



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

**Monografia Científica**

**Avaliação da Eficiência do Sistema de Irrigação por Pivô Central, na  
produção do feijão (*Phaseolus vulgaris*)**

**Local: Campo Experimental e de Práticas do Instituto Superior  
Politécnico de Gaza (CEXP - ISPG).**

**Autor:** Ussene Júnior Sacomar

**Tutor:** Salimo Henrique Muchecua, MSc

Lionde, Novembro de 2022



## INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia Científica sobre Avaliação da Eficiência do Sistema de Irrigação por Pivô Central, na Produção do Feijão (*Phaseolus Vulgaris*) no Campo Experimental e de Práticas Do Instituto Superior Politécnico de Gaza (Cexp - ISPG), apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

Monografia científica defendida e aprovada no dia 22 de Novembro de 2022

### Júri

Tutor Salimo Henrique Muchecua  
(Salimo Henrique Muchecua, MSc)

Avaliador 1 Paulo Saveca  
(Eng<sup>o</sup> Paulo Saveca, MSc)

Avaliador 2 Cesário Manuel Cambaza  
(Eng<sup>o</sup> Cesário Manuel Cambaza, MSc)

Lionde, Novembro de 2022

# ÍNDICE DE CONTEÚDOS

ÍNDICE DE FIGURAS .....	i
ÍNDICE DE TABELAS .....	ii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	iii
DEDICATÓRIA .....	iv
AGRADECIMENTOS .....	v
LISTA DE ABREVIATURAS .....	vi
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
INTRODUÇÃO .....	1
Problema e Justificativa .....	2
1.2.1. Geral .....	2
1.1.2. Específicos .....	2
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. Irrigação .....	3
2.2. Sistema de irrigação por Pivo Central .....	3
2.3. Velocidade básica de infiltração (VIB) .....	3
2.4. Eficiência de irrigação .....	4
2.4.1. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) .....	4
2.4.2. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) .....	5
2.4.3. Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) .....	5
2.5. Eficiência de aplicação de água (Ea) .....	5
2.5.1. Eficiência do sistema (Es) .....	6
III. METODOLOGIA .....	7
3.1. Caracterização do local de estudo .....	7
3.1.2. Clima e hidrologia na área de estudo .....	7

3.1.3. Temperatura e evapotranspiração na área de estudo .....	8
3.2. Determinação da velocidade de infiltração da água no solo .....	8
3.3. Determinação dos coeficientes de uniformidade .....	11
3.4. Determinação da eficiência de aplicação ( $E_a$ ) e do sistema ( $E_s$ ) .....	14
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
4.1. Velocidade de Infiltração Básica do Solo .....	17
4.2. Coeficientes de Uniformidade .....	18
4.3. Eficiência de Aplicação ( $e_a$ ) e do Sistema ( $E_s$ ) .....	21
V. CONCLUSÃO .....	21
VI. RECOMENDAÇÕES .....	23
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24
VIII. ANEXOS .....	28



## **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, aos \_\_\_\_ Novembro de 2022**

---

**(Ussene Júnior Sacomar)**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudo .....	7
Figura 2: Infiltrômetro de duplo anel enterrado, cruzeta e martelo mecânico .....	8
Figura 3: Realização do teste de infiltração e procedimento.....	9
Figura 4: Proveta de 250ml usada no campo.....	11
Figura 5: Coletor de água instalado no solo. ....	12
Figura 6: Distribuição dos coletores no campo .....	12
Figura 7: A - Fonte de captação de água para o pivo. B - Quadro de controle do pivo.....	28

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de velocidade de infiltração .....	10
Tabela 2: Intervalos para classificação dos sistemas de irrigação em função Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC); Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) .....	14
Tabela 3: Coeficiente de transmissividade segundo a textura do solo, clima e profundidade das raízes da cultura. ....	15
Tabela 4: Eficiência para sistemas de irrigação por aspersão .....	15
Tabela 5: Resultados do teste de infiltração de água no campo experimental. ....	17
Tabela 6: Coeficientes de uniformidade e sua classificação. ....	19
Tabela 7: Análise da variância dos volumes coletadas .....	20
Tabela 8: Valores de $E_a$ , $E_s$ , $A$ e $P_{ad}$ .....	21

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1: Velocidade básica de de infiltração de água nos três pontos de coleta .....	17
Grafico 2: Infiltração acumulada em função do tempo acumulado nos pontos 1 (A), 2 (B) e 3 (C). 18	
Grafico 3: Valores dos coeficientes de uniformidade de CUC, CUD e CUE. ....	20
Grafico 4: Média do volume coletado em cada coletor. ....	18

## DEDICATÓRIA

*Dedico o presente trabalho a minha família em geral e a todos que directa ou indirectamente apoiaram-me em todo processo de desenvolvimento do mesmo, e em especial a minha mãe Ecina Samson Mahanjane, que muito apoiou financeiramente os meus estudos e pela contribuição na formação da minha conduta moral, ética e religiosa, e à memória do meu avô Samson Mahanjane e do meu irmão Zayn Issof por todo amor, carinho, dedicação para comigo no curso, de todos momentos da minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me ter dado saúde, vida, e forças até chegar aqui. Ao meu supervisor Eng.º: Salimo Henrique Muchecua, MSc., pela sua incondicional disponibilidade, paciência, entrega e partilha de conhecimento.

À minha família, em especial a minha mãe Ecina Samson Mahanjane Issof, aos meus avós, Barra Chivite e Samson Mahanjane (que Deus o tenha), aos meus tios Bento, Guilhermina, Carmélia e Marta Mahanjane, Adolfo Macie e Agostinho Mahanjane, aos meus irmãos Ikram e Cursum Issof, Lemaitre Matsena, Érica Letícia, aos meus pais Ussene Sacomar, Juma Issof e Ahmad Kishk pelos conselhos e por toda a preocupação, motivação e apoio incondicional para atingir os meus objectivos, e ao casal Felizardo e Zeituna Samalige, ao sr Rui Nijarona e ao Nicolau Segundo pelo apoio e colaboração na montagem do meu ensaio.

E por fim, aos meus amigos, Celso Machava, Momé Hussene, Mouzinho Zunguze, Orlando Norte, Abdul Samalige, Edson Chambule, Eduardo Mabote, Naíma Saia, Edna Judite, Susie Alexandre, Silicia Augusta, e para aos meus amigos da faculdade, Atanásio Wate, Adelino Zunguza, Armando Mussane, Juvenildo Tune, Calvino dos Santos, Maulidio Justino, Domingas Andrigo, Gérsen Master, o meu muito obrigado pela força, apoio, e encorajamento, mais que amigos vocês são minha família.

Aos demais docentes e colegas do curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural, pelos conhecimentos e convivência nesses (5) anos da minha formação.

O meu muito obrigado!

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

AI – Área Irrigada

CEXP - ISPG – Campo Experimental do Instituto Superior Politécnico de Gaza

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christensen

CUD – Coeficiente de Uniformidade de Distribuição

CUE – Coeficiente de Uniformidade Estatístico Ea –  
Eficiência de Aplicação

Es – Eficiência do Sistema

ha – Hectares

ISPG – Instituto Superior Politécnico de Gaza

Pad – Percentagem de Área Adequadamente Irrigada

VIB – Velocidade Básica de Infiltração

## RESUMO

Localizado no Posto Administrativo de Lionde, distrito de Chókwé, o Campo Experimental do Instituto Superior Politécnico de Gaza (CEXP - ISPG) dispõe de um sistema de irrigação por pivô central, porém, desde a sua instalação não foi realizado nenhum estudo de avaliação do seu desempenho, facto este que despertou interesse em avaliá-lo, o que contribuirá para o uso sustentável da água, e para a adequação do mesmo de modo a responder as necessidades de água das culturas no campo. Os parâmetros estudados foram: velocidade básica de infiltração (VIB); coeficientes de uniformidade de aplicação de água (CUC, CUD e CUE), eficiência de aplicação (Ea) e do sistema (Es), a área irrigada (AI) e a percentagem de área adequadamente irrigada (Pad). A metodologia usada foi a descrita por Merriam *et al.*, (1973). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), o processamento e análise de dados foi feito usando o software estatístico SISVAR. Fez-se o teste de Turkey a 5% de probabilidade para a comparação das médias do volume de água coletada. A velocidade básica de infiltração da área de estudo foi de 0,2 mm/h, classificada como baixa, e o pivô central testado apresentou em geral, níveis aceitáveis de uniformidade de aplicação de água e de eficiência. O CUC; CUD e CUE do sistema avaliado apresentaram valores acima de 90%, e 80% respectivamente. A eficiência de aplicação da água e do sistema também apresentaram valores dentro do admissível e do normal, tendo sido de 77,07% e 85,63% respectivamente. A percentagem de área adequadamente irrigada foi de 41,25%, considerada regular numa área irrigada de 12,56ha. Deste modo o sistema de irrigação avaliado foi classificado como eficiente.

