



Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal
Departamento de Engenharia Rural
Secção de Uso de Terra e Água
Licenciatura em Engenharia Agronómica

Projecto Final

Desempenho agronómico de variedades de milho (*Zea mays*L.) Sob diferentes tipos de lavoura e níveis de aplicação de água



Autor:

Mateus João Muchanga

Supervisor:

Prof. Doutor Emílio Magaia

Co – Supervisor:

Prof. Doutor Sebastião Famba

Maputo, Setembro de 2024

**Desempenho agronómico de variedades de Milho (*Zea mays* L.) sob
diferentes tipos de lavoura e níveis de aplicação de água**

Elaborado por:

Mateus João Muchanga

Supervisor:

Prof. Doutor Emílio Magaia

Co-Supervisor:

Prof. Doutor Sebastião Famba

Maputo, Setembro de 2024

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro por minha honra que este trabalho de culminação de curso é da minha autoria e nunca foi submetido nesta ou em outra instituição para aquisição de qualquer outro grau acadêmico e que ele constitui o resultado do meu labor individual e das orientações dos meus supervisores. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e na bibliografia final. Este trabalho é apresentado em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciado em Engenharia Agronômica, no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Universidade Eduardo Mondlane.

Mateus João Muchanga

----- Data: ____/____/2024

Desempenho agronómico de variedades do Milho (*Zea mays* L.) sob diferentes tipos de lavoura e níveis de aplicação de água.

Projecto Final Submetido ao departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, da Universidade Eduardo Mondlane, como um dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciado em Engenharia Agronómica, sob supervisão do Professor Doutor Sebastião Famba e Professor Doutor Emílio Magaia,

RESUMO

A aplicação da quantidade apropriada de água e nutrientes, associado a métodos de preparo de solo, e potencial genético de cultivares, permite maximizar a produtividade da água e incremento no desenvolvimento e produtividade das culturas. O presente estudo teve como objectivo avaliar o desempenho agronómico de duas variedades da cultura de milho sob diferentes tipos de lavoura e níveis de irrigação. O ensaio foi conduzido no Centro de Desenvolvimento Agrário de Sábiè (CEDAS), localizado no Posto Administrativo de Sábiè, distrito de Moamba, província de Maputo. Foi utilizado o Delineamento de Blocos Completos Casualizados (DBCC) em arranjo factorial com três repetições. Os tratamentos consistiram na interação entre dois tipos de variedades (Matuba e PAN 12), dois tipos lavoura (Manual e Charrua de discos + Gradagem) e dois níveis de irrigação: Parcial (30% ETp) e Óptima (100% ETp). Foram avaliados o rendimento do grão; a biomassa da parte aérea, altura da planta do milho, o peso da 100 sementes e índice de área foliar. Os dados foram analisados através do pacote estatístico Stata 14.0 a um nível de significância de 5%. Os resultados mostraram que não houve efeito significativo ($p > 0,05$) das interações avaliadas. Os factores irrigação e lavoura isoladamente, foram significativos ($p < 0,05$) sobre maior parte das variáveis avaliadas, onde os maiores valores foram observados com a aplicação da lâmina de água óptima (100% da Etp) e lavoura com recurso a charrua de disco + gradagem, respectivamente. Os maiores rendimentos de grão das variedades PAN-12 e Matuba, foram registados em talhões com lavoura convencional e nível óptimo de rega, tendo sido respectivamente 9,85 e 10,07 ton.ha⁻¹, porém, não foram significativamente diferentes entre si, e o nível óptimo de água proporcionou maior rendimento médio de milho, com cerca de 12 vezes mais. Por outro lado, a lavoura não influenciou no índice de colheita, índice de área foliar (LAI) durante a fase reprodutiva e no rendimento do grão. As variedades de forma isolada não foram significativas ($p > 0,05$) nas variáveis avaliadas. De forma geral o desempenho agronómico da cultura de milho foi fortemente influenciado pelos níveis de irrigação e tipos de lavoura. No entanto recomendam-se mais estudos para se aprofundar o entendimento da relação entre diferentes lavouras e níveis de irrigação no desempenho agronómico da cultura de milho.

Palavras-chave: Lavoura, irrigação e milho

DEDICATÓRIA

Aos meus pais: João Sarmento Muchanga e Julieta Jossias Cossa

Aos meus irmãos: Ernesto, Eva, Filipe, Gilda (em memória), João Júnior

A todos, dedico.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Projecto Enhancing productivity on family farms to increase Mozambique food security, no âmbito do Programa de cooperação Itália-Moçambique.

Agradecimento especial aos meus supervisores, Doutor Sebastião Famba e Doutor Emílio Magaia pela orientação e tempo dedicado para a realização desta obra.

Sou muito grato a equipe de trabalho do campo, Sr. Betuel Sigaúque, dr. Eddy Mulhovo, Sr Ramos Siteo, Sr Manuel Vilanculos, Sr Alfredo Silavele pela ajuda no trabalho de campo.

A todos os funcionários do Centro de Desenvolvimento Agrário de Sabié (CEDAS) pelo apoio moral.

Agradeço a todos docentes da FAEF que directa ou indirectamente contribuíram para minha formação académica. Sem vocês não seria possível a elaboração deste trabalho hoje. Sou muito grato pelos conhecimentos transmitidos. O meu muito obrigado!

