



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**  
**DIVISÃO DE AGRICULTURA**  
**CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL**

**Monografia Científica**

**Avaliação da eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura  
de repolho no Regadio do Baixo Limpopo em Xai-Xai.**

Monografia Científica para obtenção de grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural

Autor: Nivaldo Samuel Mechaque Machava

Tutor: Eng. Lateiro de Sousa, MEngSc.

Lionde, Maio de 2018



## **INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

Projecto de Licenciatura sobre “avaliação da eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura de repolho no Regadio do Baixo Limpopo em Xai-Xai” apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

Tutor: Eng. Lateiro de Sousa, MEngSc.

Lionde, 2018

## Índice

ÍNDICE DE TABELAS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	i
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ii
DECLARAÇÃO.....	iii
RESUMO .....	vi
I. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Problema de estudo e justificação .....	2
1.2. Objectivos.....	2
1.2.1. Geral .....	2
1.2.2. Específicos.....	2
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. Caracterização do sistema de irrigação por canhão hidráulico.....	3
2.2. Avaliação hidráulica .....	3
2.2.1. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC).....	5
2.2.2. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).....	5
2.2.4. Eficiência de aplicação .....	6
2.2.5. Índice de precipitação .....	6
2.3. Qualidade de água para irrigação .....	7
2.3.1. Parâmetro para avaliação da qualidade da água de irrigação .....	7
2.4. Monitoramento agrometeorológico da irrigação .....	8
2.4.1. Solo.....	8
2.4.2. Taxa de Infiltração de água no solo.....	9
2.4.3. Necessidades de água de rega.....	10
III. METODOLOGIA.....	12
3.1. Localização e caracterização da área de estudo.....	12
3.1.1. Características do clima.....	12
3.1.2. Relevo e solos.....	13
3.2. Descrição do sistema de irrigação avaliado.....	13
3.3. Dados climáticos nos dias de testes.....	15
3.4. Determinação da uniformidade de distribuição da água .....	15
3.4.1. Análise estatística .....	19
3.4.2. Índice de precipitação .....	19
3.5. Determinação da qualidade de água de irrigação .....	20
3.6. Determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo .....	21
IV. RESULTADOS .....	25
4.1. Uniformidade de distribuição de água.....	25

4.1.1. Índice de precipitação .....	26
4.2. Qualidade de água de irrigação .....	27
4.3. Característica do solo.....	27
V. DISCUSSÃO .....	28
VI. CONCLUSÃO.....	30
VII. LISTA BIBLIOGRÁFICA .....	31
VIII. APÊNDICE.....	34
XIX. ANEXOS .....	58

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 3.1:</b> Dados de temperatura (°C), humidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s).....	15
<b>Tabela 3.2:</b> Classificação do sistema de aspersão quanto aos Coeficientes de Uniformidade	18
<b>Tabela 3.3:</b> Classificação de valores do índice simplificado de precipitação recomendados para determinados tipos de solos e culturas .....	19
<b>Tabela 3.4:</b> Classificação percentual de perda de produtividade de uma cultura em função da condutividade eléctrica do extracto de saturação do solo e água .....	21
<b>Tabela 3.5:</b> Classificação da velocidade de infiltração (VIB).....	22
<b>Tabela 3.6:</b> Parâmetros de velocidade de infiltração (VIB), Densidade (Da), Capacidade de campo (CC) e Ponto de murcha permanente (PMP) para diferentes texturas do solo .....	23
<b>Tabela 4.1:</b> Parâmetros de uniformidade e eficiência de aplicação de água. ....	25
<b>Tabela 4.2:</b> Estimativa do quadrado médio da análise de variância para quatro coeficientes de distribuição de água num canhão hidráulico .....	25
<b>Tabela 4.3:</b> Valores médios dos coeficientes de uniformidade de distribuição de água e classificação dos testes de uniformidade de lâminas de irrigação num canhão hidráulico .....	26
<b>Tabela 4.4:</b> Valores da intensidade de precipitação do aspersor canhão hidráulico em campo .....	26
<b>Tabela 4.5:</b> Textura de solo, velocidade de infiltração básica (VIB), Densidade (Da), Capacidade de campo (CC) e Ponto de murcha permanente (PMP). ....	27
<b>Tabela 8.1:</b> Ficha de avaliação de uniformidade de distribuição de água- Teste 1 .....	35
<b>Tabela 8.2:</b> Ficha de avaliação de uniformidade de distribuição de água- Teste 2 .....	36
<b>Tabela 8.3:</b> Ficha de avaliação de uniformidade de distribuição de água- Teste 3 .....	37
<b>Tabela 8.4:</b> Ficha de dados de campo de teste de infiltração- Teste 1 .....	38
<b>Tabela 8.5:</b> Ficha de dados de campo de teste de infiltração- Teste 2 .....	41
<b>Tabela 8.6:</b> Ficha de dados de campo de teste de infiltração- Teste 3 .....	44
<b>Tabela 8.7:</b> Ficha de avaliação de teste de infiltração- Teste 1 .....	47
<b>Tabela 8.8:</b> Ficha de avaliação de teste de infiltração- Teste 2 .....	50
<b>Tabela 8.9:</b> Ficha de avaliação de teste de infiltração- Teste 3 .....	54
<b>Tabela 9.1:</b> Características sobre lâminas, pressão, velocidade de recolhimento do tubo e caudal .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1:</b> Mapa de localização do distrito de Xai-Xai. ....	12
<b>Figura 3.2:</b> (A) Conjunto canhão hidráulico, (B) Primeira estação de bombagem, (C) Segunda estação de bombagem .....	14
<b>Figura 3.3:</b> Colectores instalados para realização do teste de uniformidade .....	15
<b>Figura 3.4:</b> Vista parcial de posicionamento das linhas dos colectores em campo.....	16
<b>Figura 3.5:</b> Leituras das lâminas colectadas com auxílio de uma proveta graduada .....	16
<b>Figura 3.6:</b> Medição infiltração com infiltrómetro de anel duplo .....	20
<b>Figura 3.7:</b> (A) Processo de registo de resultados e (B) Mergulho de sensor e o instrumento	21
<b>Figura 4.1:</b> Relação entre Irrigação real necessária (IRN), lâmina média coletada (L. med. colect), Lâmina coletada (L.colect.) .....	27
<b>Figura 8.1:</b> Esquema da área e distribuição dos colectores.....	34
<b>Figura 9.1:</b> Mapa de ocupação no Regadio do Baixo Limpopo.....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS

CC	-	Capacidade de Campo
CUC	-	Coefficiente de Uniformidade de Christiansen
CUD	-	Coefficiente de Uniformidade de Distribuição
CUE	-	Coefficiente de Uniformidade Estatístico
Da	-	Densidade aparente
E.P.	-	Empresa Pública
EA	-	Eficiência de aplicação
f	-	Fração de água disponível
INAM	-	Instituto Nacional da Meteorologia
Ip	-	Índice de precipitação
IRN	-	Água facilmente disponível às plantas
ISPG	-	Instituto Superior Politécnico de Gaza
PMP	-	Ponto de murcha permanente
PNUD	-	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPPP	-	Parcerias de cooperação Público Privado População
PVC	-	Policloreto de polivinila (ou policloreto de vinil)
RBL	-	Regadio do Baixo Limpopo, E.P.
Sd	-	Desvio padrão dos valores de precipitação
VIB	-	Velocidade de infiltração básica
Yr	-	Défici hídrico



## **INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

### **DECLARAÇÃO**

Declaro por minha honra que este trabalho de culminação do curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, 2 de Maio de 2018

Nivaldo Samuel Mechaque Machava

---

## AGRADECIMENTOS

Endereço os mais profundos agradecimentos, a todos os docentes do Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural, que directa ou indirectamente contribuíram para a minha formação e com especial destaque ao meu tutor **Eng. Lateiro de Sousa MEngSc.**, pela orientação, atenção e paciência durante a realização deste trabalho. **O Eng. Celestino Jolamo MEngSc., Eng. Chongo**, obrigado pelo auxílio na fase de recolha de dados de campo.

Agradeço também ao **Sr. Bambo** da Companhia Igo Sammaritin, que concedeu-nos o seu campo e disponibilidade do equipamento para recolha de dados, o que tornou possível o conhecimento da realidade do campo.

Agradeço aos meus familiares que directa e indirectamente contribuíram para a minha formação, principalmente a minha mãe **Marta Chilaúle Machava** e meu pai **Mechaque Machava**, aos meus irmãos, ao meu tio **André Machava**, aos meus cunhados, sua bondade e seu modo de vida me fizeram crescer moral, intelectual e socialmente.

Em especial agradeço de coração a minha esposa **SANDRA MATUSSE** que sempre esteve presente nos momentos difíceis e por todo apoio que vinha me dando.

Aos meus amigos e companheiros de sala em especial destaque **Abílio Monjane, Prestrelo Mabécua, Mariano de Souza**, pelo incondicional suporte cotidiano durante os 5 anos.

Agradeço a todos os meus colegas de profissão na Direcção Provincial de Agricultura e Segurança Alimentar (DPASA), que directa ou indirectamente contribuíram para a minha formação e com especial destaque o **Eng. Faustino Chuma, Eng. Eduardo Cuamba MengSc, Eng. Jorge Dgedge e Sr. Manuel Tinga**, pela atenção e paciência nos transtornos causados na vida profissional durante a formação.

A todos que me ajudaram directamente e indirectamente para realização deste trabalho bem como de toda minha graduação.

Muito Obrigado!

## RESUMO

Em sistemas de irrigação por aspersão, a eficiência de aplicação em campo está directamente relacionada com a uniformidade de distribuição, quando essa uniformidade de irrigação é baixa pode afectar o desenvolvimento normal das plantas e causar encharcamentos, erosão, perdas de água por percolação e lavagem de nutrientes. Este trabalho avaliou os parâmetros de uniformidade de distribuição de água de irrigação (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) e Eficiência de aplicação (EA)), qualidade de água (condutividade eléctrica da água (CEi)), infiltração do solo (velocidade de infiltração básica (VIB)) que podem afectar o desempenho do sistema de irrigação por aspersão de tipo canhão hidráulico, sob condições operacionais de campo na cultura de repolho. Foram distribuídos colectores de PVC rígido de 80 mm de diâmetro por 105 mm de altura em três linhas equidistantes de 3 m na posição perpendicular à direção de deslocamento do carro aspersor com finalidade de determinar os parâmetros de CUC, CUE, CUD e EA. Os colectores foram instalados sobre hastes metálicas a uma altura do nível do solo de 500 mm. As perdas por evaporação foram determinadas através de três colectores extras com auxílio de proveta graduada, que foram instalados ao lado da área do estudo. Realizou-se o teste de qualidade de água para determinar o parâmetro CEi através de um conductivímetro “*in situ*” de marca Lovibond, versão SD 320 Com. O teste de infiltração do solo, foi realizado com recurso ao método do infiltrômetro de anel duplo com finalidade de determinar VIB. Os resultados obtidos para parâmetros: de uniformidade de distribuição de água de irrigação foram CUC (84,30%), CUE (96,00%), CUD (71,90%) e EA (64,73%), classificados como excelente para CUE e bom para CUC e CUD. A EA foi classificado, abaixo do recomendado para funcionamento do sistema de 70%; de qualidade da água a CEi variou entre 1,42 a 2,9 ds/m, está acima do recomendado para irrigação (2,25ds/m); de infiltração do solo, a VIB foi de 136 mm/h, classificada por muito alta, obsevando o critério de selecção do aspersor ( $VIB \geq$  Intensidade de precipitação do aspersor). Sendo que a VIB está relacionada com a textura e estrutura do solo, o resultado sugeriu as seguintes características físicas do solo: textura arenosa, CC (9%), PMP (4%) e Da (1,65 g/cm<sup>3</sup>) para determinar a irrigação real necessária (IRN) e foi de 35,9 mm, classificada área adequadamente irrigada.

**Palavras chaves:** Eficiência de rega, canhão hidráulico, coeficiente de uniformidade.

## I. INTRODUÇÃO

A irrigação era vista como uma técnica que visava basicamente à luta contra a seca. Em uma visão mais actual, dentro do foco empresarial do agronegócio, a irrigação é uma estratégia para elevar a rentabilidade da propriedade agrícola por meio do aumento da produção e da produtividade, de forma sustentável (preservando o meio ambiente) (Bernardo *et al.*, 2006).

Santos *et al.*, (2003) sustentam que a uniformidade influenciará o custo da irrigação, assim como o desempenho da cultura. Áreas irrigadas que apresentam baixa uniformidade de aplicação de água favorecerão o desenvolvimento desuniforme das plantas cultivadas, pois algumas receberão mais água que outras. Esse facto está relacionado ao excesso e escassez de água no solo, onde o excesso, provoca a lixiviação de nutrientes, a redução na concentração de oxigênio disponível para as raízes, o aumento na incidência de pragas e doenças e a escassez de água aumenta os riscos de salinização do solo e inibe o potencial produtivo da planta.

A quantificação do excesso de água pode ser realizada através de uma análise mais minuciosa do sistema em questão, utilizando coeficientes de uniformidade de distribuição de água. O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) e Eficiência de aplicação (EA).

Os canhões hidráulicos são equipamentos de irrigação que funcionam com pressões maiores do que 40 mca, cujo raio de alcance é maior que 30 metros. Na maioria dos casos, o canhão hidráulico é utilizado de forma portátil, instalado sobre linhas laterais (Vilela, 1999).

O sistema canhão hidráulico é bastante prático, sendo utilizado no Regadio do Baixo Limpopo em parceria com a Companhia Igo Sammaritin para irrigar a cultura de feijão, repolho e milho como transferência tecnológica para um aproveitamento racional do recurso hídrico na irrigação. Entretanto, a falta de mão-de-obra qualificada para operá-lo tem contribuído para o seu uso de forma inadequada, levando a danos no equipamento e até mesmo perda de culturas. Desta forma, todo o trabalho de pesquisa que vise orientar os produtores e operadores é de fundamental importância.

Assim sendo, aliando o interesse da empresa RBL, E.P. em parceria com a Companhia Igo Sammaritin que tem utilizado estes equipamentos de irrigação desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar a eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura de repolho, sob condições operacionais de campo. Com essa iniciativa, será gerada

informação técnica no que diz respeito ao seu funcionamento em campo, de interesse da empresa, bem como dos futuros consumidores e/ou profissionais da área, facultando a tomada de decisão.

### **1.1. Problema de estudo e justificação**

O Regadio do Baixo Limpopo em parceria com a companhia Igo Sammaritin, tem utilizado o canhão hidráulico para irrigar cultura de feijão, repolho e milho como transferência tecnológica em relação ao sistema de irrigação por gravidade (sulco). O uso deste sistema de irrigação é exigente em termos de mão-de-obra qualificada, visando proporcionar melhor uniformidade de aplicação e distribuição da água. Nesta empresa, a fonte de captação de água para irrigação tem ocorrência de intrusão das águas do rio limpopo quando o maré do mar for alto, proporcionando índices de salinização da água de irrigação. Para o caso da companhia Igo Sammaritin, estes pressupostos não terem sido respeitados, o sistema é funcional dentro de certas dificuldades, que incluem, alterações constantes dos aspersores, suas respectivas dotações e com a variação da qualidade de água baseado dos níveis do maré. Por isso, é necessário que se avalie a eficiência da uniformidade de irrigação do canhão hidráulico e qualidade da água de irrigação (condutividade eléctrica), sob condições operacionais de campo. Souza (2001), salienta que uma das etapas básicas quanto da implantação ou manejo de um projecto de irrigação é a determinação da uniformidade de distribuição de água de irrigação, pois, é o melhor indicativo da qualidade da irrigação. Segundo Almeida (2010), a qualidade da água utilizada na irrigação é o principal agente causador da salinidade do solo e a perda de rendimento das culturas.

### **1.2. Objectivos**

#### **1.2.1. Geral**

Avaliar a eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura de repolho no Regadio do Baixo Limpopo em Xai-Xai.

#### **1.2.2. Específicos**

- ☞ Determinar o coeficiente de Uniformidades de Christiansen (CUC), o coeficiente de Uniformidades de distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) e Eficiência de aplicação (EA);
- ☞ Determinar a conductividade eléctrica da água de irrigação;
- ☞ Determinar a taxa de infiltração de água no solo.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Caracterização do sistema de irrigação por canhão hidráulico

A irrigação por canhão hidráulico surgiu da necessidade do mercado de irrigação, exigindo, cada vez mais maiores áreas irrigadas, com menor utilização de mão-de-obra. O canhão hidráulico é um equipamento que se locomove pela energia da água de irrigação. Foi um dos primeiros sistemas de irrigação mecanizados a evoluir em termos de automação (Vilela, 1999).

De acordo Freitas (2015) o canhão hidráulico é composto por: aspersor de grande ou médio porte, mangueira de média ou alta densidade, carretel enrolador e mecanismo de propulsão tipo turbina. Neste tipo de equipamento, o sistema de propulsão proporciona o giro do carretel que traciona a mangueira de alimentação do aspersor e promove o seu deslocamento linear ao longo do carreador, irrigando uma faixa de largura regular.

Souza (2001) destaca que, do ponto de vista prático, este equipamento apresenta razoável adaptação às culturas de porte elevado, notadamente as frutíferas, além de boa adaptação a terrenos irregulares.

