em mm,

n = número de pontos de medição da infiltração.

$Z_i$  = quantidade de água infiltrada no ponto i em mm; dada por:

$Z_i = d_{req}$  no caso em que  $Z_i \geq d_{req}$ ;

$Z_i = Z_i$  no caso em que  $Z_i < d_{req}$ .

Para a avaliação e classificação de regadios e usando-se as eficiências de aplicação, de uniformidade e de armazenamento, foram desenvolvidas normas que se resumem na tabela 2.4.

Tabela 2.4. Classificação das eficiências de rega no caso de rega superficial.

Tipos de eficiências	Classificação		
	Mau	Satisfatório	Bom
ea (%)	< 60	60 - 75	> 75
es (%)	< 80	80 - 90	> 90
eu (%)	< 80	80 - 90	> 90

Fonte: Roscher, 1985.

A relação entre as necessidades, a profundidade aplicada e a distribuição actual de humidade resulta em três figuras típicas de rega a saber: sub-irrigação, rega óptima e sobre-irrigação.

Avaliações feitas nos campos regados superficialmente mostraram que as eficiências de campo designadamente a aplicação, uniformidade e armazenamento, são interdependentes. Isto quer dizer que não é fácil promover o desempenho de uma sem contudo provocar uma alteração nas restantes.

Para aumentar a "performance" dum sistema de rega é importante quantificar as perdas mais frequentes ao nível dos campos. Elas incluem as perdas por percolação profunda e as perdas por escoamento superficial.

#### 2.6.4 Percolação profunda (PP).

A percentagem de perdas por percolação profunda (**PP**) expressa percentualmente a quantidade de água perdida por percolação profunda relativamente à água aplicada (James, 1988). Matematicamente é dada por:

$$PP = \frac{\sum_{i=1}^n (Z_i - d_{req}) * W * \frac{L}{n}}{Q_0 * 60 * t_{co}} 100\%$$

2.6.6

Onde: PP = Perdas por percolação profunda (%);

$Q_0$  = caudal de sulco em  $m^3/s$ ;

$T_{co}$  = tempo de corte em minutos;

$d_{req}$  = profundidade de água necessária para as culturas em mm.

$W$  = espaçamento entre sulcos em metros;

$L$  = comprimento dos sulcos em metros.

$Z_i$  = quantidade de água infiltrada em mm, dada por:

$Z_i = Z_i$  no caso de  $Z_i > d_{req}$ ;

$Z_i = 0$  no caso de  $Z_i \leq d_{req}$  : não há perdas.

As perdas por percolação profunda podem ser causadas principalmente por excessivo tempo de rega ou por sulcos de comprimentos demasiado longos.

Altas perdas por percolação profunda agravam a inundação e a lavagem de nutrientes valiosos para as culturas da zona radicular. Embora estas perdas sejam inevitáveis neste sistema de rega, para as diminuir ao nível regional elas podem ser aproveitadas na parte a jusante do local da ocorrência na medida em que abastecem o lençol freático.

#### 2.6.7 Escoamento superficial (ES)

A percentagem de perdas por escoamento superficial expressa percentualmente a quantidade de água perdida por escoamento superficial em relação ao total de água aplicada. Matematicamente é dada por:

2.6.7

$$ES = \frac{(d_{aplic.} - \bar{Z}) * W * L}{Q_0 * 60 * t_{co}} 100\% \quad (\text{só para } d_{aplic.} \geq \bar{Z})$$

Onde: ES = perdas por escoamento superficial em (%);

W = espaçamento entre sulcos em m;

L = comprimento do sulco em m;

tco = tempo de corte em min e

Qo = caudal de sulco em m<sup>3</sup>/s.

Z = profundidade média de água infiltrada ao longo do sulco (mm).

d.aplic. = profundidade média de água aplicada pela rega em m dada por:

$$d.aplic. = \frac{Q_0 * t_{co} * 60}{W * L}$$

As perdas excessivas por escoamento superficial são geralmente resultantes de uma má projecção de sistemas de rega de sulcos demasiadamente curtos ou de má gestão da água ao nível dos campos (tempo de aplicação de água demasiado longo)

Num sistemas de sulcos onde não há barreira no fim dos mesmos, as quantidades de escoamento superficial e percolação profunda dependem da relação entre o tempo de avanço (ta) e o tempo necessário para o solo na extremidade à jusante infiltrar uma profundidade adequada (ti) James, 1988). A diminuição das perdas por escoamento superficial pode ser feita pela introdução de barreiras no fim do sulco. No entanto, deve-se ter cuidado se não origina alagamento demasiado elevado no fim do sulco.

Ainda segundo este autor, as perdas por percolação profunda, escoamento superficial e eficiência de aplicação são relacionadas à razão ta/ti segundo a figura 2.4.

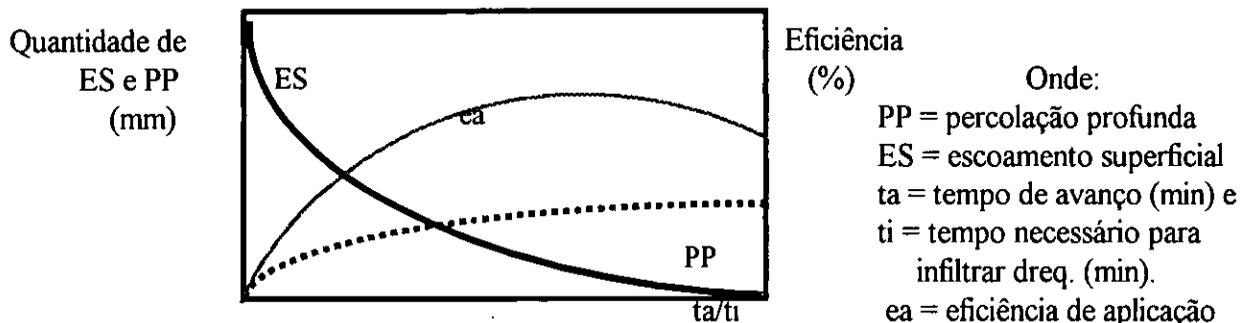


Figura 2.4 ES, PP e ea para uma superfície irrigada superficialmente em função da razão  $ta/ti$ .

Fonte: James, 1988.

Geralmente  $ta/ti = 1/4$  é onde se obtém maiores eficiências (Vipond, 1988).

Como se pode ver na figura acima, à medida que a razão  $ta/ti$  vai aumentando as perdas por percolação profunda aumentam e as perdas por escoamento superficial diminuem. A eficiência de aplicação aumenta de zero até um valor máximo, após o qual decresce suavemente à medida que  $ta/ti$  aumenta. O aumento de  $ta/ti$  pode ser resultado de:

- (a) Do aumento do tempo de avanço ( $ta$ ). Como se disse anteriormente, o avanço lento é resultado de baixo caudal, aumento do comprimento de sulcos e/ou aumento da rugosidade hidráulica da superfície do sulco.
- (b) Da diminuição do tempo de infiltração ( $ti$ ) pela aumento da frequência de rega e a consequente diminuição a altura de água a aplicar em cada rega.
- (c) Da mudança de ambos em simultâneo.

Baixas  $ea$  podem ser causadas por uma projecção imprópria do sistema de rega, incluindo uma selecção errada do método de rega. As eficiências baixas na prática de rega resultam em perdas excessivas, tornando-se um problema sério quando os custos da água forem uma parte significativa dos custos totais de produção agrícola (Irrigation I, 1983). Alguns autores recomendam que se desenhem micro-projectos de incentivos dirigidos aos vários usuários deste líquido para assegurar uma elevada  $ea$  através de uma rega mais eficiente.

#### 2.6.6 Alternativas para o melhoramento do desempenho dum sistema de rega.

As causas dum baixo desempenho dos métodos de regas superficial partem desde à projecção e gestão inadequada ao nível de campo, até à operação deficiente a montante da fonte de abastecimento.

Os problemas mais frequentes são a aplicação de muita ou pouca água, baixa uniformidade na distribuição de água no campo e perdas excessivas por escoamento superficial e/ou por percolação profunda.

Ao planear-se um melhor desempenho da rega, deve-se reconhecer que todos os parâmetros são interdependentes. Portanto, quando se considera a mudança do caudal, do tempo de corte ou do

comprimento dos sulcos, deve-se perceber que o tempo de avanço, a infiltração, as perdas por escoamento e por percolação profunda serão afectadas simultâneamente (Walker, 1989).

As soluções para estes problemas (pobre aplicação e uniformidade, etc) são numerosas, na verdade a solução ideal normalmente é a combinação de várias soluções. Segundo Walker (1989) o alcance de altos níveis de uniformidade e aplicação de água nos campos é resultado da aplicação seguintes práticas:

1. Uma preparação precisa e cuidadosa do terreno.
2. Boa projecção dos sistemas.
3. Regulação dos caudais de rega e
4. Re-uso, restrição e/ou redução da água perdida por escoamento superficial.

#### **2.6.6.1 Preparação do terreno.**

A rega superficial é criticamente dependente da topografia do terreno. Ondulações interrompem o fluxo normal de água e concentram-no em depressões e possibilitam a tendência de salinização dos pontos altos, reduzindo a *ea* em 10 – 20 % (Kay, 1986).

Um bom nivelamento do terreno é um aspecto importante no melhoramento da operação dos sistemas de rega superficial, particularmente para bacias. Em semelhança a isto, a preparação de sulcos deve permitir que os mesmos apresentem profundidades e espaçamentos uniformes.

Ainda referente a esta actividade, a manipulação do comprimento e/ou declive dos sulcos pode beneficiar a eficiência de aplicação dependendo da situação em causa como indicado na tabela 2.1.

#### **2.6.6.2 Regulação do caudal de rega**

A alteração do caudal de rega para o uso na irrigação irá afectar significativamente o tempo de avanço. A sua prática deve ser feita de modo a não provocar erosão do solo.

Utilizando caudais maiores resulta em tempos de avanço menores, diminuindo a *ea* em 10-20 % (Kay, 1986) e, potencia perdas por escoamento superficial, mas providencia uma profundidade de rega uniforme pela diminuição na variação do tempo de oportunidade ao longo do comprimento do campo (Walker, 1989).

Segundo Vipond (1988), para permitir que o humedecimento no fim do campo seja o mais rápido possível em solos permeáveis, é usado o caudal máximo não erosivo. Testes de caudal devem ser feitos usando os valores médios de Criddle, sendo a escolha ideal, é aquela que resulta num caudal maior que não produz erosão. Como valor médio deste caudal, (Vipond, 1988) citando Criddle, sugere a seguinte equação:

$$Q_{erosivo} = \frac{45}{S} \quad (2.6.8)$$

Onde :  $Q_{erosivo}$  = caudal erosivo em litros / minuto;  
 $S$  = declive em %.

Frequentemente, o caudal de rega para o camponês é fixo, por isso a sua alteração é difícil. No caso de se desejar alterá-lo pode-se fazê-lo, variando o número de sulcos irrigados simultaneamente sem alterar o caudal fornecido à unidade terceária.

Outra forma de aumentar a eficiência de aplicação é o "cut-back" que consiste em reduzir gradualmente o caudal nos sulcos durante a rega pela redução da secção da cabeceira ou no pela diminuição do número de sifões quando se usam mais que um sifão em cada sulco de modo a diminuir o escoamento superficial e aumentar a eficiência de uniformidade. A estratégia do "cut-back" é de reduzir o escoamento no sulco, encontrando o caudal que entre no solo numa taxa igual à capacidade de infiltração do solo ao longo do comprimento do sulco. No entanto, esta prática é de difícil implementação uma vez que é muito difícil aplicá-lo efectivamente sem alterar o caudal no canal terceário.

### 2.6.6.3 Tempo de corte.

Para qualquer caudal que fôr usado, o tempo de corte,  $t_{co}$ , nas bacias, faixas e sulcos, ocorre quando a profundidade numa área do terreno fôr igual á necessária, tomando em conta que a infiltração que ocorrerá durante as fases de deplecção e recessão irá completar a parte restante (Walker, 1987 & 1989). Uma rega prática que é recomendada por Vipond (1988), é o "Quarter-time rule".

O caudal e o tempo de corte são dois parâmetros hidráulicos fortemente dependentes em que o tempo de corte é o mais fácil de modificá-lo. Por isso, esta interdependência entre  $Q$  e  $t_{co}$  deve ser bem conhecida para maximizar o desempenho da rega superficial.

A avaliação de tempos de avanço, recessão e de oportunidade irá indicar se a eficiência de aplicação pode ser melhorada pela diminuição do tempo de rega. A uniformidade pode ser melhorada pelo ajustamento do caudal de rega ou pela diminuição do comprimento do sulco. Estas avaliações não só fornecem dados que podem ser usados para detectar falhas, mas também dão-nos informação essencial para atingir altos níveis de gestão e controlo.

## 2.7 Análise estatística.

### 2.7.1 Comparação de médias.

Existem vários métodos usados para a comparação de médias dos tratamentos nomeadamente o teste de t, o teste de DMS, o teste de Duncan e o da comparação dos valores absolutos do erro padrão e da diferença entre as médias. Estes métodos são ambos específicos para cada situação. Neste trabalho usaram-se o teste de t e o da comparação dos valores absolutos do erro padrão e da diferença entre as médias.

O teste de *t* consiste na comparação entre valores de *t* calculado com base nos dados e o *t* tabelado em função da probabilidade e dos graus de liberdade. Este teste pressupõe que as populações são independentes, têm uma distribuição normal, as variâncias das populações são conhecidas e as amostras são pequenas (número de observações menor que 30).

Este teste é efectuado da seguinte maneira:

- a) Em primeiro lugar deve-se conhecer a homogeneidade das variâncias. Nesta fase faz um teste apropriado para este efeito de seguinte modo:

Calcula-se o valor de *F* que se deve comparar ao valor *F*<sub>tabelado</sub> em função dos graus de liberdade e probabilidade (*n*<sub>1</sub>-1; *n*<sub>2</sub>-1,  $\alpha$ ) com base na seguinte equação:

$$F_{cal} = \frac{\sigma^2_{máx}}{\sigma^2_{mín}}$$

2.7.1.

onde:

*n*<sub>1</sub> = número de observações no tratamento 1,

*n*<sub>2</sub> = número de observações no tratamento 2,

$\alpha$  = nível de significância do teste.

$$(\sigma^2_{máx} e \sigma^2_{mín})$$

São as variâncias máxima e mínima dos tratamentos em análise; respectivamente. Neste caso:

Se  $F_{cal} > F_{tabelado}$  as variâncias são heterogêneas e, procura-se uma homogeneidade das variâncias através da transformação dos dados.

Se  $F_{cal} < F_{tabelado}$  as variâncias são homogêneas e continua-se segue-se a comparação de médias propriamente dita.

b) A comparação de médias usando o teste de t faz-se comparando os valores de  $t_{cal}$  e  $t_{tabelado}$  em que o  $t_{tabelado}$  é dado em função de  $(n_1+n_2-2, \alpha)$  e, as conclusões são tiradas sob os mesmos moldes da análise anterior.

O  $T_{cal}$  é dado por:

$$t_{cal} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{Sp^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad 2.7.2$$

Onde:

$$Sp^2 = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{(n_1 + n_2 - 1)}} \quad 2.7.3$$

Em que:  $X_1$  e  $X_2$  representam as médias dos tratamentos em comparação,

$n_1$  e  $n_2$  são os números das observações feitas nos tratamentos 1 e 2; respectivamente.

### 2.7.2 Análise de variância.

A análise de variância é uma técnica aritmética para dividir a variação total em componentes separadas. Esta análise pressupõe que os efeitos dos tratamentos e do erro são aditivos, os erros experimentais são independentes, as variâncias são conhecidas e os erros têm uma distribuição normal com média zero.

Esta análise baseia-se no seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij} ; i = 1, 2, 3, \dots, t \text{ e } j = 1, 2, 3, \dots, r_1 \quad 2.7.4$$

Onde:  $Y_{ij}$  é o valor observado na unidade experimental  $j$  que recebeu o tratamento  $i$ ,

$\mu$  a media geral,

$\tau_i$  o efeito do tratamento  $i$ ,

$E_{ij}$  o efeito do erro.

Dependendo do delineamento experimental a fonte de variação dos resultados observados varia mas, a mais importante é o erro experimental que se define como sendo a dimensão da variação entre as unidades experimentais igualmente testadas. Esta variação é fundamentalmente devida à variabilidade inerente as unidades experimentais e ao falhanço das unidades experimentais identicamente testadas.

Este erro está relacionado com a precisão com que se obtêm os dados e, dá de certa forma a informação sobre a variabilidade entre medições repetidas, através do coeficiente de variação.

No caso deste erro ser elevado, pode-se baixá-lo aumentando o número de replicações, implicando com isto o aumento da significância das diferenças entre as médias dos tratamentos.

Para além do objectivo principal acima discutido, esta análise também efectua a comparação de médias dos tratamentos o que lhe confere uma dupla vantagem comparativamente ao simples método de comparação de médias.

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1 População amostral.

A população amostral deste trabalho, foi definida como sendo o conjunto de agricultores do sector privado em número de 41 explorações totalizando uma área de 325 ha.

#### 3.2 Tamanho da amostra e método de amostragem.

Nesta trabalho recolhidas amostras em seis parcelas, totalizando 97.1 ha, e que correspondem a 15 % das explorações ea cerca de 28 % do total da área actualmente irrigada.

A selecção das amostras foi feita com base no método de aleatorização das parcelas extractificadas num delineamento completamente casualizado, i.e, fez-se a divisão do sector privado em três extractos e determinou-se em seguida o número de parcelas a serem seleccionadas em cada extrato consoante a sua proporção relativa à área total com base na seguinte equação:

$$n = \frac{T_{ext}}{TT} * T_{amt}$$

3.2.1

Onde: n = tamanho da amostra em cada extracto ( nº de parcelas);

Text = tamanho do extracto (ha)

TT = tamanho da população total (ha) e

Tamt = número total de parcelas a seleccionar no regadio (6 parcelas).

Daí resultou que cada extracto tivesse duas parcelas como amostra como se indica na tabela 3.1 .

Tabela 3.1 Número de parcelas seleccionadas em cada extracto.

Extractos	Tamanho dos extractos (ha)	Nº de parcelas
B a C	78,9	2
D1 a D14	122,3	2
D15 a F8	124,0	2

Para reduzir o erro experimental usaram-se duas repetições. Os extractos e as parcelas seleccionadas são indicadas na figura 3.1 que dá o "layout" dos lotes do bloco 5.

### 3.3. Colheita de dados

#### 3.3.1 Fases do trabalho de campo

##### 3.3.1.1 Reconhecimento

O reconhecimento do local de estudo compreendeu a realização dos primeiros contactos com os responsáveis do regadio e com os agricultores para se formalizar o pedido de autorização para as medições. Ainda nesta fase, fizeram-se levantamentos de dados secundários nomeadamente dos solos, clima, topografia e das necessidades de água de rega.

##### 3.3.1.2 Medições de campo.

Foram medidas as seguintes variáveis:

- Caudais nos sulcos;
- Testes de avanço e recessão nos sulcos;
- Área transversal do fluxo dos sulcos;
- Infiltração dos sulcos.

As medições foram realizadas nas parcelas seleccionadas segundo a seguinte escala de rega.

Tabela 3.2 Escala de rega de algumas parcelas do bloco 5 do regadio de Sábie.

Sectores	Parcelas	4/11/97	5/11/97	6/11/97	7/11/97	8/11/97	9/11/97	10/11/97	
B e C	B2-D						L I V R E		
	B2-D2								
D1 e D14	D4								
	D5								
D15 e F8	F6								
	F1								

Legenda:

- dia de rega (dia em que se procediam às medições)

Fonte: GAGR, 1997.

O trabalho foi inicialmente planeado para ser feito em três semanas mas, devido a ocorrência de chuvas, o período foi prolongado para oito semanas.

O modelo adoptado para avaliação do regadio foi baseado nas metodologias usadas por Walker (1989) e Wolter (1992) como se indica na figura 3.2.