Agradeço a minha família, especialmente aos meus pais João Sarmento e Julieta Jossias, tia Nalda Aurélio e aos meus irmãos Ernesto, Eva, Filipe, Gilda, João Júnior, pelo apoio e por acreditarem em mim.

Agradeço aos meus colegas e amigos: Eng Adilson Manguze, Eng Mário Zaqueu, Eng Hercílio Machava, César Matsinhe, Ramina Saide, Cesartina Guilundo, Julieta Muchanga, Percínio Tirano. Vocês foram muito importantes na minha formação, com vocês aprendi que ninguém caminha sozinho.

E, não menos importante a Deus, pelo dom da vida.

Meu muito obrigado

Índice

DECLARAÇÃO DE HONRA	ii
RESUMO	iv
DEDICATÓRIA	v
AGRADECIMENTOS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ANEXOS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
I. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problema de estudo e Justificação	2
1.3. Objectivos.....	3
1.3.1. Objectivo geral:	3
1.3.2. Objectivos específicos:.....	3
1.4. Hipótese:.....	3
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Descrição geral da cultura de Milho.....	4
2.2. Efeito da irrigação no desempenho da cultura de milho	5
2.3. Efeito da preparação do solo no cultivo do milho	9
2.4. Relação entre a lavoura e humidade do solo	12
III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1. Descrição da área de estudo.....	13
3.2. Delineamento experimental e tratamentos	15
3.3. Descrição das actividades de campo	16
3.4. Procedimento de amostragem.....	17
3.5. Análise de dados.....	19
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1. Precipitação registada e quantidade de água de rega.....	21
4.2. Análise do Efeito da Lavoura e Níveis de Irrigação nos parâmetros biométricos e Rendimento das Variedades de Milho.....	22
4.2.1. Altura das plantas (AP)	24

4.2.2. Índice da area foliar na cultura de milho	26
4.2.3. Rendimento das variedades de milho (PAN-12 e Matuba) sob diferentes níveis de irrigação e tipos de lavoura.....	29
4.2.4. Rendimento da biomassa (RB) do milho.....	31
4.2.5. Índice de colheita (IC)	33
V. CONCLUSÕES e RECOMENDAÇÕES.....	34
5.1. Conclusões.....	34
5.2. Recomendações	34
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
VII. ANEXOS.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados de análise química e física do solo da área de estudo.....	14
Tabela 2: Descrição dos tratamentos do ensaio.....	15
Tabela 3: Tabela de análise de variância (ANOVA).....	20
Tabela 4: Resumo da análise de variância e dos coeficientes de variação experimental para as variáveis altura da planta (AP); índice da área foliar (LAI) nos estágios V7, VT, R1 e R4; rendimento do grão (RG), peso de 100 sementes (PSS); rendimento da biomassa (RB); e índice de colheita (IC).....	22
Tabela 5: Rendimentos médios do grão de milho e peso de 100 sementes em diferentes níveis de irrigação.....	29
Tabela 6: Índice de colheita da cultura de milho em diferentes níveis de irrigação.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da área de estudo; Província de Maputo (a); Posto administrativo de Sábie (b), Imagem aérea da área de estudo (c); Milho ao tratamento de nível óptimo de rega (d); Milho ao tratamento de nível de défice hídrico (e).....	13
Figura 2: Ilustração da realização da lavoura convencional com charrua de disco (a) e manual com recurso a enxada (b) e rega gota-a-gota (c).....	16
Figura 3: Ilustração do ceptómetro (a) e medição da altura das plantas (b) e do índice da área foliar (c).	18
Figura 4. Dados de precipitação e irrigação acumulada.....	21
Figura 5: Altura das plantas de milho (AP) com a realização de diferentes tipos de lavoura (a) e níveis de irrigação (b).....	24
Figura 6: Índice de área foliar (LAI) na fase de pendoamento (VT), floração e polinização (R1) e grão farináceo (R4), sob diferentes lavouras (a) e níveis de irrigação (b).....	24
Figura 7: Relação entre índice de área foliar (LAI) vs fase de pendoamento (VT), floração e polinização (R1) e grão farináceo (R4), sob diferentes níveis de irrigação...	26
Figura 8: Rendimento da biomassa da cultura de milho com a realização de diferentes tipos de lavoura (a) e aplicação de níveis de irrigação (b).. ..	30

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Análise de variância (ANOVA)	44
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de variância
CEDAS	Centro de Desenvolvimento Agrário de Sábìe
Etc	Evapotranspiração da cultura
Eto	Evapotranspiração de Referência
Etp	Evapotranspiração potencial da cultura
FAO	Organização das Nações Unidas Para a Agricultura e Alimentação
IC	Índice de colheita
INE	Instituto Nacional de Estatística
LAI	Índice de área foliar
MAE	Ministério de Administração Estatal
NPK	Nitrogénio, Fósforo e Potássio
Ph	Potencial Hidrogeniônico
TIA	Trabalho de Inquérito Agrícola

I. INTRODUÇÃO

1.1. Antecedentes

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais importante no mundo depois do arroz e trigo, em termos da área cultivada e da produção total (Sánchez *et al.*, 2011). A produção mundial deste cereal no ano 2023 foi estimada em 1,22 mil milhões de toneladas, onde os Estados Unidos de América (EUA), China e Brasil contribuíram com mais de 50% (FAO, 2023). Esta cultura, está no topo da lista das mais cultivadas na África Subsariana onde ocupa cerca de 25 milhões de hectares (Gianessi, 2014).