Segundo Tomazela (1996) ao trabalhar com sistema de canhão hidráulico, simulou vários espaçamentos entre carreadores, sob diversas condições de vento, e verificou que os menores espaçamentos entre carreadores proporcionaram uma melhor uniformidade de distribuição. Nestas condições ocorre uma aplicação de altas lâminas médias e normalmente estes espaçamentos não são operacionalmente eficientes devido ao maior trabalho necessário à mudança do equipamento entre faixas, facto constatado também por Frizzone (1992).

De acordo Rezende *et al.* (1998) o coeficiente de uniformidade de aplicação de água de um equipamento canhão hidráulico de irrigação decresce caso a velocidade de deslocamento do carro aspersor ao longo do percurso não seja constante.

### 2.2. Avaliação hidráulica

A avaliação da operação dos sistemas de irrigação está ligada a diversos parâmetros do desempenho, definidas em determinações de campo, como caudal, tempo de irrigação e uniformidade de aplicação de água, os quais são considerados fundamentais para tomadas de decisões em relação ao diagnóstico do sistema. Com a avaliação dos sistemas de irrigação tem-se o conhecimento da qualidade da irrigação que está sendo implementada, a partir de uma

gama de coeficientes de uniformidade de aplicação de água, os quais expressam a variabilidade de distribuição aplicada pelo sistema de irrigação (Ferreira, 2011).

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma meta a ser atingida na agricultura irrigada. Por melhor que seja o sistema de irrigação, a distribuição da água aplicada dificilmente será plenamente uniforme, e a mensuração dessa variabilidade é fundamental na avaliação do desempenho da irrigação (Silva *et al.*, 2004).

Segundo Vilela (1999) quando as perdas por escoamento superficial na área de cultivo e as perdas por condução no percurso entre o ponto de captação e a área irrigada são desconsideradas, o desempenho da irrigação pode ser determinado utilizando-se um índice de uniformidade e dois índices de eficiência. O índice de uniformidade expressa a variabilidade espacial da água aplicada e os dois índices de eficiência refletem o percentual da área adequadamente irrigada e a eficiência alcançada na aplicação da água. Esses indicadores de desempenho podem ser obtidos directamente dos valores de lâmina de água, medidos pontualmente, ou por meio de modelos matemáticos (Silva *et al.*, 2004).

Segundo Keller e Bliesner (1990) considera-se área adequadamente irrigada a porcentagem da área que, durante uma irrigação, recebe lâmina de água igual ou superior à lâmina real necessária.

Existem alguns factores que afectam a uniformidade de distribuição da água podem ser classificados em climáticos e não climáticos. Os factores climáticos são evaporação, temperatura do ar, humidade relativa e condições locais do vento. Os factores não climáticos são os relacionados ao equipamento e ao método de avaliação. Quanto ao equipamento, os factores são: pressão de operação do emissor, velocidade e alinhamento da linha lateral do equipamento e altura do emissor. A redução da altura do emissor em relação à cultura é uma técnica muito utilizada para reduzir as perdas por evaporação e deriva (Ferreira, 2011).

Uma das etapas básicas quanto da implantação de um projeto de irrigação é a determinação da uniformidade de distribuição de água de irrigação, pois ela é o melhor indicativo da qualidade da irrigação. A uniformidade de aplicação da água de irrigação é quantificada por meio dos coeficientes de uniformidade (Souza, 2001).

### 2.2.1. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

Segundo Rezende *et al.* (1998) vários coeficientes de uniformidade têm caracterizado a distribuição da água em sistemas de irrigação por aspersão. Christiansen (1942) foi o primeiro pesquisador a estudar a uniformidade de distribuição em aspersão, quantificando-a através de um índice estatístico, denominado coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). Este índice faz uso do desvio médio absoluto para expressar a dispersão das lâminas e pode ser obtido pela equação 2.1:

$$CUC = 100 \left[ 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right) \right] \quad (2.1)$$

Em que:

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, (%);

$X_i$  – Precipitação colectada no colector de ordem  $i$ , (mm);

$\bar{X}$  – Média geral das precipitações colectadas nos colectores, (mm);

$n$  – Número de colectores.

### 2.2.2. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

Segundo Freitas (2015) introduziu-se outra medida da uniformidade, considerando a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média colectada, que são mais recomendados para quantificar a uniformidade de distribuição de água para sistemas do tipo canhão hidráulico.

A outra medida de uniformidade é o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), que foi recomendado pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos, a razão pela média de 25% dos menores valores de lâmina de irrigação e a lâmina média aplicada na superfície do solo, sendo a eficiência padrão. Segundo Freitas (2015) denominou-se por uniformidade de distribuição, mas conhecida como Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), que pode ser obtido pela equação 2.2.

$$CUD = 100 \left( \frac{\bar{X}_{25\%}}{\bar{X}} \right) \quad (2.2)$$

Em que:

CUD – Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, (%);

$\bar{X}$  – Média geral das precipitações colectadas nos colectores, (mm);

$\bar{X}_{25\%}$  – Média de 25% do total de colectores com as menores precipitações, (mm).

### 2.2.3. Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE)

Wilcox e Swailes (1947) propuseram um coeficiente de uniformidade utilizando o desvio padrão como medida de dispersão, para o qual se aceitam valores acima de 75%. O Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) é expresso pela equação 2.3.

$$CUE = 100 \left( 1 - \frac{Sd}{\bar{X}} \right) \quad (2.3)$$

Em que:

CUE – Coeficiente de Uniformidade Estatístico, (%);

Sd – Desvio padrão dos valores de precipitação, (mm);

$\bar{X}$  – Lâmina média de todas as observações, (mm).

O desvio padrão dos valores de precipitação é expresso pela equação 2.3a.

$$Sd = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|^2}{n} \right] \quad (2.3a)$$

Em que:

Sd – Desvio padrão dos valores de precipitação, (mm);

$X_i$  – Precipitação colectada no colector de ordem i, (mm);

$\bar{X}$  – Média geral das precipitações colectadas nos colectores, (mm);

n – Número de colectores.

### 2.2.4. Eficiência de aplicação

Para Rocha *et al.* (1999) a eficiência de aplicação de água em sistemas por aspersão varia de 70% em regiões quentes e áridas, a 85% em regiões húmidas e frias. Para sistemas de irrigação por canhão hidráulico pode-se utilizar a equação 2.4 para o cálculo da eficiência de aplicação (EA)

$$E_A = 0,9 * CUD \quad (2.4)$$

Em que:

EA – Eficiência de Aplicação, (%)

CUD - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, (%).

### 2.2.5. Índice de precipitação

Segundo Lozano (1965) a qualidade da irrigação por aspersão depende, dentre outros factores, do grau de precipitação das gotas da chuva artificial, onde, uma irrigação com gotas muito finas está sujeita a maiores perdas por evaporação, principalmente em áreas afectadas por ventos

fortes, ao contrário de uma irrigação com gotas grossas, causa danos às plantas de folhas sensíveis e pode diminuir a capacidade de infiltração do solo, devido à compactação produzida pelo impacto das gotas. Essa compactação será ainda maior quando o aspersor for de grande alcance. Para um aspersor de determinado bocal, quanto maior for a pressão de funcionamento, menor será o diâmetro das gotas; para uma mesma pressão de funcionamento, as gotas serão tanto maiores quanto maior for o bocal dos aspersores. Ocorre, também, que para um mesmo aspersor, funcionando a uma determinada pressão, as gotas maiores caem a maiores distâncias do eixo do emissor.

As gotas provenientes de chuvas naturais possuem diâmetros que variam de 0,5 a 1,0 mm. Em termos de comparação, os aspersores de tamanho médio, produzem gotas de diâmetros compreendidos entre 0,5 e 2,0 milímetros em um raio de aproximadamente 65% do alcance do aspersor. Na coroa restante, caem gotas de diâmetros maiores do que 3,0 mm. Existe uma maneira simplificada para representar um índice de precipitação ( $I_p$ ), que é dado pela Equação 2.5 (Lozano, 1965).

$$I_p = \frac{d}{h} \quad (2.5)$$

Em que:

$I_p$  = Índice de precipitação (mm)

d = Diâmetro do bocal (mm)

h = Pressão de funcionamento (mca).

### **2.3. Qualidade de água para irrigação**

A salinidade em áreas irrigadas ocorre em decorrência do uso de água de qualidade inadequada, associado ao manejo do sistema solo-água-planta. Qualquer que seja a sua fonte, a água utilizada na irrigação sempre contém sais, embora a quantidade e qualidade dos mesmos varie bastante (Medeiros e Gheyi, 1994).

#### **2.3.1. Parâmetro para avaliação da qualidade da água de irrigação**

Segundo Soarez (1981) são vários os parâmetros que determinam a qualidade da água para fins de irrigação. Porém, a qualidade da água de irrigação é mais bem avaliada quando determinada pelo conteúdo total de sais. Neste sistema, as classificações são principalmente baseadas no conteúdo total de sais solúveis da água (responsável pelo efeito osmótico), a condutividade eléctrica (CEi).

## 2.4. Monitoramento agrometeorológico da irrigação

Segundo De Miranda *et al.* (2003) antes da implantação de um sistema de monitoramento para irrigação, devem ser avaliados os seguintes aspectos importantes:

### 2.4.1. Solo

Por ser o elemento básico, que pode determinar a profundidade do sistema radicular, e para estimativa do volume de água a ser aplicado, é um dos mais importantes no manejo de água para irrigação. Deste modo, segundo Bernardo (2002) algumas definições abaixo se fazem importantes:

**Capacidade de Campo (CC)** – Quantidade de água retida no solo, ou por uma amostra deste, após o excesso de água gravitacional ter sido drenado, ou que a percolação de água para as camadas inferiores seja desprezível.

**Ponto de Murcha Permanente (PMP)** – Quantidade de água existente no solo, ou o teor de humidade de uma amostra de solo, no qual as plantas não conseguem utilizar, e não é possível manter a turgescência do tecido vegetal.

**Densidade aparente do solo (Da)** - Representa a relação entre a massa de sólidos e o volume total do solo, incluindo o espaço ocupado pela água e pelo ar.

**Irrigação real necessária (IRN)** - Água disponível no solo que pode ser utilizada pelas plantas sem restrição à evapotranspiração.

**Fracção de água disponível (f)** - Fracção da disponibilidade máxima de água no solo em função do tipo de cultura e da evapotranspiração potencial, que reflete a interação planta-água no solo e  $ET_o$ .

**Textura do solo** – É a distribuição quantitativa das partículas sólidas do solo, quanto ao tamanho (areia, silte e argila). No anexo C é apresentado as fracções granulométricas no sistema de classificação Norte-Americano (USDA-U.S. Department of Agriculture) e Internacional (ISSS-Internacional Soil Science Society).

#### **2.4.2. Taxa de Infiltração de água no solo**

Segundo Pinto (2006) as perdas de água que apresentam relação directa com os atributos do solo denominam-se percolação profunda e infiltração lateral. Esses tipos de perdas não podem ser eliminados, mas reduzidas por meio da implementação de manejo planeado da irrigação.

Segundo Stone *et al.*, (2006) a percolação refere-se ao movimento vertical da água além da zona radicular em direção ao lençol freático. Gomes *et al.* (2004) mencionam que as perdas por percolação dependem das condições texturais, estruturais e topográficas do solo. Entretanto, as perdas por este tipo de movimento de água ocorrem quando a quantidade de água infiltrada no solo supera a sua capacidade de retenção.

Segundo Massolonga (2006) existem pelo menos 3 métodos para se medir a infiltração, nomeadamente, método de bacias, método de Inflow-Outflow e método de infiltrómetro de anel duplo.

O método de infiltrómetro de anel duplo consiste no uso de dois anéis concêntricos de chapa metálica um de maior e outro de menor diâmetro, que são cravados verticalmente no solo de modo a restar uma altura livre sobre esta. O procedimento da sua instalação no campo consiste primeiramente no exame e selecção cuidadosa dos locais normalmente sem sinais de uso, sem distúrbios de tráfico de animais ou de maquinaria. Após a instalação do anel no campo, introduz-se a água no anel de menor e maior diâmetro simultaneamente de modo a manter uma lâmina de água e efectuam-se as leituras no cilindro interno da profundidade de água que se infiltra no transcorrer do tempo. O intervalo das leituras deve ser fixo e no início deve ser de 5 a 10 minutos e vai se expandindo para valores maiores à medida que a taxa de infiltração vai decrescendo. As medições devem ser feitas até a taxa de infiltração ser constante ou acima de uma ou duas horas de medição (Massolonga, 2006).

Este método tem a vantagem de ser fácil determinação e de quantificar a infiltração ao longo do tempo e garante análises indirectas através de equações inerentes ao processo no infiltrómetro. A desvantagem é a não representação das condições dinâmicas da rega.

Segundo Walker e Skogerboe (1987) velocidade de infiltração é a quantidade de água que atravessa a unidade de área da superfície do solo por unidade de tempo. Ela condiciona o tempo de irrigação necessário para a aplicação da quantidade de água desejada como também determina a escolha do melhor método de irrigação. À medida que se vai adicionando água no solo, a frente de humedecimento vai atingindo uma profundidade cada vez maior, diminuindo

a diferença de humidade entre essa frente e a camada superficial, que vai se tornando cada vez mais húmida. Com isto, a velocidade de infiltração vai se reduzindo substancialmente até atingir um valor constante, característico de cada tipo de solo, denominado por velocidade de infiltração básica (VIB).

Segundo Reichardt e Timm (2004) a velocidade de infiltração básica (VIB), descreve-se pelas as equação 2.6.

$$VIB = 60 * K * a * \left[ \frac{-0,01}{60 * K * a * (a-1)} \right]^{\left( \frac{a-1}{a-2} \right)} \quad (2.6)$$

Em que:

VIB – Velocidade de infiltração básica (cm/h);

$K$  - Constante dependente do solo (adimensional);

$a$  - Constante dependente do solo (adimensional), variando de 0 a 1 em valor absoluto.

As constantes ( $K$ ,  $a$ ), podem ser obtidas pelas equações 2.6a.

$$\left. \begin{aligned} K &= \text{antilog} A \\ a &= B \text{ ou } B = a \end{aligned} \right\} \quad (2.6a)$$

Os coeficientes ( $A$ ,  $B$ ) da equação de infiltração pelo método analítico podem ser obtidas pelas equações 2.6b.

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{\sum X \cdot \sum XY - \sum X^2 \cdot \sum Y}{(\sum X)^2 - m \cdot \sum X^2} \\ B &= \frac{\sum X \cdot \sum Y - m \cdot \sum XY}{(\sum X)^2 - m \cdot \sum X^2} \end{aligned} \right\} \quad (2.6b)$$

Em que:

$X$  – É logaritmo do tempo acumulado;

$Y$  – É logaritmo de infiltração acumulada;

$m$  – É o número de pares de dados de  $X$  e  $Y$ .

### 2.4.3. Necessidades de água de rega

As necessidades hídricas de uma cultura estão relacionadas com o seu balanço hídrico. Para o seu desenvolvimento, as plantas necessitam de solo, água e factores climáticos, como ar, luz, temperatura, que influenciam directamente no crescimento das plantas e seus rendimentos. Em

função da fase fenológica da cultura, e do clima, uma planta pode consumir mais ou menos água (De Miranda *et al.*, 2003).

O conhecimento das necessidades hídricas da cultura nos diferentes estágios fenológicos e durante o ciclo total de crescimento é importante na agricultura irrigada, porque associada aos demais factores de produção, permite a obtenção de altos rendimentos, com máxima economia de água. Assim, devido a crescente concorrência pelos recursos hídricos entre os sectores industrial, urbano e agrícola, existe a grande necessidade de se definir o momento e a quantidade de água a aplicar durante a irrigação, visando atender às necessidades hídricas da cultura, de maneira racional (De Miranda *et al.*, 2003).

Assim, quando se projecta um sistema de rega deve-se garantir o fornecimento de água em quantidade e qualidade de modo a dotar a zona radicular da cultura com humidade que garanta um crescimento e desenvolvimento de modo a providenciar uma colheita aceitável.

Segundo Bernardo *et al.* (2006) para o sistema canhão hidráulico, a lâmina real de água total necessária para suprir o défice hídrico da cultura é determinada em função da capacidade de armazenamento do solo, a partir da equação 2.7.

$$IRN = \frac{(CC - PMP)}{10} * D_a * Z * f \quad (2.7)$$

Em que:

*IRN* – Irrigação real necessária, (mm)

*CC* - Capacidade de campo, (%)

*PMP* - Ponto de murcha permanente, (%)

*D<sub>a</sub>* - Densidade aparente do solo (g/cm<sup>3</sup>)

*Z* - Profundidade efectiva radicular da cultura, (cm)

*f* - Fracção da água disponível em função do tipo da cultura

### III. METODOLOGIA

Este capítulo compreende os materiais, os procedimentos que foram usados para realização do presente estudo:

#### 3.1. Localização e caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi realizado no Regadio do Baixo Limpopo Empresa Pública em parceria com a Companhia Igo Sammaritin em Lumane. A área em estudo apresentava 130 m de largura por 330 m (4,29 hectares), dividido em duas faixas, figura 8.1 no apêndice A, localizado no Posto administrativo de Chicumbane, distrito de Xai-Xai, cujo ponto central do distrito apresenta latitude de 25°02'59'' Sul, longitude de 33°38'59'' Este, figura 3.1.