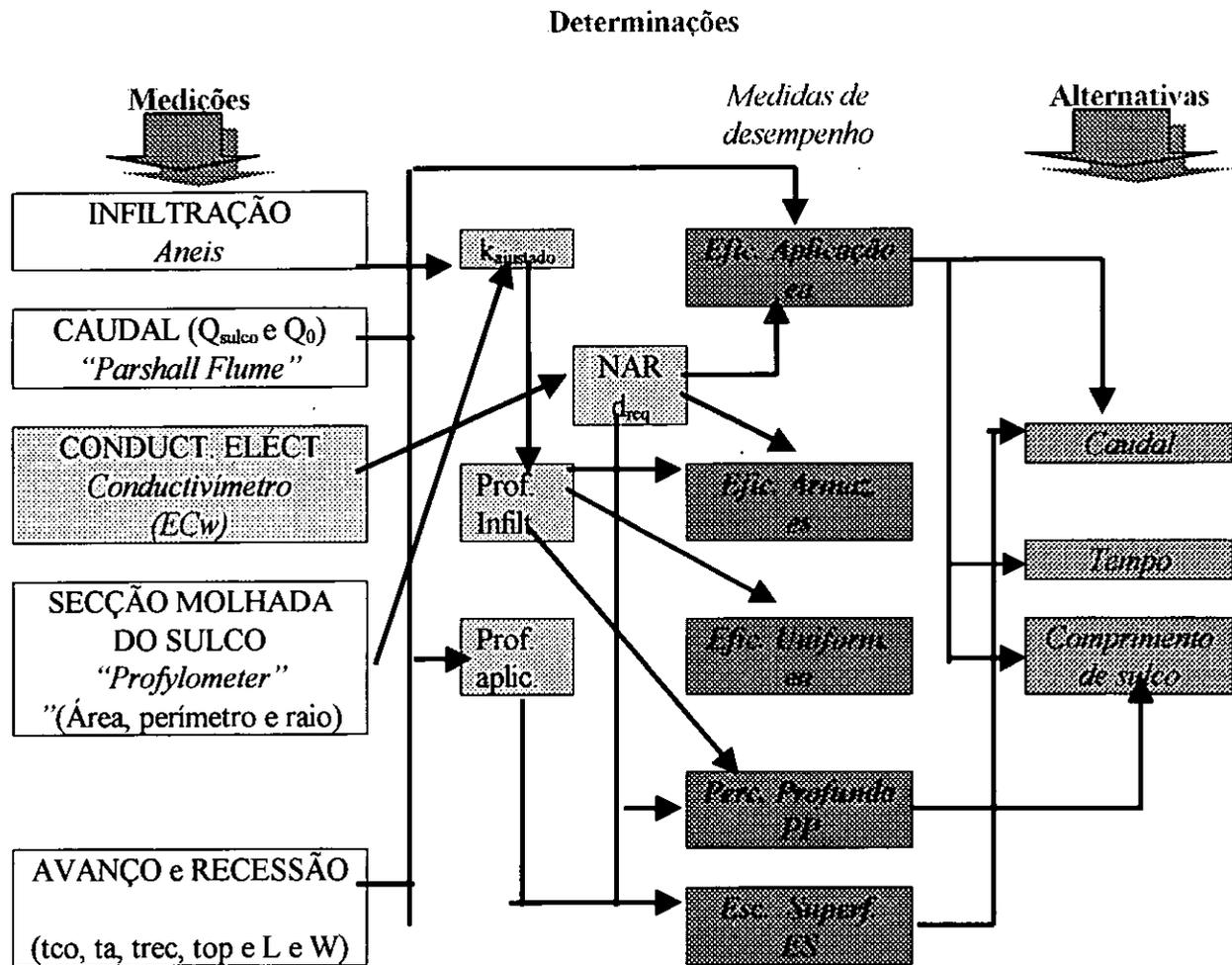
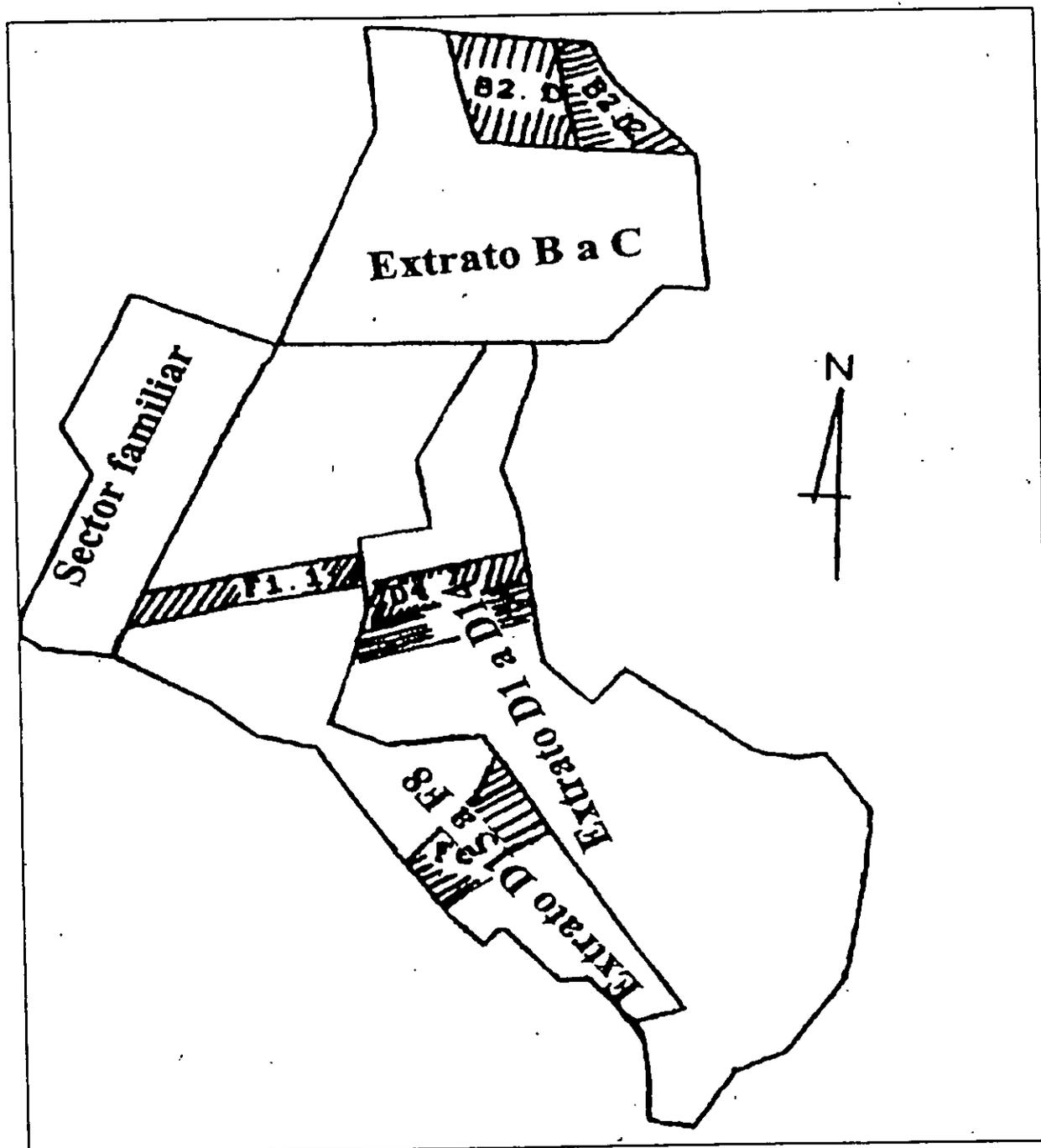


Figura 3.2 Modelo usado na avaliação do desempenho do regadio de Sábie.

(i). Determinação da conductividade eléctrica da água de rega (E<sub>cw</sub>)



Escala: 1:500.000.000

 - Parcelas seleccionadas

Escala: 1:500.000.000

Fonte: FDHA (Anexos técnicos)

Figura 1.3 Localização dos extratos e das parcelas seleccionadas para as medições.

### ***Procedimentos.***

Foram colhidas amostras de água de rega à medida que se ia fazendo medições nos campos e determinaram-se as suas conductividades eléctricas no laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. Os valores obtidos foram usados para em conjunto com as recomendações dadas pelo FAO 24, considerando o rendimento potencial máximo, calcularem-se as necessidades de lavagem do solo através da equação (2.2.2).

Obtidas necessidades de lavagem, em seguida, com base nas necessidades de rega extraídos do Smith (1993) (45 – 60 mm numa frequência de 7 dias) e na equação (2.2.1), calcularam-se as necessidades de água de rega para alcançar o rendimento potencial máximo.

### **(ii). Infiltração**

A infiltração foi medida segundo o método de anéis (duplo e simples) no dia de rega mas antes de se regar a parcela. Foram feitas quatro medições em pontos com uma equidistância máxima de 10 m. Duas medições foram usando anéis duplos e duas usando anéis simples. O procedimento usado foi o seguinte:

1. Examinava-se e seleccionava-se cuidadosamente os locais que não apresentassem superfícies com perturbações (buracos de animais, pedras, áreas afectadas pelo tráfego, etc)
2. Instalavam-se os anéis, pressionando-os firmemente no solo até uma profundidade de cerca de 15 cm, com ajuda dum martelo batendo-o contra o prato guia. Os anéis eram orientados de modo a que o prato se mantivesse num nível plano.
3. A medição da infiltração iniciava logo que se introduzisse água nos anéis, registando-se a altura da água no anel interior ao longo do tempo e durante cerca de uma hora.
5. Os dados obtidos nas quatro replicações foram introduzidos no mesmo papel duplo logaritmo (infiltração acumulada  $Z$ , no eixo vertical e tempo acumulado  $t$ , no eixo horizontal). Foram determinados os coeficientes individuais  $n$  e  $K$  (Landom, 1991). Os resultados de cada parcela correspondem à média aritmética dos coeficientes das quatro observações.

O coeficiente  $n$  é dado pela inclinação da recta usando os pontos iniciais da recta e  $K$  pelo interceptação da recta com o eixo vertical ( infiltração acumulada) quando o tempo é à unidade, resultando na equação (2.5.2).

A infiltração acima obtida era transformada em infiltração nas condições de rega por sulcos multiplicando pelo factor de ajustamento segundo as equações (2.5.4) e (2.5.5).

(iii). *Medição de caudais e Volumes de entrada.*

O caudal foi medido através do "Parshall flume" (de 4,3 cm de largura da secção de controlo) que foi colocado nas cabeceiras dos canais de campo. Lia-se a altura da água à entrada do Flume em intervalos de 30 segundos até que a altura da água fosse constante. Devido à dificuldades tidas no controlo da água a montante do Flume e por estar-se interessado nos sulcos, optou-se por se medir o caudal que era usado por cada regante dentro da parcela e que era usado para regar um sulco de cada vez.

A leitura da altura da água na entrada do Flume cessava quando a altura se mantivesse constante ao longo do tempo. O caudal nos Flumes quando não submersos ou seja em regime modular é dado pela seguinte equação segundo Bos (1989):

$$Q = K \cdot h^u \quad [ \text{m}^3 ] \quad \boxed{3.3.1}$$

Onde:

$u$  = é a potência que depende da largura da estrutura e varia de 1.52 a 1.60 ( foi usado  $u=1,55$ )

$K$  = é factor de dependente da largura do Flume (foi usado  $K=0,1026$ )

$h$  = é altura da água na entrada do Flume em m, contados apartir da base do flume.

As vantagens em usar os Flumes para medir caudais são:

- São estruturas calibradas cujo seu erro do caudal calculado pela fórmula espera-se que seja de 3 - 5%.
- Permitem a passagem de materiais em suspensão e a flutuar.

Os principais cuidados a ter-se no uso de Flumes são:

- Caso haja uma alteração accidental na estrutura, a relação  $h$ - $Q$  irá mudar mas ainda se continuará a usar a relação original o que não corresponderá a realidade.
- O Flume deve ser cuidadosamente nivelado em ambas direcções longitudinal e transversal.

- Quando a estrutura estiver submersa, o caudal é dado em função da leitura de alturas de água a montante e a jusante da secção de controle

Em cada sulco o caudal era igual ao caudal medido pelo. A integração no tempo do caudal que passa no Flume dá-nos o volume total de água aplicada ao sulco.

*(iv) Testes de avanço e recessão.*

Em cada parcela foram seleccionados aleatoriamente um total de 16 sulcos onde se fizeram as medições dos tempos de avanço e recessão usando os mesmos caudais. As medições foram feitas de seguinte modo:

*a) Avanço*

Media-se o tempo de avanço ao longo dos sulcos previamente seleccionados e preparados para determinação e que tinham um comprimento médio de 4,90 m. Ao longo dos sulcos, eram considerados três pontos de leituras, no início ( $t_o$ ), no meio ( $t_{L/2}$ ) e no fim ( $t_L$ ), o procedimento seguido foi o seguinte:

- Em condições locais de rega escolhiam-se 8 a 10 sulcos consecutivos dentro da parcela nos quais eram marcados três pontos nomeadamente o início, meio e fim onde se registaram os tempos (com ajuda dum cronómetro) que a água leva a alcançar esses pontos à medida que a frente de humedecimento ia progredindo.
- Após o registo dos tempos de avanço, foram determinadas estatisticamente das curvas de avanço mediante a colocação dos dados de tempo de avanço e distância em gráficos de duplo logaritmo e com ajuda do método de linearização determinou-se uma equação exponencial que melhor representa a relação dos dados medidos. Posto isto, foram calculados os coeficientes  $p$  e  $r$  com base nas equações (2.3.2) e (2.3.3); respectivamente

*b) Recessão.*

Após o fluxo ter atingido a extremidade final do sulco, iniciava a contagem do tempo que a frente de recessão levava a alcançar cada ponto previamente definido ( $t_{rec}$ ). Obtidos os tempos de recessão, determinaram-se os tempos de oportunidade para cada ponto de medição mediante a subtracção pelo tempos de avanço. Os tempos de oportunidades viriam a ser usados para determinar a profundidade infiltrada em cada ponto, que depois foi usada no cálculo das eficiências de armazenamento ( $es$ ) e eficiências de uniformidade ( $eu$ ).

**(v) Secção transversal do fluxo.**

Após a recessão ter ocorrido nos mesmos sulcos era introduzido em cada um o "Profylometer", que consistia numa vareta graduada colocada horizontalmente e, com um pedaço de fita-métrica metálica determinaram-se as profundidades do sulco ao longo da sua extensão lateral com uma interdistância de 10,0 cm. Em cada sulco, as medições eram feitas em três posições equidistantes ao longo do seu comprimento. Estes dados foram apresentados em forma gráfica para se identificar o melhor formato do sulco e determinar os parâmetros de interesse como a área, o perímetro molhado e o raio hidráulico.

**(vi). Eficiências de campo e perdas de água.**

A determinação das eficiências de aplicação, uniformidade e armazenamento foi feita com base nas equações (2.6.3), (2.6.6) e (2.6.7), respectivamente. As perdas por percolação profunda foram determinadas com base na equação (2.6.4) e as perdas por escoamento superficial na equação (2.6.5).

Determinadas medidas de desempenho, as parcelas foram classificadas usando as normas indicadas na tabela 2.4.

**3.4 Descrição estatística**

Comparação de médias e análises de variância foram usados para analisar os dados de infiltração obtidos nas parcelas em estudo.

**3.4.1 Comparação de médias.**

Comparações de médias foram feitas para verificar se existem ou não diferenças significativas entre as médias e as repetições de infiltração básica, coeficientes  $k$  e  $n$  da equação de LEWIS -KOSTIAKOV obtidas pelos dois métodos de determinação de infiltração usados, o anel duplo e o anel simples.

**3.4.2 Análise de Variância.**

Segundo os procedimentos descritos por Gomez e Gomez(1984) e Clarke(1994), a análise de variância foi feita para dividir a variação total em componentes separados e testar a diferença entre os tratamentos, neste caso os dois diferentes métodos de medição de infiltração.

Esta análise também foi feita com a finalidade de identificar e quantificar as fontes de variação dos dados obtidos. O coeficiente de variação foi determinado para avaliar a precisão com que cada parâmetro de infiltração foi determinado.

## 4. Resultados e discussão.

### 4.1 Procedimento da rega

Logo no início do dia, os cantoneiros fazem uma ronda ao regadio para registar o número de agricultores que não regar em cada lote para depois se determinar a quantidade de água a fornecer a cada canal secundário. Cada cantoneiro tem uma área específica que controla e só depois desta ronda é que eles abrem as comportas de tomada de água para os canais secundários em função do número de agricultores observados.

Após a abertura dos canais secundários, os agricultores esperam entre uma a duas horas para que a água alcance os seus campos dependendo da sua localização em relação aos canais secundários. Chegada aos canais secundários os agricultores abrem as comportas dos canais terciários para tomarem a água para os seus campos com um caudal máximo de 25 l/s e mínimo de 5 l/s mediante a combinação das placas corrediças que constituem as estruturas de tomada. Dependendo das habilidades dos regantes, estes tomam um caudal maior ou menor. A água é introduzida por gravidade nas parcelas (cujo declive médio é de 2,0 %) em sulcos de 4,9 m de comprimento médio onde ela avança até ao fim do sulco num tempo médio de 1,2 minutos interrompendo-se cerca de 2,5 minutos depois. Segundo a escala de rega os agricultores regam com uma frequência de 7 dias. As características das parcelas são apresentadas na tabela 4.1.

Tabela 4.1 Características das parcelas e os tempos de rega.

Parcelas	B2-D	F1	B2-D2	F6	D4	D5	Média
L (m)	4.20	5.80	5.10	4.70	5.10	4.50	<b>4.90</b>
W(m)	1.60	1.50	0.80	0.85	1.40	1.40	<b>1.26</b>
Ta (min)	0.60	2.60	1.65	1.05	0.80	0.60	<b>1.20</b>
Tco (min)	3.00	5.05	5.75	3.25	3.50	3.15	<b>3.95</b>

### 4.2 Necessidades de água de rega ( $d_{req}$ )

As determinações de EC<sub>w</sub> foram feitas no laboratório da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal com ajuda dum conductivímetro e resultaram num valor médio de 0,157 dS/cm. Este valor foi posteriormente associado aos valores de conductividade eléctrica do extracto saturado do solo contidos na tabela 36 (FAO 24), para calcular as necessidades de lavagem de solos de modo a atingir o rendimento potencial para as principais culturas do regadio. Os seus resultados do cálculo são apresentados na tabela 4.2.

Tabela 4.2 Necessidades de lavagem para se alcançar um rendimento potencial de 100%

Culturas	Tom	milho	Ceb.	Rep	B ren	Feij	Alfac	Pim	Alho	Amen	Média
E <sub>Ce</sub> (dS/cm)	2.5	1.7	1.2	1.8	1.7	1.0	1.3	1.5	1.2	3.2	
LR	0.013	0.019	0.027	0.03	0.019	0.032	0.025	0.008	0.027	0.010	<b>0.019</b>

O valor médio das necessidades de lavagem é de 0,019. Este valor é insignificante o que significa que para atingir rendimentos o aumento de água para lavagem de sais é mínima e pode ser desprezada.

Baseando-se na metodologia de projecção de sistemas de rega descrito por FAO 24 , Smith (1993) calculou as necessidades de água para as culturas, num valor médio de 45 - 60 mm para humedecer o solo até a capacidade de campo que tem uma capacidade total de retenção de água de 100 -140 mm/m.

As necessidades de água de rega (dreq) foram determinadas a partir do LR já determinado acima, passando para **46 - 61 mm** com a frequência de rega de 7 dias. Comparando o valor obtido com o que seria de aconselhar , pode-se notar que a diferença é mínima o que mais uma vez revela estarmos na condição de aceitar plenamente este valor sem qualquer efeito no cálculo.

### 4.3 Caudal de rega.

Os caudais de rega foram medidos por "Parshall Flume" para cada regante dentro das parcelas. Em relação ao caudal do sulco, este foi dado pelos caudais medidos directamente pelo instrumento acima citado porque estes caudais eram introduzidos directamente em cada sulco de cada vez. Para mais detalhes sobre a metodologia do cálculo assim como os dados usados recomenda-se consultar o anexo 1.

Os resultados obtidos nestas medições são resumidos na tabela 4.3 abaixo em função do número de regantes nas parcelas.

Tabela 4.3 Caudais médios de rega em cada sulco.

Parcelas	B2-D	F1	B2-D2	F6	D4	D5	Média
NReg	2	2	1	3	2	3	<b>2.2</b>
Área (ha/dia)	0.520	0.464	0.189	0.536	0.846	0.576	<b>0.522</b>
Qo(l/s) sulco	3.54	2.98	3.12	3.02	5.51	5.99	<b>4.03</b>

NReg - número de regantes em cada parcela.

Segundo a tabela 4.3, pode-se observar que o caudal médio manuseado por cada regante que é introduzido em cada sulco de cada vez é de cerca de 4,0 l/s que também está abaixo do "main'deau" que é de cerca de 30 l/s segundo Meijer (1993). Mais uma vez está evidente a dificuldade de gestão de água pelos regantes. Esta dificuldade ainda pode ser ultrapassada, promovendo a rega de vários sulcos em simultâneo com base em secções formação.

#### **4.4 Testes de avanço e recessão**

Usando os mesmos caudais medidos acima, foram feitos testes de avanço e recessão em 97 sulcos distribuídos numa média de 16 por cada parcela que indicaram grandes diferenças entre parcelas, a julgar pelo desvio padrão entre as parcelas de 4,9. Em alguns casos, deve-se a perdas de água nos canais terciários, tornando húmida maior parte das áreas das parcelas e consequentemente prolongando-se o tempo de contacto em relação às parcelas que não tinham grandes problemas de fugas de água nos seus canais terciários. Os resultados foram resumidos em médias de cada parcela e são apresentados em seguida na tabela 4.4. Os dados originais são apresentados no anexo 3.

Tabela 4.4 Dados médios de avanço e recessão para cada parcela.