Em Moçambique, a produção do milho contribui para a segurança alimentar de diversas famílias (rurais e urbanas) e é largamente produzido e consumido por mais de 1,9 milhões de agregados familiares (Sánchez *et al.*, 2011). De acordo com Tostão *et al.* (2010), o milho é produzido em quase todas as regiões de Moçambique, sendo as regiões Centro e Norte as que apresentam excedente.

Apesar da grande importância que o milho apresenta no país, este ainda é cultivado maioritariamente em regime de sequeiro (Siteo, 2005). Neste contexto, este tem sido sujeito a períodos de deficiência hídrica, devido à irregularidade das chuvas e ao manejo inadequado da cultura, que geralmente resultam em reduções expressivas da produção de biomassa e de rendimento (Moura *et al.*, 2006).

Dentre as tecnologias de produção que incrementam o rendimento das culturas agrícolas, existem as técnicas de preparo do solo e manejo de irrigação (De Medeiros *et al.*, 2005). O emprego da irrigação, tem como finalidade proporcionar à cultura um suprimento hídrico adequado, possibilitando altos rendimentos e produtos de boa qualidade, para além da produção em épocas não convencionais, com conseqüente agregação de valor ao produto (Albuquerque *et al.*, 2011).

O preparo do solo tem uma grande influência no desenvolvimento das variáveis agronómicas sendo que interfere na eficiência do uso da água pelas plantas, na densidade radicular, na porosidade e aeração do solo e conseqüentemente no armazenamento de água ao longo do perfil do solo (Stone e Moreira, 2000).

A irrigação é uma das práticas muito importante para agricultura, esta deve ser combinada com outros factores de sistema de produção (como uso de sementes adequadas, adubação, controle fitossanitário, manejo do solo entre outros) para aumento da produtividade. Para a obtenção de máxima produtividade na cultura de milho são necessário 500 a 800 mm durante o seu ciclo e esta exige um mínimo de 350-500 mm para que produza sem necessidade de irrigação (Cruz *et al.*, 2011).

1.2. Problema de estudo e Justificação

Em Moçambique, cerca de 80% da população que vive nas zonas rurais tem como base de subsistência e geração de renda a produção agrícola (Uaiene, 2006; MASA, 2017). O milho é a cultura de maior importância, servindo como principal alimento na dieta da população humana e animal, e ocupando cerca de um terço (1:3) da área total cultivada (Mudema *et al.*, 2012). O seu cultivo é maioritariamente em regime de sequeiro e subsistência, e em virtude disso, a região sul devido a irregularidade e erraticidade das chuvas, tem registado baixos rendimentos, cerca de 400 kg.ha⁻¹ (TIA, 2007).

Dentre os elementos que são importantes para a obtenção de altos rendimentos na cultura de milho, destaca-se a quantidade apropriada de água e nutrientes, além do potencial genético da cultivar utilizada. Adicionalmente, na região sul de Moçambique é predominante o uso da enxada manual de cabo de madeira para as lavouras, sendo que este não condiciona adequadamente o ambiente radicular da cultura, afectando assim o desenvolvimento das raízes em quantidade, profundidade e extensão, limitando deste modo a habilidade da planta para a extração da água e nutrientes no solo, o que se reflete na obtenção de baixos rendimentos (Macamo e Siteo, 2016).

O efeito da irrigação sobre a produtividade de milho já foi verificado por diversos autores, onde foram observados desde efeitos lineares (Parizi *et al.*, 2009) até os quadráticos (Bergamaschi *et al.*, 2006). Segundo Barros e Calado (2014) dependendo do estágio do desenvolvimento a falta de suprimento de água a cultura do milho causa perdas de rendimento que podem aproximar-se a 50%.

A lavoura, associada à irrigação, é uma das técnicas que permite maximizar a produtividade da água devido a sua influência no desenvolvimento e produtividade do milho (Pegorare *et al.*, 2009). No entanto, em Moçambique tem-se verificado uma fraca adopção dessa técnica na produção de milho. Face a isto, a lavoura pode ser uma boa alternativa, pois à medida que melhora as propriedades físicas do solo, conseqüentemente aumenta a conservação de água e a produtividade das culturas (Stone e Moreira, 2000).

Diante do acima exposto, surgiu a necessidade de avaliar o efeito de tipo de preparo do solo em combinação com diferentes níveis de irrigação na produtividade (biomassa e rendimento do grão) da cultura de milho, de modo a perceber até que ponto a lavoura e irrigação influenciam no desenvolvimento da cultura.

1.3. Objectivos

1.3.1. Objectivo geral:

- Avaliar o desempenho agronómico de variedades da cultura de milho sob diferentes tipos de lavoura e níveis de irrigação.

1.3.2. Objectivos específicos:

- Analisar o efeito combinado de lavoura e níveis de irrigação nas variáveis fenológicas das variedades da cultura de milho (PAN-12 e Matuba);
- Determinar o rendimento das variedades de milho (PAN-12 e Matuba) sob diferentes níveis de irrigação e tipos de lavoura.