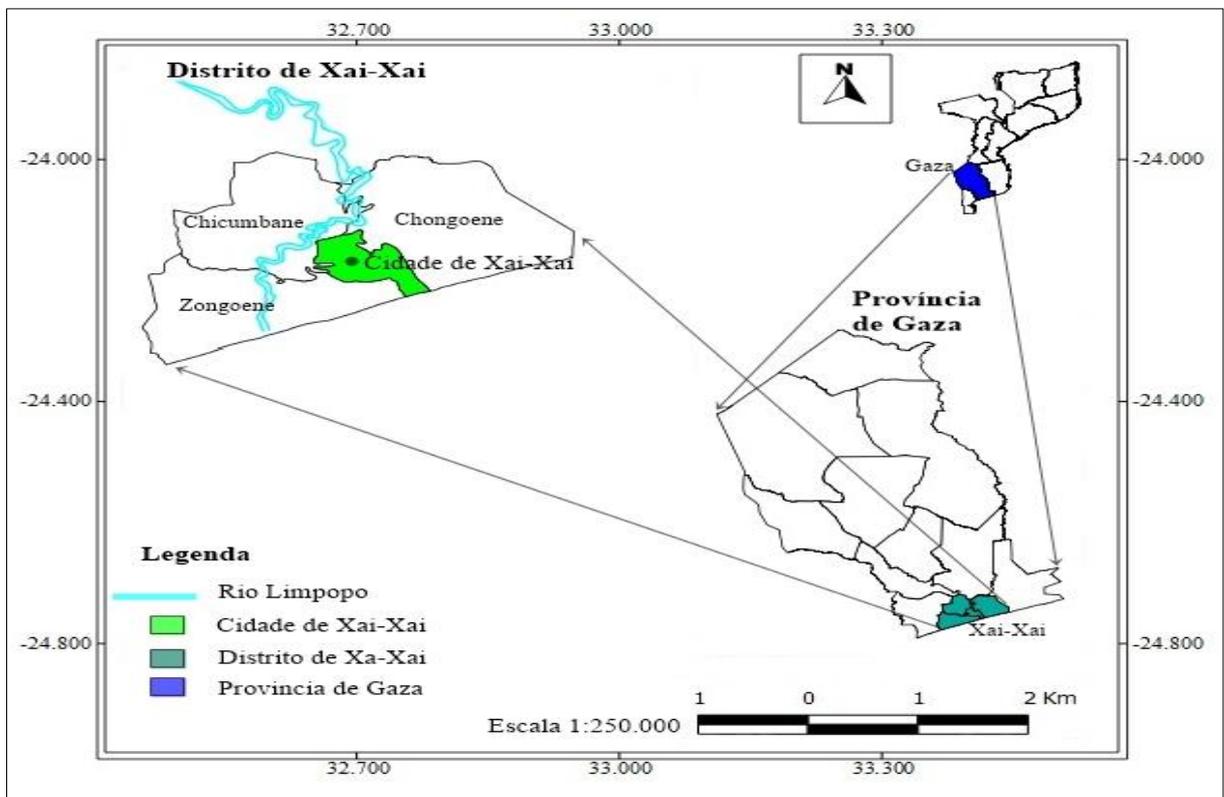


Figura 3.1: Mapa de localização da área em estudo, distrito de Xai-Xai.

#### 3.1.1. Características do clima

O clima da região é variável em função da proximidade da costa. Em média, grande parte das precipitações ocorre durante a época quente que vai de Novembro a Abril, atingem o seu pico máximo em Fevereiro/Março. A temperatura média anual é de 22,5 °C e a média anual de precipitação de 872 mm, muito inferior à evapotranspiração potencial que é de 1752 mm (Ministério da administração Estatal, 2005).

O distrito de Xai-Xai estende-se por dois grandes tipos fisiográficos que são a planície aluvionar do rio Limpopo (vale) e um planalto circundante arenoso (serra) de origem eólica. A transição entre os dois tipos é feita por encostas declivosas, onde ocorre a formação de solos hidromórficos. Os tipos de solos mais predominantes são os argilosos nas baixas e os solos arenosos nas serras (Ministério da administração Estatal, 2005).

### **3.1.2. Relevo e solos**

O distrito de Xai-Xai estende-se por dois grandes tipos fisiográficos que são a planície aluvionar do rio Limpopo (vale) e um planalto circundante arenoso (serra) de origem eólica. A transição entre os dois tipos é feita por encostas declivosas, onde muitas vezes ocorre a formação de solos hidromórficos. Os tipos de solos mais predominantes são os solos argilosos nas baixas e os solos arenosos nas serras.

Os solos da serra são predominantemente arenosos, grosseiros muito profundos. As cores variam de laranja a acastanhados, de esbranquiçados a vermelhos. As areias vermelhas têm uma melhor retenção de água, estendendo-se de Chongoene a Bungane, a Este. As depressões, relativamente húmidas, apresentam cores esbranquiçadas e baixa capacidade de retenção de água, sendo a planície de Banhine a maior depressão ou baixa.

Os solos da zona de transição entre a serra e o vale são húmidos e, em alguns casos, apresentam uma camada turfosa (machongo) de 20 a 100cm, cobrindo solos arenosos ou argilosos finos. Estes solos são mal drenados, com elevada capacidade de retenção de água e troca de gases (Ministério da administração Estatal, 2005).

## **3.2. Descrição do sistema de irrigação avaliado**

O sistema de irrigação que foi avaliado é por aspersão do tipo canhão hidráulico, onde as características básicas encontram-se listadas a seguir:

Proprietário: Companhia Igo Sammaritin

Marca: irrimec

Modelo: ST 6

Ano: 2010

Propulsão: turbina

Marca do aspersor: Explorer

Diâmetro do aspersor: 38 mm

Diâmetro do tubo de entrada: 120 mm

Comprimento do tubo ( $\varnothing 120$  mm): 400 m

As características sobre lâminas, pressão, velocidade de recolhimento do tubo e caudal recomendados pelo fabricante por cada diâmetro do aspersor (varia entre 30 mm a 38 mm) encontram-se discriminados na tabela 9.1 no anexo A.

A captação de água para irrigação foi realizada por duas estações de bombagem da seguinte forma: a primeira foi instalada numa vala colectora de nascentes que é afluente do colector lumane, bombeando água até a vala de rega que servia de reservatório situada ao longo das áreas irrigadas e experimental. Neste local, outra estação captava a água para alimentar o canhão hidráulico com uma tubagem metálica de 5". Este procedimento ocorreu durante as irrigações com as duas estações funcionando simultaneamente. Cada estação de bombagem tinha um conjunto motobomba com as seguintes características: motor a diesel de 6 cilindros com uma turbina, marca irrimec, modelo DEUTZ 6CL, bomba MEC-MR125/2C, ano de fabrico 2010. A figura 3.2 ilustra o conjunto canhão hidráulico e as duas estações de bombagem.



**Figura 3.2:** Conjunto canhão hidráulico e estações de bombagem, (A) Conjunto canhão hidráulico, (B) Primeira estação de bombagem, (C) Segunda estação de bombagem.

### 3.3. Dados climáticos nos dias de testes

Os dados climáticos (temperatura, humidade relativa do ar e velocidade do vento) nos dias de testes foram obtidos no Instituto Nacional da Meteorologia (INAM) - Delegação de Gaza, tabela 3.1.

Tabela 3.1: Dados de temperatura (°C), humidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s).

Dias de avaliações	Temp. Méd*. (°C)	Humid. Relat. Ar Méd. (%)	Vel. Vento (m/s)
31/08/2017	22,4	76	3,89
5/09/2017	21,1	70	3,05
11/09/2017	23,1	70	1,70

Em que: Temp. Méd. (°C) - Temperatura média do ar; Humid. Relat. Ar Méd. (%) - Humidade relativa do ar média; Vel. Vento (m/s) - Velocidade do vento.

Fonte: INAM, 2017.

### 3.4. Determinação da uniformidade de distribuição da água

Para o levantamento dos dados da uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação foram distribuídas três linhas de colectores na posição perpendicular à direcção de deslocamento do carro aspersor, com espaços equidistantes de 3 metros.

Os colectores utilizados nos testes foram de PVC rígido (cada colector tem 80 mm de diâmetro e 105 mm de altura), instalados sobre uma base feita de arrame queimado fixado nas hastes metálicas a 0,50 m de altura do nível do solo. Em cada linha foram colocados 22 colectores, 11 de cada lado do carro aspersor, sendo o espaço entre os primeiros nos dois lados de cada linha foi de 1,5 m a partir do centro do carro aspersor, ficando um espaço de 3 m no centro da linha de colectores para passagem do carro aspersor, conforme ilustrado nas Figuras 3.3 e 3.4.



Figura 3.3: Colectores instalados para a realização do teste de uniformidade de distribuição de água.



**Figura 3.4:** Vista parcial de posicionamento das linhas dos colectores em campo.

Os testes foram realizados em três repetições nas mesmas posições de colectores e em dias diferentes. O primeiro teste foi realizado no período da manhã a partir das 5 horas e os outros (dois) no período da noite a partir das 18 horas, devido à menor incidência solar e velocidade do vento, cada teste teve uma duração em média de 4 horas e 12 minutos de tempo. As lâminas de água nos colectores foram medidas com auxílio de uma proveta graduada de 25 ml, Figura 3.5.



**Figura 3.5:** Leituras das lâminas coletadas com o auxílio de uma proveta graduada.

Para o controle das perdas por evaporação que ocorreram durante o teste, usou-se critério de Pereira (1995), onde foram separados dois colectores de 80 mm de diâmetro e 105 mm de altura,

instalados próximo à área de realização do teste a uma altura de 0.5 metros do nível do solo com volume de água conhecido.

Para o cálculo da uniformidade de distribuição foram o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), Eficiência de aplicação (EA), conforme descritos nas equações 3.1; 3.2; 3.3; 3.3a e 3.4 respectivamente, onde, os cálculos foram realizados numa planilha electrónica de *Microsoft Excel, versão 2016*, introduzindo as fórmulas e os dados (lâminas) colectados no campo, tabela 8.1, 8.2 e 8.3 no apêndice B.

$$CUC = 100 \left[ 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right) \right] \quad (3.1)$$

Em que:

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, (%);

$X_i$  – Precipitação colectada no colector de ordem  $i$ , (mm);

$\bar{X}$  – Média geral das precipitações colectadas nos colectores, (mm);

$n$  – Número de colectores.

$$CUD = 100 \left( \frac{\bar{X}_{25\%}}{\bar{X}} \right) \quad (3.2)$$

Em que:

CUD – Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, (%);

$\bar{X}$  – Média geral das precipitações colectadas nos colectores, (mm);

$\bar{X}_{25\%}$  – Média de 25% do total de colectores com as menores precipitações, (mm).

$$CUE = 100 \left( 1 - \frac{Sd}{\bar{X}} \right) \quad (3.3)$$

Em que:

CUE – Coeficiente de Uniformidade Estatístico, (%);

$Sd$  – Desvio padrão dos valores de precipitação, (mm);

$\bar{X}$  – Lâmina média de todas as observações, (mm).

$$Sd = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|^2}{n} \right] \quad (3.3a)$$

Em que:

Sd –Desvio padrão dos valores de precipitação, (mm);

$X_i$  – Precipitação colectada no colector de ordem i, (mm);

$\bar{X}$ – Média geral das precipitações colectadas nos colectores, (mm);

n – Número de colectores.

$$E_A = 0,9 * CUD \quad (3.4)$$

Em que:

EA – Eficiência de Aplicação

CUD - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, (%).

A lâmina em cada colector foi determinada através da relação entre o volume coletado e a área do colector. A relação encontrada na transformação dos volumes, em ml, nas respectivas lâminas, em mm, foi: Lâmina (mm) = 0,199 x Volume (ml).

Para determinar as perdas por evaporação que ocorreram durante o teste, foi medido o volume de água no final do teste com auxílio de uma proveta graduada, a diferença do volume de água conhecido e o volume de água medido no final do teste corresponderam à perda de água por evaporação. Assim, este valor foi acrescido às leituras em todos os colectores sob o canhão hidráulico.

A interpretação dos valores dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), de distribuição (CUD) e Estatístico (CUE), foram baseadas na metodologia adaptada por Mantovani (2001) que está apresentada na tabela 3.2, a Eficiência de aplicação (EA) na metodologia de Pair et al citado por Rocha et al (1999) onde varia de 70% em regiões quentes e áridas, a 85% em regiões húmidas e frias.

Tabela 3.2: Classificação do sistema de aspersão quanto aos Coeficientes de Uniformidade.

<b>Classificação</b>	<b>CUC (%)</b>	<b>CUD (%)</b>	<b>CUE (%)</b>
<b>Excelente</b>	> 90	>84	100 - 95
<b>Bom</b>	80 - 90	68 - 84	90 - 85
<b>Rasoável</b>	70 -78	52 - 68	80 - 75

Fonte: Montovani, 2001.

A partir dos dados de precipitação colectados, foram simulados valores de lâminas médias colectadas ( $\bar{X}$ ), LR- lâmina real necessária para a cultura, Tabela 4.4 e foi elaborado um gráfico representativo da relação entre Irrigação real necessária (IRN), lâmina média coletada (L. med. colect), Lâmina coletada (L.colect), figura 4.1.

A partir da lâmina real necessária para cultura e das lâminas coletadas, elaborou-se a relação do tempo de aplicação (TA) necessário para o sistema avaliado em campo, tabela 4.5.

### 3.4.1. Análise estatística

Os dados colectados de uniformidade de distribuição da água foram submetidos à análise de variância através do Teste F. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 4 tratamentos e 3 repetições, foi aplicado o Teste de Tukey para a comparação das médias, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico Minitab 16.

### 3.4.2. Índice de precipitação

O índice de precipitação ( $I_p$ ) do aspersor avaliado em campo foi determinado pela equação 3.5, onde a interpretação do valor foi baseada na tabela 3.3.

$$I_p = \frac{d}{h} \quad (3.5)$$

Em que:

$I_p$  = Índice de precipitação (mm)

d = Diâmetro do bocal (mm)

h = Pressão de funcionamento (mca).

Tabela 3.3: Valores do índice simplificado de precipitação recomendados para determinados tipos de solos e culturas

$I_p$	Tipos de gotas	Culturas	Solos
< 0,3	finas	Flores, hortaliças, algodão, fumo, etc.	argilosos
0,3 - 0,5	médias	Frutíferas, extensivas, herbáceas, etc.	franco
> 0,5	grossas	Milho, forragens, cana-de-açúcar, etc.	arenosos

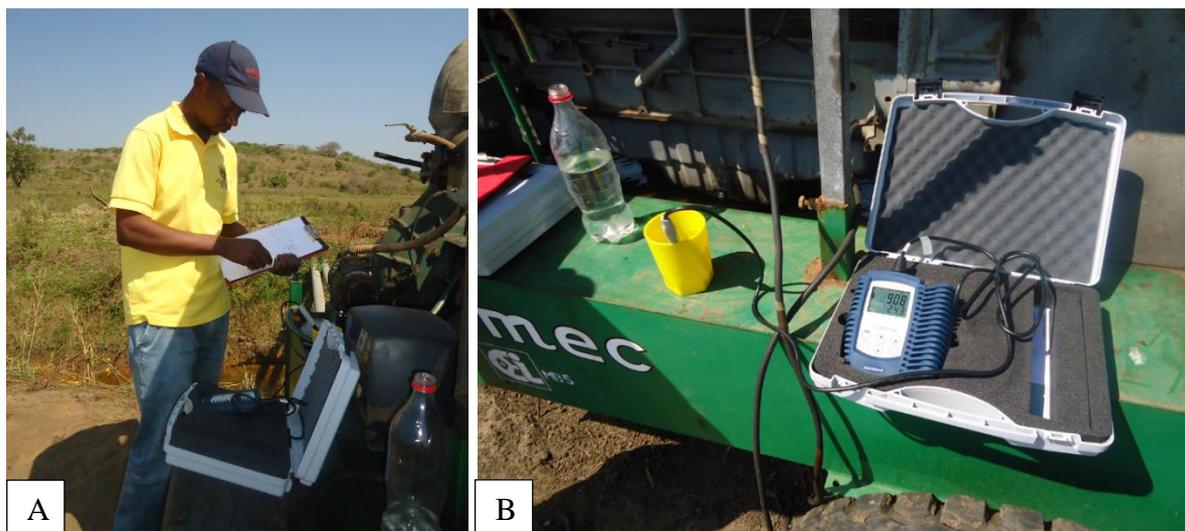
Fonte: Lozano, 1965.

Para determinar a intensidade de precipitação, usou-se a relação entre lâmina média colectada e o tempo da duração dos testes para um período de uma hora.

### 3.5. Determinação da qualidade de água de irrigação

Para determinar a qualidade de água de irrigação colectou-se a amostra de água no canal de captação do canhão hidráulico com uma garrafa plástica de 1 litro nos dias de realização dos testes, onde antes de colectar a amostra, a garrafa foi lavada duas vezes com a água do canal de captação a ser amostrada.