**Palavras-chave:** Eficiência, Pivô central, Uniformidade, Irrigação, Área Irrigada.

## **ABSTRACT**

Located in the Administrative Post of Lionde, Chókwé district, the Experimental Field of the Instituto Superior Politécnico de Gaza (CEXP - ISPG) has a central pivot irrigation system, however, since its installation, no study has been carried out to evaluate its performance, which has aroused interest in evaluating it, which will contribute to the sustainable use of water, and for the adequacy of the same in order to respond to the water needs of crops in the field. The parameters studied were: basic infiltration velocity (VIB); uniformity coefficients of water application (CUC, CUD and CUE), application efficiency (Ea) and system (Es), irrigated area (AI) and percentage of adequately irrigated area (Pad). The methodology used was that described by Merriam et al., (1973). The experiment was conducted in a completely randomized design (IHD), data processing and analysis was done using the Statistical Software SISVAR. The Turkey test was 5% probability for the comparison of the means of the volume of water collected. The basic infiltration speed of the study area was 0.2 mm/h, classified as low, and the central pivot tested presented in general acceptable levels of uniformity of water application and efficiency. The CUC; CUD and CUE of the evaluated system presented values above 90%, and 80% respectively. The efficiency of water and system application also presented values within the permissible and normal, being 77.07% and 85.63%, respectively. The percentage of adequately irrigated area was 41.25%, considered regular in an irrigated area of 12.56ha. Thus, the irrigation system evaluated was classified as efficient.

**Keywords:** Efficiency, Central Pivot, Uniformity, Irrigation, Irrigated Area.

## I. INTRODUÇÃO

A água é um factor indispensável à vida dos seres vivos, devendo ser usada de modo a suprir a demanda hídrica dos mesmos, sendo a agricultura irrigada responsável, em média, por 70% do consumo hídrico mundial (RODRIGUES *et al.*, 2019). Por tanto, nos tempos actuais a irrigação tornou-se numa das ferramentas mais eficientes para garantir a produção e produtividade agrícola, e num factor determinante na qualidade e quantidade dos alimentos ricos em fibras e energias disponíveis para uma população que cresce a um ritmo acelerado. Para o contínuo e adequado uso dos recursos hídricos na agricultura e desenvolvimento da mesma de forma mais eficaz e sustentável, é necessário a adoção de estratégias de manejo de irrigação (JUNIOR *et al.*, 2022).

Vários são os métodos de irrigação adotados, sendo os sistemas de aspersão convencional indicados para pequenas áreas, e que tenham disponibilidade de mão de obra para manutenção do equipamento, e os sistemas mecanizados, como o pivô central é recomendado para áreas maiores devido a sua robustez e simplicidade de operação (REZENDE, 1992; JUNIOR *et al.*, 2022).

De acordo com PARIZI (2017), para a análise da eficiência do sistema de irrigação por pivô central é necessário avaliar suas condições de pressão, vazão e sua uniformidade de aplicação, sendo os coeficientes de uniformidade e a eficiência de aplicação, parâmetros utilizados na avaliação desses sistemas auxiliando na observação de como a água está sendo distribuída no solo.

Para um manejo adequado de um sistema irrigação do tipo pivô central é necessário ter o conhecimento técnico sobre o equipamento utilizado, conhecer os parâmetros do solo, a cultura, clima e a uniformidade de distribuição de água (SILVA, 2016).

A metodologia pioneira de aferição da uniformidade foi proposta por Christiansen em 1942 utilizando-se de um desvio médio absoluto como medida de dispersão, denominado de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) aceitando-se valores acima de 80%. WILCOX e SWAILES (1947) cita o desvio-padrão como medida de dispersão, sendo o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) para o qual se aceitam valores acima de 75%. Já *Criddle et al.*, (1956) fomentaram o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) como nova forma de avaliação da uniformidade, onde a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média coletada eram consideradas, aceitando-se valores acima de 68% (PEREIRA, 2021).

Com o presente estudo, objectivou-se avaliar a eficiência do sistema de irrigação do tipo Pivô Central, na produção de feijão vulgar (*Phaseolus vulgaris*), no Campo Experimental e de Práticas do Instituto Superior Politécnico de Gaza (CEXP - ISPG), por meio da avaliação dos coeficientes de uniformidade de distribuição e a eficiência de aplicação da água.

### **1.1. Problema e Justificativa**

O sector da agricultura é responsável pelo consumo de mais da metade da água existente no planeta, a crise de água que tem vindo a ser verificada no mundo traz consigo a necessidade de criação de estratégias de gestão, de modo a garantir a sua disponibilidade e satisfação da demanda actual e futura (SANTANA *et al.*, 2020). É importante destacar que qualquer plano de manejo e conservação da água em sistemas de irrigação deve ter como premissa básica o conhecimento da eficiência do equipamento em que se opera por isso a importância da avaliação da uniformidade em pivôs.

O CEXP - ISPG dispõe de um sistema de rega por pivô central, desde a sua instalação, não foi realizado nenhum estudo de avaliação do desempenho mesmo, facto este que despertou interesse em avaliar a sua eficiência. Este estudo é pioneiro e de grande interesse, pois contribuirá para minimizar as perdas de água durante a operação do sistema, contribuindo para o uso sustentável da água, e para a adequação do mesmo de modo a responder as necessidades de água das culturas no campo.

### **1.2. Objectivos**

#### **1.2.1. Geral**

- Avaliar a eficiência do sistema de irrigação por Pivô Central instalado no Campo Experimental e de Práticas do Instituto Superior Politécnico de Gaza (CEXP - ISPG).

#### **1.1.2. Específicos**

- Determinar a velocidade de infiltração básica do solo (VIB);
- Determinar os parâmetros de uniformidade do equipamento (coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), de distribuição (CUD), e estatístico (CUE));
- Estimar a eficiência de aplicação da água ( ) do sistema de irrigação estudado.

## **II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Irrigação**

A irrigação é uma técnica de aplicação artificial de água, que deve ser uniforme e oportuna, e distribuída na zona efectiva das raízes ou na área total da cultura, de modo a repor a água consumida pelas plantas, a perda por evapotranspiração e por infiltração profunda, de forma a garantir condições ideais para o bom desenvolvimento das culturas (BERNARDO, *et al*, 2019; PEREIRA, 2021). Sua prática garante o suprimento da água onde há demanda, sendo imprescindível o uso eficiente desse recurso (TOLEDO *et al.*, 2017), e a definição de estratégias de irrigação é uma ferramenta útil nos processos de planificação e tomada de decisão em agricultura irrigada, e seu manejo adequado promove a conservação do meio ambiente (CAMARGO, 2016).

De acordo com BERNARDO *et al.*, (2006) e MANTOVANI *et al.*, (2009), para a escolha da estratégia de manejo de irrigação, deve-se determinar a eficiência de aplicação e a uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação, o que permitirá avaliar e adequar o equipamento a sua utilização, em relação à necessidade de água das culturas irrigadas.

### **2.2. Sistema de irrigação por Pivo Central**

O sistema de irrigação pivô central é um sistema por aspersão convencional, composto por uma linha lateral de aspersão montada sobre um sistema de treliças, e suspensa por torres de sustentação com rodas na base de diâmetro variado em função do tamanho do equipamento, estando posicionados aspersores ao longo da mesma, que permitem a aplicação da lâmina de água de forma igualitária em toda a área (BORTOLUZZI, MATTIONI, 2021; JUNIOR, FILHO, 2022). Irriga uma área circular através da rotação da sua linha lateral em torno de um ponto fixo, denominado “ponto do pivô”, e esta rotação se dá em função da velocidade de deslocamento da última torre comandada através de um painel de controle localizado no ponto do pivô (BARBOSA, 2016).

### **2.3. Velocidade básica de infiltração (VIB)**

A infiltração é o processo de entrada de água por meio da superfície do solo, e a taxa de infiltração da água no solo muda com o tempo e devido à variação do gradiente potencial seu valor diminui, tornando-se praticamente constante. No início do processo a taxa de infiltração é alta,

principalmente, quando o solo está inicialmente muito seco, mas tende a decrescer com o tempo aproximando-se de um valor constante, denominado taxa de infiltração estável ou velocidade de infiltração básica da água no solo – VIB (MORAES *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2019).