Parcela	Dis (m)	Av (min)	Rec (min)	Top (min)
B2-D	0	0	45	45
	2,1	0,4	50	49,6
	4,2	0,6	49,2	48,6
	Sulcos estados			10
	tco	3	Var.	0,0699
	r	1,7095	Desv. P	0,00699
	p	10,058		
Parcela	Dis (m)	Av (min)	Rec (min)	Top (min)
F1	0	0	11,05	11,05
	2,875	1,75	14	12,25
	5,75	2,6	13,7	11,1
	Sulcostestados			18
	tco	5,05	Var.	0,051
	r	1,885	Desv. P	0,0029
	p	0,957		
Parcela	Dis (m)	Av (min)	Rec (min)	Top (min)
B2-D2	0	0	86,25	86,25
	2,55	0,9	88,5	87,6
	5,1	1,65	88,1	86,45
	Sulcostestados			16
	tco	5,75	Var.	0,256
	r	1,0593	Desv. P	0,016
	p	2,907		

Entre parcelas: Var = 29,1 e Desv. P. = 4,9.

Parcela	Dis (m)	Av (min)	Rec (min)	Top (min)
F6	0	0	9,25	9,25
	2,35	0,55	10,4	9,85
	4,7	1,05	11,05	10
	Sulcos testados			18
	tco	3,25	Var.	0,0767
	r	1,1088	Desv. P	0,0043
	p	4,2286		
Parcela	Dis (m)	Av (min)	Rec (min)	Top (min)
D4	0	0	17,85	17,85
	2,55	0,55	22,25	21,7
	5,1	0,85	31,05	30,2
	Sulcos testados			18
	tco	3,5	Var.	1,023
	r	1,6615	Desv. P	0,057
	p	6,0758		
Parcela	Dis (m)	Av (min)	Rec (min)	top (min)
D5	0	0	24,3	24,3
	2,25	0,35	25,35	25
	4,5	0,6	25,15	24,55
	Sulcos testados			17
	tco	3,15	Var.	1,255
	r	1,6553	Desv. P	0,0738
	p	10,482		

#### 4.5. Secção transversal do fluxo

Em cada parcela foram seleccionados aleatoriamente quatro sulcos nos quais fizeram-se medições de profundidades em cada 10 cm das suas extensões laterais pelo método de "Profylometer" (veja o anexo 2). Com base nos dados obtidos, determinaram-se os parâmetros de interesse como o raio hidráulico, a área e o perímetro molhado.

Tabela 4.5 Características da secção transversal do sulco nas diferentes parcelas

Parcelas	Area (m <sup>2</sup> )	Pm (m)	Rh (m)	Prof.máxima (cm)
B2-D	0.0318	0.699	0.045	11.5
F1	0.0263	0.576	0.046	10.63
B2-D2	0.0214	0.735	0.029	11.17
F6	0.0184	0.519	0.035	8.86
D4	0.0214	0.432	0.050	8.88
D5	0.0224	0.585	0.038	9.75
<i>Média</i>	<i>0.024</i>	<i>0.0591</i>	<i>0.041</i>	<i>10.13</i>

Pm - perímetro molhado, Rh – raio hidráulico e Prof. – profundidade do sulco.

Com base na tabela 4.5 acima, pode-se observar que os sulcos são pouco profundos (cerca de 10 cm) oferecendo grande probabilidade de não armazenar grandes volumes de água para ser infiltrada. Este valor situa-se muito abaixo do recomendado por Stern (1994) que é de 15–20 cm dependendo da quantidade que se deseja infiltrar.

Os dados e formatos dos sulcos estão patentes no anexo 2.

#### 4.6 Infiltração

A infiltração foi determinada usando dois métodos nomeadamente o anel duplo e o anel simples em quatro pontos por cada parcela com durações de cerca de uma hora e meia, sendo duas por cada método. Os resultados obtidos apresenta-se em seguida na tabela 4.6.

Tabela 4.6 Resultados dos testes de infiltração

Parcelas	<i>K</i> (mm/min)		expoente <i>n</i>		Infil básica (cm/h)		
	Duplo	Simplex	Duplo	Simplex	Duplo	Simplex	
B2-D	1	10	20	0.6021	0.5250	4.1	4.3
	2	13	9	0.6342	0.4930	6.9	1.5
F1	1	10	13	0.7920	0.5090	17.5	2.4
	2	9	19	0.7618	0.8735	12.7	57.6
B2-D2	1	10	14	0.5563	0.6463	2.8	8.2
	2	9	8	0.5772	0.4949	3.0	1.3
F6	1	20	10	0.6477	0.7924	11.8	17.5
	2	8	10	0.769	0.7924	10.8	17.5
D4	1	6	19	0.7474	0.6126	7.6	8.5
	2	1	5	1.2323	0.8271	5.8	11.1
D5	1	6	8	0.8016	0.7585	11.2	10.9
	2	14	9	0.6122	0.5913	6.2	3.4
<b>Variância</b>	<b>9,67</b>	<b>12,0</b>	<b>0,7278</b>	<b>0,6597</b>	<b>8,37</b>	<b>12,0</b>	
<b>Desv. Pad.</b>	<b>4,70</b>	<b>4,99</b>	<b>0,18</b>	<b>0,14</b>	<b>4,47</b>	<b>15,43</b>	

Os dados originais assim como as respectivas curvas de infiltração são apresentados no anexo 4.

Como se pode ver nesta tabela, os valores de infiltração básica são maiores que os esperados por Landon (1993) para regas superficiais de rega que não usam inundação. Provavelmente esta seja a razão de se construírem sulcos curtos que funcionam como uma espécie de pequenas bacias de inundação.

Com base nos tempos necessários para infiltrar 50,0 mm (tabela 4.7) e segundo a classificação de Roscher (1985), observa-se que está-se perante solos da classe de infiltração rápida apesar de pertencerem à textura franca como descrita na literatura do projecto. Segundo Landon (1991), provavelmente isto seja devido à grande actividade biológica que caracteriza estes solos; a julgar pela média dos seus expoentes *n* de 0,69 que se situa no intervalo  $0,5 < n < 0,8$ .

Tabela 4.7 Famílias de infiltração segundo o tempo necessário para infiltrar 50 mm.

Parcelas	Tempo de infiltração (min) d=50 mm	Famílias de infiltração
B2-D	10.9	Rápida
F1	6.4	Rápida
B2 -D2	16.2	Rápida
F6	6.46	Rápida
D4	8.85	Rápida
D5	11.5	Rápida

A partir dos dados apresentados na tabela 4.6, fizeram-se análises de variância e comparações de médias das parcelas dos dois métodos em relação aos três parâmetros.

A análise de variância foi feita para determinar a dimensão da variação entre parcelas identicamente testadas (o erro experimental) pela separação do erro total do experimento em suas componentes afim de se observar a proporção deste erro (experimental) em relação ao erro total. Fizeram-se comparações de médias dos dois métodos em relação aos três parâmetros e a precisão com que cada parâmetro de infiltração foi determinado. Os resultados alcançados são apresentados na tabela 4.8, para mais detalhes veja o anexo 5.

Tabela 4.8 Análise de variância do tempo necessário para infiltrar 61 mm.

Fonte de variação	g.l	SQ	QM	F <sub>cal</sub>	F <sub>tabelado</sub>		Variâncias	
					5%	1%	A.Duplo	A.Simples
Tratamentos	1	37,5	37,5	0,216**	161	4.05	16,99	16,36
Erro experimental	2	347,17	173,6					
Erro amostral	19	5070,2	253,5					
Total	22	5454,8						

\*\* = diferença não significativa aos níveis de significância de 1 e 5%

$Cv = 87\% =$  baixa precisão.

Apartir da tabela 4.8, acima referidas, observa-se que apesar da precisão baixa não há diferença significativa entre as médias dos dois métodos. Estas diferenças não significativas podem ser resultado de grande variabilidade entre as parcelas e entre pontos de medição dentro da mesma parcela onde o número de medições (amostras e/ou repetições) não seja suficiente para fornecer médias reais e este facto é mostrado pelos elevados valores de erro experimental e coeficiente de variação ( $Cv$ ) observados na tabela 4.8. Este resultado fez com que fosse efectuado um teste de comparação de médias das parcelas que se apresenta na tabela 4.9.

Tabela 4.9 Comparação dos tempos médios para infiltrar 61 mm entre parcelas.

Parcelas	Chave	Tempo para Infiltrar 61mm
B2-D	A	A
F1	B	B
B2-D2	C	C
F6	D	DB
D4	E	EC
D5	F	FBD

NOTA:

- Parcelas que apresentam letras semelhantes possuem médias não significativamente diferentes.
- Parcelas que apresentam letras diferentes possuem médias significativamente diferentes.

Como se pode ver, as médias das parcelas apresentam-se diferentes na maioria das parcelas o que significa que existe de facto uma grande variabilidade entre as parcelas apesar da região compreender no geral solos de textura franca .

Em suma:

- A semelhança entre os dois métodos mostra que a não introdução do anel exterior na medição de infiltração não produz efeito significativo em relação ao efeito da variabilidade espacial. Esta conclusão foi também alcançada por Walker (1989) aquando da comparação dos dois métodos de medição de infiltração; podendo-se desta feita usar-se quer um quer outro método sem risco de cometer grandes erros.

- Apesar dos dois métodos apresentarem médias não significativamente diferentes aos níveis de confiança de 95 % e 99 % para todos parâmetros de infiltração, o método de anel simples parece mostrar-se mais sensível provavelmente devido às variações de condição dos solos nos pontos das medições ou por estar sujeito a erros práticos maiores, a julgar pelos seus valores de variâncias relativamente maiores que os do outro método.

Portanto, grande atenção deve ser tomada ao se trabalhar com o anel simples devido à sua sensibilidade (dada pelas suas maiores variâncias), provavelmente devido ao efeito de bordadura a que ele é sujeito, fazendo com que a infiltração nos momentos iniciais ocorra principalmente na direcção bidimensional; diminuindo à medida que o tempo vai passando devido ao humedecimento da superfície adjacente do anel.

Uma vez os dados não se mostrarem significativamente diferentes, cada parcela foi representada pela média dos parâmetros individuais de cada curva (dos 4 testes).

Devido ao carácter unidimensional (vertical) da medição de infiltração através de infiltrómetros cilíndricos, fez-se uma transformação dos dados obtidos para simular uma situação de infiltração bidimensional (vertical e horizontal), multiplicando o parâmetro  $k$  pelo  $\beta$  segundo Walker (1989) como apresentado na tabela 4.10.

Tabela 4.10 Coeficientes de infiltração sob condição dinâmica.

Parcelas	Expoente $n$	$k$ (mm/min) (unidim.)	$P_m$ (m)	$W$ (m)	$\beta=P_m/W$	$k_{aj}$ (mm/min) (bidim.)	Equações de infiltração
B2-D	0.5636	13.0	0.699	0.80	0.87375	11.34	$Z=11.34t^{0.564}$
F1	0.7342	12.75	0.576	0.75	0.768	9.792	$Z=9.792t^{0.734}$
B2-D2	0.5687	10.25	0.735	0.80	0.91875	9.417	$Z=9.417t^{0.569}$
F6	0.7364	12.67	0.519	0.85	0.6106	7.736	$Z=7.736t^{0.736}$
D4	0.8548	7.75	0.432	0.70	0.6171	4.783	$Z=4.783t^{0.855}$
D5	0.6909	9.25	0.585	0.70	0.8357	7.730	$Z=7.73t^{0.691}$

$$k_{aj} = \beta * k$$

#### 4.7 Velocidade do fluxo

Para cada parcela foram determinadas velocidades de fluxo para sulcos com base no caudal fornecido e na área de secção molhada para avaliar se há ou não alguns indícios de erosão e observar se a rugosidade era ou não elevada. A determinação dos coeficientes médios de rugosidade em cada parcela foi feita com base na equação de Manning. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 4.11. Para mais detalhe sobre o cálculo veja o anexo 6.

Tabela 4.11 Velocidades médias de fluxos e os respectivos coeficientes de rugosidade

Parcelas	Rh (m)	A (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	n
B2 -D	0.045	0.0318	0.00354	0.1113	0.161
F1	0.046	0.0263	0.00298	0.1133	0.16
B2 - D2	0.029	0.0214	0.00312	0.1458	0.092
F6	0.035	0.0184	0.00302	0.1641	0.092
D4	0.05	0.0214	0.00551	0.2575	0.075
D5	0.038	0.0224	0.00599	0.2674	0.06
<b>Média</b>	<b>0.04</b>	<b>0.024</b>	<b>0.004</b>	<b>0.177</b>	<b>0.094</b>

Os dados contidos na tabela 4.11 indicam uma velocidade média de fluxo de 0,18 m/s; valor que se situa muito abaixo do máximo permitido para canais de textura de textura franca sugerida por Stern (1994) que é de 0,9 m/s. Portanto, trata-se de uma situação em que se está muito longe de provocar erosão.

Olhando para os valores da rugosidade pode-se notar que são muito elevados comparativamente aos esperados por Stern (1994) que varia entre 0,025 a 0,035 em canais de terra com pequena vegetação devido ao facto de existirem ao longo dos comprimentos de sulcos culturas como tomate, milho densamente crescidas, superfícies ásperas dentro dos sulcos resultantes má preparação do terreno, ondulações dentro dos sulcos até a presença de ervas daninhas num crescimento denso devido a dificuldades no seu controle que, dificultam ao fluxo normal da água. Isto faz com que a velocidade da água ao longo dos sulcos seja baixa .

#### 4.8 Eficiências de campo e perdas de água.

Os resultados dos cálculos são apresentados na tabela 4.12 abaixo.

Tabela 4.12 Eficiências de campo e as respectivas perdas água nas parcelas de estudo.

Parcelas	L (m)	W (m)	Qo (l/s)	tco (min)	ea (%)	es (%)	eu (%)	d <sub>infiltrado</sub> (mm)	d <sub>aplicado</sub> (mm)	PP (%)	ES (%)
B2-D	4.2	0.80	3.54	3.0	32.2	100	97.7	99.3	189.6	20.2	47.6
F1	5.8	0.75	2.98	5.05	29.4	96.2	98.9	58.7	207.6	0.0*	71.7
B2-D2	5.1	0.80	3.12	5.75	23.1	100	99.6	111.9	263.8	22.1	54.8
F6	4.7	0.85	3.02	3.25	41.4	40.3	97.8	24.6	147.4	0.0*	83.3
D4	5.1	0.70	5.51	3.50	18.1	100	83.1	70.2	324.1	2.46	78.3
D5	4.5	0.70	5.99	3.15	17.3	100	99.3	70.8	359.4	2.72	80.3
<b>Média</b>	<b>4.9</b>	<b>0.77</b>	<b>3.03</b>	<b>3.93</b>	<b>27.0</b>	<b>89.4</b>	<b>96.1</b>	<b>73.9</b>	<b>248.7</b>	<b>7.91</b>	<b>69.1</b>

d<sub>req</sub> = 61 mm

\*= há sub-irrigação (d<sub>infiltrado</sub> < d<sub>req</sub>).

Segundo a tabela 4.12 pode-se observar o seguinte:

1. A profundidade de água aplicada nas parcelas é tal que excede às necessidades das culturas dada pela sua ea de 27,0%, produzindo um excesso que é perdido por percolação profunda e escoamento superficial.
2. As perdas por percolação profunda ocorre na maior parte das parcelas onde a profundidade de água infiltrada supera às necessidades das culturas, observando-se nas restantes parcelas a sub-irrigação. Numa análise global das parcelas estudadas este tipo de perdas ocorre com menor magnitude o que leva a que seja desprezível uma vez se situar próximas do valor permitido por Vipond (1988).
3. As perdas por escoamento superficial ocorrem em todas parcelas e com grande magnitude, provavelmente devido ao facto dos sulcos serem abastecidos volumes de água que excede às suas capacidades de armazenamento (por serem curtos e pouco profundos) e sua capacidade de infiltração não permitindo desta forma que haja um bom armazenamento na sua zona radicular, embora sejam classificados de infiltração rápida segundo a categorização de Roscher (1985).

Não obstante o regadio apresentar elevados coeficientes de uniformidade e armazenamento de água ao longo dos sulcos, ele funciona com grandes dificuldades na aplicação da água ao nível das parcelas a julgar pelas baixas *ea* e elevadas perdas por escoamento superficial que se observam durante a rega em todas parcelas.

Segundo Roscher (1985), as parcelas podem ser classificadas segundo a tabela 4.13 abaixo.

Tabela 4.13 Classificação das parcelas quanto ao seu desempenho segundo Roscher.

Parcelas	<i>ea</i>	<i>es</i>	<i>eu</i>
B2-D	Má	Boa	Boa
F1	Má	Boa	Boa
B2- D2	Má	Boa	Boa
F6	Má	Má	Boa
D4	Má	Boa	Boa
D5	Má	Boa	Boa

As tabelas 4.12 e 4.13 mostram que a aplicação de água constitui o grande problema deste regadio. Portanto, alternativas para uma boa aplicação de água nos campos assim como para a redução das grandes perdas por escoamento são indispensáveis para se alcançar um alto nível de uso de água.

#### 4.9 Alternativas para promover um desempenho eficiente do regadio de Sábie.

As tabelas 4.12 e 4.13 mostram que a aplicação da água constitui o grande problema deste regadio, portanto, alternativas para atingir um alto nível de aplicação nos campos, resultando na redução de elevadas perdas de água por *ES* são indispensáveis.

Com base na própria equação de *ea*, pode-se ver que os parâmetros hidráulicos que se podem manipular são o caudal, o tempo de corte e o comprimento dos sulcos. Mas, na prática o caudal é difícil de ser alterado ao nível da unidade terciária uma vez que exige uma nova projecção, podendo este ser somente alterado pelo aumento ou redução do número de sulcos a serem irrigados simultaneamente.

Sendo assim, far-se-á aqui uma análise teórica com vista a encontrar alternativas que sejam ambas práticas e efectivas como se segue.

Tendo em conta os seguintes valores médios:

- (1) Área da secção do sulco = 0.024 m<sup>2</sup>
- (2) Declive médio = 2,0 %

- (3) Caudal médio = 4,0 l/s
- (4) Comprimento médio dos sulcos = 5,0 m
- (5) Espaçamento médio entre os sulcos = 0,8 m
- (6) As necessidades de água de rega = 61 mm.

A análise de diferentes alternativas para melhorar o desempenho do regadio, irá centrar-se basicamente em dois tipos de rega superficial nomeadamente, a rega por bacias de inundação e a rega por sulcos longos .

**(a) Bacias de inundação.**

Sendo o volume necessário é 244 l (61 mm\* 5m \*0,8m/1000); para se atingir uma eficiência de aplicação de 75 % num campo com declive de 2,0%, o volume aplicado deve ser de 325 l (244/0,75). Com o caudal médio de 4,0 l/s, seria necessário 1,4 minuto (325/4) para se abastecer este volume.

Em seguida, avalia-se a capacidade dos sulcos para armazenar este volume da seguinte maneira:

Para que o  $ES = 0$ , a capacidade do sulco deve ser maior ou igual ao volume aplicado:

Volume do sulco = 120 l (5 m \*0,024 m<sup>2</sup>=0,12 m<sup>3</sup>). Como se pode ver, os sulcos não tem capacidade suficiente para armazenar o volume aplicado, daí surge a necessidade de aumentar a sua capacidade mediante:

- (1) Aumento do comprimento dos sulcos da bacia de inundação,
- (2) Redução do caudal de rega aplicado a cada sulco,
- (3) Diminuição do tempo de aplicação.

(1) Aumento do comprimento dos sulcos da bacia de inundação

Para que o volume necessário seja igual ao volume aplicado, os sulcos deverão ter o comprimento de:

$$V_{\text{aplicado}} * ea = V_{\text{necessário}}$$

$$Q_o * t_{co} * 60 * ea = d_{req} * L * W$$

$$L = Q_o * t_{co} * 60 * ea / d_{req} * W$$

$$L = 4 \text{ l/s} * 3,95 * 60 \text{ s} * 0,75 / 61 * 0,8$$

$$L = 14,6 \approx 15,0 \text{ m.}$$

(2) Reduzindo o caudal de rega aplicado a cada sulco

Mantendo o  $L = 5,0$  m e  $t_{co} = 3,95$  s, tem-se que:

$$V_{aplicado} * ea = V_{necessário}$$

$$Q_0 * t_{co} * 60 * ea = d_{req} * L * W \Rightarrow Q_0 = d_{req} * L * W / t_{co} * 60 * ea$$

$$Q_0 = 61 * 5 * 0.8 / 3.95 * 60 * 0.75 = 1.5 \text{ l/s.}$$

(4) Diminuição do tempo de aplicação.

Mantendo o  $L = 5,0$  m e  $Q_0 = 4,0$  l/s, o tempo de corte será de:

$$V_{aplicado} * ea = V_{necessário}$$

$$Q_0 * t_{co} * 60 * ea = d_{req} * L * W \Rightarrow t_{co} = d_{req} * L * W / Q_0 * 60 * ea$$

$$t_{co} = 61 * 5 * 0.8 / 4 * 60 * 0.75 = 1.7 \text{ min.}$$

Apesar desta alternativa resultar em baixas perdas por escoamento superficial e elevadas eficiências de aplicação, ela peca por exigir muito esforço do regante uma vez que ele fica sujeito a realizar muitas mudanças ao regar uma determinada área o resulta no consumo de tempo.

Ainda nesta alternativa, o regante poderá ter grandes dificuldades de gestão de água nos sulcos uma vez eles serem curtos, podendo a água avançar rapidamente até à sua extremidade final dificultando o seu controle pelo regante.