A amostra colectada foi analisado o parâmetro de condutividade eléctrica (CEi) “*in situ*” com recurso a condutivímetro da marca Lovibond, versão SD 320 Con, unidades em miligramas por litro (mg/l), figura 3.6. Para o efeito, conectou-se o cabo ao instrumento e ligou-se, em seguida mergulhou-se o sensor na água durante um período necessário para estabilizar o valor da leitura. O resultado considerado foi a média das três repetições do teste e foram transformados em milimhos por centímetros (mmhos/cm) que equivale ao decisiemens por metro (ds/m). A relação encontrada na transformação de miligramas por litro (mg/l) em milimhos por centímetros (mmhos/cm), foi: CEi (mmhos/cm) = mg/l : 640.



**Figura 3.6:** Análise de qualidade de água, (A) processo de registo de resultado e (B) mergulho do sensor e instrumento.

A interpretação do valor da condutividade eléctrica da água (CEi), foi baseada na metodologia adaptada por Almeida (2010) que está apresentada na Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Parâmetros de qualidades de água (condutividade eléctrica) das fontes de água a uma temperatura de 25°C.

<b>Fonte</b>	<b>CEi</b>
Água da chuva	0,15
Água média dos rios	0,2 – 0,4
Água do mar Mediterrâneo	63
Água do oceano Atlântico (máxima)	59
Água do oceano Atlântico (média)	55
Água do oceano Pacífico	51
Água do oceano Índico	54
<b>Água de irrigação de salinidade média</b>	<b>0,75 – 2,25</b>

CEi – condutividade eléctrica da água, dS/m

Fonte: Almeida, 2010.

### 3.6. Determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo

Para obtenção da velocidade de infiltração básica da água no solo foi realizado teste de infiltração em três repetições, usando o metodologia de Walker (citado por Massolonga 2006) utilizando o método do infiltrômetro de anéis, que consiste em cravar dois anéis no solo, colocados concêntricamente, figura 3.7, sendo o menor com diâmetro de 25 cm e o maior com 50 cm, e altura de 25 cm.



**Figura 3.7:** Medição da infiltração com infiltrômetro de anel duplo.

O anel externo tem como finalidade reduzir o efeito da dispersão lateral da água infiltrada do anel interno. Assim, a água do anel interno infiltra no perfil do solo em direção predominante vertical, o que evita a superestimativa da taxa de infiltração. Após a instalação dos anéis no solo até aproximadamente metade da sua altura, colocou-se água ao mesmo tempo no interior dos dois anéis, usando balde. Para medir a infiltração vertical da água no interior dos anéis usou-se uma régua, a leitura era feita de 5 em 5 minutos com auxílio de um cronômetro, a contar do instante zero e com repetições até o tempo média total de duração do teste de 633 minutos. O

critério adotado neste trabalho para condição de taxa de infiltração constante foi quando o valor de leitura da carga de água no cilindro interno se repetiu pelo menos 5 vezes.

A partir dos dados obtidos em campo foi possível determinar a velocidade de infiltração básica (VIB), inicialmente determinou-se Coeficientes da equação de infiltração pelo método analítico (A e B), Constante que depende do solo (k e a) e por fim a velocidade de infiltração básica, tabela 4.6, com as equações 3.6, 3.6a e 3.6b. Os cálculos foram realizados numa planilha electrónica de *Microsoft Excel, versão 2016*, inserido as equações.

$$VIB = 60 * K * a * \left[ \frac{-0,01}{60 * K * a * (a-1)} \right]^{\left( \frac{a-1}{a-2} \right)} \quad (3.6)$$

Em que:

VIB – Velocidade de infiltração básica (cm/h);

K - Constante dependente do solo (adimensional);

a - Constante dependente do solo (adimensional), variando de 0 a 1 em valor absoluto.

As constantes (K, a).

$$\left. \begin{aligned} K &= \text{antilog} A \\ a &= B \text{ ou } B = a \end{aligned} \right\} \quad (3.6a)$$

Os coeficientes (A, B) da equação de infiltração pelo método analítico.

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{\sum X \cdot \sum XY - \sum X^2 \cdot \sum Y}{(\sum X)^2 - m \cdot \sum X^2} \\ B &= \frac{\sum X \cdot \sum Y - m \cdot \sum XY}{(\sum X)^2 - m \cdot \sum X^2} \end{aligned} \right\} \quad (3.6b)$$

Em que:

X – É logaritmo do tempo acumulado;

Y – É logaritmo de infiltração acumulada;

m – É o número de pares de dados de X e Y.

A interpretação do valor da velocidade de infiltração básica (VIB) foi baseada na metodologia adaptada por Bernardo (2006) que está apresentada na Tabela 3.5 e também foi analisado em relação à intensidade de precipitação do aspersor.

Tabela 3.5: Classificação da velocidade da infiltração básica (VIB).

<b>Classificação do VIB</b>	<b>Valores (cm/h)</b>
<b>Muito alta</b>	>3,0
<b>Alta</b>	1,5 – 3,0
<b>Média</b>	0,5 – 1,5
<b>Baixa</b>	< 0,5

Fonte: Bernardo *et al.*, 2006.

Com base o VIB determinado em campo, foi possível também usar-se os seguintes parâmetros físicos tabelados: capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), densidade aparente (Da) e textura do solo, na tabela 3.6.

Tabela 3.6: Velocidade de infiltração básica (VIB), Densidade (Da), Capacidade de campo (CC) e Ponto de murcha permanente (PMP) para diferentes texturas do solo.

<b>Textura do solo</b>	<b>Vib (mm/h)</b>	<b>Da (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Cc (% em peso)</b>	<b>Pm (% em peso)</b>
Arenoso	50 (25 - 225)	1,65 (1,55 - 1,80)	9 (6 - 12)	4 (2 - 6)
Franco-arenoso	25 (13 - 76)	1,50 (1,40 - 1,60)	14 (10 - 18)	6 (4 - 8)
Franco	13 (8 - 80)	1,40 (1,35 - 1,50)	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)
Franco-argiloso	8 (1,5 - 15)	1,35 (1,30 - 1,40)	27 (23 - 31)	13 (11-15)
Argilo-arenoso	2,5 (0,3 - 5)	1,30 (1,25 - 1,35)	31 (27 - 35)	15 (13-17)
Argiloso	0,5 (0,1 - 1)	1,25 (1,20 - 1,30)	35 (31 - 39)	17 (15-19)

Fonte: Bueno, 2012.

Com os dados obtidos na tabela 3.6, realizou-se o cálculo da lâmina de irrigação real necessária de água (IRN) para suprir o déficit hídrico da cultura, foi determinado em função da capacidade de armazenamento do solo, conforme descrito na equação 3.7.

$$IRN = \frac{(CC - PMP)}{10} * D_a * Z * f \quad (3.7)$$

Em que:

*IRN* – Irrigação real necessária, (mm)

*CC* - Capacidade de campo, (%)

*PMP* - Ponto de murcha permanente, (%)

*D<sub>a</sub>* - Densidade aparente do solo (g/cm<sup>3</sup>)

*Z* - Profundidade efectiva radicular da cultura, (cm)

*f* - Fração da água disponível em função do tipo da cultura

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Uniformidade de distribuição de água

Na tabela 4.1 encontram-se os valores de Coeficiente de Uniformidade Christiansen (CUC); Coeficiente de Uniformidade Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) e Eficiência de aplicação (EA), simuldos a partir dos dados de lâminas aplicadas e coletadas.

Tabela 4.1: Parâmetros de uniformidade e de eficiência de aplicação.

Canhão hidráulico	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)	EA (%)
Teste 1	84,6	71,9	96,1	64,7
Teste 2	84,3	71,8	96,0	64,7
Teste 3	84,0	72,0	95,9	64,8

Pelo resultado da análise de variância pode-se constatar que os cinco tratamentos estudados (coeficientes de uniformidade de distribuição de água e eficiência de aplicação) em relação à percentagem de uniformidade de distribuição de água, tiveram diferença significativa entre si, conforme a tabela 4.2.

Tabela 4.2: Estimativa do quadrado médio (QM) da análise de variância para quatro coeficientes de uniformidade de distribuição de água num canhão hidráulico.

<b>One-way ANOVA: medias versus Tratamentos</b>					
Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamentos	3	1712,460	570,820	20146,59	0,000
Error	8	0,227	0,028		
Total	11	1712,687			
<b>S = 0,1683</b>		<b>R-Sq = 99,99%</b>		<b>R-Sq(adj) = 99,98%</b>	

É significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

Na tabela 4.3, estão os valores médios dos coeficientes de uniformidade, onde se verificou que houve diferença significativa a 1% de probabilidade.

Tabela 4.3: Valores médios dos coeficientes de uniformidade de distribuição de água e classificação dos ensaios de uniformidade de lâminas de irrigação num canhão hidráulico.

<b>Parâmetros</b>	<b>N. de testes</b>	<b>Médias</b>	<b>Grupos</b>	<b>Classificação</b>
<b>CUE</b>	3	96,00	A	Excelente
<b>CUC</b>	3	84,30	B	Bom
<b>CUD</b>	3	71,90	C	Bom
<b>EA</b>	3	64,73	D	

#### 4.1.1. Índice de precipitação

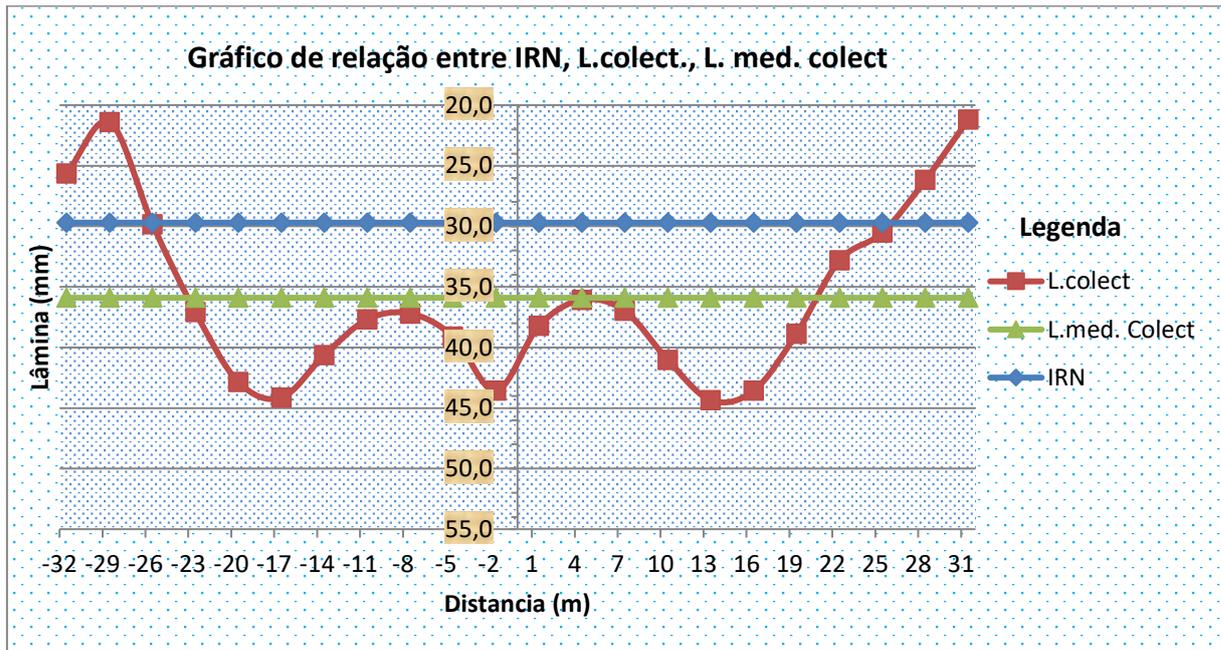
O índice de precipitação ( $I_p$ ) do aspensor avaliado em campo a uma pressão de 70,2 m.c.a foi de 0,54 mm.

Na Tabela 4.4: São mostrados os resultados de intensidade de precipitação média sobre os coletores.

Tabela 4.4: Valor da intensidade de precipitação de aspensor canhão hidráulico em campo

<b>Pressão (mca)</b>	<b>Bocal (mm)</b>	<b>Veloc (m/h)</b>	<b>(<math>\bar{X}</math>) (mm)</b>	<b>Tt (h:min)</b>	<b>I (mm/h)</b>	<b>LRN (mm)</b>	<b>TA (h:min)</b>
70,2	38	76,23	35,9	4:12	8,5	29,7	3:28

Em que: Veloc- velocidade de recolhimento;  $\bar{X}$ - lâmina média coletada; I- intensidade de precipitação; LR- lâmina real necessária para a cultura; Tt- tempo de teste TA- tempo de aplicação para lâmina real necessária da cultura.



**Figura 4.1:** Relação entre Irrigação real necessária (IRN), lâmina média coletada (L. med. colect), Lâmina coletada (L.colect.).

#### 4.2. Qualidade de água de irrigação

A qualidade de água de irrigação determinado em função do parâmetro condutividade eléctrica (CEi) variou em média entre 1,42 a 2,9 ds/m a uma temperatura de 25°C.

#### 4.3. Característica do solo

Na tabela 4.6, encontram-se os resultados de análise física do solo (capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), densidade aparente (Da) e textura) e de teste de infiltração do solo (velocidade de infiltração básica do solo (VIB)).

Tabela 4.5: Texturas do solo, velocidade de infiltração básica (VIB), Densidade (Da), Capacidade de campo (CC) e Ponto de murchamento (PMP).

Textura do solo	VIB (mm/h)	Da (g/cm <sup>3</sup> )	CC (%)	PMP (%)
Arenosa	136	1,65	9	4

## V. DISCUSSÃO

Pela Tabela 4.3, notou-se que o projecto de irrigação avaliado na uniformidade de aplicação de água tem desempenho excelente para CUE (96,00%) e bom para CUC (84,30%) e CUD (71,90%) de acordo com a classificação apresentada por Mantovani (2001). Os resultados obtidos são superiores aos valores mínimos convencionalmente recomendados para o funcionamento de um sistema de irrigação por aspersão, segundo Mantovani (2001) são 70%, 80%, 52%, respectivamente. A eficiência de aplicação de água (EA) foi de 64,73%, ficando abaixo de 70%, preconizado pelo Rocha *et al.* (1999) como o mínimo aceitável para sistemas de irrigação por aspersão. Isto indica que a gestão da irrigação, no projeto em estudo, não estava sendo empregado corretamente.

Com relação a irrigação real necessária (IRN) e a lâmina média colectada (L.med.colect), na figura 4.1, nota-se que no projecto de irrigação avaliado, a L.med.colect foi maior que a IRN, indicando que o projeto em estudo aplicava água em excesso, apresentando, portando, baixa eficiência de aplicação. Ainda na tabela 4.4 nota-se que o tempo que a Empresa leva a irrigar (4h:12min) para cultura de repolho é maior que o tempo necessário para uma IRN (3h:28min). Por isso, deve-se adotar métodos de estimativa e controle da necessidade e aplicação de água para qualquer sistema de irrigação, a fim de evitar os desperdícios.

Na tabela 4.5, observou-se que o valor de VIB classifica o solo com uma VIB muito alta já que é maior que 3,0 cm/h, segundo a classificação de Bernardo *et al.* (2006) e esse resultado sugere que o solo é de textura arenosa já que a VIB está relacionada com a textura e estrutura do solo. Nota-se também que a intensidade de precipitação do aspersor (Tabela 4.4) é menor que VIB, atendendo uma das condições de seleção de aspersor.

Observou-se também que o índice de precipitação ( $I_p = 0,54$  mm) do aspersor de 38mm de diâmetro a uma pressão de 70,2 m.c.a. utilizado para irrigar classifica-se como gotas grossas já que é maior que 0,5mm, esta é recomendado para esta textura do solo, segundo a classificação de Lozano (1965). Embora o mesmo autor cita que para cultura da família de hortícolas (cultura em campo) o  $I_p < 0,3$  mm, não sendo recomendado esta família de culturas para índice de precipitação utilizado em campo de 0.54 mm. Segundo Lozano (1965), diz ainda que uma irrigação com  $I_p > 0,5$  mm classificado por gotas grossas, causa danos às plantas de folhas sensíveis e pode diminuir a capacidade de infiltração do solo devido compactação do solo produzido pelo impacto das gotas. O Scaloppi e Colombo citado por Souza (2001), fundamenta

que o canhão hidráulico apresenta razoável adaptação às culturas de porte elevado como as frutíferas.

Com relação a qualidade de água para irrigação na cultura de repolho, notou-se que os níveis de sais (CEi) varia de 1,42 a 2,9 ds/m e segundo os padrões estabelecido por Almeida (2010), tabela 3.4. O resultado obtido em campo é superior que o recomendado para irrigação. Segundo o mesmo autor, a qualidade da água utilizada na irrigação é o principal agente causador da salinidade do solo e a perda de rendimento e qualidade das culturas.

## **VI. CONCLUSÃO**

O projeto de irrigação avaliado apresenta boa uniformidade de aplicação de água (CUC, CUD, CUE) aceitável para este tipo de sistema.

A eficiência de aplicação foi abaixo de 70%, preconizado pelo Rocha et al (1999) como o mínimo aceitável para sistemas de irrigação por aspersão. Mesmo assim, pode-se afirmar que o valor da eficiência de aplicação é aceitável para solos arenoso.

O índice de precipitação do aspersor de bocal de 38 mm a uma pressão de 70.2 m.c.a é adequado para solos arenosos e não se recomenda a irrigação da cultura de repolho a essa pressão (70.2 m.c.a) com o uso de aspersores com bocal de 38mm de diâmetro.