1.4. Hipótese:

- A interacção entre o nível de rega e lavoura tem impacto no desenvolvimento e rendimento nas variedades de milho PAN-12 e Matuba.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Descrição geral da cultura de Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea originária do sul do México ou Sudoeste dos Estados Unidos, pertencente a família Poaceae, tribu Maydeae, género *Zea* e espécie *Zea mays* L. (Facelli e Dourado Neto, 2000). É produzido em climas que variam desde temperados até tropicais, tolerante a condições quentes e a seca desde que a temperatura seja inferior a 40°C, isto é, entre 25 e 30°C durante o dia e entre 16 e 19°C durante a noite (Fato *et al.*, 2011).

Segundo Sánchez *et al.* (2011), o milho adapta-se a vários tipos de solos, mas para obtenção de bons rendimentos, solos franco-argilosos ou areno-argilosos, férteis, profundos, de boa drenagem e textura média, pH ligeiramente ácido (5,8 e 6,8) são os mais apropriados.

O milho é uma cultura produzida a nível mundial pelo facto de ser uma das culturas de grande importância para o sector familiar, desde a alimentação humana até animal. Entretanto, nos países em via de desenvolvimento é um importante componente para a segurança alimentar (Garcia *et al.*, 2006). Em Moçambique faz parte do grupo das três culturas básicas em termos de segurança alimentar e ocupa mais de 30 % da terra arável, sendo cultivado por mais de 75% das famílias dos 2,5 milhões de agregados familiares (Sánchez *et al.*, 2011).

A produção mundial da cultura de milho no ano 2023 foi estimada em cerca de 1,22 mil milhões de toneladas, sendo os EUA, China e Brasil, os maiores produtores com cerca de 345,369; 277,2 e 137 milhões de toneladas, respectivamente. Em Moçambique, a produção foi estimada em cerca de 1,7 milhões de toneladas, contribuindo em 0,12% na produção mundial (FAO, 2023).

Segundo Tostão *et al.* (2010), Em Moçambique a cultura de milho é produzido em quase todas as regiões em regime de sequeiro, durante a época quente, com as regiões Centro e Norte registando sempre um excedente em comparação com zona sul.

O ciclo da cultura do milho varia de 110 a 150 dias, subdivididos em 10 fases fenológicas dependendo do genótipo e das condições ambientais (temperatura) durante o seu desenvolvimento (Fancelli, 2015). O mesmo autor ainda afirma que o ciclo da cultura de milho é definido por número de unidades diárias de calor que a cultura pode acumular a partir

da emergência para atingir um determinado estágio, com necessidades iniciais de unidades térmicas de 10 °C para o seu desenvolvimento.

O conhecimento das fases de desenvolvimento das culturas e as suas demandas podem proporcionar o manejo eficiente da irrigação, dos nutrientes e de outras práticas culturais (Magalhães *et al.*, 2006). Souza *et al.* (2004) apontam, a necessidade de se associar a disponibilidade hídrica com as fases de desenvolvimento das culturas agrícolas, pois pode ser indicador da utilização da água e, conseqüentemente, da produtividade.

O milho é uma cultura de alta demanda hídrica e também uma das mais eficientes no uso da água, ou seja, tem uma alta relação de produção de matéria seca por unidade de água absorvida (Da Silva *et al.*, 2012). A determinação da necessidade hídrica de uma cultura é fundamental para a planificação e condução de sistemas de produção agrícola, determinando a escolha da época de sementeira e intervalo de rega (Motivani *et al.*, 2009).

Para completar o ciclo fenológico, o milho necessita de 450 a 600 mm de água, sendo as fases mais críticas, os períodos de iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência, início de floração e enchimento do grão (Fato *et al.*, 2011; Martins, 2012). Segundo Matzenauer *et al.* (1983) citado por Alves (2013) o consumo hídrico da cultura, depende da população das plantas. Com 67 mil plantas.ha⁻¹ um híbrido precoce de milho necessita em média 650 mm de água em todo o ciclo. Por outro lado, uma população de 50 mil plantas.ha⁻¹ precisa em média 577 mm, na mesma região.

2.2. Efeito da irrigação no desempenho da cultura de milho

A necessidade de irrigação aumenta das regiões húmidas para as regiões semi-áridas e áridas (Andrade *et al.*, 2006). As regiões centro e norte de Moçambique são as mais húmidas, com precipitação ao longo do ano suficiente para o cultivo de pelo menos uma campanha do milho. Entretanto, a região sul é caracterizada por um regime de precipitação irregular e errática, o que não propicia a agricultura de sequeiro (Sitoe, 2005).

Deste modo, a irrigação surge como tecnologia indispensável para a obtenção de altos rendimentos e produtos de boa qualidade (Albuquerque *et al.*, 2011), garantindo deste modo a segurança alimentar, aumento da renda familiar e redução da pobreza.

A irrigação na cultura de milho é fundamental, pois é nos períodos críticos que ocorrem os efeitos de déficit hídrico e também a maior eficiência do uso da irrigação, assim como no acúmulo de matéria seca e produtividade do grão (Bergamaschi, 2004). Segundo Bergamaschi (2001) a cultura de milho necessita em torno de 7 mm dia⁻¹ de água durante a floração geralmente no verão que é o período de máxima radiação solar.