**(b) Sulcos longos.**

Para se calcular o comprimento óptimo usou-se o "Quarter-time rule". Esta regra consiste em determinar o comprimento do sulco que corresponde a um quarto do tempo necessário para infiltrar necessidade de água de rega, resultando em perdas por percolação profunda inferiores a 5,0 %. Para o efeito, foram considerados os seguintes dados:

$$W = 1,0 \text{ m}; \quad p = 5,7849; \quad r = 1,5132; \quad n = 0,69; \quad k = 8,47 \text{ mm/dia}; \quad d_{req} = 61 \text{ mm.}$$

O tempo para infiltrar 61,0 mm com base na equação de específica, resultando em 8,2 minutos. Daí, com base na equação de avanço cujos dados se apresentam acima, foi obtido um comprimento de sulco de cerca de 140,0 m assumindo-se que as perdas por *ES* não excedem os 5%.

Apesar deste comprimento resultar em baixas perdas, não seria muito prático por um lado devido a problemas de nivelamento que caracterizam estas parcelas e por outro lado; devido ao elevado declive dos sulcos que supera muito ao sugerido pela tabela 2.1 para este comprimento neste tipo de solo e caudal que é de 0,05 %. Isto significa que para aplicar-se este comprimento, seria necessário reduzir-se o declive dos sulcos mediante a re-orientação dos sulcos nas parcelas.

Usar comprimentos maiores apresenta vantagens de para além de proporcionar elevada *ea* se as outras exigências para um bom desempenho forem respeitadas, facilitar a gestão de água nos sulcos e, possibilitar operações mecanizadas nas parcelas.

Tendo em conta a classe de infiltração rápida que se observa nas parcelas deste regadio e a tendência do esgotamento dos recursos hídricos forçada pelas mudanças climáticas; a longo prazo, pode-se pensar num outro tipo de rega (aspersão ou gota-a-gota) e analisarem-se os custos envolvidos, vantagens e desvantagens de carácter económico, técnico e sociais.

É preciso observar que para além das questões acima discutidas, existem mais aspectos que devem ser considerados no melhoramento do desempenho dos sistemas de rega como o caso da preparação do terreno, nivelamento e gestão. Portanto, estes devem fazer parte das acções a serem desencadeadas no regadio de Sábie para se alcançarem os resultados desejados.

## 5. Conclusões e recomendações

### 5.1 Conclusões

Com base nos resultados deste trabalho pode-se concluir o seguinte:

➤ A profundidade de água fornecida as culturas supera às suas necessidades dada a eficiência média de aplicação de 27,0 %; resultando em perdas por escoamento superficial uma vez o valor do referido fornecimento é superior à capacidade de infiltração e armazenamento dos solos que caracterizam as parcelas estudadas.

➤ Apesar de na maior parte das parcelas estudadas a profundidade de água fornecida as culturas superar às suas necessidades há sempre a hipótese de sub-irrigação.

➤ A rega em geral alcança o seu objectivo de fornecer água à zona radicular humedecendo o solo até a capacidade de campo, sendo a sua eficiência média de armazenamento de 89,4 %.

➤ A água é uniformemente distribuída pela rega ao longo das parcelas, dada eficiência média de uniformidade de 96,1 % .

➤ Segundo a classificação de Roscher, as parcelas são consideradas más na aplicação e boas na distribuição e no armazenamento da água.

➤ Apesar dos agricultores destes sector usarem caudais inferiores aos projectados, eles ainda enfrentam problemas de gestão dos mesmos resultantes das irregularidades do terreno associado a baixo nível técnico de rega a julgar pelas grandes perdas por escoamento superficial que ocorrem no fim dos sulcos.

➤ Existem diferenças notáveis entre o uso de água teóricamente projectado e o prático devido à várias razões desde técnicas , de gestão, operacionais e organizacionais.

## **5.2 Recomendações**

Dos resultados e conclusões do presente trabalho, podem ser feitas as seguintes recomendações:

- 1- Para melhorar a aplicação de água nas parcelas, recomenda-se o uso de pequenas bacias de inundação, resultando em baixas perdas por perdas por percolação e por escoamento superficial nulas ou sulcos longos que apresentam vantagens muito maiores.
- 2- Há também a hipótese de se pensar num outro tipo de rega (aspersão ou gota-a-gota) tendo em conta o tipo de infiltração que caracteriza as parcelas estudadas.
- 3- Para melhorar a gestão de água nos campos e aumentar a produtividade da mão-de-obra, recomenda-se a criação de pequenos cursos de treinamento e capacitação dos regantes uma vez que se reconhece que o conhecimento de como regar é a condição fundamental para a correcta utilização da água com vista ao alcance altos níveis de utilização da água de rega.
- 4- A reaberturas de campos de demonstração combinada com o monitoramento adequado da rega pode ser muito útil na análise da praticabilidade das técnicas aqui sugeridas para este regadio.
- 5- Deve-se garantir uma boa preparação do terreno e bom nivelamento para que as acções acima sugeridas surtam os devidos efeitos.
- 6- Estudos do género devem ser realizados periodicamente neste e noutros sectores destes regadio depois de 3 a 4 anos com o objectivo de se avaliar o impacto das recomendações aqui feitas. Este tipo de estudos também devem ser realizados em outros pontos do país tendo em conta a sua importância na gestão de água nos sistemas de rega e considerando também a sua exiguidade.
- 7- Recomenda-se que se façam estudos e ensaios de campo das alternativas de gestão de água acima referidas como forma de encontrar uma forte base de sustentação de qualquer atitude a tomar no concernente a adopção de qualquer uma delas assim como outras que aqui não foram consideradas.

### **Referências bibliográficas**

- Ayoade, J. O. Tropical hydrology and water resources. Natherlad,,1988.cap.II, pág.53-81.
- BOS, M.G.. On irrigation efficiencies. IRLI. Publication 19. Notherland, 1974.
- BOS, M. G. Discharge measurement Strutures. IRLI, publication 20, Wageningen, Notherland, 1989. pp224-246, 273-276, 281-286, 338-343.
- Brito, R. Apontamentos das aulas de rega e Drenagem I, 1995.
- Clarke, Geoffrey M. Statistical and Experimental Design. 1992.
- Crop water use,irrigation and production , Le semester N31 N11A Keuze. Wageninger, Notherland, 1993.
- Dorembos & Kassan. Efeito da água no rendimento das culturas. ISBN, 00100 Roma, Itália - FAO,1994.
- Dorembos & Kassan. Crop water requirement. ISBN, 00100 Roma,Itália-FAO, 1977 ( Irrigation and Drainage paper) pág.61-87.
- Franco, Fogolino. Projecto de desenvolvimento Integrado agro-industrial da área de Sábie-Médio Incomati-Massintonto. Fase de consolidação do trabalho de desenvolvimento dos blocos 5 e 48 da primeira fase (PUO). Ministério dos negócios estrangeiros, Maputo, 1995.
- Fundo de desenvolvimento de Hidráulica Agrícola (FDHA). Infra-estruturas do Regadio de Sábie (anexos técnicos). Maputo, 1994.
- Instituto Nacional de Planeamento Físico. Plano director de desenvolvimento de Sábie-Incomati (Resumo). Comissão Nacional do Plano, Maputo, 1992.
- Irrigation I.Preliminary Edition. Wageningen, Notherland, 1983.
- Kwanchai, A. Gomez & Arturo A. Gomez. Statistical procedures for Agricultural Research, Edição 2, John Wiley and Sons. New York, 1976. Cap.5, 6, 8, 15 e 16.

Lencastre, A. & Franco, F. M. Lições de Hidrologia. Edição Revista. Portugal, 1992.

James, Larry G. Principles of farm irrigation system design. New York: John Wiley & Sons, 1988. pp328-348.

Mater. Quanto tempo regar. (Manual do irrigante), Câmara brasileira do livro, São Paulo, Brasil, 1987. pág.42-50.

Serralheiro, Ricardo P. Hidráulica agrícola. Huambo, Angola, 1985. Cap.3

Roscher, K. Surface irrigation characteristics, design and performance. The Netherlands-Wageningen, WAU dept of irrigation, 1985.

Schyff, PM Van der. Technical report, Pretória, 1995. pág.44-50

SEHA, National Irrigation Development Master Plan (NIDMP), Umbeluzi, Incomati, Limpopo, Buzi and Pungoe Basins. Final Report. SOGREA H & HIDROGEST, Maputo, 1993.

Smith, Dom PUO- Irrigation Management Plan. UTP, Maputo, 1993.

Skogerboe, Gaylord V. & Walker, Wymm R. Surface irrigation theory and practice. Printice-Hall, New Jersey, 1987.

SOGREA H. Plano director do Chokwé (relatório principal e anexos ). Maputo, 1996.

Tcheco, A. Organização dos regantes e Gestão de água nos regadio de Maputo. FAEF/UEM, 1997.

Vaughn, E.Hansen; Orson, W.Israelsen & Glen, E. Strighan. Irrigation principles and practices, Fourth edition, John Wiley & Sons. New York, 1962. pág.60-65 e 315.

Wiest, Roger J. M. Geohydrology. John Wiley & Sons; New York, 1965. pp.50-52.

Withers, B & Viponde, S. Irrigation: Design and practice. Anchor press ltd, London.-Bastford, 1988

Wolter, W. Influences on the efficiency of irrigation water use. ICID. Cairo, Egitpo, 1992. pp.51-109