Pode-se afirmar que o solo caracteriza-se por textura arenosa e sua VIB é classificada como muito alta (13,6 cm/h) e é aceitável para o uso de aspersor em campo.

No geral, os resultados obtidos das avaliações do sistema de irrigação foram satisfatórios, porém alguns abaixo dos recomendados, sendo necessário aprimorar a gestão, a manutenção no sistema de irrigação para que ocorra um aumento na eficiência de aplicação e o estudo profundo sobre qualidade de água e do solo.

## VII. LISTA BIBLIOGRÁFICA

- ☞ ALMEIDA, O. A. de. 2010, “Qualidade da água de irrigação” 1ª edição, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.
- ☞ Bernardo, S. 2002, “Manual de Irrigação” 6ª edição. Viçosa. Brasil.
- ☞ BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. 2006, “Manual de irrigação”, 8ª edição, Ed. Viçosa, MG: UFV.
- ☞ BUENO. 2012, Estudos pedológicos. Instituto Federal, Goiano Campus Iporá, Serviço Público Federal, Brasil
- ☞ CHRISTIANSEN, J. E. 1942, Irrigation by sprinkling. University of California, Berkeley. 124p.
- ☞ DE MIRANDA, J.H. AND PIRES, R.C., 2003, “Irrigação: Série Engenharia Agrícola Irrigação”, *Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola (SBEA)*; Brasil, Volume 2.
- ☞ FAO, 1984, Irrigation and Drainage da FAO “Water Quality for Agriculture” v.39 p.29
- ☞ FERREIRA, V. M. 2011, “Técnico Agropecuário” *Irrigação e drenagem*, Rio Grande do Norte, Editora Floriano.
- ☞ FILIZOLA, H. F.; MARCO, A. F. G.; SOUZA, M. D. 2006, “Manual de Procedimentos de Coleta de Amostras em Áreas Agrícolas para Análise da Qualidade Ambiental: Solo, Água e Sedimentos” 1ª edição, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.
- ☞ FREITAS, E. F. M., 2015, “Uniformidade de distribuição de água de irrigação pelo sistema do tipo pivô central no município de silvânia” tese de obtenção de bacheler em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás.
- ☞ FRIZZONE, J. A. 1992, “Irrigação por aspersão” *uniformidade e eficiência*, Piracicaba: ESALQ/USP.
- ☞ GOMES, A. DA S; PAULETTO, E. A.; FRANZ, A. F. H. 2004, “Uso E Manejo Da Água em arroz irrigado” In: *GOMES, A. DA S; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. DE. Arroz Irrigado No Sul do Brasil*, Brasília, Embrapa Informação Tecnológica.
- ☞ KELLER, J.; BLIESNER, R.D. 1990, Sprinkle and Trickle Irrigation. New York: AVI Book, 652p.
- ☞ LOZANO, F. G. 1965, *Normas y Instrucciones sobre el Riego por Aspersión*. Instituto Nacional de Investigación Agronómicas.
- ☞ MANTOVANI, E. C. AVALIA, 2001, Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV,.

- ☞ MASSOLONGA, A. R, 2006, “Avaliação da eficiência de rega por sulcos em 32 ha de cultura de tomate no Distribuidor 9 (D9) no Regadio de Chókwe” Tese de obtenção do grau de Licenciatura em Agronomia, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo
- ☞ MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. A, 1994, *qualidade da água de irrigação*. Campina Grande: UFPB, 60p.
- ☞ Ministério da administração Estatal, 2005, Perfil do Distrito de Xai-Xai
- ☞ PEREIRA, G. M. 1995, “Simulação das perdas de água por evaporação e da uniformidade de distribuição na irrigação por aspersão” Tese de Doutorado em Irrigação e Drenagem, Viçosa: UFV.
- ☞ PINTO, M., 2006, “Avaliação da eficiência de rega por sulcos em 32 ha de cultura de tomate no Distribuidor 9 (D9) no Regadio de Chókwe” Tese de obtenção do grau de Licenciatura em Agronomia, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo
- ☞ REICHARDT, K.,TIMM, L.C. 2004, “ Solo, Planta e atmosfera” *Conceitos, Processos e Aplicações*, Barueri: Manole.
- ☞ REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L. 1998, “Influência do espaçamento entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, vol 2, nº 3.
- ☞ ROCHA, E. M. M.; COSTA, R. N. T.; MAPURUNGA, S. M. S.; CASTRO, P. T. 1999, “Uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo”, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, vol 3, nº 2.
- ☞ SANTOS, R. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; FERREIRA, E. J. S.; VANZELA, L. S.; LIMA, R. C. 2003, Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em sub-superfície instalado na cultura de pupunheiras (*Bactris gasipaes H. B. K.*), *CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, Goiânia. Anais... Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/c2003rsantos.pdf>>. Acesso em: 20 Novembro. 2016.
- ☞ SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A.; RODRIGUES, L. N. , 2004, Proposição de um modelo matemático para a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.8, p.741-748.
- ☞ SOUZA, R. O. R. M. 2001, “Desenvolvimento e avaliação de um sistema de irrigação automatizado para áreas experimentais” Dissertação de Mestrado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- ☞ STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. 2006, “Irrigação In: SANTOS, A. dos; STONE, L.; VIEIRA, N. de (Ed.)”, *A Cultura do Arroz no Brasil*, ed. Santo Antônio de Goiás, vol 2, Embrapa.
- ☞ SUAREZ, D. L. (1981) Relation between pHc and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternate method of estimating SAR of soil or drainage Waters.
- ☞ SUAREZ, D. L., 1981, Relation between pHc and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternate method of estimating SAR of soil or drainage Waters.
- ☞ TOMAZELA, C. 1996, “Optimização do uso de um aspersor tipo canhão em função das características operacionais e velocidade média do vento” Tese de Doutorado em irrigação e Drenagem, Piracicaba: ESALQ/USP.
- ☞ VILELA, L. A. 1999, “Sistemas pressurizados de irrigação” *irrigação por autopropelido e pivô central*, Lavras: UFLA/FAEPE.
- ☞ WALKER, W.R.; SKOGERBOE, G.V. 1987, Surface irrigation: Theory and practice. New Jersey: Prentice-Hall, 386p
- ☞ WILCOX, J. C.; SWAILES, G. E. 1947, Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. *Scientific Agriculture*, vol 27, n.1

## VIII. APÊNDICE

### Apêndice A

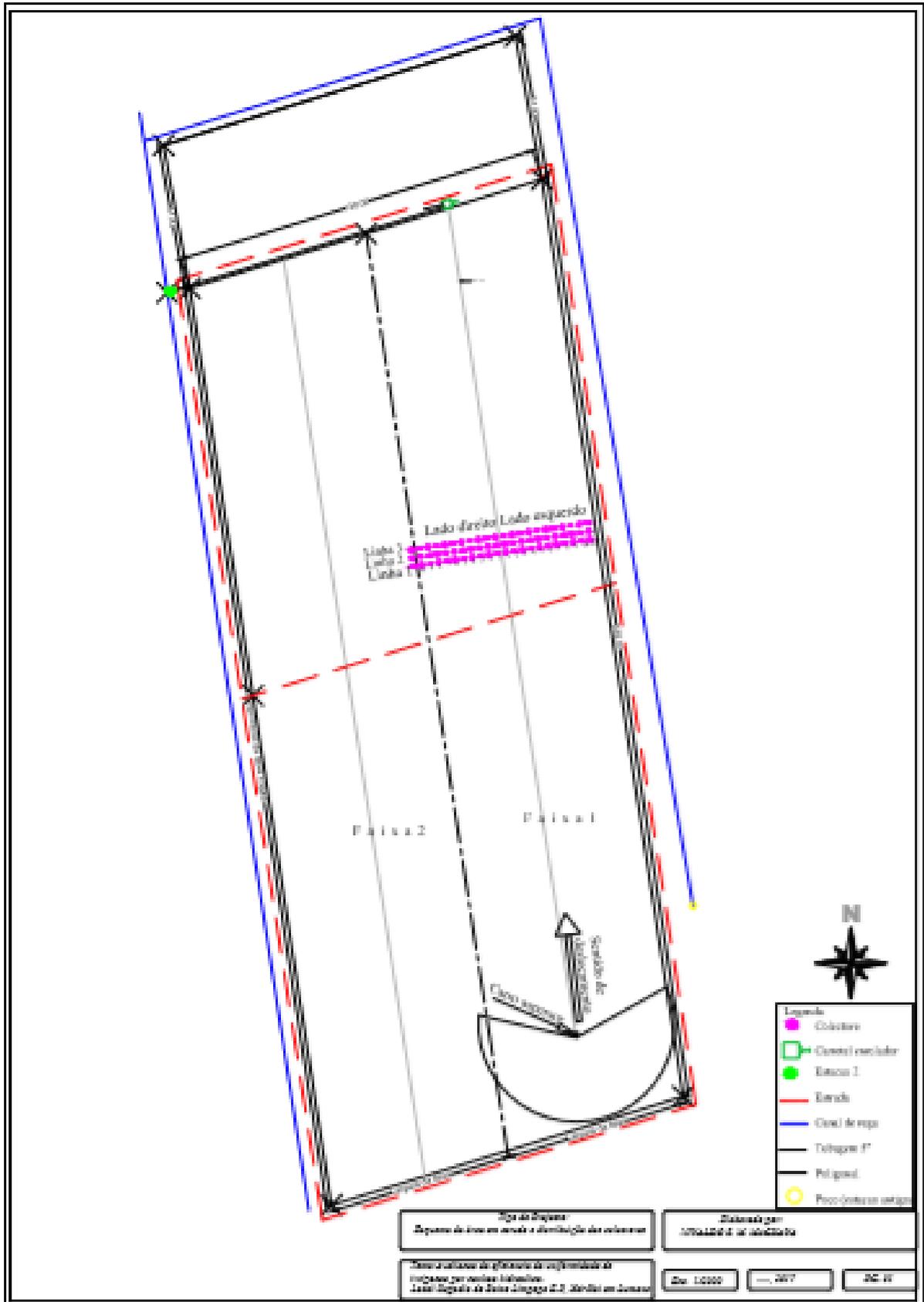


Figura 8.1: Esquema da área e distribuição dos coletores.

**Apêndice B**

**Tabela 8.1:** Ficha de avaliação de uniformidade de distribuição de água- Teste 1

Faixa n.º	1	Velocidade (m/h)=	20	Data	31/08/2017					
Bocal (mm) =	38	PS (Bar) =	7	Local	Lumane					
Lâmina Requerida =		Cultura em campo	Repolho							
Linha de Colector							Lâmina media			
Coletor	1		2		3		Xi	Xi- $\bar{X}$	Xi 25%	
	ml	mm	ml	mm	ml	mm	mm	mm	mm	
Lado esquerdo	-11	123	24,5	125	24,9	124	24,7	24,7	11,7	24,7
	-10	139	27,7	105	20,9	100	19,9	22,8	13,5	22,8
	-9	161	32,0	119	23,7	153	30,5	28,7	7,6	28,7
	-8	175	34,8	181	36,0	192	38,2	36,4	0,0	
	-7	225	44,8	216	43,0	197	39,2	42,3	6,0	
	-6	273	54,3	190	37,8	195	38,8	43,7	7,3	
	-5	221	44,0	192	38,2	200	39,8	40,7	4,3	
	-4	180	35,8	180	35,8	182	36,2	36,0	0,4	
	-3	200	39,8	162	32,2	190	37,8	36,6	-0,3	
	-2	200	39,8	186	37,0	197	39,2	38,7	-2,3	
	-1	245	48,8	215	42,8	210	41,8	44,5	8,1	
Lado direito	1	199	39,6	196	39,1	194	38,7	39,1	2,8	
	2	196	39,0	192	38,1	183	36,4	37,8	1,5	
	3	202	40,1	197	39,3	192,1	38,2	39,2	2,9	
	4	226	45,0	221	43,9	209,8	41,8	43,6	7,2	
	5	231	46,0	227	45,3	226,7	45,1	45,5	9,1	
	6	228	45,3	229	45,6	221,6	44,1	45,0	8,7	
	7	203	40,3	202	40,2	197,7	39,4	40,0	3,6	
	8	172	34,2	166	33,0	171,2	34,1	33,8	2,6	
	9	161	31,9	157	31,3	155,9	31,0	31,4	4,9	31,4
	10	139	27,6	136	27,2	134,1	26,7	27,1	9,2	27,1
	11	113	22,5	110	21,9	108,6	21,6	22,0	14,3	22,0
							<b>Media</b>	<b>36,3</b>	<b>5,6</b>	<b>26,1</b>
								799,5	123,1	
							<b>CUC =</b>	<b>84,6 %</b>		
							<b>CUD =</b>	<b>71,9 %</b>		
							<b>CUE =</b>	<b>96,1 %</b>		
							<b>EA =</b>	<b>64,7 %</b>		

**Tabela 8.2:** Ficha de avaliação de uniformidade de distribuição de água- Teste 2

Faixa n.º	1	Velocidade (m/h)=	20	Data	09/05/2017					
Bocal (mm) =	38	PS (Bar) =	7	Local	Lumane					
Lâmina Requerida =		Cultura em campo	Repolho							
Linha de Colector							Lâmina media			
Coletor	1		2		3		Xi	Xi- $\bar{X}$	Xi 25%	
	ml	mm	ml	mm	ml	mm	mm	mm	mm	
Lado esquerdo	-11	127	25,3	122	24,3	130	25,9	25,1	11,2	25,1
	-10	128	25,5	100	19,9	90	17,9	21,1	15,2	21,1
	-9	170	33,8	110	21,9	177	35,2	30,3	6,0	30,3
	-8	178	35,4	178	35,4	203	40,4	37,1	0,7	
	-7	220	43,8	211	42,0	207	41,2	42,3	6,0	
	-6	275	54,7	193	38,4	200	39,8	44,3	8,0	
	-5	218	43,4	190	37,8	202	40,2	40,5	4,1	
	-4	193	38,4	183	36,4	202	40,2	38,3	2,0	
	-3	195	38,8	165	32,8	192	38,2	36,6	0,3	
	-2	215	42,8	185	36,8	188	37,4	39,0	2,7	
	-1	240	47,8	213	42,4	205	40,8	43,7	7,3	
Lado direito	1	190	37,8	190	37,8	190	37,8	37,8	1,4	
	2	177	35,2	177	35,2	177	35,2	35,2	1,2	
	3	180	35,9	180	35,9	180,2	35,9	35,9	0,5	
	4	200	39,8	200	39,8	199,8	39,8	39,8	3,4	
	5	220	43,8	220	43,8	220	43,8	43,8	7,4	
	6	215	42,9	215	42,9	215,3	42,9	42,9	6,5	
	7	192	38,3	192	38,3	192,4	38,3	38,3	2,0	
	8	162	32,3	163	32,3	162,5	32,3	32,3	4,0	
	9	151	30,1	151	30,1	151,1	30,1	30,1	6,3	30,1
	10	129	25,7	129	25,7	129,1	25,7	25,7	10,6	25,7
	11	104	20,6	104	20,6	103,6	20,6	20,6	15,7	20,6
							<b>Media</b>	<b>35,5</b>	<b>5,6</b>	<b>25,5</b>
								20,6	122,6	
							<b>CUC =</b>	<b>84,3</b>	<b>%</b>	
							<b>CUD =</b>	<b>71,8</b>	<b>%</b>	
							<b>CUE =</b>	<b>96,0</b>	<b>%</b>	
							<b>EA =</b>	<b>64,7</b>	<b>%</b>	

**Tabela 8.3:** Ficha de avaliação de uniformidade de distribuição de água- Teste 3

Faixa n.º	1	Velocidade (m/h)	20	Data	31/08/2017					
Bocal (mm) =	38	PS (Bar) =	7	Local	Lumane					
Lâmina Requerida =		Cultura em campo	Repolho							
		Linha de Colector						Lâmina media		
Coletor	1		2		3		Xi	Xi- $\bar{X}$	Xi 25%	
	ml	mm	ml	mm	ml	mm	mm	mm	mm	
Lado esquerdo	-11	135	26,9	135	26,9	138	27,5	27,1	9,3	27,1
	-10	113	22,5	93	18,5	100	19,9	20,3	16,0	20,3
	-9	159	31,6	115	22,9	185	36,8	30,5	5,9	30,5
	-8	180	35,8	180	35,8	210	41,8	37,8	1,5	
	-7	226	45,0	221	44,0	215	42,8	43,9	7,6	
	-6	265	52,7	200	39,8	205	40,8	44,5	8,1	
	-5	225	44,8	195	38,8	194	38,6	40,7	4,4	
	-4	190	37,8	187	37,2	207	41,2	38,7	2,4	
	-3	206	41,0	173	34,4	199	39,6	38,3	2,0	
	-2	219	43,6	177	35,2	201	40,0	39,6	3,3	
	-1	246	49,0	206	41,0	190	37,8	42,6	6,3	
Lado direito	1	190	37,8	190	37,8	190	37,8	37,8	1,4	
	2	177	35,2	177	35,2	177	35,2	35,2	1,2	
	3	180	35,9	180	35,9	180,2	35,9	35,9	0,5	
	4	200	39,8	200	39,8	199,8	39,8	39,8	3,4	
	5	220	43,8	220	43,8	220	43,8	43,8	7,4	
	6	215	42,9	215	42,9	215,3	42,9	42,9	6,5	
	7	192	38,3	192	38,3	192,4	38,3	38,3	2,0	
	8	162	32,3	163	32,3	162,5	32,3	32,3	4,0	
	9	151	30,1	151	30,1	151,1	30,1	30,1	6,3	30,1
	10	129	25,7	129	25,7	129,1	25,7	25,7	10,6	25,7
	11	108	21,4	104	20,6	103,6	20,6	20,9	15,5	20,9
							<b>Media</b>	<b>35,8</b>	<b>5,7</b>	<b>25,7</b>
							<b>CUC =</b>	<b>84,0</b>	<b>%</b>	
							<b>CUD =</b>	<b>72,0</b>	<b>%</b>	
							<b>CUE =</b>	<b>95,9</b>	<b>%</b>	
							<b>EA =</b>	<b>64,8</b>	<b>%</b>	