Souza *et al.* (2011), analisando o rendimento da cultura de milho sob diferentes níveis de água e em cultivo puro, observou que o nível de rega (125% da ETp correspondente a lâmina total de 499,1 mm) proporcionou um incremento no rendimento na ordem de 3,86 ton.ha⁻¹. E ainda, verificaram uma relação linear entre o rendimento da cultura e a lâmina de irrigação. Estes autores, relatam que a cultura ainda poderia proporcionar maiores valores de produção em resposta da lâmina de água aplicada.

Oliveira *et al.* (2011) avaliando o rendimento da cultura do milho sob diferentes níveis de rega, obtiveram rendimento máximo de 2,57 tonha⁻¹, com o tratamento correspondente ao nível de rega de 123% da ETp, nas condições de clima tropical de Fortaleza, Ceará-Brasil. Este resultado deve-se ao nível satisfatório de humidade no solo durante o ciclo da cultura, garantindo a disponibilidade da água nos períodos críticos, e conseqüentemente, maior rendimento do grão (Karasu *et al.*, 2015).

Estudo feito por Pegorare *et al.* (2009) em que avaliaram o desempenho da irrigação suplementar no ciclo do milho sob sementeira directa, observaram que o incremento das lâminas aplicadas acarretou aumentos lineares na fisiologia da planta e a irrigação foi essencial para aumentar o rendimento do milho. As causas podem ser a redução da deficiência hídrica em consequência do aumento do atendimento das necessidades hídricas da cultura durante os períodos críticos (Bergamaschi e Matzenauer, 2014).

Magaia *et al.* (2017), na sua pesquisa com o tema Modelando a resposta do rendimento do milho à densidade da plantas, água e suprimento de nitrogénio em uma região semiárida observaram interação muito forte entre água e fertilizantes em ambas estações. O preparo do solo não teve efeito significativo no rendimento em 2013/2014 ou 2014/2015 e não se obteve interação da lavoura com água ou fertilizante em nenhuma estação. No tratamento sequeiro,

a distribuição das chuvas afectou mais a formação de grãos na campanha 2013/2014 do que nas outras campanhas, de forma que a produtividade de grãos foi de 1 ton.ha⁻¹. Os tratamentos irrigados proporcionaram um rendimento de grãos relativamente maior do que sequeiro, em 921 kg.ha⁻¹, 4117 kg.ha⁻¹ e 2577 kg.ha⁻¹ em 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 respectivamente.

Avaliando o rendimento da cultura de milho sob diferentes lâminas de água e doses de adubação nitrogenada nas condições de clima tropical da região dos Coscais Maranhense-Brasil, Almeida *et al.* (2015), alcançaram rendimentos máximos de 5,01 ton.ha⁻¹ e 4,50 ton.ha⁻¹ com aplicação de lâminas de 100e 125% da ETp, respectivamente. Nestas lâminas de água, foram obtidos igualmente maior altura de planta. Karasuet *al.* (2015) também alcançaram o maior rendimento (18,27 ton.ha⁻¹) e altura das plantas (3,17 m) com a aplicação da lâmina 125% da ETp, explicado pelo nível satisfatório da humidade no solo durante o ciclo da cultura.

Brito *et al.* (2009) avaliando o efeito da irrigação suplementar no rendimento da cultura de milho, observaram que o tratamento com aplicação de 470 mm de lâmina de água proporcionou um rendimento do grão (3,98 ton.ha⁻¹) relativamente maior que o tratamento sem aplicação de lâmina de água-199 mm (1,80 ton.ha⁻¹). Martins (2012) ressalta que a quantidade de água necessária durante o ciclo produtivo do milho está na faixa de 450 a 600 mm. A deficiência de humidade no solo pode afectar o rendimento da cultura, especialmente se esta ocorre no início e durante a fase de floração (Magaia *et al.* 2015).

No estudo feito por Bergamaschi *et al.* (2006) notou-se que a aplicação da lâmina de 204 mm, necessária para elevar a humidade do solo à capacidade de campo proporcionou aumento próximo a 70% no rendimento de grãos de milho, em relação à cultura não irrigada e a irrigação intermediária (114 mm), com dose de rega média aumentou o rendimento em aproximadamente 50%. Por outro lado, Bergonci *et al.* (2001) e Bergamaschi *et al.* (2004), constataram que uma dose intermediária de irrigação, a partir de 60% daquela necessária para elevar a humidade do solo à capacidade de campo, é suficiente para que sejam obtidos rendimentos elevados de milho.

Ben *et al.* (2016) avaliando o efeito de diferentes lâminas de irrigação e densidades de plantas sobre a cultura de milho, nas condições de solo arenoso e clima tropical da região Fronteira Oeste do Estado do RS- Brasil; observaram que o rendimento da biomassa da parte aérea e o rendimento do grão foram influenciados pelas lâminas de irrigação. Onde o nível de rega 75% da ETp combinado a densidade de 3 plantas.m⁻² e 100% da ETp combinado a densidade de 3 plantas.m⁻² providenciaram o maior rendimento da biomassa (29,61 ton.ha⁻¹) e rendimento do grão (15,25 ton.ha⁻¹), respectivamente. Segundo Bergamaschi *et al.* (2004) e Bergamaschi e Matzenauer (2014) os rendimentos satisfatórios do grão podem ser garantidos com o atendimento à necessidade hídrica do período crítico.