De acordo com MARCOS *et al.*, (2011), a taxa de infiltração estável ou VIB é verificada porque a água na superfície do solo tem potencial aproximadamente nulo, e a água percolando o solo tem potencial negativo; e ela depende diretamente da textura e estrutura dos solos.

## **2.4. Eficiência de irrigação**

De acordo com HOHENBERGER (2016), a análise e a avaliação de um sistema de irrigação do tipo pivô central requerem, entre outras informações, o conhecimento da distribuição da água aplicada, uma vez que uma baixa uniformidade de distribuição pode levar a resultados insatisfatórios, reduzindo a eficiência de aplicação do mesmo. Os coeficientes mais utilizados para determinação da uniformidade de aplicação e distribuição de água de um sistema de irrigação por aspersão convencional são: coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o coeficiente de uniformidade estática (CUE) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD).

Segundo PEREIRA, (2021), KELLER e BLIESNER (1990) sugeriram a porcentagem de área adequada irrigada (Pad), cujo objetivo é calcular a área que recebeu lâmina igual ou superior à demandada, usando para isso o número total de coletores pluviométricos e a lâmina coletada na área de estudo.

### **2.4.1. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)**

De acordo com GONÇALVES *et al.*, (2020), Christiansen (1942) foi o primeiro pesquisador a estudar a uniformidade de distribuição da água em aspersores rotativos, determinando o efeito da pressão de serviço, do espaçamento, da rotação e da velocidade do vento sobre a distribuição da água, e estabelecendo o parâmetro conhecido como coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) que adota o desvio médio absoluto como medida de dispersão. É usado para medir a variabilidade espacial da lâmina de água aplicada pelo sistema de irrigação, ou seja, se as plantas estão recebendo quantidades equivalentes de água, este parâmetro afecta diretamente a lâmina bruta de irrigação, pois esta é parte da eficiência de irrigação, assim, quanto maior a uniformidade, menor será a lâmina necessária para se atingir a mesma produtividade (GONÇALVES *et al.*, 2020).

### **2.4.2. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)**

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) ou simplesmente uniformidade de distribuição (UE) foi apresentado por Criddle *et al.*, (1956) e baseia-se na razão entre o primeiro quartil dos caudais mínimos e médios, ou seja, representa a razão entre a lâmina média ponderada das menores observações correspondentes aos 25% da área menos irrigada (Barbosa, 2016). De acordo com GONÇALVES *et al.*, (2020), utilização possibilita uma medida mais restrita, dando maior peso às plantas que recebem menos água, e valores baixos de CUD indicam a ocorrência de perdas excessivas por percolação profunda, caso toda a área receba uma lâmina igual ou maior à lâmina real necessária.

A uniformidade de aplicação de água de sistemas de aspersão tipo pivô central é diretamente influenciada pelo perfil de distribuição do emissor, a relação entre pressão, diâmetro do bocal, espaçamento, altura entre aspersores, variação de pressão no sistema de adução, velocidade e direção do vento (COSTA, 2006; BARBOSA, 2016).

### **2.4.3. Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE)**

O coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), foi primeiramente proposto por Wilcox & Swailes (1947) na avaliação de equipamentos de irrigação por aspersão, e é obtido por meio do desvio-padrão como medida de dispersão da lâmina de água aplicada (GONÇALVES *et al.*, 2020).

O coeficiente de uniformidade estatística (CUE) é uma medida que possibilita verificar o grau de dispersão de um conjunto de dados em função da média das observações (GONÇALVES *et al.*, 2020), ou seja, baseia-se no coeficiente de variação, para o qual se aceitam valores acima de 75%, (ANDRADE *et al.*, 2021).

### **2.5. Eficiência de aplicação de água (Ea)**

A eficiência de aplicação refere-se ao percentual da água aplicada pelo sistema de irrigação que pode, efectivamente, ser aproveitado pela cultura. Em um sistema eficiente, as vazões dos aspersores, microaspersores ou gotejadores apresentam alta uniformidade em todo o pomar, evitando o excesso de aplicação em partes da área irrigada. Para se alcançar uma alta eficiência é necessário, assim, um projeto de irrigação bem dimensionado (CAETANO; SANTOS, 2013).

O coeficiente de uniformidade de distribuição da água e a eficiência de aplicação são os principais parâmetros utilizados, pois expressam a qualidade da irrigação e são decisivos no planejamento e na operação desses sistemas (CUNHA *et al.*, 2014). A baixa uniformidade de distribuição de água reduz a eficiência de aplicação de água e a produtividade (JÚNIOR *et al.*, 2016).

### **2.5.1. Eficiência do sistema (Es)**

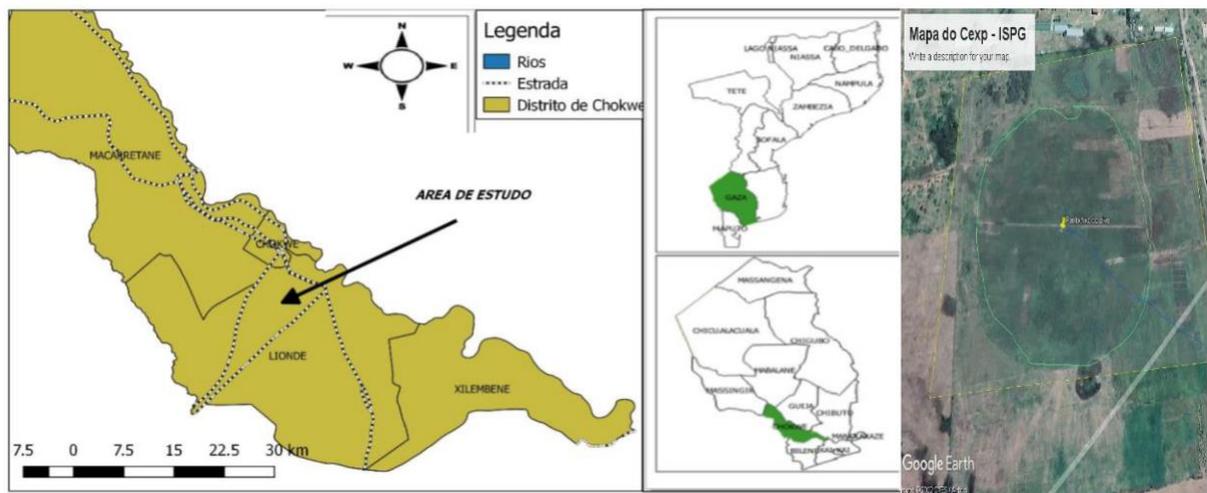
PEREIRA *et al.*, (2016) afirma que os sistemas de irrigação por aspersão devem aplicar água da maneira mais uniforme possível, visto que a desuniformidade de aplicação de água diminui o retorno econômico e aumenta o impacto ambiental da irrigação, em função da redução na produtividade das culturas irrigadas e do desperdício de água, de energia e de fertilizantes.

Segundo MARTINS *et al.*, (2011) citados em PEREIRA *et al.*, (2016), a eficiência do sistema (Es) indica se a irrigação é excessiva ou deficitária e sendo demonstrado em ambos os casos, prejuízos econômicos relevantes na agricultura irrigada, e a análise de sistemas de irrigação a nível de campo, contribui para atenuar as perdas que ocorrem durante e após a aplicação de água pelo sistema.

### III. METODOLOGIA

#### 3.1. Caracterização do local de estudo

O presente estudo foi realizado no Campo Experimental e de Práticas do Instituto Superior Politécnico de Gaza (CEXP - ISPG) localizado no Posto Administrativo de Lionde, distrito de Chókwè, entre as coordenadas geográficas: 24° 35'26,52684 Latitude Sul; 33°1'38,7696" Longitude Este (Google Earth, 2022). O distrito de Chókwè situa-se a Oeste da região sul de Moçambique, concretamente a Sudoeste da província de Gaza, entre as coordenadas geográficas: 24° 05' e 24° 48' Latitude Sul; 32° 33' e 33° 35' Longitude Este, sendo limitado a norte pelo rio Limpopo que o separa dos distritos de Mabalane, Guijá e Chibuto no mesmo distrito, a sul pelo rio Mazimuchopes que o separa de Magude na província de Maputo (Mae, 2005; Rubert, 2019).