# ANEXOS

















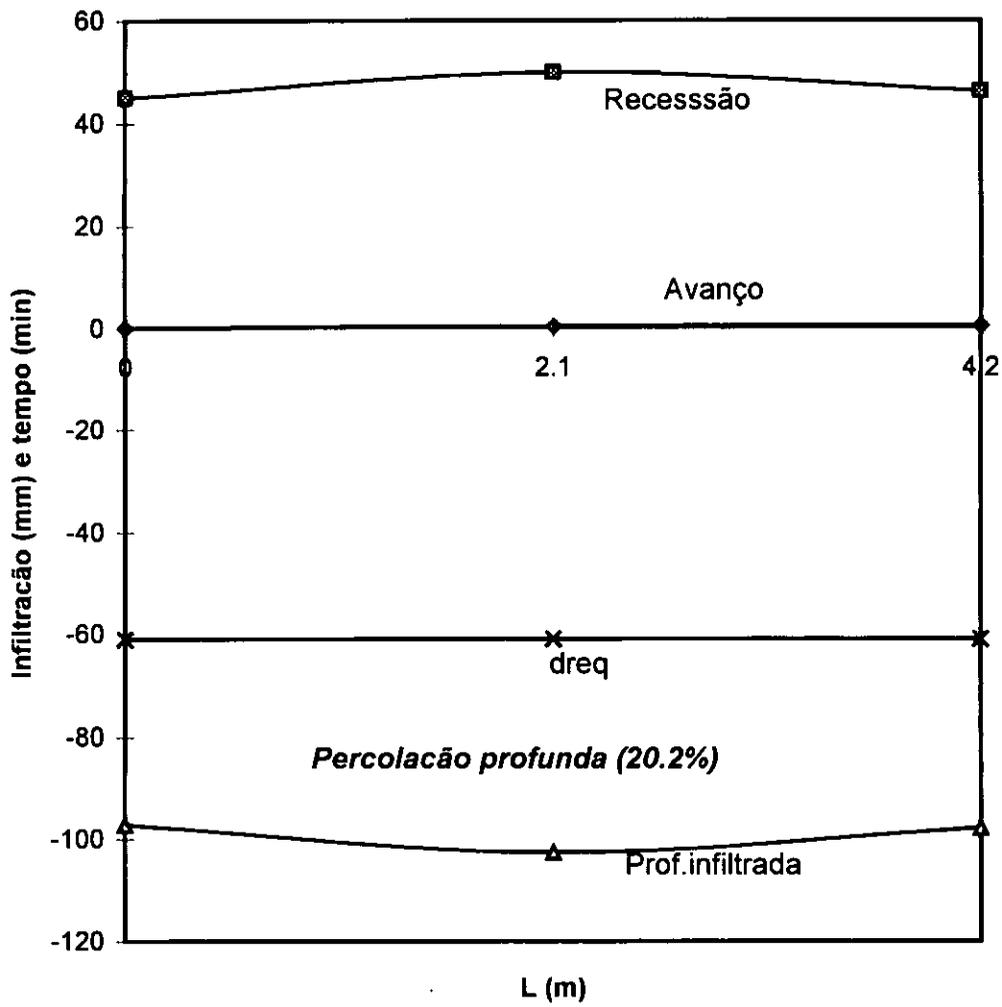




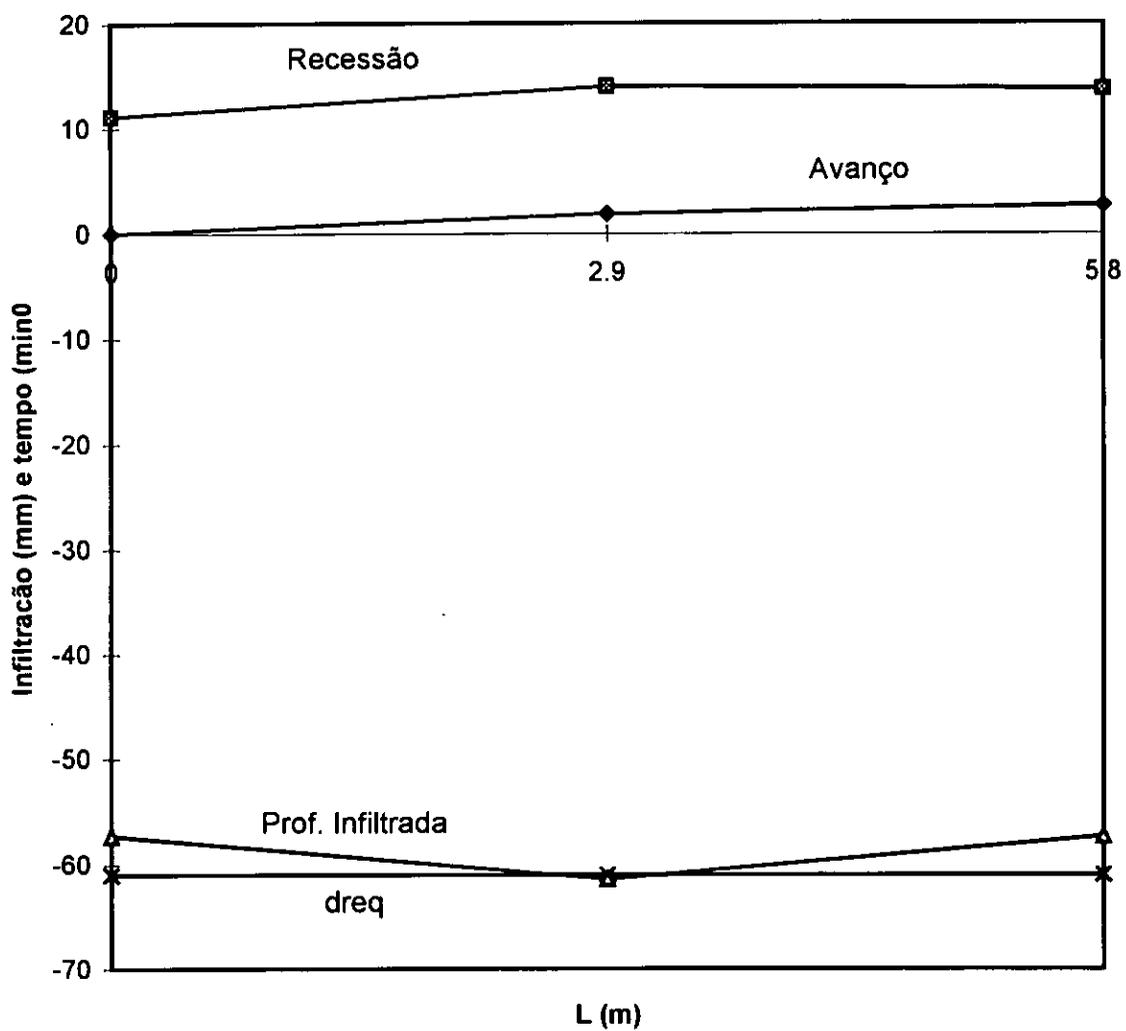




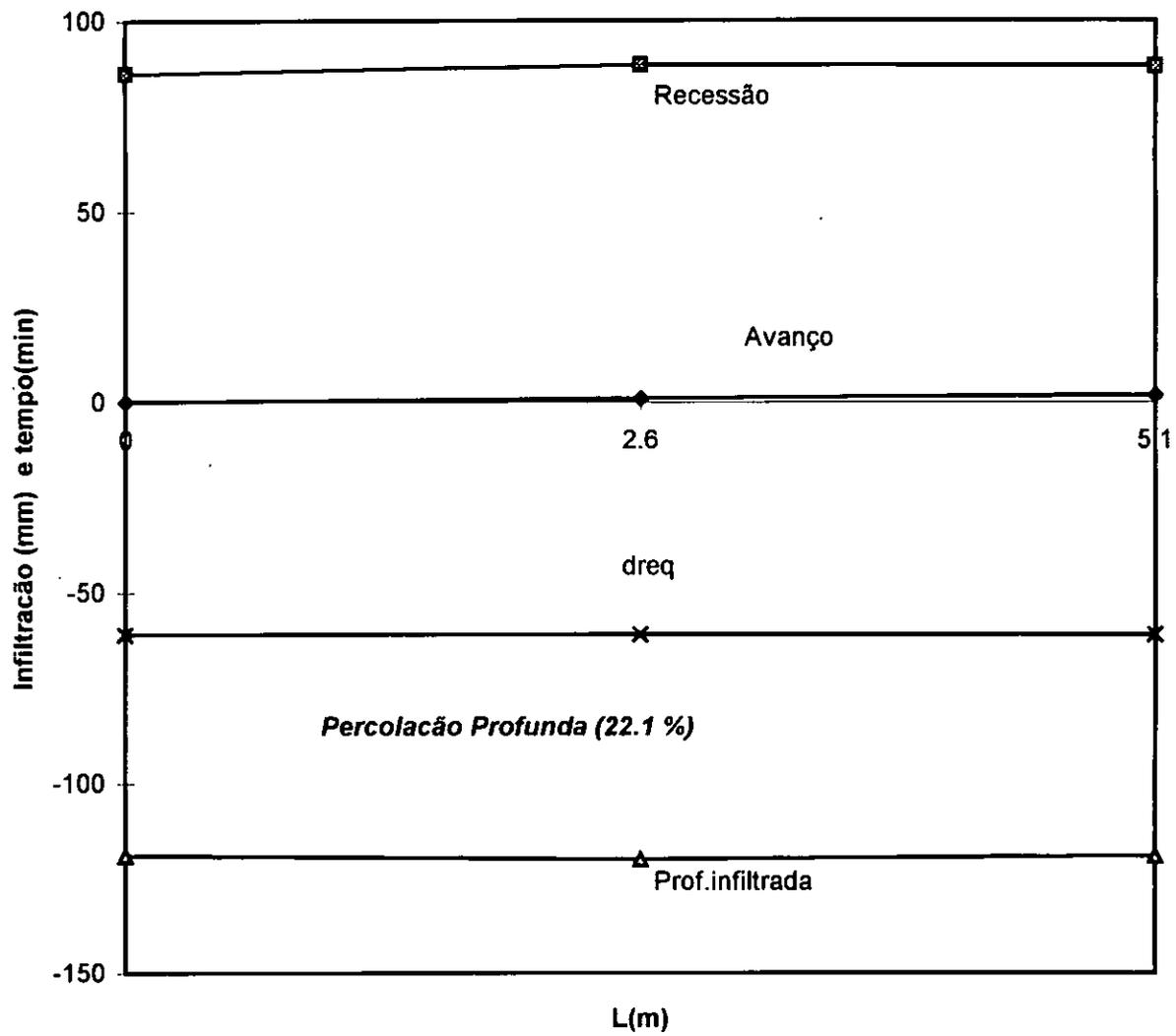
B2-D- Avanço e recessão



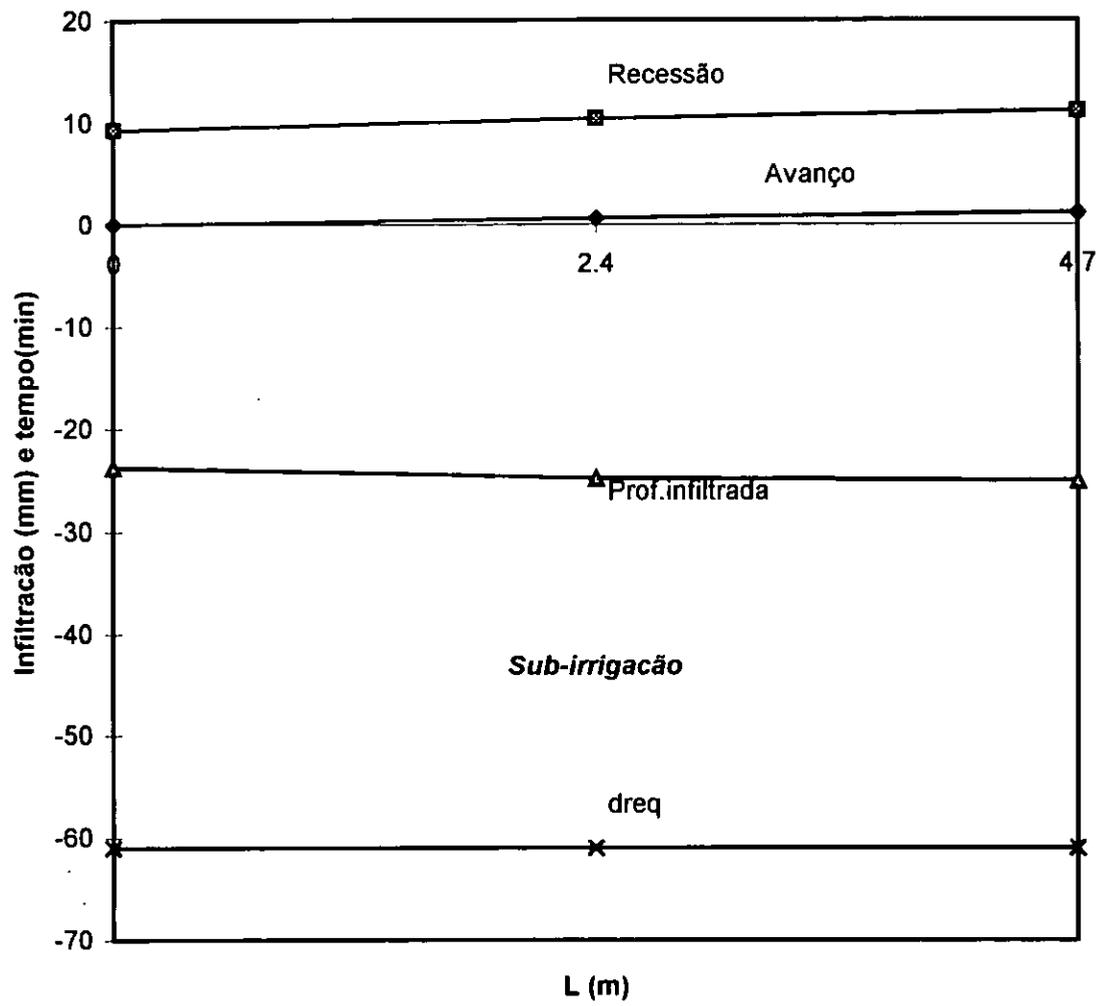
F1 - avanco e recessão



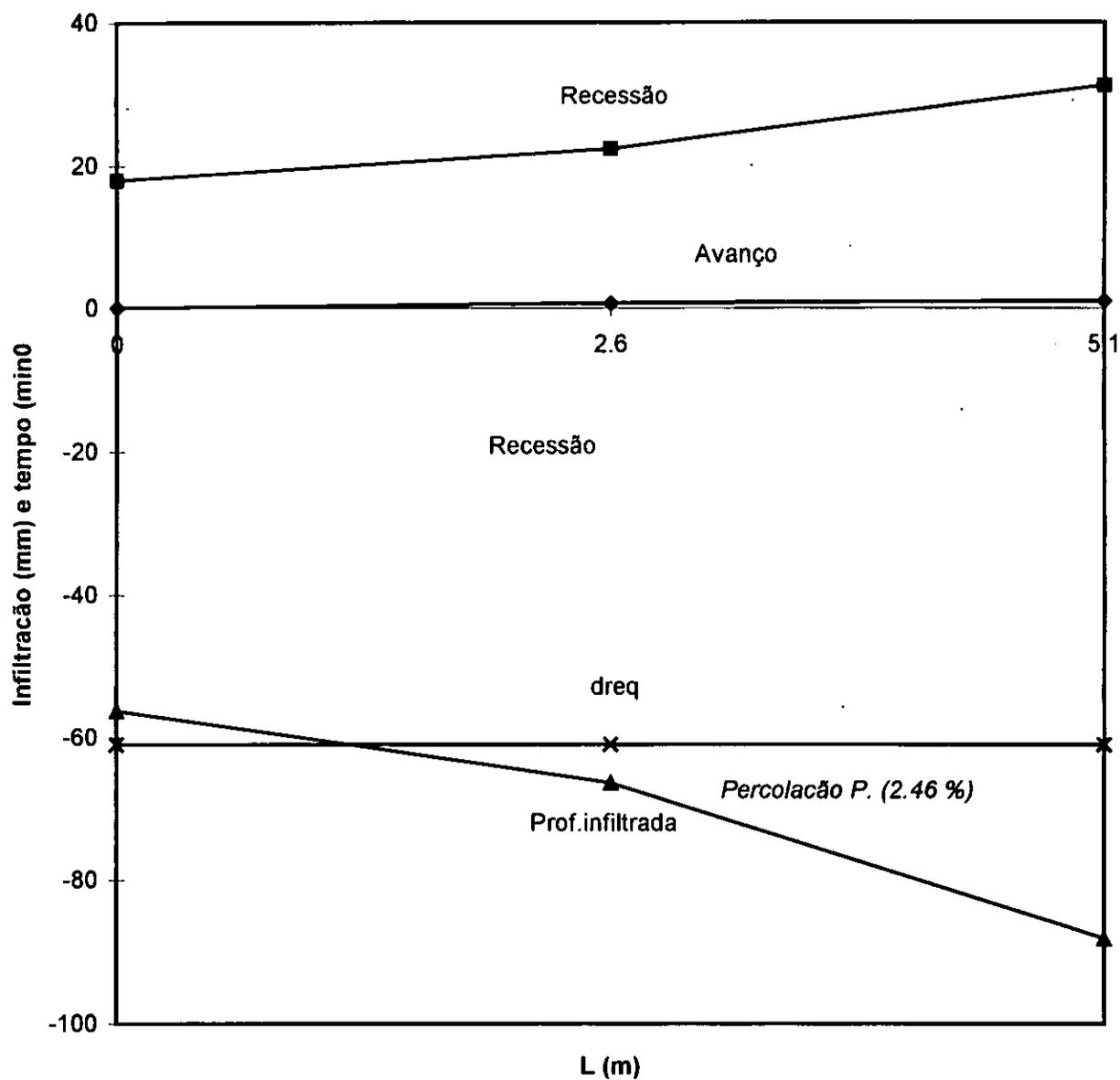
B2-D2- Avanco e recessão



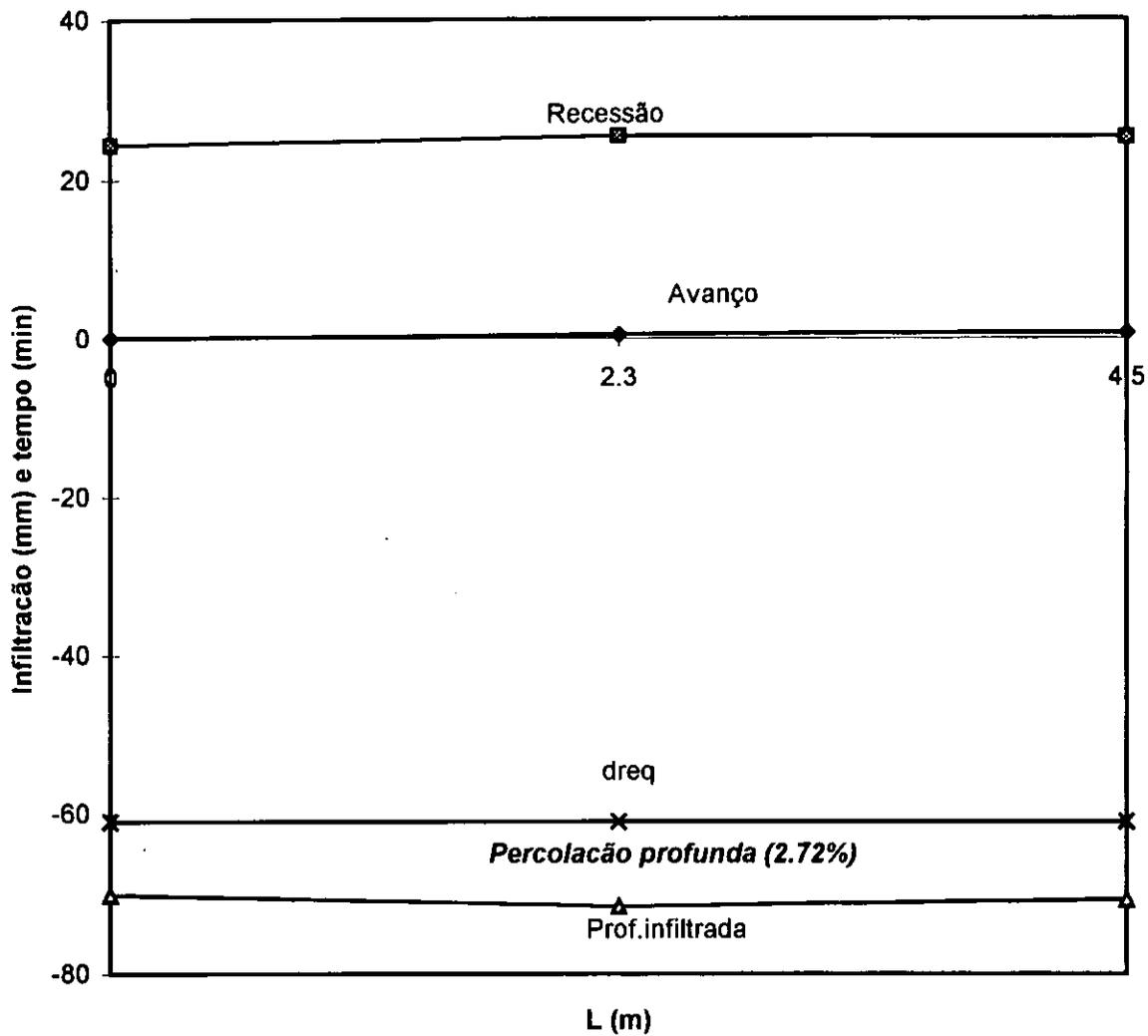
F6- Avanço e recessão



D4- avanço e recessão



D5-avanço e recessão



# ANEXO3-avanco e recessão médios

Resumo dos dados de avanço e recessão, suas eficiências e perdas.

Parcela - B2-D

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	45	-97.2	-61
2.1	0.4	50	-102.7	-61
4.2	0.6	46.2	-97.9	-61

tco(min) = 3

Declive (%) = 2,0

ea (%) =	32.2	r =	1.7095
es (%) =	100	p =	10.058
eu (%) =	97.7		
PP (mm) =	20.2		
ES (mm) =	47.6		

Parcela - F1

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11.1	-57.3	-61
2.9	1.8	14	-61.4	-61
5.8	2.6	13.7	-57.3	-61

tco = 5.05

Declive (%) = 2,0

ea (%) =	29.4	r =	1.885
es (%) =	96.2	p =	0.9577
eu (%) =	98.9		
PP (mm) =	0.0*	Sub-irrigação	
ES (mm) =	71.7		

Parcela - B2-D2

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.3	-119	-61
2.6	0.9	88.5	-120	-61
5.1	1.7	88.1	-119	-61

tco = 5.75

Declive (%) = 2,0

ea (%) =	23.1	r =	1.0593
es (%) =	100	p =	2.907
eu (%) =	99.6		
PP (mm) =	22.1		
ES (mm) =	54.8		

Parcela - F6

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.3	-23.8	-61
2.4	0.6	10.4	-24.9	-61
4.7	1.1	11.1	-25.1	-61

tco = 3.25

Declive (%) = 2,0

ea (%) =	41.4	r =	1.1088
es (%) =	40.3	p =	4.2286
eu (%) =	97.8		
PP (mm) =	0.0*	Sub-irrigação	
ES (mm) =	83.3		

Parcela - D4

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	17.9	-56.3	-61
2.6	0.6	22.3	-66.4	-61
5.1	0.9	31.1	-88.1	-61

tco = 3.5

Declive (%) = 2,0

ea (%) =	18.8	r =	1.6615
es (%) =	100	p =	6.0758
eu (%) =	83.1		
PP (mm) =	2.46		
ES (mm) =	78.3		

Parcela - D5

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	24.3	-70.1	-61
2.3	0.4	25.4	-71.5	-61
4.5	0.6	25.2	-70.7	-61

tco = 3.15

Declive (%) = 2,0

ea (%) =	17.3	r =	1.6553
es (%) =	100	p =	10.482
eu (%) =	99.3		
PP (mm) =	2.72		
ES (mm) =	80.3		

Legenda:

Z (mm) - Profundidade infiltrada pela rega.

Zreq (mm) - Profundidade necessária para satisfazer as culturas.

tco - tempo de corte em minutos.

PP - percolação profunda.

ES - escoamento superficial.

F1

**sulco 1**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11.1	57.3	61
3.9	1.8	14	61.41	61
6.8	2.6	13.7	57.3	61

tco(min) 5.1

**sulco 2**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11.2	57.68	61
3.5	1.9	14.1	61.41	61
7	2.7	13.8	57.3	61

tco(min) 5.11

**sulco 3**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11.4	58.43	61
3.55	2.1	14.3	61.41	61
7.1	2.9	14	57.3	61

tco(min) 5.15

**sulco 4**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11.1	57.3	61
2.4	1.8	14	61.41	61
4.8	2.6	13.7	57.3	61

tco(min) 5

**sulco 5**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11	56.92	61
2.3	1.7	13.9	61.41	61
4.6	2.5	13.6	57.3	61

tco(min) 4.99

**sulco 6**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	10.8	56.16	61
2.25	1.5	13.7	61.41	61
4.5	2.3	13.4	57.3	61

tco(min) 4.95

**sulco 7**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11.2	57.68	61
2.9	1.9	14.1	61.41	61
5.9	2.7	13.8	57.3	61

tco(min) 5.03

**sulco 8**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11.3	58.05	61
3.55	2	14.2	61.41	61
7.1	2.8	13.9	57.3	61

tco(min) 5.12

**sulco 9**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11.3	58.05	61
3.55	2	14.2	61.41	61
7.1	2.8	13.9	57.3	61

tco(min) 5.5

**sulco 10**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11	56.92	61
2.35	1.7	13.9	61.41	61
4.7	2.5	13.6	57.3	61

tco(min) 5.07

**sulco 11**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	10.9	56.54	61
2.25	1.6	13.8	61.41	61
4.5	2.4	13.5	57.3	61

tco(min) 4.98

**sulco 12**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	10.9	56.54	61
2.25	1.6	13.8	61.41	61
4.5	2.3	13.5	57.68	61

tco(min) 4.6

**sulco 13**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11.3	58.05	61
3.5	2	14.2	61.41	61
7	2.8	13.9	57.3	61

tco(min) 5.06

**sulco 14**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11.2	57.68	61
3.55	1.9	14.1	61.41	61
7.1	2.7	13.8	57.3	61

tco(min) 5.13

**sulco 15**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11.2	57.68	61
3.6	1.9	14.1	61.41	61
7.2	2.7	13.8	57.3	61

tco(min) 5.6

**sulco 16**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	10.9	56.54	61
2.3	1.6	13.8	61.41	61
4.6	2.4	13.5	57.3	61

tco(min) 5.04

**sulco 17**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11	56.92	61
2.25	1.7	13.9	61.41	61
4.5	2.5	13.6	57.3	61

tco(min) 4.97

**sulco 18**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11	56.92	61
2.2	1.7	13.9	61.41	61
4.4	2.5	13.8	58.05	61

tco(min) 4.5

es (%)	as (%)	su (%)	PP (%)	ES (%)
29.4	96.2	98.9	0.0*	71.7

\* Sub-irrigação

**médio**

L(m)	la(mm)	lrec(mm)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	11.1	57.3	61
2.9	1.8	14	61.41	61
5.8	2.6	13.7	57.3	61

tco(min) 5.05

r= 1.885

p= 0.9577

Q (l/s) 2.98

Z (mm) 9.792t<sup>0.734</sup>

D4

**sulco 1**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	19	59.3	61
3.55	0.7	23.4	69.04	61
6.1	1	32.2	90.62	61

tco(min) 3.4

**sulco 2**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	18.2	57.16	61
3.6	0.7	22.6	66.95	61
6.2	1	31.4	88.63	61

tco(min) 3.2

**sulco 3**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	18.5	57.96	61
3.3	0.8	22.9	67.48	61
7.1	1.1	31.7	89.12	61

tco(min) 3.8

**sulco 4**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	16.8	53.38	61
2.55	0.5	21.2	63.81	61
4.1	0.8	30	85.63	61

tco(min) 3.6

**sulco 5**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	17.6	55.54	61
2	0.5	22	65.91	61
4	0.8	30.8	87.63	61

tco(min) 3.3

**sulco 6**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	17.3	54.73	61
1.85	0.4	21.7	65.38	61
3.7	0.7	30.5	87.13	61

tco(min) 3.7

**sulco 7**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	20	61.96	61
3.55	0.8	24.4	71.37	61
7.1	1.1	33.2	92.85	61

tco(min) 3.1

**sulco 8**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	18.3	57.42	61
3.15	0.8	22.7	66.95	61
6.3	1.1	31.5	88.63	61

tco(min) 3.4

**sulco 9**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	18.1	56.89	61
3.2	0.7	22.5	66.69	61
6.4	1	31.2	88.13	61

tco(min) 3.6

**sulco 10**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	15.8	50.65	61
1.55	0.4	20.2	61.43	61
3.1	0.7	29	83.36	61

tco(min) 3.9

**sulco 11**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	17.5	55.27	61
1.85	0.4	21.9	65.91	61
3.9	0.7	30.7	87.63	61

tco(min) 3.5

**sulco 12**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	17.7	55.81	61
1.9	0.5	22.1	66.17	61
3.8	0.8	29.9	85.37	61

tco(min) 3.5

**sulco 13**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	19.9	61.69	61
3.7	0.9	24.3	70.86	61
7.4	1.2	33.1	92.35	61

tco(min) 3.7

**sulco 14**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	18.4	57.69	61
3.2	0.7	22.8	67.48	61
6.4	1	31.6	89.12	61

tco(min) 3.6

**sulco 15**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	18.2	57.16	61
3.15	0.8	22.5	66.43	61
6.3	1.2	31.4	88.13	61

tco(min) 3.4

**sulco 16**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	15.9	50.92	61
1.5	0.3	20.3	61.96	61
3	0.6	29.1	83.87	61

tco(min) 3.4

**sulco 17**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	17.4	57.97	61
1.9	0.5	21.8	66.45	61
3.8	0.8	30.6	88.13	61

tco(min) 3.7

**sulco 18**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	17.6	55.54	61
2.45	0.4	22	66.17	61
4.9	0.7	29.8	85.37	61

tco(min) 3.3

esl(%)	es(%)	su(%)	PP(%)	E5(%)
18.8	100	83.1	2.46	78.3

**médio**

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	17.9	56.35	61
2.6	0.6	22.3	66.43	61
5.1	0.9	31.1	88.13	61

tco(min) 3.5

r= 1.6615

p= 6.0758

Q (l/s) 3.54

Z (mm) 4.783t<sup>0.855</sup>

ANEXO3-Avanço e recessão

F6

sulco 1

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.3	39.93	61
2.85	0.6	10.4	41.5	61
5.7	1.1	11.1	42.12	61

tco(min) 3.26

sulco 2

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.4	40.25	61
2.9	0.7	10.5	41.5	61
5.8	1.2	11.2	42.12	61

tco(min) 2.07

sulco 3

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.6	40.88	61
2.9	0.9	10.7	41.5	61
5.8	1.4	11.4	42.12	61

tco(min) 3.35

sulco 4

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.3	39.93	61
1.9	0.6	10.4	41.5	61
3.8	1.1	11.1	42.12	61

tco(min) 3.24

sulco 5

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.2	39.62	61
1.8	0.5	10.3	41.5	61
3.6	1	11	42.12	61

tco(min) 3.53

sulco 6

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9	38.98	61
1.8	0.3	10.1	41.5	61
3.6	0.9	10.8	41.81	61

tco(min) 3.15

sulco 7

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.4	40.25	61
2.9	0.7	10.5	41.5	61
5.8	1.2	11.2	42.12	61

tco(min) 3.23

sulco 8

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.6	40.88	61
3	0.9	10.7	41.5	61
6	1.4	11.4	42.12	61

tco(min) 2.09

sulco 9

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.4	40.25	61
2.85	0.7	10.5	41.5	61
5.9	1.2	11.2	42.12	61

tco(min) 3.2

sulco 10

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.2	39.62	61
1.8	0.5	10.3	41.5	61
3.6	1	11	42.12	61

tco(min) 3.25

sulco 11

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9	38.98	61
1.7	0.3	10.1	41.5	61
3.4	0.9	10.8	41.81	61

tco(min) 3.51

sulco 12

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.2	39.62	61
1.75	0.5	10.3	41.5	61
3.5	1	11	42.12	61

tco(min) 4.6

sulco 13

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.5	40.56	61
2.9	0.8	10.6	41.5	61
5.8	1.3	11.3	42.12	61

tco(min) 3.25

sulco 14

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.5	40.56	61
3	0.8	10.6	41.5	61
6	1.3	11.3	42.12	61

tco(min) 3.5

sulco 15

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.6	40.88	61
2.9	0.9	10.7	41.5	61
5.8	1.4	11.4	42.12	61

tco(min) 3.33

sulco 16

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.1	39.3	61
1.8	0.4	10.2	41.5	61
3.6	0.9	10.9	42.12	61

tco(min) 3.25

sulco 17

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.1	39.3	61
1.7	0.4	10.2	41.5	61
3.4	0.9	10.9	42.12	61