Parizi *et al.* (2009), estudando o efeito dos diferentes níveis de rega na cultura de milho, concluíram que a aplicação do nível de rega 100% da ETp (correspondente a lâmina total de 663 mm), proporcionou o maior rendimento do grão (12,84 ton.ha⁻¹) quando comparado ao nível de sequeiro correspondente a lâmina total de 599 mm (9,23 ton.ha⁻¹). Segundo Fancelli (2001), a cultura do milho necessita de 400 a 600 mm de água para que possa atingir o seu potencial produtivo. Salientando que, a distribuição desta deve ser uniforme durante todo o ciclo da cultura e que necessita entre 4 a 6 mm.dia⁻¹.

Por outro lado, Parizi *et al.* (2009) verificaram que os níveis de irrigação não apresentaram um efeito significativo na produtividade da biomassa e no índice de colheita. Este resultado é suportado pela disponibilidade da humidade residual no solo proveniente da precipitação, atenuando os efeitos do déficit hídrico na produção da matéria seca e eficiência do transporte de foto-assimilados para o grão (os foto-assimilados foram direcionados para a produção do grão na sua maioria) (Igbadun *et al.*, 2008).

De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2000) e Guimarães *et al.* (2002) dentre os principais factores que concorrem para promover alterações na área foliar das plantas e consequentemente o índice de área foliar, tem-se destacado as características genéticas, disponibilidade de água, luz e nutrientes, competição com as infestantes, densidade de plantas, danos mecânicos e a incidência de pragas e doenças. De acordo com Manfron *et al.* (2003) como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura será maior quanto

mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer activa.

Avaliando o efeito da aplicação das diferentes lâminas de água na cultura de milho de ciclo curto, Meneghetti *et al.* (2008), concluíram que as lâminas de irrigação influenciaram nos resultados finais do índice de área foliar. Onde, o valor máximo (3,94) deste parâmetro foi alcançado na fase reprodutiva (42 DDE), na lâmina aplicada quando o valor acumulado de evapotranspiração de referência atingia 30 mm. Ruviaro (2003), obteve valor máximo (4,37), na fase reprodutiva com a lâmina aplicada quando o valor acumulado de evapotranspiração de referência atingia 15 mm. Segundo Bergamaschi *et al.* (2010) a irrigação altera o padrão da interceptação da radiação solar, quando este aumenta o tamanho e a duração da área foliar pela redução do déficit hídrico.

Khan *et al.*, (2017) avaliando o efeito de diferentes tipos de lavoura no índice de área foliar, observaram que a lavoura convencional proporcionou o maior valor (7,18) na fase reprodutiva em detrimento a lavoura mínima e profunda. Aikins *et al.* (2012) encontraram o maior índice de área foliar na fase reprodutiva com a lavoura de disco+ gradagem. Este resultado é explicado pelo facto da lavoura convencional causar alterações nas propriedades físicas do solo e disponibilidade de água e nutrientes (Khan *et al.*, 2017). E nestas condições a planta aumenta a sua taxa de crescimento e expansão da área foliar, e em adição o enrolamento das folhas é evitado ou retardado.

2.3. Efeito da preparação do solo no cultivo do milho

Segundo Alvarenga *et al.* (2000), o preparo do solo, deve ser visto como um sistema que deverá aumentar a infiltração de água, de modo a reduzir a inundação e a erosão. Os sistemas de preparo do solo são classificados como intensivos ou convencionais, com a utilização de charruas e grades; mínimo ou reduzido onde utiliza-se escarificadores e sementeira directa no qual a característica principal é o não revolvimento do solo assim como o preparo manual, este limita-se no uso da força humana (enxada) (Dallmeyer, 2001).

Os diferentes tipos de manejo e de preparação do solo alteram as propriedades físicas e podem manifestar-se de várias maneiras, influenciando no crescimento e desenvolvimento

das plantas (Bertol *et al.*, 2001). A preparação do solo envolve um conjunto de operações realizadas antes da sementeira, para revolver o solo, expondo-o ao ar, ao sol e à acção das máquinas, além de incorporar restos de culturas, fertilizantes ou correctivos e cobertura vegetal como forma de eliminar as infestantes. Esta actividade, altera a estrutura e estabilidade do solo, propriedades hidráulicas de tal modo que as plantas tenham um óptimo ambiente de crescimento radicular (Plessis, 2003; Awe e Abegunrin, 2017).

O sistema de preparo convencional do solo promove maior aeração, quebra dos agregados do solo e a incorporação dos resíduos vegetais, provocando rápida decomposição e perda do carbono orgânico no solo, assim como uma mineralização do nitrogénio e do fósforo orgânico existente no solo (Da Silva, 2012).