**Figura 1:** Área de estudo.

#### 3.1.2. Clima e hidrologia na área de estudo

Segundo a classificação de Köppen – Geiger (1936), o clima da região de Chókwè é do tipo semi-árido apresentando duas épocas distintas: a chuvosa e quente que ocorre de Outubro à Março e a seca e fresca de Abril à Setembro. Mais de 75% da chuva concentra-se na época chuvosa e reparte-se em poucos dias de chuva, ocorrendo grandes enxurradas que proporcionam graves problemas de erosão e períodos prolongados de encharcamento do solo, e o rio Limpopo é a principal fonte de água do distrito (MAE, 2005; RUBERT, 2019).

### 3.1.3. Temperatura e evapotranspiração na área de estudo

Segundo a classificação de Koppen – Geiger (1936), as temperaturas médias mensais variam entre 18°C (Julho) a 27°C (Dezembro a Fevereiro), com média anual de 23,6°C. A velocidade do vento varia entre 1,2 a 2,3 m/s nos meses de Setembro a Dezembro respectivamente, com média anual de 1,8m/s. A humidade relativa varia de 54% a 77% nos meses de Novembro a Maio respectivamente e a evapotranspiração média anual é de cerca de 1400 a 1500 mm (MAE, 2005; RUBERT, 2019).

### 3.2. Determinação da velocidade de infiltração da água no solo

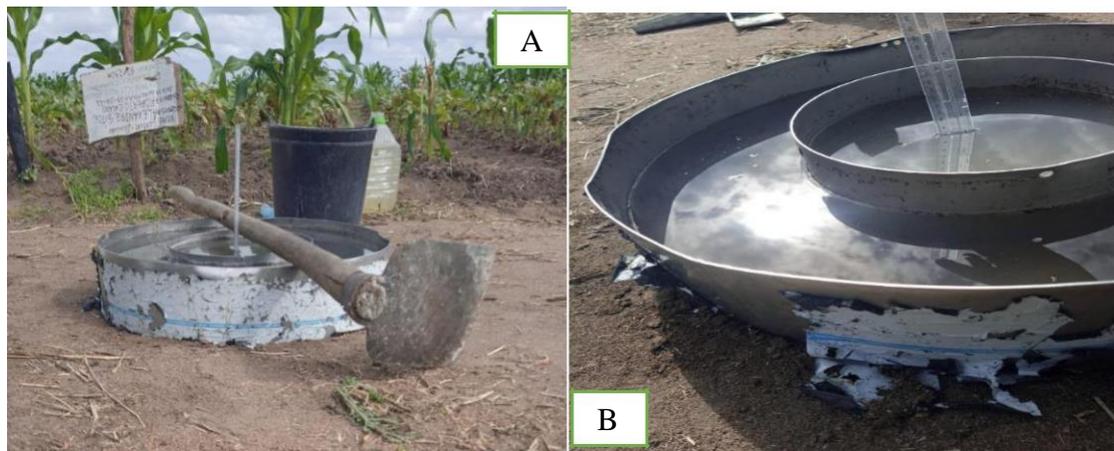
O presente estudo recorreu-se ao método do infiltrômetro de duplo anel, que consiste em dois anéis (um com diâmetro de 25 cm e outro com 50 cm, ambos com 30 cm de altura), tendo sido instalados concentricamente 15 cm abaixo do solo com recurso a uma cruzeta e um martelo mecânico. Foram utilizados dois baldes de 10 litros cada e uma garrafa plástica de 5 litros para o carregamento da água, uma régua para leitura e um telemóvel para a cronometragem do tempo, um bloco de notas e duas canetas para a anotação das leituras, também foi utilizada uma enxada usada na limpeza dos pontos em que foram realizados os testes.



**Figura 2:** Infiltrômetro de duplo anel enterrado, cruzeta e martelo mecânico.

E de seguida, com recurso aos dois baldese a garrafa plástica colocou-se água nos dois anéis em simultâneo até uma altura de 10.5, 12.0 e 11.5 cm nos três pontos de recolha respectivamente e feitas as anotações com uma coluna de tempo (min) e leitura (cm) dos dados, e as leituras

realizadas considerando os seguintes intervalos em minutos: 0, 2, 5, 10, 15, 20, 30 minutos. Foram realizados três testes, tendo sido realizadas reposições de água depois que verificou-se a infiltração de pelo menos 2 cm de água, e os testes terminaram quando o Tempo de Infiltração se mantivesse constante.



**Figura 3:** Realização do teste de infiltração e procedimento.

A Velocidade de Infiltração Básica (VIB) foi determinada através da equação desenvolvida por Kostiakov (1932), modificada por Lewis (1938):

$$V = \frac{K}{(t + a)^n} \quad \text{(Equação 1)}$$

Neste caso, os parâmetros da equação de infiltração ( $k$  e  $a$ ) são estimados pelo método da regressão linear, logo:

$$\ln(V) = \ln(K) - n \ln(t + a) \quad \text{(Equação 2)}$$

$$E \text{ tem-se: } \ln(V) = \ln(K) - n \ln(t + a)$$

**Onde:** (Equação 3)

VI – velocidade de infiltração (Equação 4)

K – constante

I – infiltração acumulada

T – tempo de infiltração

a e n – parâmetros de ajuste da equação.

Para determinar os coeficientes e expoentes das equações potenciais utilizou-se o método de regressão linear. Aplicandas as operações logarítmicas correspondentes tem-se:

$$= + \quad \text{(Equação 6)}$$

Com a aplicação dos logaritmos, a equação potencial é transformada em uma equação linear do tipo = + , em que:

$$\frac{\sum Y - \frac{(\sum Y)^2}{n}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}} \quad \text{(Equação 7)}$$

$$\frac{\sum Y - \frac{(\sum Y)^2}{n}}{\sum X - \frac{(\sum X)^2}{n}} \quad \text{(Equação 8)}$$

**Onde:**

Y = Log I (infiltração acumulada);  
 A = Log a, k = antilog A, então, = 10

B = a;

X = Log T (tempo acumulado)

m = número de pares de dados I e T.

O solo foi classificado de acordo com a velocidade de infiltração básica:

**Tabela 1:** Classificação de velocidade de infiltração

Classificação da velocidade básica de infiltração	Textura do solo	Parâmetros (mm/h)
Solo de VIB baixa	Solo Argiloso	< 5
Solo de VIB média	Solo Franco-argiloso	5 a 15
Solo de VIB alta	Solo Franco	15 a 30
Solo de VIB muito alta	Solo Franco-arenoso	> 30

Fonte: Fuzer, (2013)

### 3.3. Determinação dos coeficientes de uniformidade

Para a determinação dos coeficientes de uniformidade (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC); Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), foram colectados volumes de água irrigada pelo sistema com recurso a coletores plásticos transparentes com área superficial de 60,38 cm<sup>2</sup>, suspensos por hastes metálicas como estrutura de suporte. Estes, armazenaram a água proveniente da irrigação, e os níveis de água foram medidos com auxílio de uma proveta. Os coletores foram instalados na superfície do solo e também foi utilizado um cronômetro para marcar o tempo de funcionamento do sistema.



**Figura 4:** Proveta de 250ml usada no campo.

Os coletores usados no estudo foram construídos pelo autor utilizando garrafas plásticas de 500ml, cortadas com uma altura 10cm, área total de coleta de 60,38 cm<sup>2</sup> e volume de 1,8 litros. Esses foram fixados ao solo por uma haste de ferro de 80 cm de comprimento, presa ao centro da base do coletor. As hastes de sustentação foram fixadas ao solo a 30 cm de profundidade do solo e 50 cm de altura, alinhadas verticalmente.



**Figura 5:** Coletor de água instalado no solo.

Os coletores foram enumerados em ordem crescente a partir do centro do pivô, e distribuídos de maneira uniforme desde o ponto do pivô (início da tubulação aérea) até ao fim do mesmo. Considerando que o pivô central do Cexp – ISPG possui um comprimento de 200 metros, foram utilizados um total de 80 coletores distribuídos em uma linha, com um espaçamento de 2,5 metros entre os mesmos.



**Figura 6:** Distribuição dos coletores no campo.

Como forma de minimizar os efeitos da evaporação nos coletores durante o ensaio, o volume de água em cada coletor foi medido com proveta e transcrito assim que os coletores estivessem fora do alcance dos jatos de água dos emissores, como forma de evitar realização de ajustes relativos às perdas por evaporação.

De seguida foram determinados os coeficientes de humidade e posteriormente comparados entre si para implicar qual coeficiente de uniformidade é o mais adequado ao sistema de irrigação.