**Apêndice C**

**Tabela 8.4:** Ficha de dados de campo de teste de infiltração- Teste 1

07/10/2017

Ordem	Hora	Intervalo de tempo (min)	Tempo acumulado (min)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Infiltração (cm)
1	07:00	0	0,00	11,2		
2	07:05	5	5,00	7	11,5	4,2
3	07:10	5	10,00	8,5		3
4	07:15	5	15,00	4,8	12,5	3,7
5	07:20	5	20,00	10		2,5
6	07:25	5	25,00	8		2
7	07:30	5	30,00	6		2
8	07:35	5	35,00	3,2	12,5	2,8
9	07:40	5	40,00	10		2,5
10	07:45	5	45,00	7,8	12,5	2,2
11	07:50	5	50,00	9,5		3
12	07:55	5	55,00	7,2	12,5	2,3
13	08:00	5	60,00	10		2,5
14	08:05	5	65,00	6,9	12	3,1
15	08:10	5	70,00	9,5		2,5
16	08:15	5	75,00	6,8		2,7
17	08:20	5	80,00	4,8	11	2
18	08:25	5	85,00	8,8		2,2
19	08:30	5	90,00	6	12	2,8
20	08:35	5	95,00	9,5		2,5
21	08:40	5	100,00	7,1		2,4
22	08:45	5	105,00	4,8	12,5	2,3
23	08:50	5	110,00	10		2,5
24	08:55	5	115,00	7,6		2,4
25	09:00	5	120,00	5,5	12,4	2,1
26	09:05	5	125,00	10		2,4
27	09:10	5	130,00	7,9		2,1
28	09:15	5	135,00	6,1		1,8
29	09:20	5	140,00	4,2	12,3	1,9
30	09:25	5	145,00	10,5		1,8
31	09:30	5	150,00	8,5		2
32	09:35	5	155,00	6,9		1,6
33	09:40	5	160,00	5,1	12,5	1,8
34	09:45	5	165,00	11,2		1,3
35	09:50	5	170,00	9,5		1,7
36	09:55	5	175,00	7,8		1,7
37	10:00	5	180,00	6,5		1,3
38	10:05	5	185,00	5,1		1,4

Avaliação da eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura de repolho no Regadio do Baixo Limpopo em Xai-Xai

39	10:10	5	190,00	3,5	12,5	1,6
40	10:15	5	195,00	11,5		1
41	10:20	5	200,00	9,8		1,7
42	10:25	5	205,00	8,2		1,6
43	10:30	5	210,00	7		1,2
44	10:35	5	215,00	5,7		1,3
45	10:40	5	220,00	4,4		1,3
46	10:45	5	225,00	3	12,5	1,4
47	10:50	5	230,00	11,8		0,7
48	10:55	5	235,00	10		1,8
49	11:00	5	240,00	8,8		1,2
50	11:05	5	245,00	7,6		1,2
51	11:10	5	250,00	6,3		1,3
52	11:15	5	255,00	5,2		1,1
53	11:20	5	260,00	4		1,2
54	11:25	5	265,00	2,5	12,5	1,5
55	11:30	5	270,00	11,6		0,9
56	11:35	5	275,00	10,5		1,1
57	11:40	5	280,00	9,4		1,1
58	11:45	5	285,00	8,3		1,1
59	11:50	5	290,00	7,2		1,1
60	11:55	5	295,00	6,4		0,8
61	12:00	5	300,00	5,5		0,9
62	12:05	5	305,00	4,8		0,7
63	12:10	5	310,00	3,7	12,5	1,1
64	12:15	5	315,00	11,1		1,4
65	12:20	5	320,00	10		1,1
66	12:25	5	325,00	9		1
67	12:30	5	330,00	8,1		0,9
68	12:35	5	335,00	7		1,1
69	12:40	5	340,00	6,1		0,9
70	12:45	5	345,00	5		1,1
71	12:50	5	350,00	4,1		0,9
72	12:55	5	355,00	3	12,5	1,1
73	13:00	5	360,00	11,6		0,9
74	13:05	5	365,00	10,4		1,2
75	13:10	5	370,00	9,3		1,1
76	13:15	5	375,00	8,4		0,9
77	13:20	5	380,00	7,3		1,1
78	13:25	5	385,00	6,4		0,9
79	13:30	5	390,00	5,5		0,9
80	13:35	5	395,00	4,7		0,8
81	13:40	5	400,00	3,8		0,9
82	13:45	5	405,00	2,9	12,5	0,9
83	13:50	5	410,00	11,7		0,8

Avaliação da eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura de repolho no Regadio do Baixo Limpopo em Xai-Xai

84	13:55	5	415,00	10,8		0,9
85	14:00	5	420,00	9,9		0,9
86	14:05	5	425,00	9,1		0,8
87	14:10	5	430,00	8,3		0,8
88	14:15	5	435,00	7,5		0,8
89	14:20	5	440,00	6,8		0,7
90	14:25	5	445,00	6		0,8
91	14:30	5	450,00	5,4		0,6
92	14:35	5	455,00	4,8		0,6
93	14:40	5	460,00	3,9		0,9
94	14:45	5	465,00	3,2	10	0,7
95	14:50	5	470,00	9,1		0,9
96	14:55	5	475,00	8,1		1
97	15:00	5	480,00	7		1,1
98	15:05	5	485,00	6,1		0,9
99	15:10	5	490,00	5,2		0,9
100	15:15	5	495,00	4,3		0,9
101	15:20	5	500,00	3,6	12,5	0,7
102	15:25	5	505,00	11,7		0,8
103	15:30	5	510,00	10,8		0,9
104	15:35	5	515,00	10		0,8
105	15:40	5	520,00	9,3		0,7
106	15:45	5	525,00	8,5		0,8
107	15:50	5	530,00	7,6		0,9
108	15:55	5	535,00	6,9		0,7
109	16:00	5	540,00	6,2		0,7
110	16:05	5	545,00	5,6		0,6
111	16:10	5	550,00	5		0,6
112	16:15	5	555,00	4,4	12,5	0,6
113	16:20	5	560,00	11,9		0,6
114	16:25	5	565,00	11,2		0,7
115	16:30	5	570,00	10,4		0,8
116	16:35	5	575,00	9,8		0,6
117	16:40	5	580,00	9,1		0,7
118	16:45	5	585,00	8,4		0,7
119	16:50	5	590,00	7,8		0,6
120	16:55	5	595,00	7		0,8
121	17:00	5	600,00	6,4		0,6
122	17:05	5	605,00	5,8		0,6
123	17:10	5	610,00	5,2		0,6
124	17:15	5	615,00	4,8	12,5	0,4
125	17:20	5	620,00	12,1		0,4
126	17:25	5	625,00	11,6		0,5
127	17:30	5	630,00	10,9		0,7
128	17:35	5	635,00	10,1		0,8

129	17:40	5	640,00	9,5	0,6
130	17:45	5	645,00	8,9	0,6
131	17:50	5	650,00	8,2	0,7
132	17:55	5	655,00	7,6	0,6
133	18:00	5	660,00	7	0,6
134	18:05	5	665,00	6,4	0,6
135	18:10	5	670,00	5,8	0,6
136	18:15	5	675,00	5,2	0,6

**Tabela 8.5:** Ficha de dados de campo de teste de infiltração- Teste 2

08/10/2017

Ordem	Hora	Intervalo de tempo (min)	Tempo acumulado (min)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Infiltração (cm)
1	06:00	0	0	12,5		
2	06:05	5	5,00	9,2		3,3
3	06:10	5	10,00	6		3,2
4	06:15	5	15,00	2,8	12,6	3,2
5	06:20	5	20,00	9,3		3,3
6	06:25	5	25,00	6		3,3
7	06:30	5	30,00	3	12,5	3
8	06:35	5	35,00	9,2		3,3
9	06:40	5	40,00	6,3		2,9
10	06:45	5	45,00	4		2,3
11	06:50	5	50,00	1,2	12,5	2,8
12	06:55	5	55,00	10,4		2,1
13	07:00	5	60,00	7,8		2,6
14	07:05	5	65,00	5,2		2,6
15	07:10	5	70,00	3,1		2,1
16	07:15	5	75,00	1,2	12,5	1,9
17	07:20	5	80,00	11,2		1,3
18	07:25	5	85,00	9,6		1,6
19	07:30	5	90,00	8,1		1,5
20	07:35	5	95,00	6,7		1,4
21	07:40	5	100,00	5,5	12,5	1,2
22	07:45	5	105,00	11,5		1
23	07:50	5	110,00	10,4		1,1
24	07:55	5	115,00	8,9		1,5
25	08:00	5	120,00	7,7		1,2
26	08:05	5	125,00	6,6		1,1
27	08:10	5	130,00	5,3	12,5	1,3
28	08:15	5	135,00	11,5		1

Avaliação da eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura de repolho no Regadio do Baixo Limpopo em Xai-Xai

29	08:20	5	140,00	10,3		1,2
30	08:25	5	145,00	8,9		1,4
31	08:30	5	150,00	7,8		1,1
32	08:35	5	155,00	6,6		1,2
33	08:40	5	160,00	5,6		1
34	08:45	5	165,00	4,6	12,5	1
35	08:50	5	170,00	11		1,5
36	08:55	5	175,00	9,7		1,3
37	09:00	5	180,00	8,5		1,2
38	09:05	5	185,00	7,4		1,1
39	09:10	5	190,00	6,4		1
40	09:15	5	195,00	5,3	12,5	1,1
41	09:20	5	200,00	11,5		1
42	09:25	5	205,00	10,6		0,9
43	09:30	5	210,00	9,3		1,3
44	09:35	5	215,00	8,1		1,2
45	09:40	5	220,00	7		1,1
46	09:45	5	225,00	5,9		1,1
47	09:50	5	230,00	4,8	12,5	1,1
48	09:55	5	235,00	11,3		1,2
49	10:00	5	240,00	10,3		1
50	10:05	5	245,00	9,1		1,2
51	10:10	5	250,00	7,9		1,2
52	10:15	5	255,00	6,7		1,2
53	10:20	5	260,00	5,6		1,1
54	10:25	5	265,00	4,6	12,5	1
55	10:30	5	270,00	11,5		1
56	10:35	5	275,00	10,5		1
57	10:40	5	280,00	9,4		1,1
58	10:45	5	285,00	8,4		1
59	10:50	5	290,00	7,4		1
60	10:55	5	295,00	6,3		1,1
61	11:00	5	300,00	5,4	12,5	0,9
62	11:05	5	305,00	11,6		0,9
63	11:10	5	310,00	10,7		0,9
64	11:15	5	315,00	9,7		1
65	11:20	5	320,00	8,7		1
66	11:25	5	325,00	7,9		0,8
67	11:30	5	330,00	7,1		0,8
68	11:35	5	335,00	6,2		0,9
69	11:40	5	340,00	5,5	12,5	0,7
70	11:45	5	345,00	11,8		0,7
71	11:50	5	350,00	11,2		0,6
72	11:55	5	355,00	10,5		0,7
73	12:00	5	360,00	9,7		0,8

Avaliação da eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura de repolho no Regadio do Baixo Limpopo em Xai-Xai

74	12:05	5	365,00	9		0,7
75	12:10	5	370,00	8,3		0,7
76	12:15	5	375,00	7,7		0,6
77	12:20	5	380,00	7,1	12,5	0,6
78	12:25	5	385,00	12		0,5
79	12:30	5	390,00	11,5		0,5
80	12:35	5	395,00	10,9		0,6
81	12:40	5	400,00	10,3		0,6
82	12:45	5	405,00	9,6		0,7
83	12:50	5	410,00	9		0,6
84	12:55	5	415,00	8,3		0,7
85	13:00	5	420,00	7,6		0,7
86	13:05	5	425,00	6,8	12,5	0,8
87	13:10	5	430,00	11,8		0,7
88	13:15	5	435,00	11		0,8
89	13:20	5	440,00	10,2		0,8
90	13:25	5	445,00	9,5		0,7
91	13:30	5	450,00	8,8		0,7
92	13:35	5	455,00	8,2		0,6
93	13:40	5	460,00	7,6		0,6
94	13:45	5	465,00	7		0,6
95	13:50	5	470,00	6,3	12,5	0,7
96	13:55	5	475,00	11,8		0,7
97	14:00	5	480,00	11,1		0,7
98	14:05	5	485,00	10,5		0,6
99	14:10	5	490,00	9,8		0,7
100	14:15	5	495,00	9		0,8
101	14:20	5	500,00	8,3		0,7
102	14:25	5	505,00	7,6		0,7
103	14:30	5	510,00	7		0,6
104	14:35	5	515,00	6,3	12,5	0,7
105	14:40	5	520,00	11,8		0,7
106	14:45	5	525,00	11,2		0,6
107	14:50	5	530,00	10,6		0,6
108	14:55	5	535,00	10,1		0,5
109	15:00	5	540,00	9,6		0,5
110	15:05	5	545,00	9,1		0,5
111	15:10	5	550,00	8,6		0,5
112	15:15	5	555,00	8,1		0,5

**Tabela 8.6:** Ficha de dados de campo de teste de infiltração- Teste 3

09/10/2017

Ordem	Hora	Intervalo de tempo (min)	Tempo acumulado (min)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Infiltração (cm)
1	06:00	0	0	12,5		
2	06:05	5	5,00	8,4		4,1
3	06:10	5	10,00	4,5	12,5	3,9
4	06:15	5	15,00	8,8		3,7
5	06:20	5	20,00	5,5	12,5	3,3
6	06:25	5	25,00	8,9		3,6
7	06:30	5	30,00	5,2	12,7	3,7
8	06:35	5	35,00	9,2		3,5
9	06:40	5	40,00	6,1		3,1
10	06:45	5	45,00	3,2	12,5	2,9
11	06:50	5	50,00	10		2,5
12	06:55	5	55,00	7,2		2,8
13	07:00	5	60,00	4,5	13,5	2,7
14	07:05	5	65,00	11		2,5
15	07:10	5	70,00	8,3		2,7
16	07:15	5	75,00	5,9	12,5	2,4
17	07:20	5	80,00	10,2		2,3
18	07:25	5	85,00	7,9		2,3
19	07:30	5	90,00	5,5	12,5	2,4
20	07:35	5	95,00	10,4		2,1
21	07:40	5	100,00	7,9		2,5
22	07:45	5	105,00	5,2	12,5	2,7
23	07:50	5	110,00	10,3		2,2
24	07:55	5	115,00	7,8		2,5
25	08:00	5	120,00	5,2	12,5	2,6
26	08:05	5	125,00	10		2,5
27	08:10	5	130,00	7,9		2,1
28	08:15	5	135,00	5,7	12,5	2,2
29	08:20	5	140,00	10,6		1,9
30	08:25	5	145,00	8,8		1,8
31	08:30	5	150,00	7,2	12,5	1,6
32	08:35	5	155,00	10,7		1,8
33	08:40	5	160,00	9,2		1,5
34	08:45	5	165,00	8	12,5	1,2
35	08:50	5	170,00	10,9		1,6
36	08:55	5	175,00	9,3		1,6
37	09:00	5	180,00	7,8	12,5	1,5
38	09:05	5	185,00	10,9		1,6
39	09:10	5	190,00	9,5		1,4

Avaliação da eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura de repolho no Regadio do Baixo Limpopo em Xai-Xai

40	09:15	5	195,00	7,9		1,6
41	09:20	5	200,00	6,2	12,5	1,7
42	09:25	5	205,00	11		1,5
43	09:30	5	210,00	9,5		1,5
44	09:35	5	215,00	8,2		1,3
45	09:40	5	220,00	6,7	12,5	1,5
46	09:45	5	225,00	11		1,5
47	09:50	5	230,00	9,6		1,4
48	09:55	5	235,00	8,4		1,2
49	10:00	5	240,00	7	12,5	1,4
50	10:05	5	245,00	11,2		1,3
51	10:10	5	250,00	10		1,2
52	10:15	5	255,00	8,5		1,5
53	10:20	5	260,00	7	12,5	1,5
54	10:25	5	265,00	11,3		1,2
55	10:30	5	270,00	10,1		1,2
56	10:35	5	275,00	9		1,1
57	10:40	5	280,00	7,8		1,2
58	10:45	5	285,00	6,5		1,3
59	10:50	5	290,00	5,2		1,3
60	10:55	5	295,00	4		1,2
61	11:00	5	300,00	2,7	12,5	1,3
62	11:05	5	305,00	11		1,5
63	11:10	5	310,00	9,8		1,2
64	11:15	5	315,00	8,5		1,3
65	11:20	5	320,00	7		1,5
66	11:25	5	325,00	6		1
67	11:30	5	330,00	4,9		1,1
68	11:35	5	335,00	3,8	12,5	1,1
69	11:40	5	340,00	11,5		1
70	11:45	5	345,00	10,4		1,1
71	11:50	5	350,00	9,3		1,1
72	11:55	5	355,00	8,2		1,1
73	12:00	5	360,00	7,2		1
74	12:05	5	365,00	6		1,2
75	12:10	5	370,00	4,9		1,1
76	12:15	5	375,00	4	12,5	0,9
77	12:20	5	380,00	11,5		1
78	12:25	5	385,00	10,6		0,9
79	12:30	5	390,00	9,6		1
80	12:35	5	395,00	8,7		0,9
81	12:40	5	400,00	7,8		0,9
82	12:45	5	405,00	6,9		0,9
83	12:50	5	410,00	6,1		0,8
84	12:55	5	415,00	5,2		0,9