Os efeitos da lavoura no cultivo do milho são relatados por Possamai *et al.* (2001) ao avaliarem os efeitos dos sistemas de preparo do solo (sementeira directa, preparo do solo com charrua de aivecas, charrua de discos, grade pesada e enxada rotativa) sobre a produtividade e características agronómicas da cultura de milho. Onde os sistemas de sementeira directa e lavoura com charrua de discos proporcionaram o maior índice de espigas, altura da planta e da inserção da primeira espiga e rendimento do grão. Resultados explicados pelo facto destes métodos de preparo do solo melhorarem a estrutura do solo, optimizarem a infiltração e minimizarem a evaporação, proporcionando bom ambiente para germinação, crescimento e desenvolvimento das raízes, e, conseqüentemente, maior absorção da água e nutrientes disponíveis (Plessis, 2003)

Khan *et al.*, (2017) avaliando o efeito de diferentes tipos de lavoura na cultura de milho, constatou que os maiores valores do rendimento da biomassa (38,57 ton.ha⁻¹) e do grão (7,22 ton.ha⁻¹), índice de colheita (18,73%), foram alcançados com a realização da lavoura convencional. Segundo os autores, esta prática está envolvida na retenção da humidade e manejo de resíduos na superfície do solo, aumento da disponibilidade de nutrientes e maior produção de pêlos radiculares devido ao solo favorável à proliferação das raízes, o que em última análise, causa aumento no rendimento do milho.

McMaster *et al.* (2002), reportaram que o rendimento do grão de milho nas parcelas sem lavoura sempre foi igual e superior em relação as parcelas onde foi feita a lavoura convencional. E ainda, Guzha (2004) encontrou que a não realização da lavoura proporcionou baixos rendimentos do que quando a lavoura foi convencional. INPA (2022) avaliando o efeito da lavoura convencional, lavoura mínima e sem lavoura na produção do milho, reportaram altos rendimentos com a realização da lavoura convencional. Resultado explicado pelo facto de a lavoura garantir um bom ambiente para o crescimento e desenvolvimento das raízes, estas que são responsáveis pela nutrição da planta (Awe e Abegunrin, 2017).

Magaia *et al.* (2015) avaliando o Desenvolvimento radicular de milho e produção de grãos de milho afectados pelo manejo do solo e água em solo arenoso em uma região semiárida em Moçambique, obtiveram diferenças significativas na produtividade de grãos nos diferentes tratamentos testados para as duas estações. Em ambas estações a lavoura convencional proporcionou maior rendimento do que os métodos de lavoura (manual e parcial), porém as diferenças entre os tratamentos de preparo do solo foram pequenos e estatisticamente significativas na segunda campanha. Na primeira campanha, o rendimento foi menor para a lavoura manual, e intermediário para o cultivo em faixas.

Garcia e Costa (2020) avaliando o efeito das diferentes formas de preparo do solo (lavoura, lavoura+ gradagem, gradagem e aeração de subsuperfície) no rendimento do grão do milho, concluíram que a lavoura teve um efeito positivo no rendimento. Onde, a lavoura proporcionou um rendimento de 6,3 ton.ha⁻¹ e lavoura + gradagem um rendimento de 6,1 ton.ha⁻¹ e estes rendimentos foram relativamente maiores que o proporcionado com uma aeração de subsuperfície. Awe e Abegunrin (2017) também alcançaram maior rendimento do grão (3,89 ton.ha⁻¹) e da biomassa seca (8,75 ton.ha⁻¹) com a lavoura + gradagem. De acordo com Aikins *et al.* (2012) os diferentes métodos de preparação do solo afectam o crescimento e produtividade da cultura de milho devido a criação de diferentes condições físicas do solo, como a resistência de penetração, total de poros e humidade.

Garcia e Costa (2020) avaliando o rendimento da cultura do milho sob diferentes sistemas de preparo de solo observaram que estes não influenciaram no rendimento de grão de milho. O mesmo foi verificado por Silva e Oliveira (2021) e Alam (2014) no milho e Carvalho Filho (2004) na cultura da soja em diferentes sistemas de preparo (escarificador, charrua de discos, charrua de aivecas, grade aradora). Segundo o autor, resultados mais expressivos e distintos poderiam ter sido obtidos se tivesse efectuado a repetição do trabalho por mais alguns anos, ou se houvesse efeitos de estresse hídrico na cultura da soja.

2.4. Relação entre a lavoura e humidade do solo

A preparação do solo é uma das operações essenciais, que afecta grandemente a humidade, a temperatura do solo e a dinâmica de Nitrogénio no solo (Ahmad *et al.*, 2010). Para além disto, melhora a estrutura do solo, aumenta a capacidade de infiltração, expande o volume dos poros e aeração, aumenta a taxa de decomposição da matéria orgânica, e melhora as actividades biológicas no solo (Miriti *et al.*, 2013).

A melhoria do armazenamento de humidade do solo pode ser conseguida empregando práticas de lavoura que aumentam a infiltração da água e reduzir a evaporação. Para garantir boa humidade do solo, é necessário manter as condições do solo necessárias para a rápida infiltração e a remoção de camadas de perfil do solo que restrinjam a penetração da água (Usman *et al.*, 2013). Uma das estratégias, passa pela lavoura, que melhora as propriedades físicas e hidrofísicas dos solos e conseqüentemente, aumenta a conservação de água e a produtividade das culturas (Rockstrom *et al.*, 2009).