Equações:

### 1. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC):

$$CUC = \frac{100}{n} \left( n + 2 \sum_{i=1}^{n-1} i \frac{X_i}{\bar{X}} - \frac{X_n^2}{\bar{X}^2} \right) \quad \text{(Equação 9)}$$

Onde:

- CUC - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%);
- $X_i$  – precipitação coletada no pluviômetro de ordem  $i$ , (mm);
- $\bar{X}$  – média geral das precipitações coletadas nos pluviômetros, (mm);
- $n$  – número de pluviômetros.

### 2. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD):

$$CUD = \frac{100}{n} \left( n - \frac{\sum_{i=1}^{n-1} X_i^2}{\bar{X}^2} \right) \quad \text{(Equação 10)}$$

Onde:

- CUD - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%);
- $\bar{X}_{25\%}$  - média de 25% do total de coletores com as menores precipitações, (mm);

### 3. Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE):

$$CUE = 100 \times \left( 1 - \frac{\sigma}{\bar{X}} \right) \quad \text{(Equação 11)}$$

Onde:

- CUE - Coeficiente de Uniformidade Estatístico (%);
- $\sigma$  - Desvio-padrão dos valores de precipitação, (mm);
- $\bar{X}$  no CUE - Lâmina média de todas as observações, (mm).

A interpretação dos valores dos coeficientes de uniformidade (CUC, e CUD) será baseada na classificação apresentada na Tabela abaixo:

**Tabela 2:** Intervalos para classificação dos sistemas de irrigação em função Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC); Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE).

Classes	CUC (%)	CUD (%)	CUE(%)
Excelente	>90	>84	>90
Bom	80-90	68-84	80-90
Razoável	70-80	52-68	70-80
Ruim	60-70	36-52	60-70
Inaceitável	<60	<36	<60

Fonte: Parca *et al.*, 2014, de Mantovani (2002)

### 3.4. Determinação da eficiência de aplicação ( ) e do sistema (ES)

Para a determinação da eficiência de aplicação ( ) do sistema de irrigação por pivô central, recorreu-se a equação abaixo:

$$= 0.9 \times \quad \text{(Equação 12)}$$

É para a eficiência do sistema recorreu-se a equação:  $= \times$  (Equação 13)

**Onde:**

Tr – coeficiente de transmissividade (tabelado)

A tabela 3 descreve o coeficiente de transmissividade segundo a textura do solo, clima e profundidade das raízes da cultura.

**Tabela 3:** Coeficiente de transmissividade segundo a textura do solo, clima e profundidade das raízes da cultura.

Clima	Profundidade das raízes (m)	Textura do solo			
		Muito Arenosa	Arenosa	Média	Fina
Árido	<0,75	0.85	0.90	0.95	1.00
	0,75 a 1,50	0.90	0.95	1.00	1.00
	>1,50	0.95	1.00	1.00	1.00
Húmido	<0,75	0.75	0.80	0.85	0.90
	0,75 a 1,50	0.85	0.85	0.90	0.95
	>1,50	0.85	0.90	0.95	1.00

Fonte: Gomes, 2013

**Tabela 4:** Eficiência para sistemas de irrigação por aspersão.

Método de Irrigação	Sistema de irrigação	Eficiência (%)
Aspersão	Pivô central de alta pressão	65–80
	Aspersão portátil	60 -75
	Alto propelido	60–70

Fonte: Morris; Lynne (2006), Coelho, Silva (2013).

Citados em Coelho, Silva 2013, afirmam que apesar de se conhecer a eficiência que se pode alcançar com os métodos de irrigação, valores abaixo do potencial de cada sistema são constatados em campo por causa do inadequado manejo dos sistemas.

### 3.4.1. Determinação da lâmina média aplicada pelo pivô central

$$= \frac{(0,36 \times \dots \times \dots)}{\dots}$$

(Equação 14)

Onde:

- L = lâmina média aplicada pelo pivô central (mm);
- Q = vazão do pivô central (L/s);
- H = tempo para dar uma volta completa (h);
- A = área total irrigada (ha);
- Ea = Eficiência de aplicação do pivô (decimal).

Quanto maior for o tempo necessário para o pivô central dar um giro completo, maior será a lâmina aplicada por ele. Essa lâmina é dada por:

Para a determinação do caudal, foi utilizado um cronômetro e uma proveta volumétrica com capacidade para 250 ml. A água coletada nos recipientes plásticos foi colocada na proveta para a medição da sua quantidade assim que estes estivessem fora do alcance dos jatos de água dos emissores e a escolha dos recipientes foi aleatória. Esse procedimento foi repetido quatro vezes em cada linha de coleta, e por fim, os volumes coletados foram convertidos para  $\text{m}^3/\text{h}$ .

### 3.4.1. Determinação da área irrigada

Para determinar a área irrigada pelo pivô central usou-se a equação abaixo:

Onde:

Equação 15)

- A – é área irrigada (ha);
- R – é o raio máximo molhado (m).

### 3.4.2. Determinação do Percentual de área adequadamente irrigada (Pad) (Equação 16)

Onde:

- Pad: Percentual de Área Adequadamente Irrigada (%)
- Ntcoletores  $\geq$  Lapli: Número total de coletores com lâmina igual ou maior que a lâmina média aplicada;
- Lapli: Lâmina média aplicada (mm).

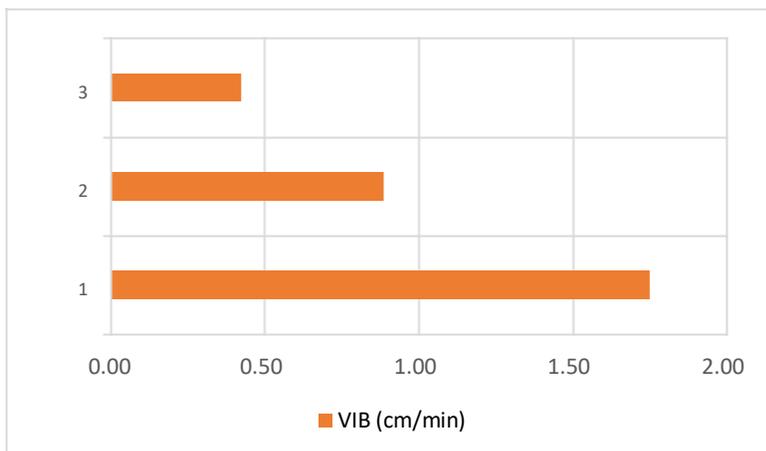
## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Velocidade de Infiltração Básica do Solo

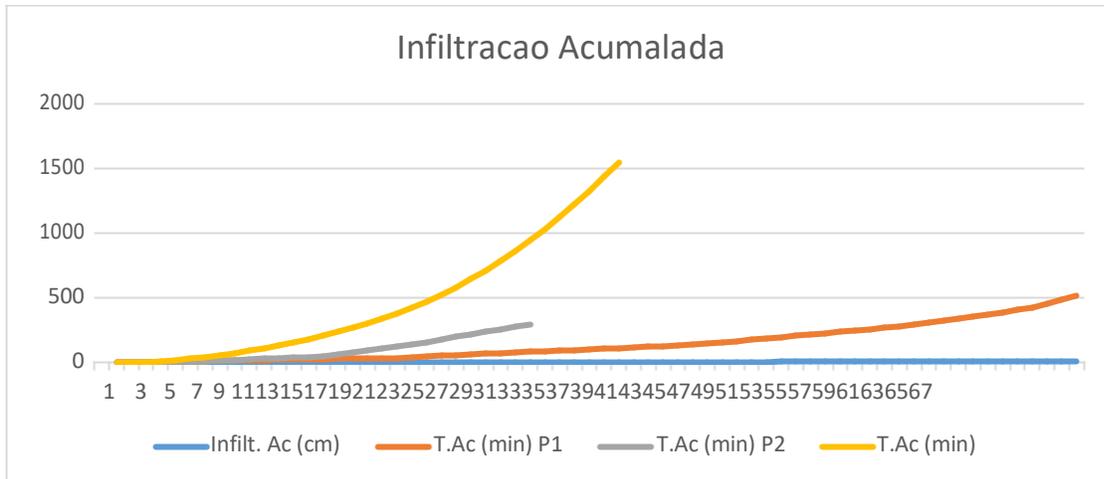
O teste de infiltração levado a cabo no início das actividades permitiu pelos métodos empíricos a obtenção dos resultados na tabela 5 e apresentados no gráfico 1, cuja velocidade de infiltração básica deu um valor de 0,2 mm/h e classificado como baixa, o que segundo Fuzer (2013), considera-se comum se tratando de solos argilosos que caracterizam a região, pois nesses solos a VIB mantém-se em torno de 0,50 cm/h.