tco(min) 3

sulco 18

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9	38.98	61
1.8	0.3	10.1	41.5	61
3.6	0.8	10.8	42.12	61

tco(min) 3.17

ca (%)	cs (%)	cu (%)	FP (%)	EF (%)
41.4	40.3	97.8	0.0*	83.3

\* Sub-irrigação

médio

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	9.3	39.93	61
2.35	0.6	10.4	41.5	61
4.7	1.1	11.1	42.12	61

tco(min) 3.25

r= 1.1088

p= 4.2286

Q (l/s) 3.02

Z (mm) 361\*0.736

ANEXO3-Avanço e recessão

D5

sulco 1

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	25.3	72.07	61
2.3	0.5	25.4	71.28	61
4.6	0.7	25.2	70.48	61

tco(min) 3.14

sulco 2

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	23.3	68.08	61
2.2	0.5	25.4	71.28	61
4.4	0.7	25.2	70.48	61

tco(min) 3.17

sulco 3

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	23.3	68.08	61
2.2	0.6	25.4	71.08	61
4.4	0.9	25.2	70.09	61

tco(min) 4.1

sulco 4

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	23.2	67.88	61
2.3	0.5	24.3	69.09	61
4.6	0.7	25.1	70.29	61

tco(min) 3.1

sulco 5

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	23.4	68.28	61
2.2	0.3	24.5	69.89	61
4.4	0.8	25.3	70.48	61

tco(min) 3.15

sulco 6

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	25.3	72.07	61
2.3	0.5	26.4	73.24	61
4.6	0.7	26.2	72.46	61

tco(min) 3.19

sulco 7

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	23.3	68.08	61
2.2	0.4	24.2	69.09	61
4.4	0.6	24.2	68.68	61

tco(min) 3.11

sulco 8

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	26.5	74.41	61
2.75	0.5	26.6	73.63	61
5.5	0.7	27.4	74.8	61

tco(min) 3.16

sulco 9

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	23.1	67.68	61
1.7	0.3	24.3	69.49	61
3.4	0.5	24	68.48	61

tco(min) 3.14

sulco 10

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	25.7	72.85	61
2.9	0.5	26.8	74.02	61
5.8	0.7	26.6	73.24	61

tco(min) 3.13

sulco 11

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	22.9	67.27	61
1.6	0.2	24	69.09	61
3.2	0.4	23.8	68.28	61

tco(min) 3.17

sulco 12

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	23.2	67.88	61
1.7	0.2	24.3	69.69	61
3.4	3.16	24.1	63.24	61

tco(min) 0

sulco 13

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	25.4	72.26	61
2.8	0.6	26.5	73.24	61
5.6	1	26.3	72.07	61

tco(min) 3.14

sulco 14

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	26.4	74.22	61
3.35	0.6	27.5	75.19	61
6.7	1.2	27.3	73.63	61

tco(min) 4.11

sulco 15

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	22.2	65.84	61
1.15	0.2	23.3	67.68	61
2.3	0.4	23.1	66.86	61

tco(min) 2.19

sulco 16

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	23	67.47	61
1.6	0.2	24.2	69.49	61
3.2	0.5	24.4	69.29	61

tco(min) 3.12

sulco 17

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	25.6	72.66	61
2.9	0.6	26.7	73.63	61
5.8	0.9	26.5	72.66	61

tco(min) 3.17

sulco 18

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

tco(min) -

ea(%)	es(%)	er(%)	PP(%)	ES(%)
17.3	100	99.3	2.72	80.3

médio

L(m)	la(mm)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	24.3	70.09	61
2.3	0.4	25.4	71.48	61
4.5	0.6	25.2	70.68	61

r= 1.6553

p= 10.482

Q (l/s) 5.99

B2 - D2

**sulco 1**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.3	119	61
3.05	0.9	88.5	120	61
6.1	1.7	88.1	119.1	61

tco(min) 5.78

**sulco 2**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.4	119.1	61
3.15	1	88.6	120	61
6.3	1.8	88.2	119.1	61

tco(min) 5.73

**sulco 3**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.6	119.2	61
3.1	1.2	88.8	120	61
6.2	2	88.9	119.5	61

tco(min) 5.25

**sulco 4**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.3	119	61
2.05	0.2	88.5	120.5	61
4.1	1.7	88.1	119.1	61

tco(min) 5.72

**sulco 5**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.2	118.9	61
1.85	0.8	88.4	120	61
3.9	1.6	88	119.1	61

tco(min) 5.77

**sulco 6**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86	118.8	61
2	0.6	88.2	120	61
4	1.4	87.8	119.1	61

tco(min) 5.75

**sulco 7**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.4	119.1	61
3.1	1	88.6	120	61
6.2	1.8	88.2	119.1	61

tco(min) 5.79

**sulco 8**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.6	119.2	61
3.2	1.2	88.8	120	61
6.4	2	88.9	119.5	61

tco(min) 5.83

**sulco 9**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.4	119.1	61
3.25	1	88.6	120	61
6.5	1.8	88.2	119.1	61

tco(min) 6.25

**sulco 10**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.2	118.9	61
2	0.8	88.4	120	61
4	1.6	88	119.1	61

tco(min) 5.71

**sulco 11**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86	118.8	61
1.9	0.6	88.2	120	61
3.8	1.4	87.8	119.1	61

tco(min) 5.57

**sulco 12**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.2	118.9	61
1.85	0.8	88.4	120	61
3.7	1.6	88	119.1	61

tco(min) 5.75

**sulco 13**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.5	119.1	61
3.15	1.1	88.7	120	61
6.3	1.9	88.3	119.1	61

tco(min) 5.8

**sulco 14**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.6	119.2	61
3.15	1.2	88.8	120	61
6.3	2	88.4	119.1	61

tco(min) 6.5

**sulco 15**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.1	118.8	61
1.85	0.7	88.3	120	61
3.9	1.5	87.9	119.1	61

tco(min) 5.7

**sulco 16**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86	118.8	61
1.85	0.6	88.2	120	61
3.9	1.4	87.8	119.1	61

tco(min) 5

**sulco 17**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

tco(min) -

**sulco 18**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

tco(min) -

aa (%)	as (%)	av (%)	FP (%)	EB (%)
23.1	100	99.6	22.1	54.8

**médio**

L(m)	la(min)	lrec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	86.3	119	61
2.55	0.9	88.5	120	61
5.1	1.7	88.1	119.1	61

tco(min) 5.75

r= 1.0593

p= 2.907

Q (l/s) 3.12

Z (mm) 9.4171\*0.569

B2 - D

sulco 1

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	45.1	97.34	61
3.6	0.5	50.1	102.7	61
5.2	0.7	46.3	97.95	61

tco(min) 3.7

sulco 2

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	45.3	97.58	61
2.75	0.7	50.3	102.7	61
5.5	0.9	46.5	97.95	61

tco(min) 3.8

sulco 3

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	44.9	97.1	61
1.6	0.3	49.9	102.7	61
3.2	0.5	46.1	97.95	61

tco(min) 2.3

sulco 4

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	44.7	96.85	61
1.45	0.2	49.7	102.6	61
2.9	0.3	45.9	97.95	61

tco(min) 2.2

sulco 5

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	45.2	97.46	61
2.65	0.6	50.2	102.7	61
5.3	0.8	46.4	97.95	61

tco(min) 3.3

sulco 6

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	45.2	97.46	61
2.7	0.6	50.2	102.7	61
5.4	0.8	46.4	97.95	61

tco(min) 3.1

sulco 7

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	45.1	97.34	61
2.7	0.5	50.1	102.7	61
5.4	0.7	46.3	97.95	61

tco(min) 3.5

sulco 8

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	44.9	97.1	61
1.5	0.3	49.9	102.7	61
3	0.5	46.1	97.95	61

tco(min) 2.5

sulco 9

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	44.8	96.98	61
1.55	0.2	49.8	102.7	61
3.1	0.4	46	97.95	61

tco(min) 2.7

sulco 10

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	44.8	96.98	61
1.5	0.2	49.8	102.7	61
3	0.4	46	97.95	61

tco(min) 2.9

sulco 11

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

tco(min) -

sulco 12

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

tco(min) -

sulco 13

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

tco(min) -

sulco 14

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

tco(min) -

sulco 15

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

tco(min) -

sulco 16

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

tco(min) -

sulco 17

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

tco(min) -

sulco 18

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

tco(min) -

es (%)	ns (%)	qs (%)	PP (%)	ES (%)
32.2	100	97.7	20.2	47.6

médio

L(m)	ta(min)	trec(min)	Z(mm)	Zreq(mm)
0	0	45	97.22	61
2.1	0.4	50	102.7	61
4.2	0.6	46.2	97.95	61