Avaliação da eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura de repolho no Regadio do Baixo Limpopo em Xai-Xai

85	13:00	5	420,00	4,3	12,5	0,9
86	13:05	5	425,00	11,5		1
87	13:10	5	430,00	10,6		0,9
88	13:15	5	435,00	9,8		0,8
89	13:20	5	440,00	9		0,8
90	13:25	5	445,00	8,2		0,8
91	13:30	5	450,00	7,3		0,9
92	13:35	5	455,00	6,5		0,8
93	13:40	5	460,00	5,7		0,8
94	13:45	5	465,00	5	12,5	0,7
95	13:50	5	470,00	11,7		0,8
96	13:55	5	475,00	10,9		0,8
97	14:00	5	480,00	10		0,9
98	14:05	5	485,00	9,3		0,7
99	14:10	5	490,00	8,6		0,7
100	14:15	5	495,00	8		0,6
101	14:20	5	500,00	7,3		0,7
102	14:25	5	505,00	6,6		0,7
103	14:30	5	510,00	6		0,6
104	14:35	5	515,00	5,2	12,5	0,8
105	14:40	5	520,00	11,8		0,7
106	14:45	5	525,00	11		0,8
107	14:50	5	530,00	10,2		0,8
108	14:55	5	535,00	9,5		0,7
109	15:00	5	540,00	8,7		0,8
110	15:05	5	545,00	8		0,7
111	15:10	5	550,00	7,2		0,8
112	15:15	5	555,00	6,5		0,7
113	15:20	5	560,00	5,7		0,8
114	15:25	5	565,00	5	12,5	0,7
115	15:30	5	570,00	11,8		0,7
116	15:35	5	575,00	11		0,8
117	15:40	5	580,00	10,2		0,8
118	15:45	5	585,00	9,6		0,6
119	15:50	5	590,00	9		0,6
120	15:55	5	595,00	8,4		0,6
121	16:00	5	600,00	7,7		0,7
122	16:05	5	605,00	7		0,7
123	16:10	5	610,00	6,3		0,7
124	16:15	5	615,00	5,7		0,6
125	16:20	5	620,00	5,1	12,5	0,6
126	16:25	5	625,00	12		0,5
127	16:30	5	630,00	11,3		0,7
128	16:35	5	635,00	10,6		0,7
129	16:40	5	640,00	10		0,6

130	16:45	5	645,00	9,4		0,6
131	16:50	5	650,00	8,7		0,7
132	16:55	5	655,00	8		0,7
133	17:00	5	660,00	7,3		0,7
134	17:05	5	665,00	6,6		0,7
135	17:10	5	670,00	5,9		0,7

**Tabela 8.7:** Ficha de avaliação de teste de infiltração- Teste 1

Ordem	Tempo acumulado (Tac), [min]	Infiltração acumulada (Iac), [cm]	X=log Tac	Y=log Iac	X*Y	X <sup>2</sup>
1	0	0,0	0	0	0	0
2	5	4,2	0,699	0,623	0,436	0,489
3	10	7,2	1,000	0,857	0,857	1,000
4	15	10,9	1,176	1,037	1,220	1,383
5	20	13,4	1,301	1,127	1,466	1,693
6	25	15,4	1,398	1,188	1,660	1,954
7	30	17,4	1,477	1,241	1,832	2,182
8	35	20,2	1,544	1,305	2,016	2,384
9	40	22,7	1,602	1,356	2,172	2,567
10	45	24,9	1,653	1,396	2,308	2,733
11	50	27,9	1,699	1,446	2,456	2,886
12	55	30,2	1,740	1,480	2,576	3,029
13	60	32,7	1,778	1,515	2,693	3,162
14	65	35,8	1,813	1,554	2,817	3,287
15	70	38,3	1,845	1,583	2,921	3,404
16	75	41,0	1,875	1,613	3,024	3,516
17	80	43,0	1,903	1,633	3,109	3,622
18	85	45,2	1,929	1,655	3,193	3,723
19	90	48,0	1,954	1,681	3,286	3,819
20	95	50,5	1,978	1,703	3,369	3,911
21	100	52,9	2,000	1,723	3,447	4,000
22	105	55,2	2,021	1,742	3,521	4,085
23	110	57,7	2,041	1,761	3,595	4,167
24	115	60,1	2,061	1,779	3,666	4,246
25	120	62,2	2,079	1,794	3,730	4,323
26	125	64,6	2,097	1,810	3,796	4,397
27	130	66,7	2,114	1,824	3,856	4,469
28	135	68,5	2,130	1,836	3,911	4,538
29	140	70,4	2,146	1,848	3,965	4,606
30	145	72,2	2,161	1,859	4,017	4,672
31	150	74,2	2,176	1,870	4,070	4,735

Avaliação da eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura de repolho no Regadio do Baixo Limpopo em Xai-Xai

32	155	75,8	2,190	1,880	4,117	4,798
33	160	77,6	2,204	1,890	4,165	4,858
34	165	78,9	2,217	1,897	4,207	4,917
35	170	80,6	2,230	1,906	4,252	4,975
36	175	82,3	2,243	1,915	4,296	5,031
37	180	83,6	2,255	1,922	4,335	5,086
38	185	85,0	2,267	1,929	4,374	5,140
39	190	86,6	2,279	1,938	4,415	5,193
40	195	87,6	2,290	1,943	4,448	5,244
41	200	89,3	2,301	1,951	4,489	5,295
42	205	90,9	2,312	1,959	4,528	5,344
43	210	92,1	2,322	1,964	4,561	5,393
44	215	93,4	2,332	1,970	4,596	5,440
45	220	94,7	2,342	1,976	4,629	5,487
46	225	96,1	2,352	1,983	4,664	5,533
47	230	96,8	2,362	1,986	4,690	5,578
48	235	98,6	2,371	1,994	4,728	5,622
49	240	99,8	2,380	1,999	4,758	5,665
50	245	101,0	2,389	2,004	4,789	5,708
51	250	102,3	2,398	2,010	4,820	5,750
52	255	103,4	2,407	2,015	4,848	5,791
53	260	104,6	2,415	2,020	4,877	5,832
54	265	106,1	2,423	2,026	4,909	5,872
55	270	107,0	2,431	2,029	4,934	5,912
56	275	108,1	2,439	2,034	4,961	5,950
57	280	109,2	2,447	2,038	4,988	5,989
58	285	110,3	2,455	2,043	5,014	6,026
59	290	111,4	2,462	2,047	5,040	6,063
60	295	112,2	2,470	2,050	5,063	6,100
61	300	113,1	2,477	2,053	5,087	6,136
62	305	113,8	2,484	2,056	5,108	6,172
63	310	114,9	2,491	2,060	5,133	6,207
64	315	116,3	2,498	2,066	5,160	6,242
65	320	117,4	2,505	2,070	5,185	6,276
66	325	118,4	2,512	2,073	5,208	6,310
67	330	119,3	2,519	2,077	5,230	6,343
68	335	120,4	2,525	2,081	5,254	6,376
69	340	121,3	2,531	2,084	5,275	6,408
70	345	122,4	2,538	2,088	5,298	6,441
71	350	123,3	2,544	2,091	5,320	6,472
72	355	124,4	2,550	2,095	5,342	6,504
73	360	125,3	2,556	2,098	5,363	6,535
74	365	126,5	2,562	2,102	5,386	6,565
75	370	127,6	2,568	2,106	5,408	6,596
76	375	128,5	2,574	2,109	5,428	6,626

Avaliação da eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura de repolho no Regadio do Baixo Limpopo em Xai-Xai

77	380	129,6	2,580	2,113	5,450	6,655
78	385	130,5	2,585	2,116	5,470	6,685
79	390	131,4	2,591	2,119	5,489	6,714
80	395	132,2	2,597	2,121	5,508	6,742
81	400	133,1	2,602	2,124	5,527	6,771
82	405	134,0	2,607	2,127	5,546	6,799
83	410	134,8	2,613	2,130	5,564	6,827
84	415	135,7	2,618	2,133	5,583	6,854
85	420	136,6	2,623	2,135	5,602	6,881
86	425	137,4	2,628	2,138	5,619	6,908
87	430	138,2	2,633	2,141	5,637	6,935
88	435	139,0	2,638	2,143	5,654	6,962
89	440	139,7	2,643	2,145	5,671	6,988
90	445	140,5	2,648	2,148	5,688	7,014
91	450	141,1	2,653	2,150	5,703	7,040
92	455	141,7	2,658	2,151	5,718	7,065
93	460	142,6	2,663	2,154	5,736	7,090
94	465	143,3	2,667	2,156	5,752	7,115
95	470	144,2	2,672	2,159	5,769	7,140
96	475	145,2	2,677	2,162	5,787	7,165
97	480	146,3	2,681	2,165	5,806	7,189
98	485	147,2	2,686	2,168	5,822	7,213
99	490	148,1	2,690	2,171	5,839	7,237
100	495	149,0	2,695	2,173	5,856	7,261
101	500	149,7	2,699	2,175	5,871	7,284
102	505	150,5	2,703	2,178	5,887	7,308
103	510	151,4	2,708	2,180	5,903	7,331
104	515	152,2	2,712	2,182	5,918	7,354
105	520	152,9	2,716	2,184	5,933	7,377
106	525	153,7	2,720	2,187	5,948	7,399
107	530	154,6	2,724	2,189	5,964	7,422
108	535	155,3	2,728	2,191	5,978	7,444
109	540	156,0	2,732	2,193	5,992	7,466
110	545	156,6	2,736	2,195	6,006	7,488
111	550	157,2	2,740	2,196	6,019	7,510
112	555	157,8	2,744	2,198	6,032	7,531
113	560	158,4	2,748	2,200	6,045	7,553
114	565	159,1	2,752	2,202	6,059	7,574
115	570	159,9	2,756	2,204	6,074	7,595
116	575	160,5	2,760	2,205	6,086	7,616
117	580	161,2	2,763	2,207	6,100	7,637
118	585	161,9	2,767	2,209	6,113	7,657
119	590	162,5	2,771	2,211	6,126	7,678
120	595	163,3	2,775	2,213	6,140	7,698
121	600	163,9	2,778	2,215	6,152	7,718

122	605	164,5	2,782	2,216	6,165	7,738
123	610	165,1	2,785	2,218	6,177	7,758
124	615	165,5	2,789	2,219	6,188	7,778
125	620	165,9	2,792	2,220	6,199	7,797
126	625	166,4	2,796	2,221	6,210	7,817
127	630	167,1	2,799	2,223	6,223	7,836
128	635	167,9	2,803	2,225	6,236	7,856
129	640	168,5	2,806	2,227	6,248	7,875
130	645	169,1	2,810	2,228	6,260	7,894
131	650	169,8	2,813	2,230	6,273	7,912
132	655	170,4	2,816	2,231	6,284	7,931
133	660	171,0	2,820	2,233	6,296	7,950
134	665	171,6	2,823	2,235	6,308	7,968
135	670	172,2	2,826	2,236	6,319	7,987
136	675	172,8	2,829	2,238	6,331	8,005
<b>Somatório</b>			<b>324,791</b>	<b>267,419</b>	<b>659,529</b>	<b>803,771</b>
			A		0,243	
			B		0,722	
			k		1,750	
			a		0,722	
			Tteste (min)		675,0	
			Tteste (h)		11,250	
			Tvib (min)		98,18	
			Tvib total (min)		773,18	
			<b>Tvib (h)</b>		<b>12,89</b>	
			VIB (cm/h)		14,4	
			<b>VIB (mm/h)</b>		<b>144</b>	

**Tabela 8.8:** Ficha de avaliação de teste de infiltração- Teste 2

Ordem	Tempo acumulado (Tac), [min]	Infiltração acumulada (Iac), [cm]	X=log Tac	Y=log Iac	X*Y	X <sup>2</sup>
1	0	0,0	0	0	0	0
2	5	3,3	0,699	0,519	0,362	0,489
3	10	6,5	1,000	0,813	0,813	1,000
4	15	9,7	1,176	0,987	1,161	1,383
5	20	13,0	1,301	1,114	1,449	1,693
6	25	16,3	1,398	1,212	1,695	1,954
7	30	19,3	1,477	1,286	1,899	2,182

Avaliação da eficiência da uniformidade de irrigação por canhão hidráulico na cultura de repolho no Regadio do Baixo Limpopo em Xai-Xai

8	35	22,6	1,544	1,354	2,091	2,384
9	40	25,5	1,602	1,407	2,253	2,567
10	45	27,8	1,653	1,444	2,387	2,733
11	50	30,6	1,699	1,486	2,524	2,886
12	55	32,7	1,740	1,515	2,636	3,029
13	60	35,3	1,778	1,548	2,752	3,162
14	65	37,9	1,813	1,579	2,862	3,287
15	70	40,0	1,845	1,602	2,956	3,404
16	75	41,9	1,875	1,622	3,042	3,516
17	80	43,2	1,903	1,635	3,112	3,622
18	85	44,8	1,929	1,651	3,186	3,723
19	90	46,3	1,954	1,666	3,255	3,819
20	95	47,7	1,978	1,679	3,320	3,911
21	100	48,9	2,000	1,689	3,379	4,000
22	105	49,9	2,021	1,698	3,432	4,085
23	110	51,0	2,041	1,708	3,486	4,167
24	115	52,5	2,061	1,720	3,545	4,246
25	120	53,7	2,079	1,730	3,597	4,323
26	125	54,8	2,097	1,739	3,646	4,397
27	130	56,1	2,114	1,749	3,697	4,469
28	135	57,1	2,130	1,757	3,742	4,538
29	140	58,3	2,146	1,766	3,789	4,606
30	145	59,7	2,161	1,776	3,839	4,672
31	150	60,8	2,176	1,784	3,882	4,735
32	155	62,0	2,190	1,792	3,926	4,798
33	160	63,0	2,204	1,799	3,966	4,858
34	165	64,0	2,217	1,806	4,005	4,917
35	170	65,5	2,230	1,816	4,051	4,975
36	175	66,8	2,243	1,825	4,093	5,031
37	180	68,0	2,255	1,833	4,133	5,086
38	185	69,1	2,267	1,839	4,170	5,140
39	190	70,1	2,279	1,846	4,206	5,193
40	195	71,2	2,290	1,852	4,242	5,244
41	200	72,2	2,301	1,859	4,277	5,295
42	205	73,1	2,312	1,864	4,309	5,344
43	210	74,4	2,322	1,872	4,346	5,393
44	215	75,6	2,332	1,879	4,382	5,440
45	220	76,7	2,342	1,885	4,415	5,487
46	225	77,8	2,352	1,891	4,448	5,533
47	230	78,9	2,362	1,897	4,480	5,578
48	235	80,1	2,371	1,904	4,514	5,622
49	240	81,1	2,380	1,909	4,544	5,665
50	245	82,3	2,389	1,915	4,576	5,708
51	250	83,5	2,398	1,922	4,608	5,750
52	255	84,7	2,407	1,928	4,640	5,791

53	260	85,8	2,415	1,933	4,669	5,832
54	265	86,8	2,423	1,939	4,698	5,872
55	270	87,8	2,431	1,943	4,725	5,912
56	275	88,8	2,439	1,948	4,753	5,950
57	280	89,9	2,447	1,954	4,781	5,989
58	285	90,9	2,455	1,959	4,808	6,026
59	290	91,9	2,462	1,963	4,834	6,063
60	295	93,0	2,470	1,968	4,862	6,100
61	300	93,9	2,477	1,973	4,887	6,136
62	305	94,8	2,484	1,977	4,911	6,172
63	310	95,7	2,491	1,981	4,935	6,207
64	315	96,7	2,498	1,985	4,960	6,242
65	320	97,7	2,505	1,990	4,985	6,276
66	325	98,5	2,512	1,993	5,007	6,310
67	330	99,3	2,519	1,997	5,029	6,343
68	335	100,2	2,525	2,001	5,052	6,376
69	340	100,9	2,531	2,004	5,073	6,408
70	345	101,6	2,538	2,007	5,093	6,441
71	350	102,2	2,544	2,009	5,112	6,472
72	355	102,9	2,550	2,012	5,132	6,504
73	360	103,7	2,556	2,016	5,153	6,535
74	365	104,4	2,562	2,019	5,173	6,565
75	370	105,1	2,568	2,022	5,192	6,596
76	375	105,7	2,574	2,024	5,210	6,626
77	380	106,3	2,580	2,027	5,228	6,655
78	385	106,8	2,585	2,029	5,245	6,685
79	390	107,3	2,591	2,031	5,261	6,714
80	395	107,9	2,597	2,033	5,279	6,742
81	400	108,5	2,602	2,035	5,296	6,771
82	405	109,2	2,607	2,038	5,315	6,799
83	410	109,8	2,613	2,041	5,332	6,827
84	415	110,5	2,618	2,043	5,350	6,854
85	420	111,2	2,623	2,046	5,367	6,881
86	425	112,0	2,628	2,049	5,386	6,908
87	430	112,7	2,633	2,052	5,404	6,935
88	435	113,5	2,638	2,055	5,422	6,962
89	440	114,3	2,643	2,058	5,440	6,988
90	445	115,0	2,648	2,061	5,457	7,014
91	450	115,7	2,653	2,063	5,474	7,040
92	455	116,3	2,658	2,066	5,490	7,065
93	460	116,9	2,663	2,068	5,506	7,090
94	465	117,5	2,667	2,070	5,522	7,115
95	470	118,2	2,672	2,073	5,538	7,140
96	475	118,9	2,677	2,075	5,555	7,165
97	480	119,6	2,681	2,078	5,571	7,189