**Tabela 5:** Resultados do teste de infiltração de água no campo experimental.

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Médias
A	-0.76	-0.71	-0.56	-0.67
K	0.18	0.2	0.28	0.22
B = a	0.66	0.5	0.67	0.61
I (cm)	0.02	0.01	0.04	0.03
VI (cm/min)	0.01	0.01	0.03	0.02
VIB (cm/h)	0.03	0.015	0.007	0.02



**Gráfico 1:** Velocidade básica de infiltração de água nos três pontos de coleta.

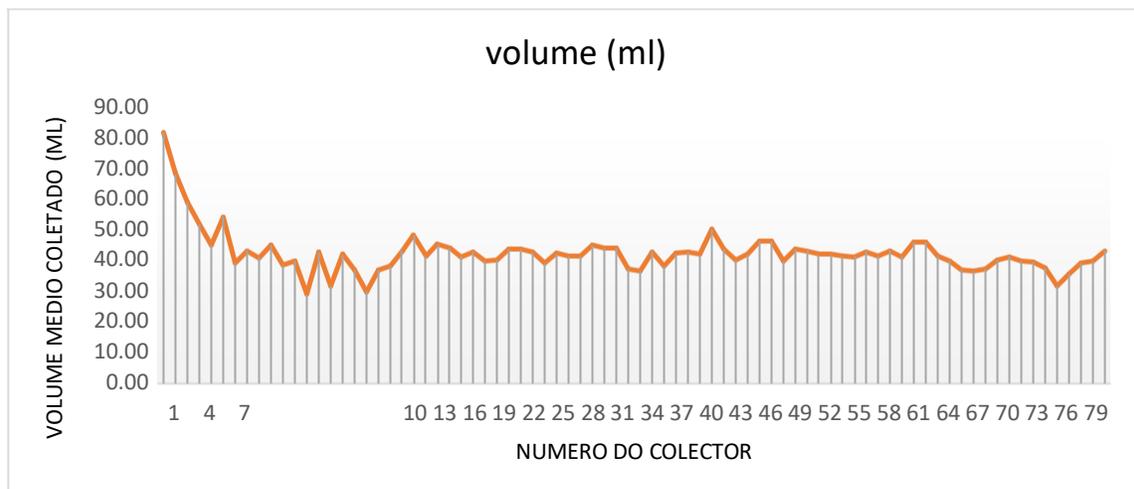


**Gráfico 2:** Infiltração acumulada em função do tempo acumulado nos pontos 1 (A), 2 (B) e 3 (C), respectivamente.

Ao longo do teste a infiltração acumulada aumenta com o tempo, e a velocidade de infiltração (VI) diminui, até o valor se aproximar de uma estabilidade, como afirmado por Bernardo *et al.*, (2006).

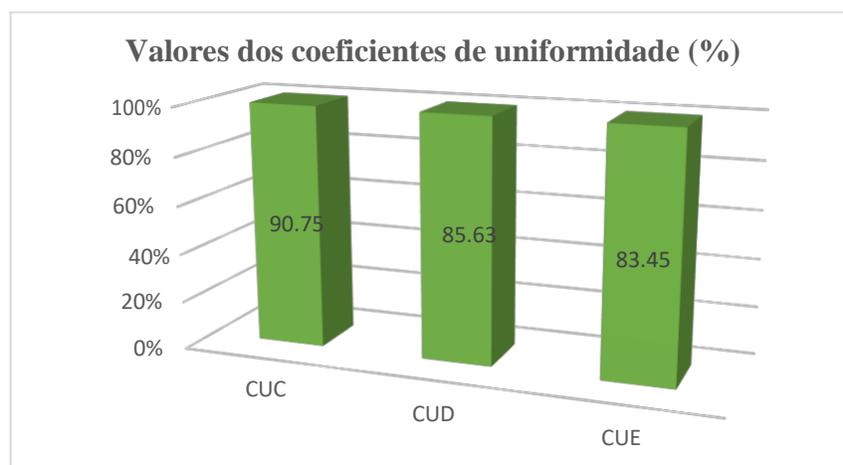
#### 4.2. Determinação dos Coeficientes de Uniformidade

O gráfico 3 apresenta as médias dos volumes coletados ao longo dos 80 coletores dispostos na área irrigada pelo pivô. Estas coletas foram realizadas durante três dias e em três diferentes pontos, e com base nos resultados obtidos, foi possível determinar os coeficientes de uniformidade de distribuição da lâmina de água pelo sistema.



**Gráfico 3:** Média do volume coletado em cada coletor.

No gráfico 4 são apresentadas as médias de volumes de água coletados por cada coletor nos três pontos, e na tabela 6 estão dispostas as medidas dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), de uniformidade estatística (CUE), de uniformidade de distribuição (CUD) obtidas com base nas coletas realizadas durante o estudo no campo experimental e sua classificação.



**Gráfico 4:** Valores dos coeficientes de uniformidade de CUC, CUD e CUE.

**Tabela 6:** Coeficientes de uniformidade obtidos no estudo e sua classificação de acordo com a tabela 3.

Coeficientes	Valores (%)	Classificação
CUC	90.75	Excelente
CUD	85.63	Excelente
CUE	83.45	Bom

De acordo com a Tabela 6, pode-se observar, que o CUC e o CUD apresentaram uma excelente uniformidade e já o CUE foi o que apresentou a menor uniformidade. Citados em Hohenberger (2016), WILCOX & SWAILES (1947) propuseram um coeficiente de uniformidade utilizando o desvio-padrão como medida de dispersão, para o qual se aceitam valores acima de 75% (CUE). Segundo MERRIAN & KELLER (1978), os parâmetros de uniformidade aceitáveis do CUC e CUD para culturas de alto valor econômico, que apresentam sistemas radiculares rasos, respectivamente, devem ser de superiores a 85% e 80%. FRIZZONE (1992), afirma que o CUD é uma medida frequentemente utilizada como indicador dos problemas de distribuição de água, e por sua vez SILVA *et al.*, (1997) afirmam que o CUC é universalmente conhecido e seus valores servem de referência na avaliação de um equipamento de irrigação.

Os valores encontrados no ensaio estão dentro do padrão proposto pelos autores, que indicam uma boa uniformidade de irrigação na área de estudo. Segundo PINTO *et al.*, (2006), embora a irrigação por aspersão seja um dos métodos mais eficiente para distribuição de água em superfície, tem como principal desvantagem a influência das condições climáticas na uniformidade de aplicação, tendo em vista que a velocidade do vento é responsável 96,6% dos desvios na EA provocados por ações climáticas. Além disso, AZEVEDO *et al.*, (2000) ao avaliarem a variação do CUC com a velocidade do vento puderam verificar que as médias de CUC igual ou superior a 70% só ocorreram para velocidade de vento inferior a 3,3 m/s. Dessa forma, como os índices de uniformidade alcançados são satisfatórios, porém a velocidade média do vento determinada nos três dias de realização do estudo com recurso as velocidades de vento obtidas no [www.weather.com](http://www.weather.com) foi de 4,17 m/s.

FREITAS *et al.*, (2018), citados em PEREIRA (2021), em seu estudo foram avaliados os coeficientes de uniformidade CUC, CUH e CUD os quais foram classificados como bons, enquanto CUE e o CUA, classificados como regulares, e esses concluíram que nenhum dos coeficientes de uniformidade encontrados apresentou-se na faixa de classificação como excelente, indicando a necessidade de identificação de problemas e realização de melhorias no funcionamento do pivô central.

A tabela 7 apresenta os resultados do teste de Tukey a 5% de significância das médias dos volumes de água coletados, e demonstrou que não existe diferença significativa entre os volumes de água coletados ao longo dos três pontos de coleta do pivô.

**Tabela 7:** Comparação das médias dos volumes coletados nos três pontos.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
ponto 3	41.85	a1
ponto 2	41.8875	a1
ponto 1	43.725	a1

O estudo foi realizado nos dias 23, 24 e 25 de Agosto de 2022, e os resultados foram obtidos nas seguintes condições:

- Percentagem de velocidade do pivô: 20%;
- Humidade média: 32%;

- Temperatura máxima média: 26,5°C;
- Velocidade média do vento: 4,17m/s;
- Precipitação média: 0mm;
- Voltímetro: 400V.