tco(min) 3

r= 1.7095

p= 10.058

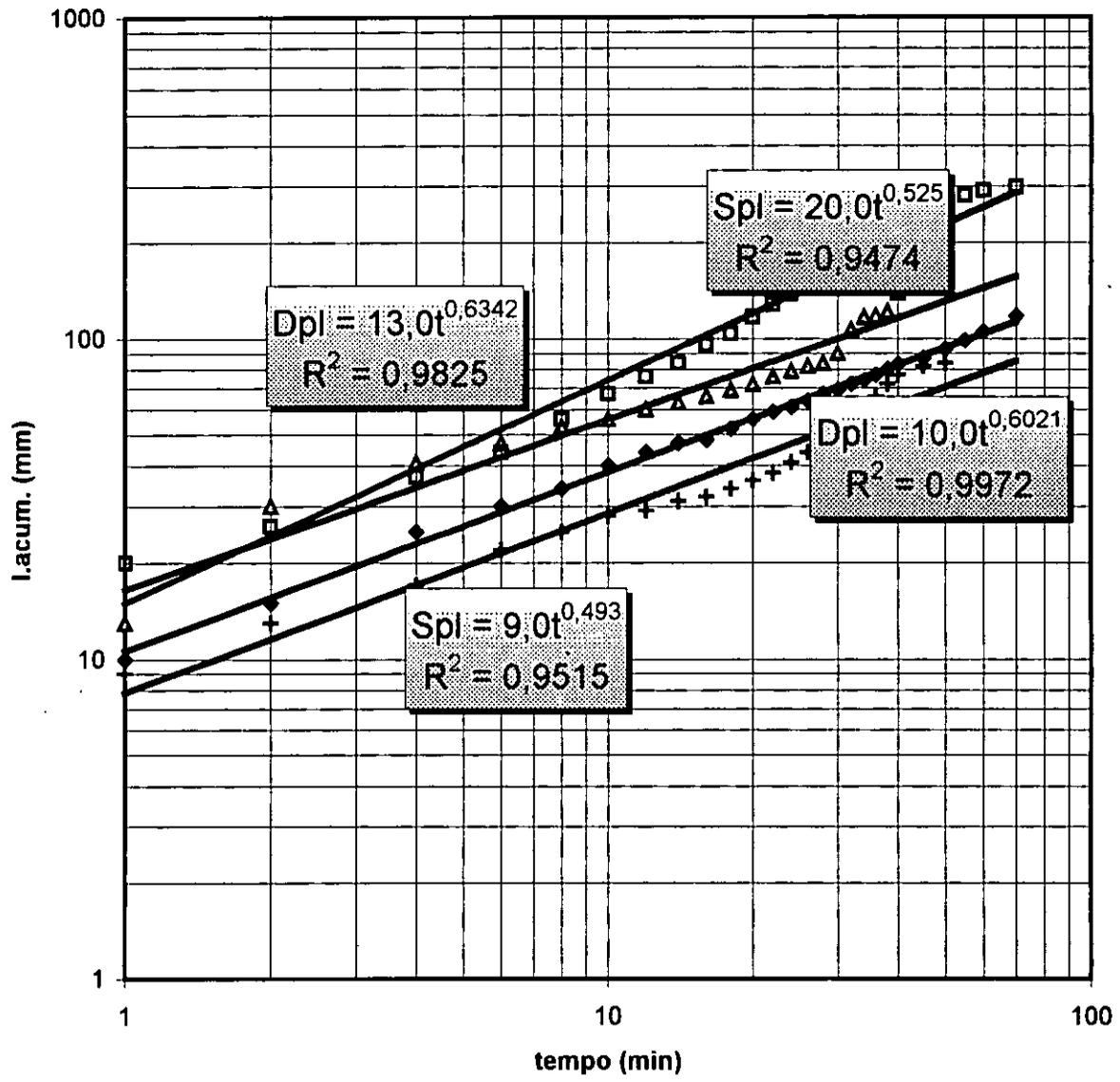
Q (l/s) 3.54

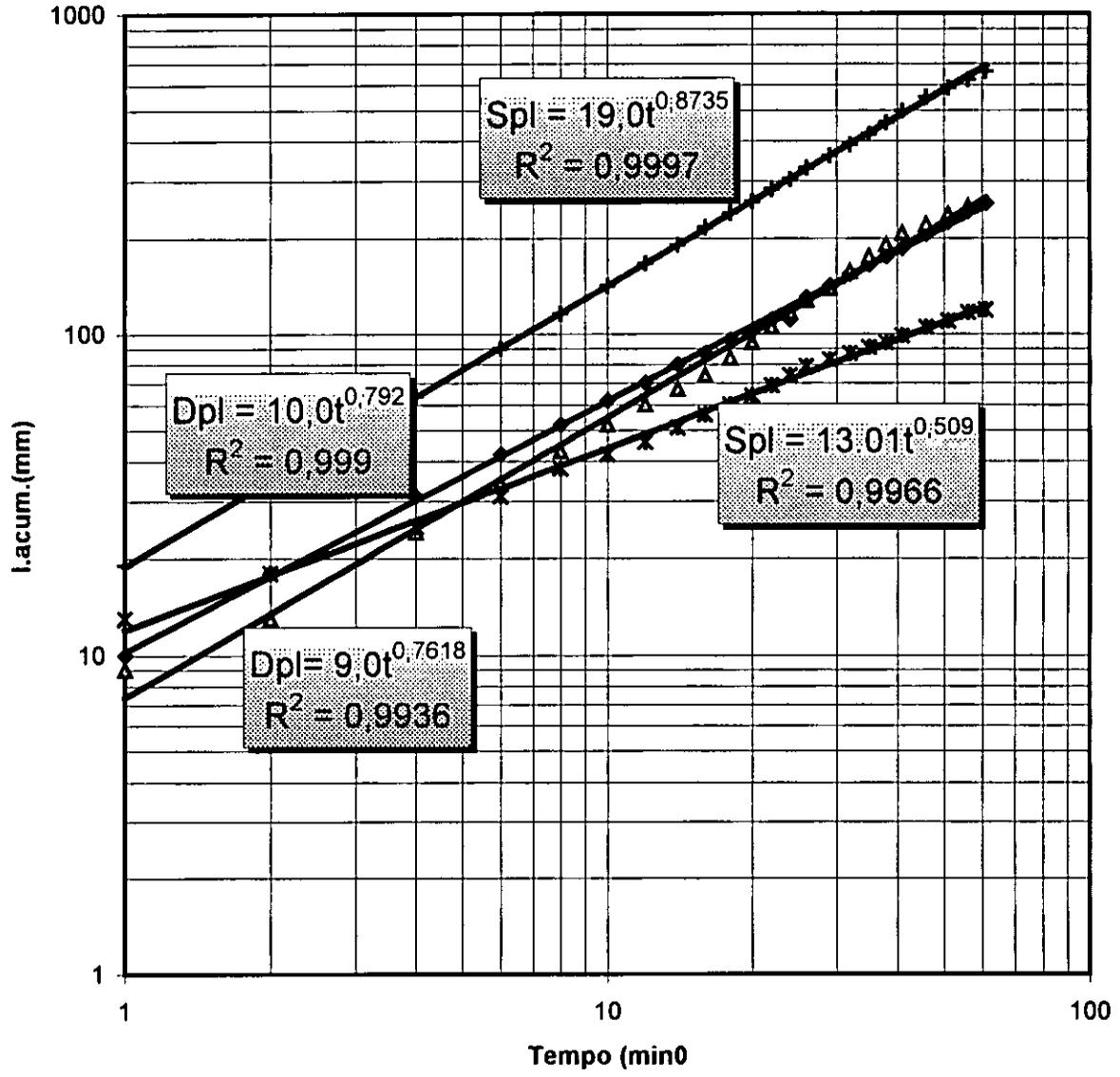
Z (mm) 11.3591\*0.564

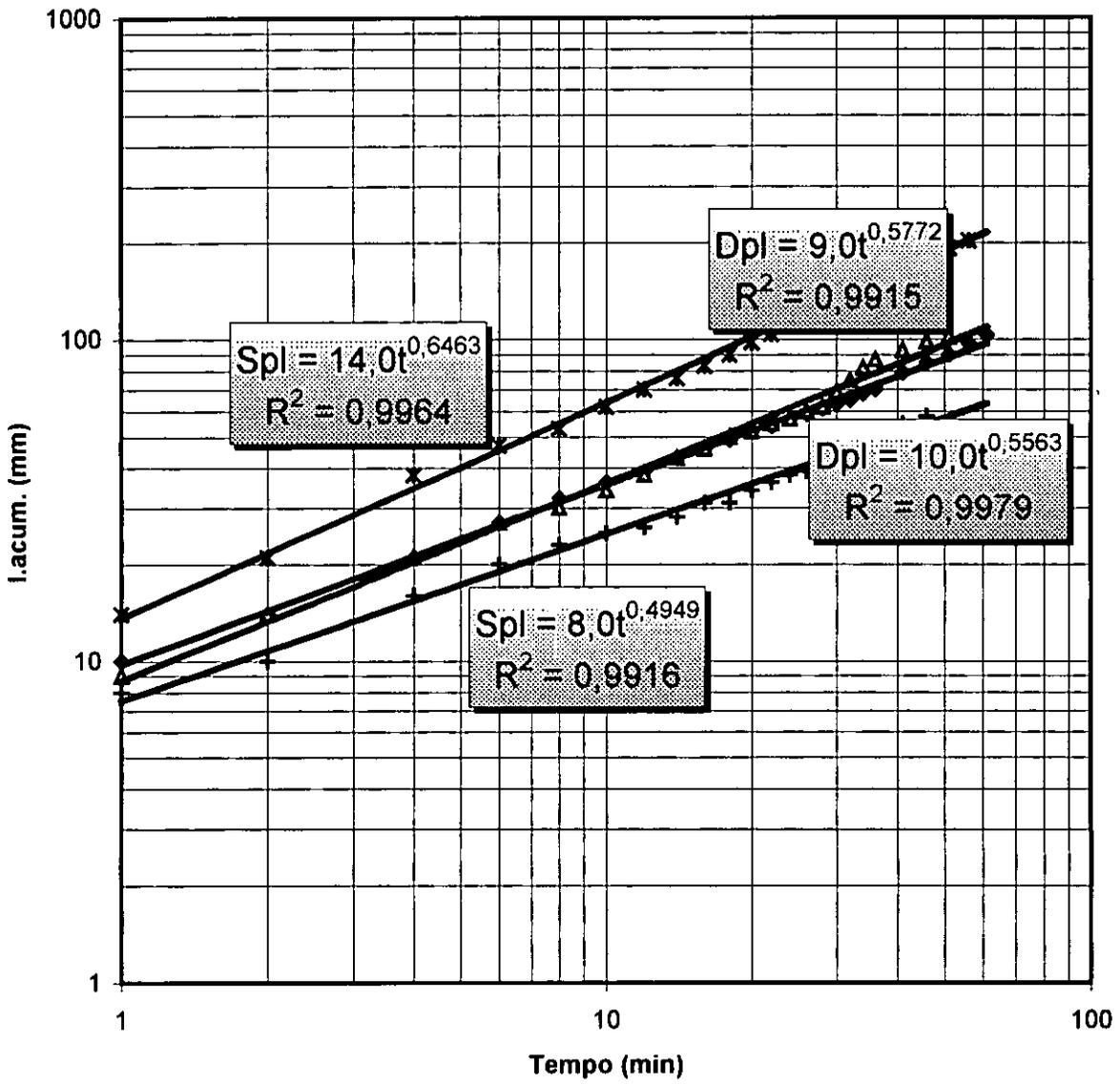


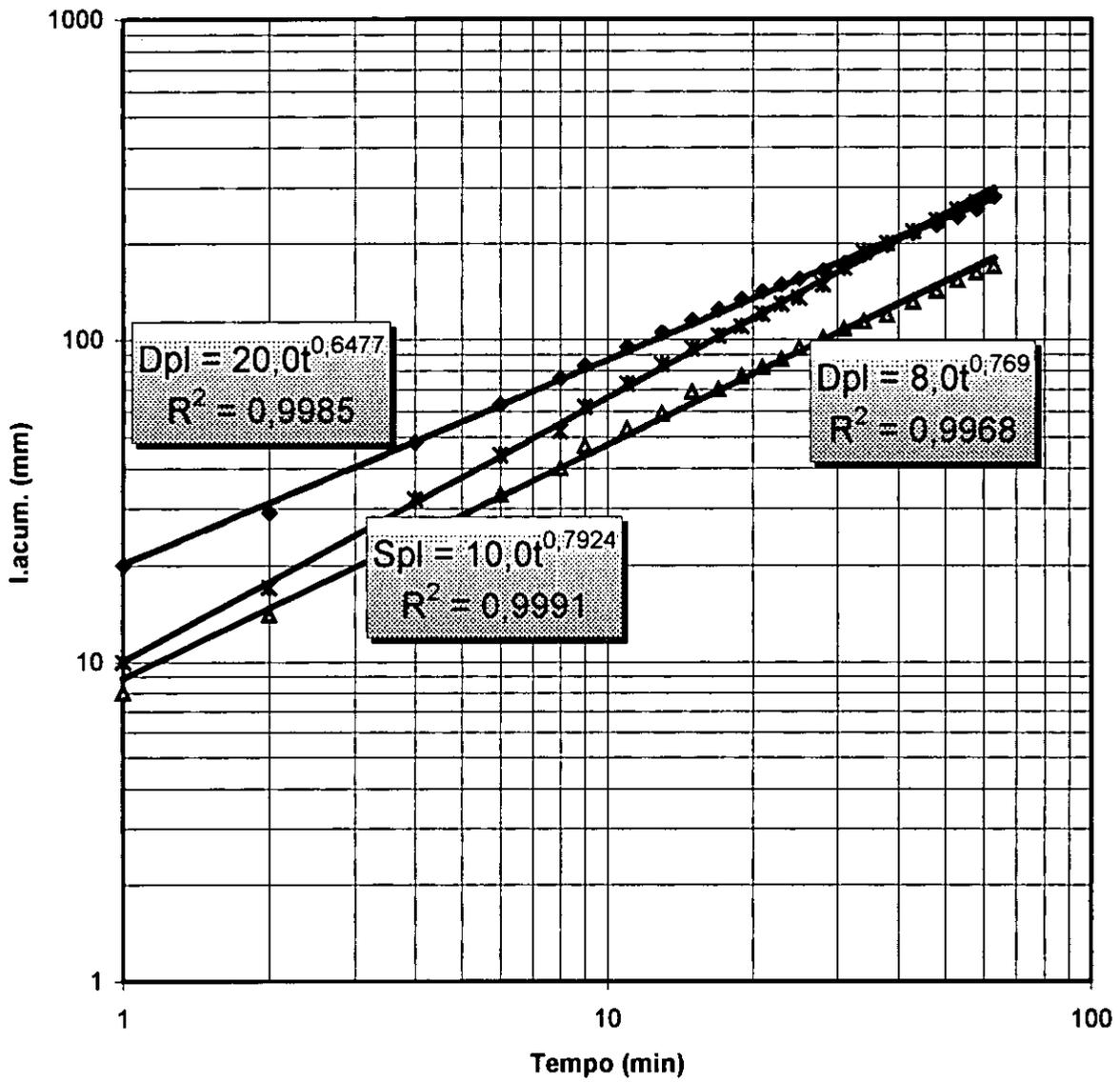


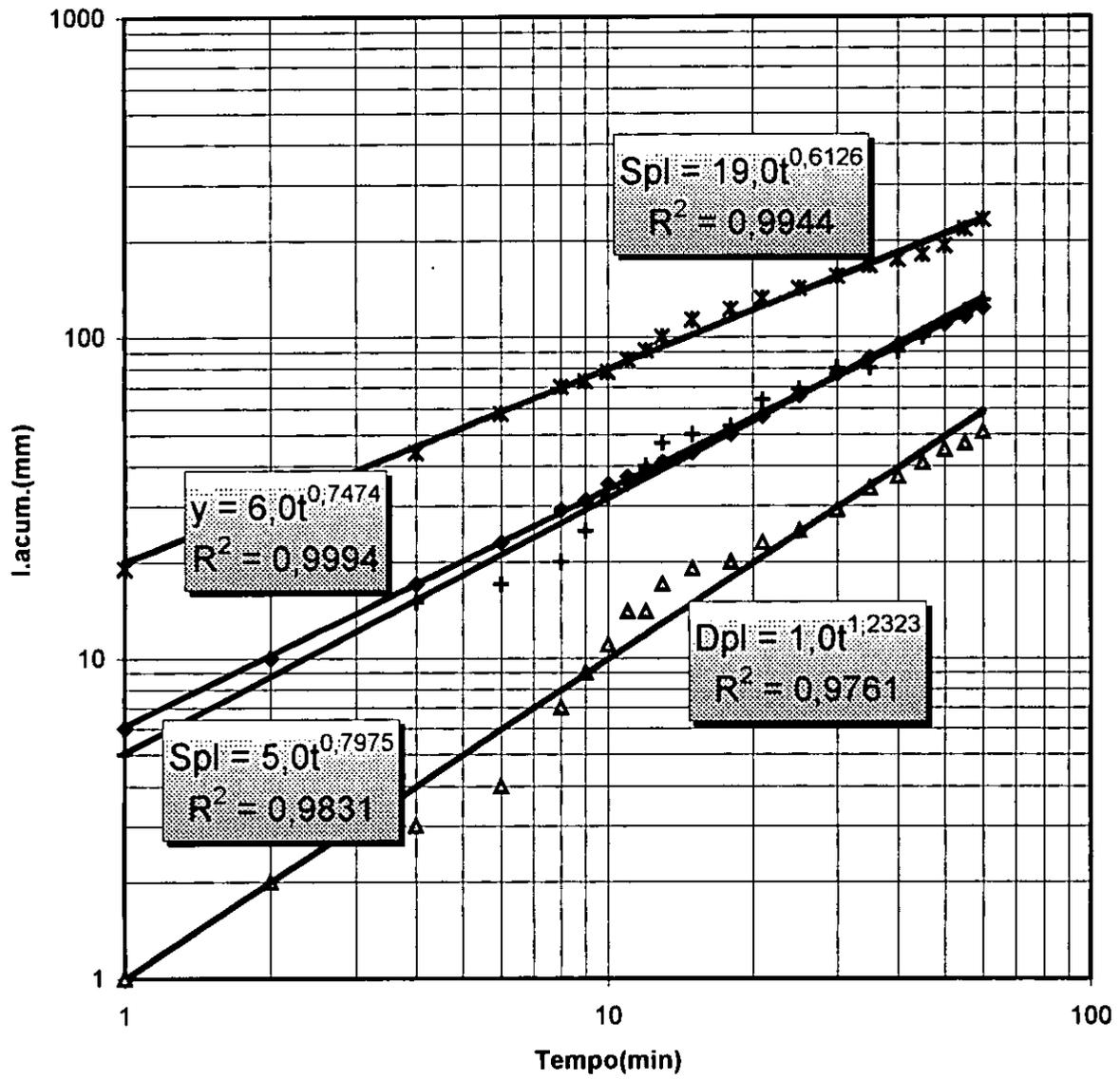


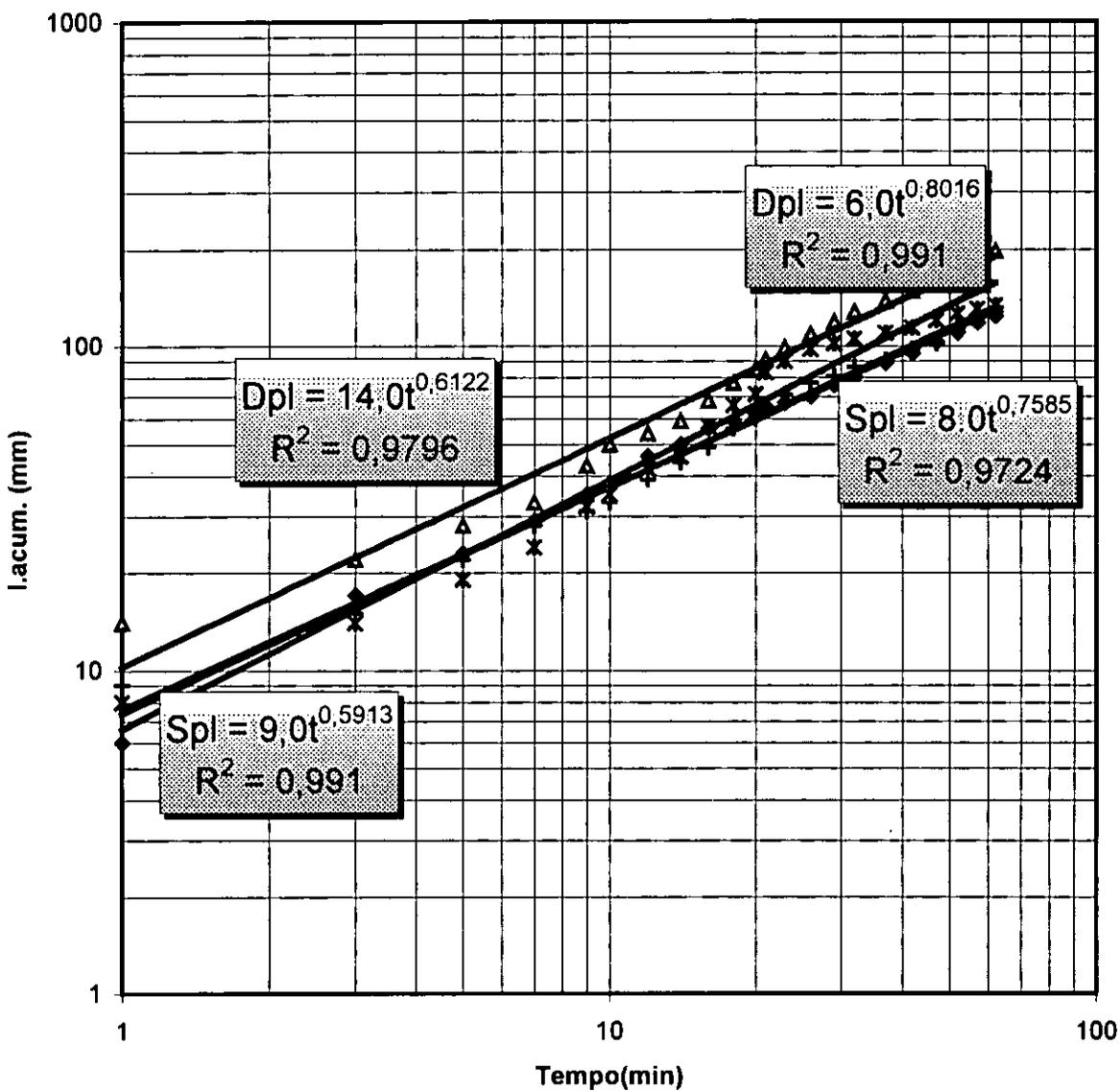












### 1. Comparação de médias dos métodos

*Obejctivo: Comparar as médias dos parâmetros de infiltração obtidos pelos 2 métodos.*

#### A – Tempo necessário para infiltrar 61 mm.

##### 1.1 Teste de homogeneidade das variâncias.

Curvas	A. Duplo	A. Simples
1	24	9
2	13	36
3	9	19
4	12	3
5	28	10
6	27	60
7	22	10
8	70	6
9	20	20
10	11	15
11	5	17
12	15	-
Total	256	205
Var.	16.99	16.39
Média	21.33	18.64

Hipóteses:

Ho:  $\delta 1 = \delta 2$

Ha:  $\delta 1 \neq \delta 2$

$F_{cal} = 16.99/16.36 = 1.04$

$F_{crit} \text{ g.l.}(11;10) (\alpha = 0.05) = 7.92$

Conclusão: não rejeita a Ho. = as variâncias são homogéneas.

##### 1.2 Teste de T.

Hipóteses:

Ho:  $\mu 1 = \mu 2$

Ha:  $\mu 1 \neq \mu 2$

$S_p^2 = \sqrt{(11 \cdot 16.99 + 10 \cdot 16.36) / (11 + 10 - 2)} = 4.186$

$T_{cal} = (21.33 - 18.64) / \sqrt{4.186(1/11 + 1/10)} = 3.0$

$T_{cri} \text{ g.l.} = 19 (\alpha = 0.02) = 3.579$

Conclusão: não rejeita a Ho. = as médias dos expoentes a de ambos métodos não se apresentam significamente diferentes na base do teste seleccionado a um nível de confiança de 99.8 %.

**B - Expoente a.****1.1 Teste de homogeneidade das variâncias.**

Curvas	A Duplo	A Simples
1	0.6021	0.5250
2	0.6342	0.4930
3	0.792	0.5090
4	0.7618	0.8735
5	0.5563	0.6463
6	0.5772	0.4949
7	0.7084	0.7924
8	0.7474	0.6126
9	1.2323	0.8271
10	0.8016	0.7585
11	0.6122	0.5913
Total	8.0256	7.1236
Var.	0.036	0.020
Média	0.7296	0.6476

Hipóteses:

Ho:  $\delta 1 = \delta 2$

Ha:  $\delta 1 \neq \delta 2$

$F_{cal} = 0.036/0.020 = 1.80.$

$F_{crit} g.l.(10;10) (\alpha = 0.05) = 2.94.$

Conclusão: não rejeita a Ho. = as variâncias são homogêneas.

**1.3 Teste de T.**

Hipóteses:

Ho:  $\mu 1 = \mu 2$

Ha:  $\mu 1 \neq \mu 2$

$S_p^2 = (0.036 + 0.020) * 10/20 = 0.028.$

$T_{cal} = (0.7296 - 0.6476) / \sqrt{0.028(1/11 + 1/11)} = 1.15.$

$T_{cri} g.l.=20 (\alpha = 0.05) = 2.086.$

Conclusão: não rejeita a Ho. = as médias dos expoentes a de ambos métodos não se apresentam significamente diferentes na base do teste selecionado a um nível de confiança de 95 %.

## C – Coeficiente k

## 1.1 Teste de homogeneidade das variâncias.

Curvas	A. Duplo	A. Simples
1	10	20
2	13	9
3	10	13
4	9	19
5	10	14
6	9	8
7	14	10
8	6	19
9	1	5
10	6	8
11	14	9
Total		
Var.	15.02	26.96
Média	9.27	12.18

Hipóteses:

$$H_0: \delta_1 = \delta_2$$

$$H_a: \delta_1 \neq \delta_2$$

$$F_{cal} = 26.96/15.02 = 1.79.$$

$$F_{crit} g.l.(10;10) (\alpha = 0.05) = 2.94.$$

Conclusão: não rejeita a  $H_0$ . = as variâncias são homogêneas.

## 1.2 Teste de T.

Hipóteses:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$S_p^2 = (15.02 + 26.96) * 10/20 = 20.99.$$

$$T_{cal} = (12.18 - 9.27) / \sqrt{20.99(1/11 + 1/11)} = 1.49.$$

$$T_{cri} g.l.=20 (\alpha = 0.05) = 2.086.$$

Conclusão: não rejeita a  $H_0$ . = as médias dos coeficientes k de ambos métodos não se apresentam significamente diferentes na base do teste selecionado a um nível de confiança de 95 %.

**D – Infiltração básica****1.1 Teste de homogeneidade das variâncias.**

Curvas	A. Duplo	A. Simples
1	0.6813	0.7165
2	1.1470	0.2442
3	2.910	0.4068
4	2.1019	9.5998
5	0.4669	1.3597
6	0.5002	0.2208
7	1.9668	2.9102
8	1.2616	1.4100
9	0.6308	1.8532
10	1.8638	1.8241
11	1.0353	0.5611
Total		
Var.	0.625	7.18
Média	1.324	1.919

Hipóteses:

$$H_0: \delta_1 = \delta_2$$

$$H_a: \delta_1 \neq \delta_2$$

$$F_{cal} = 7.18/0.625 = 11.472.$$

$$F_{crit} \text{ g.l.}(10;10) (\alpha = 0.05) = 2.94.$$

Conclusão: rejeita-se a  $H_0$ . = as variâncias não são homogêneas.

Para encontrar homogeneidade entre as variâncias teve que fazer uma transformação do tipo  $\log(x+1)$ .

**1.3 Teste de T.**

Hipóteses:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$S_p^2 = (7.18 + 0.625) * 10/20 = 3.90.$$

$$T_{cal} = (1.919 - 1.324) / \sqrt{3.90(1/11 + 1/11)} = 0.71$$

$$T_{cri} \text{ g.l.}=20 (\alpha = 0.05) = 2.086.$$

Conclusão: não rejeita a  $H_0$ . = as médias das infiltrações básicas dos dois métodos não se apresentam significativamente diferentes na base do teste selecionado a um nível de confiança de 95 %.

## 2. Análise de variância.

*Objectivo: separar o erro total em suas componentes e sugerir uma técnica que possa melhorar a colheita deste tipo de dados neste local, baseando-se no parâmetro que apresentar maior margem de erro.*

Foi usado o modelo dum delineamento completamente casualizado

## A- Tempo necessário para infiltrar 61 mm

Trat.	Rep1						Rep2					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
A.dp	24	9	28	5	22	20	13	12	27	15	70	11
A.Sp	9	36	19	10	10	6	36	3	60	-	20	17

Totais de replicações X tratamentos

Nº de trat.	(RT)		Tot. trat. (T)
	Rep.1	Rep.2	
A.duplo	108	148	256
A.simples	90	136	226
Tot. rep@	198	284	
Total (G)			482

Hipóteses:

Ho:  $\tau_1 = \tau_2$

Ha:  $\tau_1 \neq \tau_2$

## Soma dos quadrados

- FC = 9680.167
- SQT = 5454.833
- SQtrat = 37.5
- SQEexp = 347.167
- SQEamost. = 5070.167

Tabela de análise de variância

Fonte de variação	g.l.	SQ	QM	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabulado</sub> 5%	1%
Tratamentos	1	37.5	37.5	0.216**	161	4.052
Erro experimental	2	347.167	173.583			
Erro amostral	19	5070.167	253.5083			
Total	22	5454.167				

\*\* = não significativo aos níveis de significância de 1 e 5%.

$C_v = 100\%$ . Significa que o nível de precisão com que foi medido este parâmetro é baixo o que poderá ter estado na origem do desvio em relação a média real.

Para a comparação de médias das repetições, calculou-se o erro padrão da diferença entre repetições

$S_d = \sqrt{2(QME_{exp})/r} \cdot s = \sqrt{2 \cdot (173.5833)/2} \cdot 6 = 5.38$  O erro padrão da diferença para qualquer par de repetições é de 5.38.

## B- expoente a

Trat	Rep1						Rep2					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
A.dp	0.602	0.792	0.556	0.708	0.747	0.802	0.634	0.762	0.577	0.708	1.232	0.6122
A.Sp	0.525	0.509	0.6463	0.792	0.612	0.612	0.493	0.8737	0.495	0.7924	0.827	0.5913

Totais de replicações X tratamentos

Nº de trat	(RT)		Tot. trat. (T)
	Rep.1	Rep.2	
A.duplo	4.2078	4.5261	8.7339
A.simples	3.6979	4.0722	7.7701
Tot. rep@	7.9057	8.5983	
Total (G)			16.504

Hipóteses:

Ho:  $\tau_1 = \tau_2$ Ha:  $\tau_1 \neq \tau_2$ 

Soma dos quadrados

- f) FC = 11.35
- g) SQT = 0.61
- h) SQtrat = 0.038
- i) SQEexp = 0.020
- j) SQEamost. = 0.55

Tabela de análise de variância

Fonte de variação	g.l.	SQ	QM	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tábulas</sub> 5%	1%
Tratamentos	1	0.038	0.038	3.8**	161	4.052
Erro experimental	2	0.020	0.010			
Erro amostral	20	0.55	0.0275			
Total	23	0.61				

\*\* = não significativo aos níveis de significância de 1 e 5%.

$C_v = 14,5\%$ . Significa que o nível de precisão com que foi medido este parâmetro é baixo o que poderá ter estado na origem do desvio em relação a média real.

Para a comparação de médias das repetições, calculou-se o erro padrão da diferença entre repetições

$S_d = \sqrt{2(QME_{exp})/r*s} = \sqrt{2*(0.01)/2*6} = 0.04$  O erro padrão da diferença para qualquer par de repetições é de 0.04.

## C- coeficientes k

Trat	Rep1						Rep2					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
A.dp	10	10	10	14	6	6	13	9	9	14	1	14
A.Sp	20	13	14	10	19	8	9	19	8	10	5	9

Totais de replicações X tratamentos

Nº de trat	(RT)		Tot. trat. (T)
	Rep.1	Rep.2	
A.duplo	56	60	116
A.simples	84	60	144
Tot. rep@	140	120	
Total (G)			260

Hipóteses:

Ho:  $\tau_1 = \tau_2$ Ha:  $\tau_1 \neq \tau_2$ 

## Soma dos quadrados

- k) FC = 2816.7
- l) SQT = 477.3
- m) Sqtrat = 32.6
- n) SQEexp = 49.3
- o) SQEamost. = 411.93

Tabela de análise de variância

Fonte de variação	g.l.	SQ	QM	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabela</sub>	
					5%	1%
Tratamentos	1	32.6	32.6	1.32**	161	4.052
Erro experimental	2	49.3	24.67			
Erro amostral	20	411.93	20.6			
Total	23	477.3				

\*\* = não significativo aos níveis de significância de 1 e 5%.

$C_v = 46\%$ . Significa que o nível de precisão com que foi medido este parâmetro é baixo o que poderá ter estado na origem do desvio em relação a média real.