98	485	120,2	2,686	2,080	5,586	7,213
99	490	120,9	2,690	2,082	5,602	7,237
100	495	121,7	2,695	2,085	5,619	7,261
101	500	122,4	2,699	2,088	5,635	7,284
102	505	123,1	2,703	2,090	5,651	7,308
103	510	123,7	2,708	2,092	5,665	7,331
104	515	124,4	2,712	2,095	5,681	7,354
105	520	125,1	2,716	2,097	5,696	7,377
106	525	125,7	2,720	2,099	5,711	7,399
107	530	126,3	2,724	2,101	5,725	7,422
108	535	126,8	2,728	2,103	5,738	7,444
109	540	127,3	2,732	2,105	5,751	7,466
110	545	127,8	2,736	2,107	5,764	7,488
111	550	128,3	2,740	2,108	5,777	7,510
112	555	128,8	2,744	2,110	5,790	7,531
<b>Somatório</b>			<b>257,832</b>	<b>206,514</b>	<b>491,984</b>	<b>616,945</b>
			A		0,279	
			B		0,681	
			k		1,9011	
			a		0,681	
			Tteste (min)		555,0	
			Tteste (h)		9,25	
			Tvib (min)		96,20	
			Tvib total (min)		651,20	
			Tvib (h)		10,85	
			VIB (cm/h)		11,7	
			<b>VIB (mm/h)</b>		<b>117</b>	

**Tabela 8.9:** Ficha de avaliação de teste de infiltração- Teste 3

Ordem	Tempo acumulado (Tac), [min]	Infiltração acumulada (Iac), [cm]	X=log Tac	Y=log Iac	X*Y	X <sup>2</sup>
1	0	0,0	0	0	0	0
2	5	4,1	0,699	0,613	0,428	0,489
3	10	8,0	1,000	0,903	0,903	1,000
4	15	11,7	1,176	1,068	1,256	1,383
5	20	15,0	1,301	1,176	1,530	1,693
6	25	18,6	1,398	1,270	1,775	1,954
7	30	22,3	1,477	1,348	1,992	2,182
8	35	25,8	1,544	1,412	2,180	2,384
9	40	28,9	1,602	1,461	2,340	2,567
10	45	31,8	1,653	1,502	2,484	2,733
11	50	34,3	1,699	1,535	2,608	2,886
12	55	37,1	1,740	1,569	2,731	3,029
13	60	39,8	1,778	1,600	2,845	3,162
14	65	42,3	1,813	1,626	2,948	3,287
15	70	45,0	1,845	1,653	3,050	3,404
16	75	47,4	1,875	1,676	3,142	3,516
17	80	49,7	1,903	1,696	3,228	3,622
18	85	52,0	1,929	1,716	3,311	3,723
19	90	54,4	1,954	1,736	3,392	3,819
20	95	56,5	1,978	1,752	3,465	3,911
21	100	59,0	2,000	1,771	3,542	4,000
22	105	61,7	2,021	1,790	3,619	4,085
23	110	63,9	2,041	1,806	3,686	4,167
24	115	66,4	2,061	1,822	3,755	4,246
25	120	69,0	2,079	1,839	3,823	4,323
26	125	71,5	2,097	1,854	3,888	4,397
27	130	73,6	2,114	1,867	3,946	4,469
28	135	75,8	2,130	1,880	4,004	4,538
29	140	77,7	2,146	1,890	4,057	4,606
30	145	79,5	2,161	1,900	4,107	4,672
31	150	81,1	2,176	1,909	4,154	4,735
32	155	82,9	2,190	1,919	4,202	4,798
33	160	84,4	2,204	1,926	4,246	4,858
34	165	85,6	2,217	1,932	4,285	4,917
35	170	87,2	2,230	1,941	4,328	4,975
36	175	88,8	2,243	1,948	4,370	5,031
37	180	90,3	2,255	1,956	4,411	5,086
38	185	91,9	2,267	1,963	4,451	5,140
39	190	93,3	2,279	1,970	4,489	5,193
40	195	94,9	2,290	1,977	4,528	5,244

41	200	96,6	2,301	1,985	4,567	5,295
42	205	98,1	2,312	1,992	4,604	5,344
43	210	99,6	2,322	1,998	4,640	5,393
44	215	100,9	2,332	2,004	4,674	5,440
45	220	102,4	2,342	2,010	4,709	5,487
46	225	103,9	2,352	2,017	4,743	5,533
47	230	105,3	2,362	2,022	4,776	5,578
48	235	106,5	2,371	2,027	4,807	5,622
49	240	107,9	2,380	2,033	4,839	5,665
50	245	109,2	2,389	2,038	4,870	5,708
51	250	110,4	2,398	2,043	4,899	5,750
52	255	111,9	2,407	2,049	4,931	5,791
53	260	113,4	2,415	2,055	4,962	5,832
54	265	114,6	2,423	2,059	4,990	5,872
55	270	115,8	2,431	2,064	5,018	5,912
56	275	116,9	2,439	2,068	5,044	5,950
57	280	118,1	2,447	2,072	5,071	5,989
58	285	119,4	2,455	2,077	5,099	6,026
59	290	120,7	2,462	2,082	5,126	6,063
60	295	121,9	2,470	2,086	5,152	6,100
61	300	123,2	2,477	2,091	5,179	6,136
62	305	124,7	2,484	2,096	5,207	6,172
63	310	125,9	2,491	2,100	5,232	6,207
64	315	127,2	2,498	2,104	5,258	6,242
65	320	128,7	2,505	2,110	5,285	6,276
66	325	129,7	2,512	2,113	5,307	6,310
67	330	130,8	2,519	2,117	5,331	6,343
68	335	131,9	2,525	2,120	5,354	6,376
69	340	132,9	2,531	2,124	5,376	6,408
70	345	134,0	2,538	2,127	5,398	6,441
71	350	135,1	2,544	2,131	5,421	6,472
72	355	136,2	2,550	2,134	5,443	6,504
73	360	137,2	2,556	2,137	5,464	6,535
74	365	138,4	2,562	2,141	5,486	6,565
75	370	139,5	2,568	2,145	5,508	6,596
76	375	140,4	2,574	2,147	5,527	6,626
77	380	141,4	2,580	2,150	5,548	6,655
78	385	142,3	2,585	2,153	5,567	6,685
79	390	143,3	2,591	2,156	5,587	6,714
80	395	144,2	2,597	2,159	5,606	6,742
81	400	145,1	2,602	2,162	5,625	6,771
82	405	146,0	2,607	2,164	5,643	6,799
83	410	146,8	2,613	2,167	5,661	6,827
84	415	147,7	2,618	2,169	5,680	6,854
85	420	148,6	2,623	2,172	5,698	6,881

86	425	149,6	2,628	2,175	5,717	6,908
87	430	150,5	2,633	2,178	5,734	6,935
88	435	151,3	2,638	2,180	5,751	6,962
89	440	152,1	2,643	2,182	5,768	6,988
90	445	152,9	2,648	2,184	5,785	7,014
91	450	153,8	2,653	2,187	5,802	7,040
92	455	154,6	2,658	2,189	5,819	7,065
93	460	155,4	2,663	2,191	5,835	7,090
94	465	156,1	2,667	2,193	5,851	7,115
95	470	156,9	2,672	2,196	5,867	7,140
96	475	157,7	2,677	2,198	5,883	7,165
97	480	158,6	2,681	2,200	5,900	7,189
98	485	159,3	2,686	2,202	5,915	7,213
99	490	160,0	2,690	2,204	5,930	7,237
100	495	160,6	2,695	2,206	5,944	7,261
101	500	161,3	2,699	2,208	5,958	7,284
102	505	162,0	2,703	2,210	5,973	7,308
103	510	162,6	2,708	2,211	5,987	7,331
104	515	163,4	2,712	2,213	6,002	7,354
105	520	164,1	2,716	2,215	6,016	7,377
106	525	164,9	2,720	2,217	6,031	7,399
107	530	165,7	2,724	2,219	6,046	7,422
108	535	166,4	2,728	2,221	6,060	7,444
109	540	167,2	2,732	2,223	6,075	7,466
110	545	167,9	2,736	2,225	6,089	7,488
111	550	168,7	2,740	2,227	6,103	7,510
112	555	169,4	2,744	2,229	6,117	7,531
113	560	170,2	2,748	2,231	6,131	7,553
114	565	170,9	2,752	2,233	6,145	7,574
115	570	171,6	2,756	2,235	6,158	7,595
116	575	172,4	2,760	2,237	6,172	7,616
117	580	173,2	2,763	2,239	6,186	7,637
118	585	173,8	2,767	2,240	6,199	7,657
119	590	174,4	2,771	2,242	6,211	7,678
120	595	175,0	2,775	2,243	6,223	7,698
121	600	175,7	2,778	2,245	6,236	7,718
122	605	176,4	2,782	2,246	6,249	7,738
123	610	177,1	2,785	2,248	6,262	7,758
124	615	177,7	2,789	2,250	6,274	7,778
125	620	178,3	2,792	2,251	6,286	7,797
126	625	178,8	2,796	2,252	6,297	7,817
127	630	179,5	2,799	2,254	6,310	7,836
128	635	180,2	2,803	2,256	6,322	7,856
129	640	180,8	2,806	2,257	6,334	7,875
130	645	181,4	2,810	2,259	6,346	7,894

131	650	182,1	2,813	2,260	6,358	7,912
132	655	182,8	2,816	2,262	6,370	7,931
133	660	183,5	2,820	2,264	6,382	7,950
134	665	184,2	2,823	2,265	6,395	7,968
135	670	184,9	2,826	2,267	6,407	7,987
<b>Somatório</b>			<b>321,961</b>	<b>270,562</b>	<b>665,623</b>	<b>795,766</b>
			A		0,336	
			B		0,700	
			k		2,1677	
			a		0,700	
			Tteste (min)		670,0	
			Tteste (h)		11,17	
			Tvib (min)		110,97	
			Tvib total (min)		780,97	
			Tvib (h)		13,02	
			VIB (cm/h)		14,7	
			<b>VIB (mm/h)</b>		<b>147</b>	

**XIX. ANEXOS**

**Anexo A**

**Tabela 9.1:** características sobre lâminas, pressão, velocidade de recolhimento do tubo e caudal.

Boccaglio Buse Nozzle Boquillas (mm)		- Pressione boccaglio - Pression buse - Nozzle pressure - Pression a la boquilla (bar)	Portata Debit Flow Caudal (m <sup>3</sup> /h)	- Pressione ingresso - Pression entree - Inlet pressure - Pression de Entrada (bar)	Striscie Ecartement Spacing Banda (m)	Pluviometria in (mm) Pluviometrie en (mm) Depth of water in (mm) Pluviometria in (mm)						Velocità d'avvolgimento / Vitesse d'enroulement / Winding speed / velocidad de regreso (m/h)
						20	30	40	50	60	70	
30	3	3	61,8	4,7	82	37	25	18	15	12	10	
	4	4	71,3	6,1	88	40	27	20	16	13	11	
	5	5	79,7	7,5	95	41	27	20	16	13	11	
	6	6	87,3	8,8	102	42	28	21	17	14	12	
32	4	4	81,1	6,5	92	44	29	22	17	14	12	
	5	5	90,7	8	99	45	30	22	18	15	13	
	6	6	99,3	9,4	105	47	31	23	18	15	13	
34	5	5	102,4	8,8	100	51	34	25	20	17	14	
	6	6	112,1	10,1	109	51	34	25	20	17	14	
36	5	5	114,8	9,3	104	55	36	27	22	18	15	
38	5	5	127,9	10,1	107	59	39	29	23	19	17	

- Per la macchina a turbina utilizzata o piu di 80m/h aggiungere 0.5 bar alla pressione d'ingresso per mantenere gli stessi valori di pluviometria.  
 - Pour les enrouleurs turbimec utilisés à + de 80m/h ajouter 0.5 bar à la pression entree machine pour conserver les memes valeurs de pluviometrie.  
 - For turbine machines running up to 80m/h add 0.5 bar at the inlet pressure to maintain application of water.  
 - Por los máquinas a turbina utilizada a más que 80m/h añadir 0.5 bar al presión de entrada para mantener los mismos valor de pluviometria.

Anexo B

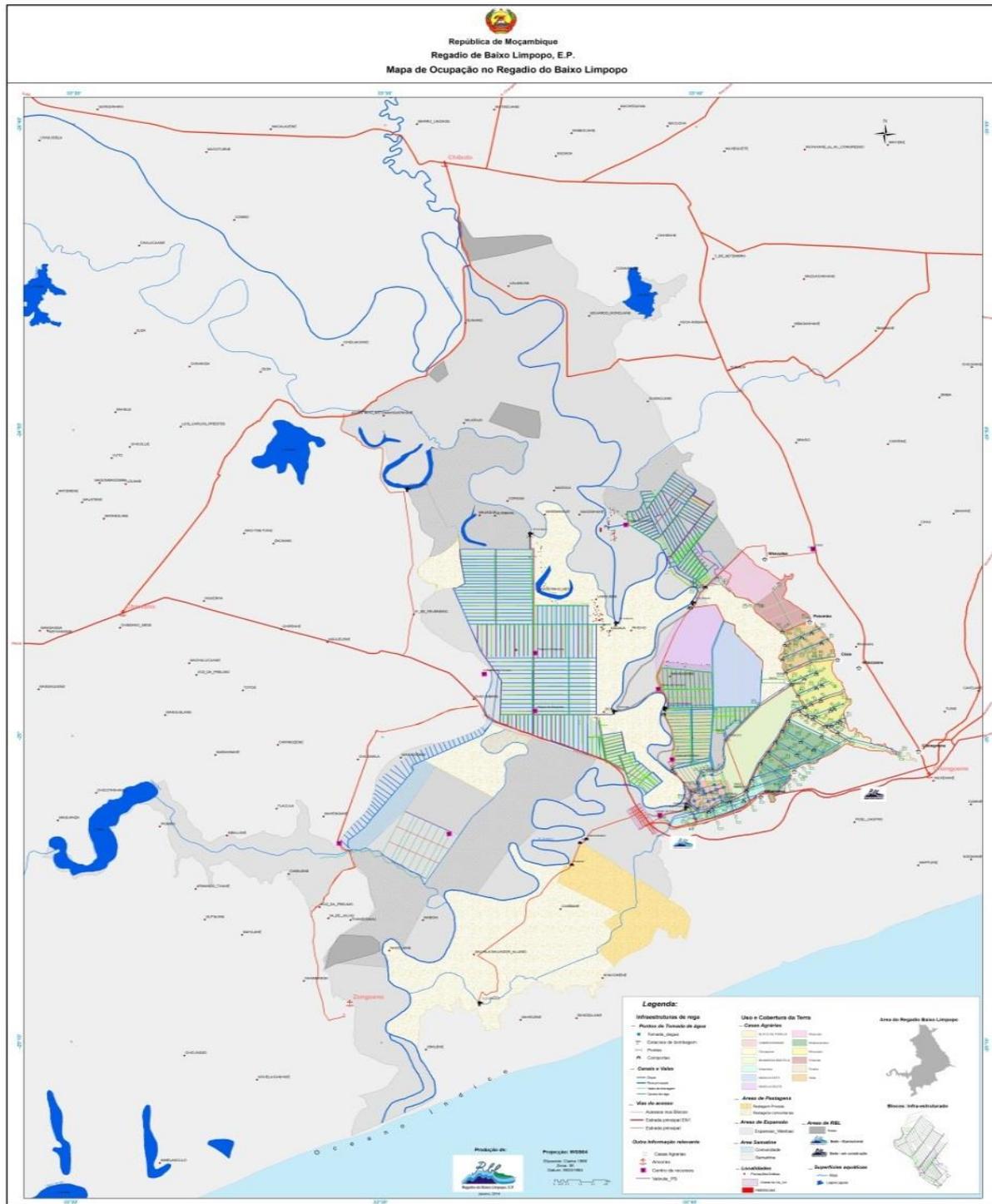


Figura 9.1: Mapa de ocupação no Regadio do Baixo Limpopo.

Fonte: Regadio do Baixo Limpopo