### 4.3. Eficiência de Aplicação ( ) e do Sistema (Es)

Na tabela 8 são apresentados os valores das eficiências de aplicação ( ) e do Sistema (Es), da área irrigada (A) e do percentual de área adequadamente irrigada (Pad) pelo pivô central do Cexp – ISPG, determinados com base na metodologia descrita.

**Tabela 8:** Valores de Ea, Es, A e Pad.

Ea	Es	A	Pad
77.07%	85.63%	12.56ha	41.25%

Para a Eficiência de Aplicação (Ea), obteve-se 77.07% e a Eficiência do sistema 85.63% (tabela 8). LIMA *et al.*, (1999) citado em NUNES *et al.*, (2021) demonstrou que a perda máxima da irrigação por aspersão deve ser de 10,0% da água aplicada, o que leva a uma indicação que a Ea mínima deve estar próxima a 90,0%. Desta forma, no pivô estudado não se têm valores ótimos de Ea e, assim, há um desperdício de água, porém o mesmo possui uma Eficiência do sistema de 85.63% que é um valor próximo dos 90%, podendo ser classificada como boa.

Observa-se na Tabela 8 o valor de Pad 41.25% para a área em estudo, enquadrado como ruim. Este valor indica que apenas 41.25% da área foi adequadamente irrigada pelo sistema de irrigação.

A área irrigada pelo sistema é de 12.56 ha (tabela 8), o que equivale a 89.71% da área total cultivada, que é de 14ha, demonstrando desse modo que o pivô é eficiente.

De acordo com FARIAS *et al.*, (2008), uma das medidas mais rápidas para solucionar o problema da diferença de lâmina, além de discuti-lo com o fabricante, é o redimensionamento da curva de controle do equipamento, levando em consideração vazão atual e real do pivô central, de modo a calibrar o equipamento no sentido de tornar a irrigação mais precisa e mais eficiente, entretanto não dispensa a modificação do projeto a fim de corrigir os erros.

## **V. CONCLUSÃO**

Com o presente estudo, pode-se concluir que o solo do Cexp – ISPG é de textura argilosa e possui uma velocidade básica de infiltração baixa, e o sistema de irrigação por pivô central existente é eficiente, porém deve se ter em conta que a avaliação do mesmo foi realizado a uma percentagem de velocidade de 20%.

O sistema de pivô central do campo experimental do Instituto Superior Politécnico de Gaza está dentro dos padrões de uniformidade de aplicação de lâmina de água e eficiência tendo apresentado valores de CUC e CUD classificados como excelentes e de CUE classificado como bom, e com alguns ajustes tais como a redução do espaçamento entre os aspersores, a redução da altura dos emissores em relação às culturas, entres outros, podem ser elevados, obtendo assim um melhor uso dos recursos hídricos e energéticos garantindo também maiores índices de rendimento agrícola.

## **VI. RECOMENDAÇÕES**

A instalação de tensiômetros de modo a permitir um melhor controle das necessidades de irrigação do campo e conhecer o momento ideal de rega, o que contribuirá para uma melhor satisfação das necessidades de água das culturas, e também a realização da rega quando necessário, evita desse modo o mau uso dos recursos hídricos.

Como forma de possibilitar uma distribuição de água mais uniforme, recomenda-se a irrigação a uma percentagem de velocidade de até 20%, pois com o estudo verificou-se que a essa velocidade as influências do vento são menores e a aplicação de água é mais eficiente e conseqüentemente o sistema também torna-se mais eficiente.

Como forma de responder a não uniformidade de distribuição de água por parte dos emissores, recomenda-se a calibração dos mesmos e o ajuste da sua disposição ao longo do pivô, o que possibilitará o aumento da área adequadamente irrigada e contribuirá para um crescimento mais uniforme das culturas.

Recomenda-se a realização de manutenção periódica do equipamento de modo a salvaguardar sua vida útil, e garantir que o mesmo opere nas melhores condições, contribuindo dessa forma para um manejo de água mais consciente e eficiente, e recomenda-se a realização de mais estudos similares porém em uma época diferente e com uma percentagem de velocidade do pivô diferente, e de estudos com enfoque no desempenho do mesmo.

## VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

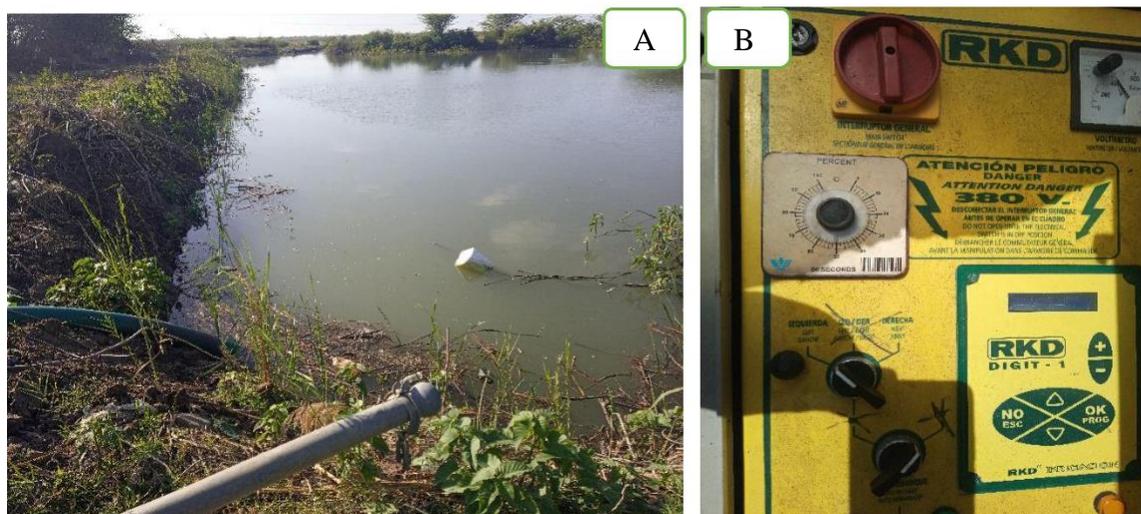
1. Almedia, J. N. de; Silva, A. J. P. da; Damaceno, D. O.; Filho, A.F. Lopes; Simões, W. L.; Jabotá, V.A. (2015). *Eficiência De Aplicação E De Uso Da Água Na Irrigação Da Melancia Com Diferentes Dotações Hídricas*. São Cristóvão/SE
2. Andrade, Antônio Ricardo Santos de; Silva, Edijailson Gonçalves de; Silva, Edes Torres de; Pereira, Rodrigo Gomes; Silva, Jennifer Ferreira de; Costa, Claudia Machado; Zamora, Valentin Rubén Orcón; Cruz, Adiel Felipe Da Silva; Ferreira, Maria Emanuely Da Silva; Silva, Maria Gorete Dos Santos; Noronha, Danilo Araújo de. (2021). *Avaliação Do Desempenho De Sistema De Irrigação Por Gotejamento Em Cultivo De Maracujá*.
3. Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. (2008). *Manual De Irrigação*. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, Minas Gerais, 625p.
4. Bernardo, S.; Mantovani, E. C.; Silva, D. D. da; Soares, A. A. (2019). *Manual De Irrigação*. Viçosa-MG. 9ª ed, p.545, Editora UFV.
5. Biscaro, Guilherme Augusto. (2014). *Avaliação Do Desempenho De Um Sistema De Irrigação Por Aspersão Convencional Na Cultura Do Café*.
6. Bortoluzzi, Mateus Possebon; Mattioni, Marcelo Herter. (2021). *Uniformidade De Distribuição De Água Em Pivô Central*. Passo Fundo, Brasil.
7. Camargo, Débora Costa. (2016). *Conservação, Uso Racional E Sustentável Da Água*. Fortaleza, Ce.
8. Coelho, Eugênio Ferreira; Silva, Alisson Jadavi Pereira da. (2013). *Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação*. Embrapa Mandioca e Fruticultura Cruz das Almas, BA.
9. Cunha, Gabriel Soares. (2019). *Avaliação Da Uniformidade De Distribuição Em Pivô Central Com Emissores Rotativos*. Viçosa, Mg.
10. Evangelista, W., Oliveira, C.A.S., Silva, C.L. (2010). *Variáveis Climáticas E O Desempenho De Um Pivô Central, Em Cristalina Goiás*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.
11. Fagundes, Eliane Aparecida Antunes; Koetz, Márcio; Rudel, Norman; Santos, Tania Silveira dos; Porto, Rebeca. (2012). *Determinação Da Infiltração E Velocidade De Infiltração De Água Pelo Método De Infiltrômetro De Anel Em Solo De Cerrado No Município De Rondonópolis-MT*. Rondonópolis, Brasil.