Para a comparação de médias das repetições, calculou-se o erro padrão da diferença entre repetições

$$S_d = \sqrt{2(QME_{exp})/r*s} = \sqrt{2*(24.7)/2*6} = 2.03 \text{ O erro padrão da diferença para qualquer par de repetições é de 2.03.}$$

Como o  $QME_{exp}$  é maior que  $QME_{amost}$  um método para reduzir o  $C_v$  (melhorar a precisão) é o aumento do tamanho de replicações da seguinte maneira:

$$S1^2 = QME_{amost} = 20.6 \text{ e } S2^2 = (QME_{exp} - QME_{amost})/6 \text{ parcelas} = (24.67 - 20.6)/6 = 0.68.$$

A variância da média das repetições  $v(X)$  e o respectivo  $C_v(X)$  expresso em % do valor médio é dado por:

$$V(X) = (S2^2 - 6*S1^2)/2*6 = (20.6 - 6*0.68)/12 = 2.06$$

$$C_v(X) = 100[\sqrt{v(X)}/\text{média}] = 100*(\sqrt{2.06})/10.8 = 13.3\%.$$

Com base nos valores acima determinados, a presente medição dos valores de k apresenta uma margem de erro de cerca de 27%, tornando-se assim necessário reduzir esta margem.

A seguir constrói-se uma tabela que relaciona o  $Cv(X)$ , o tamanho amostral e o nº de repetições

Estimativas do erro padrão (5)  $Cv(X)$

Nº de parcelas (s)	R=2	R=3	R=4	R=5	R=6
6	13.3	10.8	9.4	8.3	7.7
8	11.8	9.6	8.4	7.5	6.8
10	10.8	8.8	7.7	6.9	6.3
12	10.1	8.3	7.2		

Como se pode ver, dependendo da precisão desejada pode-se seleccionar o nº de repetições que dá uma boa média.

#### D- Infiltração básica

Trat.	Rep1						Rep2					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
A.dp	0.6813	2.910	0.4669	1.966	1.261	1.863	1.1470	2.1019	0.500	1.9668	0.6308	1.0353
A.Sp	0.7165	0.407	1.3597	2.910	1.410	1.824	0.2442	9.5998	0.221	2.9102	1.8532	0.5617

Totais de replicações X tratamentos

Nº de trat.	(RT)		Tot. trat. (T)
	Rep 1	Rep 2	
A.duplo	9.1498	7.3820	16.5318
A.simples	8.6273	15.3899	24.0172
Tot. rep®	17.8071	22.7719	
Total (G)			40.579

Hipóteses:

Ho:  $\tau_1 = \tau_2$

Ha:  $\tau_1 \neq \tau_2$

Soma dos quadrados

- p) FC = 68.6
- q) SQT = 81.7
- r) SQtrat = 2.24
- s) SQEexp = 4.08
- t) SQEamost. = 75.38

Tabela de análise de variância

Fonte de variação	g.l	SQ	QM	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub>
					5% · 1%
Tratamentos	1	2.24	2.24	1.10**	161 · 4.052
Erro experimental	2	4.08	2.04		
Erro amostral	20	75.38	3.78		
Total	23				

\*\* = não significativo aos níveis de significância de 1 e 5%.

$Cv = 84,5\%$ . Significa que o nível de precisão com que foi medido este parâmetro é baixo o que poderá ter estado na origem do desvio em relação a média real (mas devido ao menor tempo de teste este coeficiente não é tomado em consideração).

Para a comparação de médias das repetições, calculou-se o erro padrão da diferença entre repetições

$S_d = \sqrt{2(QME_{exp})/r} \cdot s = \sqrt{2 \cdot (3.78)/2} \cdot 6 = 0.83$ . O erro padrão da diferença para qualquer par de repetições é de 0.83.

### 3. Comparação de médias das repetições.

*Objectivo: já que os testes anteriores revelam não existir uma diferença significativa entre as médias dos parâmetros obtidos por cada método achou-se imperioso testar a variabilidade das parcelas que poderia estar na origem destes resultados..*

Para este teste foram consideradas para cada parâmetro as suas médias em cada parcela. Os erros padrões das diferenças calculadas anteriormente foram comparados com diferenças numéricas entre médias das parcelas em cada parâmetro como se pode ver abaixo.

Médias das parcelas

Parcelas	Tempo para infiltrar 61 mm	Coefficiente k	Expoente a	I.bas
B2-D	20.5	13	0.56	0.70
F1	15	12.75	0.73	3.75
B2-D2	33.5	10.25	0.57	0.64
F6	10	12.0	0.75	2.44
D4	30.5	7.75	0.85	1.29
D5	13.5	9.25	0.69	1.32

Foram feitas todas combinações possíveis entre as parcelas, resultando no seguinte:

Se a diferença numérica (difer.) for maior que  $S_d$  = há diferença significativa (s)

Se a diferença numérica (difer.) for menor que  $S_d$  = não há diferença significativa (ns)

Comparações	Tempo (d= 61mm)			k			a			I.bas		
	Dif.	$S_d$	Dec.	Dif.	$S_k$	Dec.	Dif.	$S_a$	Dec.	Dif.	$S_i$	Dec.
B2- D e F1	5.5	5.38	S	1.75	2.03	ns	0.17	0.04	s	03.05	0.83	s
B2- D e D2-D2	13	5.38	S	1.0	2.03	ns	0.10	0.04	s	0.06	0.83	ns
B2- D e F6	10.5	5.38	S	2.75	2.03	s	0.19	0.04	s	1.74	0.83	s
B2- D e D4	10.5	5.38	S	3.75	2.03	s	0.29	0.04	s	0.56	0.83	ns
B2- D e D5	7	5.38	S	5.29	2.03	s	0.13	0.04	s	0.62	0.83	ns
F1 e B2-D2	18.5	5.38	S	1.75	2.03	ns	0.16	0.04	s	3.11	0.83	s
F1 e F6	5	5.38	n.s	2.50	2.03	s	0.02	0.04	ns	1.31	0.83	s
F1 e D4	15.5	5.38	S	3.50	2.03	s	0.12	0.04	s	2.46	0.83	s
F1 e D5	2.5	5.38	n.s	5.0	2.03	s	0.04	0.04	ns	2.43	0.83	s
B2-D2 e F6	23.5	5.38	S	1.75	2.03	ns	0.08	0.04	s	1.80	0.83	s
B2-D2 e D4	3	5.38	n.s	2.75	2.03	s	0.18	0.04	s	0.69	0.83	ns
B2-D2 e D5	20	5.38	S	4.29	2.03	s	0.12	0.04	s	0.68	0.83	ns
F6 e D4	20.5	5.38	S	1.0	2.03	ns	0.10	0.04	s	1.15	0.83	s
F6 e D5	3.5	5.38	n.s	2.50	2.03	s	0.06	0.04	s	1.12	0.83	s
D4 e D5	27	5.38	s	2.0	2.03	ns	0.16	0.04	s	0.03	0.83	ns

Assim, com base na tabela acima pode-se observar que realmente há grande variabilidade entre as parcelas quer em relação ao tempo necessário para infiltrar 61 mm, quer em k assim como em i.básica. Portanto, a diferença não significativa entre os dados fornecidos pelos dois métodos pode ser devido a esta variabilidade que se acaba de detectar associado a um tamanho de amostra relativamente menor (refiro-me ao número de repetições dentro das parcelas para cada método).

Dai, pode-se concluir que a variabilidade espacial tem um efeito maior que a introdução do anel exterior no método de medição de infiltração pelo anel duplo, podendo-se desta forma usar um ou outro método de medição sem qualquer risco de cometer grandes erros, não obstante o anel simples se mostrar mais sensível em relação a determinação do coeficiente k (veja a sua variância no teste de homogeneidade).

## ANEXO 6 - Análise de erosão

### Análise de erosão e rugosidade ao longo das parcelas.

1. Para cada parcela foi determinado caudal de sulco com base no Flume e tendo em conta as perdas por infiltração que ocorrem desde o local da medição do caudal e a cabeceira do sulco.
2. Com base nas áreas das cabeceiras dos sulcos obtidos nos testes de secção transversal dos sulcos, determinou-se a velocidade média do fluxo que ocorre nas cabeceiras dos sulcos tendo em conta a sua localização.
3. Determinada a velocidade média, comparou-se com a velocidade recomendada para o tipo de solo do local que por sinal é de textura franca de seguinte modo:
  - a) Caso a velocidade média do fluxo no sulco fosse maior que a velocidade máxima permitida, dizia-se que este fluxo apresentava grandes probabilidades de provocar erosão.
  - b) Caso a velocidade média estivesse no intervalo permitido, dizia-se não haver problemas.

NOTA: Se acontecesse quer o primeiro quer o segundo caso tentava-se sempre recomendar um declive ou orientação dos sulcos que pudessem minimizar o problema

4. Análise foi feita em função da distância e fez-se uma relação

Fórmulas e análises:

$$\bar{v} = \frac{Q_{\text{entrada}}}{A_{\text{cabeceira (sulco)}}$$

Velocidades permissíveis foram extraídas da literatura: Peter Stern (1994) tabela 29.

Areia = 0,5m/s	Franco = 0,9m/s
Franco arenoso = 0,6 m/s	Argila = 1,2m/s
Limo aluvial = 0,8m/s	Cascalho = 1,2m/s

5. Determinadas as velocidades médias, seguiu-se a determinação dos coeficientes de rugosidade que foram comparados aos teóricos fornecidos também por Peter Stern (1994) nas condições actuais no regadio de Sábie.

#### Coeficientes de rugosidade

Dado o declive médio do regadio de 2,0% segundo Don Smith (1993), os coeficientes de rugosidade foram determinados com base na seguinte equação de Manning:

$$\bar{v} = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * S^{1/2} \Leftrightarrow n = \frac{Rh^{2/3} * S^{1/2}}{\bar{v}}$$

Onde: S=declive do sulco (m/m)

Rh=raio hidráulico (m)

v=velocidade média do fluxo (m/s)

n=coeficiente de rugosidade de Manning

Os resultados obtidos são apresentados na tabela que se segue:

Parcelas	Q(m <sup>3</sup> /s)	A(m <sup>2</sup> )	v (m/s)	Rh (m)	n
B2-D	0.00354	0.0318	<b>0.1113</b>	0.045	<b>0.1607</b>
F6	0.00298	0.0263	<b>0.1133</b>	0.046	<b>0.1602</b>
B2-D2	0.00312	0.0214	<b>0.1458</b>	0.029	<b>0.0916</b>
F6	0.00302	0.0184	<b>0.1641</b>	0.035	<b>0.0922</b>
D4	0.00551	0.0214	<b>0.2575</b>	0.05	<b>0.0745</b>
D5	0.00599	0.0224	<b>0.2674</b>	0.038	<b>0.0598</b>
Média	0.004027	0.02362	<b>0.1768</b>	0.0405	<b>0.0946</b>

Nota: Esta análise assume um declive de sulcos igual para todas parcelas devido a indisponibilidade de declives individuais.

## ANEXO 6 - Análise de erosão

Estes resultados foram comparados aos teóricos esperados naquelas condições.

Com base nesta tabela pode-se ver que a velocidade do fluxo é muito baixa, enquanto que a rugosidade dos sulcos é tão elevada provavelmente devido ao facto de estar-se perante sulcos com graves problemas de manutenção caracterizados por denso crescimento de culturas e de ervas daninhas, solos com grandes torrões de areia resultantes de má preparação do terreno e mais.

*Estrutura de controlo do nível de água, soleira do tipo “bico-de-pato”*

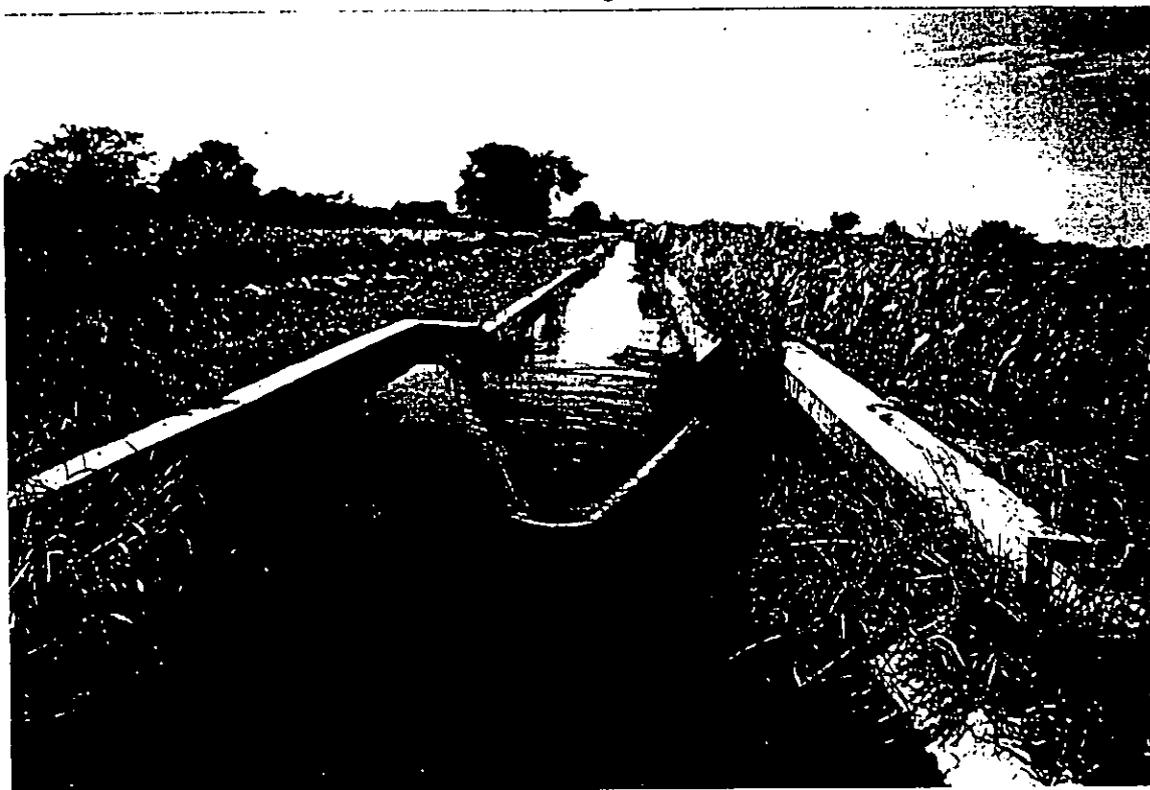


Foto: Pitoro (Sábie, 1997)

*Estrutura de tomada de água para as parcelas.*

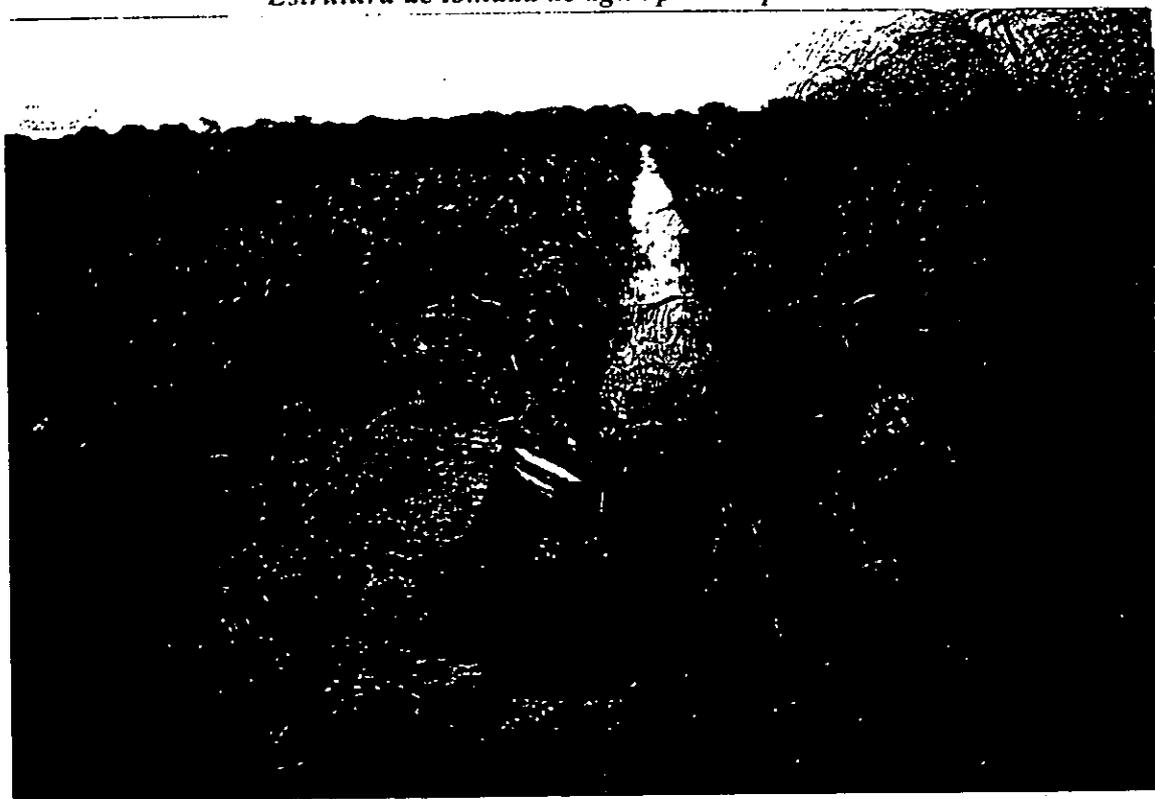
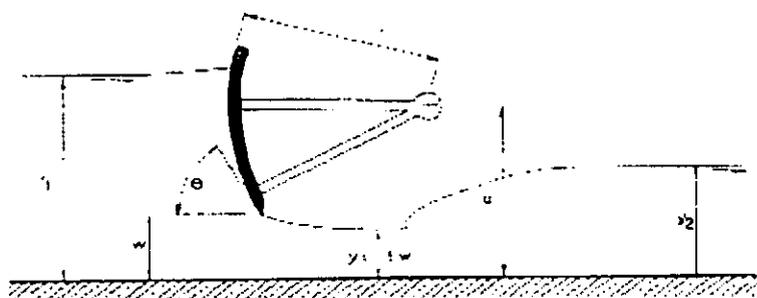


Foto: Pitoro (Sábie, 1997)

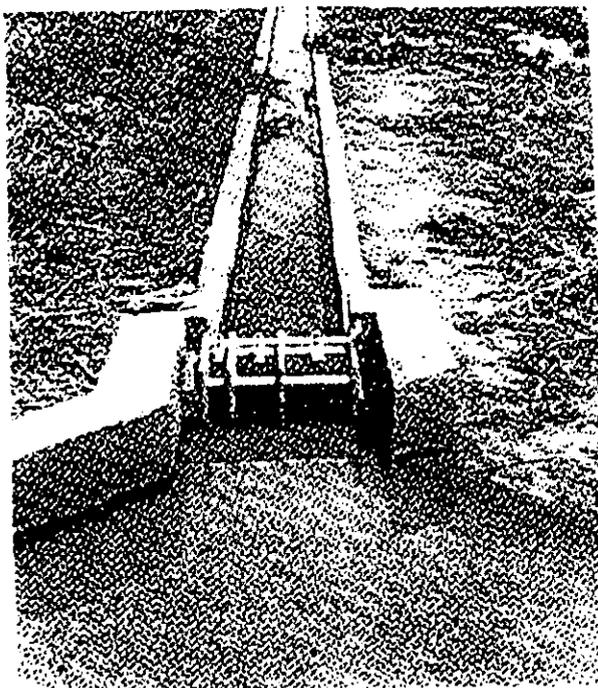
*Estrutura automática de controlo de nível de água.*



Estrutura automática "Radial gate"

Fonte: M.G. Bos (1989) pág.281.

*Estrutura de tomada de água para os canais secundário e terciário.*



Fonte: : M.G.Bos (1989).

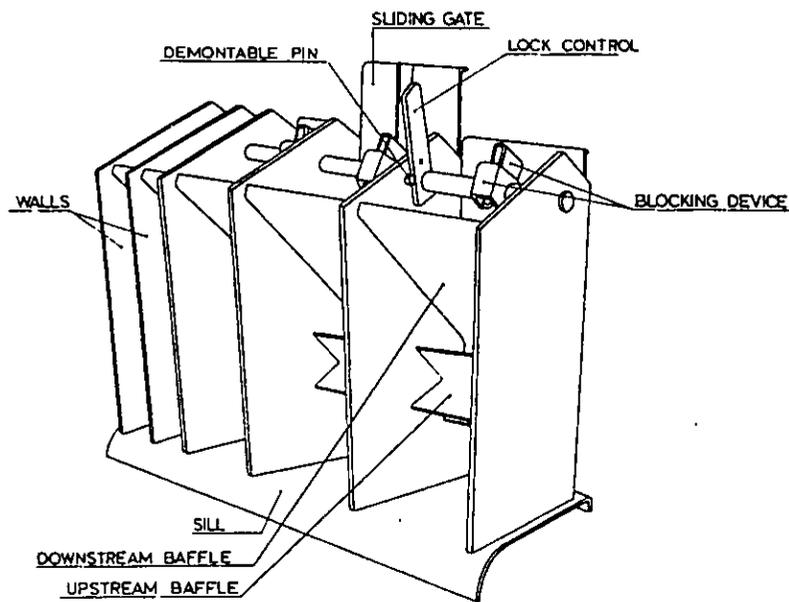


Fig.7. Esquema de "Neyrpic"  
Fonte: M.G.Bos (1989)