12. Fuzer, H. (2013). *Estudo Da Velocidade De Infiltração Básica (VIB) No Solo Da Bacia Do Rio Mourão*. Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Coordenação De Construção Civil.
13. Fioravanço, João Caetano; Santos, Régis Sivori Silva dos. (2013). “Embrapa. 239 p”.
14. Freitas, Elaine De Fatima Miranda; Farias, Hiago Felipe Lopes de; Costa E Silva, Sandra Máscimo de; Neto, Sebastião Avelino. (2018). *Avaliação Da Velocidade De Infiltração Da Água No Solo E Uniformidade De Distribuição Da Água De Irrigação Por Pivô Central*. Brasil, Fortaleza.
15. Gonçalves, Morgana Scaramussa; Venancio, Luan Peroni; Paes, João Paulo Pereira; Ribeiro, Wilian Rodrigues; Gonçalves, Dalila Da Costa; Dos Reis, Edvaldo Fialho. (2020). *Métodos De Interpretação E Avaliação De Sistema De Irrigação Por Aspersão: Da Teoria À Prática*.
16. Godim, T.M.S.; Wanderley, J.M.; Feitosa Filho, J.C.; Sousa, J.F. (2010). *Infiltração E Velocidade De Infiltração de Água Pelo Método Do Infiltrômetro De Anel Em Solo Arenoargiloso*. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, v. 4.
17. Hohenberger, Lucas. (2016). *Avaliação De Uniformidade De Distribuição De Água Em Um Pivô Central No Município De Alegrete - RS*. Alegrete, RS, Brasil.
18. Junior, Carlos Leite de Camargo; Filho, Genésio Osmani Maggi. (2022). *Protótipo De Sistemas De Irrigação A Pivô Central Por Aspersão Para Controle Da Velocidade Das Torres Móveis*. Goiás. Goiânia. Brasil.
19. Lima, João Filipe De Lima; Lima, Júlia Cunha. (2019). *Uniformidade E Eficiência De Um Sistema De Irrigação Por Pivô Central Na Região De Ulianópolis-Pa*. Paragominas.
20. MAE. (2005). *Localização geográfica de Chokwe*. s.l.:INE, Maputo moz.
21. Marques, Quevin de Abreu. (2022). *Avaliação Dos Parâmetros De Desempenho De Um Sistema De Irrigação Do Tipo Pivô Central*. Alegrete, RS, Brasil.
22. Martins, Caio Louzada; Busato, Camilo; Silva, Samuel Ferreira da; Rodrigues, Wagner Nunes; Reis, Wagner Nunes. (2013). *Avaliação Do Desempenho De Sistemas De Irrigação No Sul Do Estado Do Espírito Santo*. Revista Agro@mbiente On-line, v. 7, n. 2, p. 236-241
23. Merriam, J.L.; Keller, J. (1978). *Farm irrigation system evaluation: A guide for management*. Department of Agricultural and Irrigation Engineering. Utah State University, Logan, Utah. 221p.

24. Merriam, J.L.; Keller, J.; Alfaro, J. (1973). *Irrigation system evaluation and improvement*. Logan: Utah State University.
25. Moreira, Wendel Kaian Oliveira; Silva, Euzanyr Gomes da; Lima, Neyla Thayná. (2017). *Velocidade De Infiltração Básica Da Água No Solo Em Diferentes Agroecossistemas Amazônicos*.
26. Nascimento, V.F.; Feitosa, E.O.; Soares, J.I. (2017). *Uniformidade De Distribuição De Um Sistema De Irrigação Por Aspersão Via Pivô Central*. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 4, n. 4, p. 65-69.
27. Nunes, Florêncio Silva; Pinto, Pâmela Rafanele França; Corrêa, Flávia Vilela; Thebaldi, Michael Silveira; Frade, Paulo Ricardo. (2021). *Avaliação Da Eficiência De Três Sistemas De Pivô Central Em Uma Propriedade Rural De Minas Gerais*.
28. Oliveira, Aureo Silva de; Carvalho, Francisco Adriano Pereira de; Silva, Vital Pedro Paz da; Santos, Carlos Amilton. (2004). *Avaliação Do Desempenho De Sistemas Pivô Central Na Região Oeste Da Bahia*. Irriga, Botucatu, V. 9, N. 2, P. 126-135.
29. Parca, Tiago; Cordeiro Neto, José; Oliveira, Diorge de; Godinho, Flávio. (2014). *Avaliação Da Eficiência Do Sistema De Pivô Central E Sua Uniformidade De Aplicação De Lâmina D'água*. Minas Gerais
30. Parizi, A. R. C.; Hohenberger, L.; Soares, F. C. (2017). *Avaliação De Uniformidade De Distribuição De Água Em Sistemas De Irrigação Do Tipo Pivô Central No Município De Alegrete-RS*. XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA.
31. Pereira, Ítalo de Castro. (2021). *Determinação Da Uniformidade De Distribuição De Água De Um Sistema De Irrigação Tipo Pivô Central: Estudo De Caso Na Fazenda Illa Em Porto Nacional-To*. Palmas, To.
32. Pereira, Lucas Rosa; Galote, Jean Karlos Barros; Souza, Joabe Martins de; Maria Dardengo, Christina Junger Delôgo; Reis, Edvaldo Fialho dos. (2009). *Sistemas De Irrigação Por Aspersão*.
33. Pereira, Lucas Rosa; Santos, Joabe Martins dos; Rafael, Anatan da Matta; Cruz, Edimar Almeida da; Teixeira, Ariany das Graças; Reis, Edvaldo Fialho dos. (2016). *Uniformidade E Eficiência De Aplicação De Água Em Um Sistema De Irrigação Por Aspersão Em Pastagem*. Dourados. V.9, N.32, P. 156-161.

34. Rodrigues, Leôncio Gonçalves; Nery, Aparecida Rodrigues; Sousa, Francisco Rondynelle Rodrigues; Rodrigues, Luis Nery. (2019). *Coefficientes De Uniformidade Em Aspersores De Baixa Vazão Com Diferentes Arranjos E Altura Da Haste*. Revista Verde 14:2, 170-180.
35. Rubert, Fernando Mário. (2019). *Avaliação dos parâmetros físico-químicos e da qualidade de água usada para irrigação no campo experimental do Instituto Superior Politécnica de Gaza (ISPG) e o seu efeito no solo*. Lionde, Chókwè, Moçambique.
36. Santana, Jhonata Santos; Costa, Rafael Ferreira; Silva, Wilson Araújo da; Lima, Maíra Araújo De Mendonça; Araujo, Bruna Magalhães. (2020). *Diagnóstico Da Irrigação Na Agricultura Familiar De Imperatriz-Ma*. Revista Sustinere, Rio De Janeiro, V. 8, N. 2, P. 515-538.
37. Santos, Adriana Gomes dos; Santos, Ozely Ferreira dos; Cruz, Cristiane Rodrigues da; Junior, Wady Lima Castro. (2017). *Infiltrômetro De Anel Na Área Experimental Do Ifma Campus Codó - Ma*.
38. Silva, F.Y. da. (2016). *Avaliação Da Uniformidade De Três Pivôs Centrais Em 15 anos*. Florianópolis - SC. XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA
39. Souza Silva, Sivaldo Piter Washington de. (2021). *Avaliação De Coeficientes De Uniformidade Em Sistema De Aspersão Barra Móvel*. Rondonópolis, Mt.
40. Testezlaf, R. (2017). *Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações*. 1. ed. Campinas: Unicamp/FEAGRI.
41. Toledo, Cristian Epifânio; Albuquerque, Paulo Emilio Pereira de; Souza, Cláudio Márcio Pereira de. (2017). *Eficiência Da Aplicação Da Água Por Pivô Central Em Diferentes Regiões De Minas Gerais*. Irriga, Botucatu, V. 22, N. 4, P. 821-8

## VIII. ANEXOS



**Figura 9:** A - Fonte de captação de água para o pivo. B - Quadro de controle do pivo. (Fonte: Autor, 2022)



**Figura 10:** Emissor durante a rega. (Fonte: Autor, 2022)



**Figura 11:** Pivo durante o processo de rega. (Fonte: Autor, 2022)