Miriti *et al.* (2013), avaliando o efeito dos diferentes sistemas de preparo do solo na conservação da humidade, concluíram que a lavoura influencia na conservação da humidade no solo, pois esta prática garante aumento de macroporos.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição da área de estudo

O ensaio foi realizado no período de 02 de Julho a 30 de Novembro de 2018, no campo experimental do Centro de Desenvolvimento Agronómico do Sábiè (CEDAS), localizado na localidade de Sábiè-sede, no posto administrativo de Sábiè, no distrito de Moamba, entre as seguintes coordenadas: Latitude 25° 19' 08.0" S, e Longitude 32° 15' 55.3" E, e altitude de 80 m (Figura 1).

O posto administrativo de Sábiè é limitado ao Norte e Nordeste pelo distrito de Magude através do rio Massintonto, a Sul pelo posto administrativo de Ressano Garcia, a Este pelo posto administrativo de Moamba-Sede e a Oeste pela província Sul Africana de Transval, e dista a 110 km da cidade de Maputo (MAE, 2014).

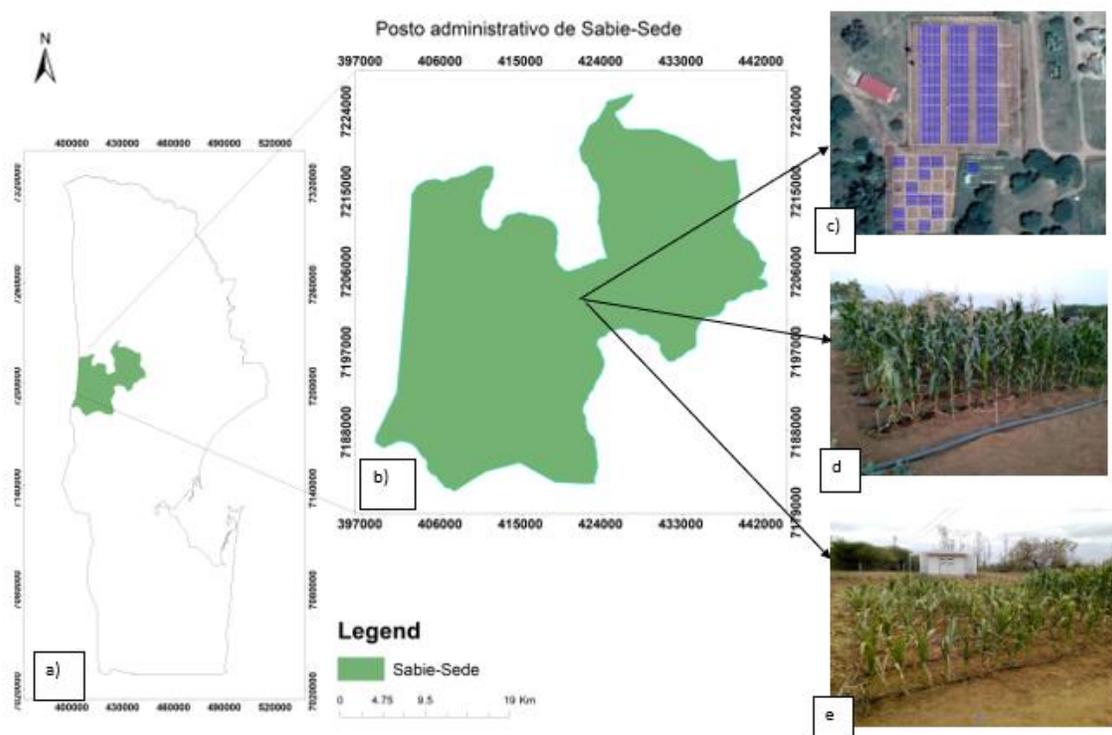


Figura 1. Mapa da área de estudo; Província de Maputo (a); Posto administrativo de Sábiè (b), Imagem aérea da área de estudo (c); Milho ao tratamento de nível óptimo de rega (d); Milho ao tratamento de nível de déficit hídrico (e).

O Clima da região segundo a classificação de Koppen, é do tipo BS (clima seco de estepe), onde a precipitação média anual é de 560 mm e o mês mais chuvoso é Dezembro com precipitação média de 158 mm e Julho o mês mais seco com 70 mm. A temperatura média anual é de 23° C, sendo Janeiro o mês mais quente com 26,9 °C e Julho o mês mais fresco com 18,7°C e a humidade relativa varia de 67,5 a 73%. Os solos predominantes na região são arenosos com fertilidade média (MAE, 2014).

Com base nos resultados de análise de solo na tabela 1, pode – se concluir que o solo apresenta nos primeiros 20 cm de profundidade um teor de matéria orgânica baixo (0,46%) e o solo é moderadamente ácido (pH H₂O = 6,7).

Tabela 1. Dados de análise química e física do solo da área de estudo.

Parâmetros Físicos e Químicos	Camadas		
	0-20 cm	20-40 cm	40-60cm
Densidade das partículas (g.cm ⁻³)	1.39	1.26	1.29
% de Argila	10	10.2	10.5
% de Areia	76.6	78.3	77.4
pH solo (H ₂ O)	6.7	7.2	7.1
Ca ⁺² (cmol _c kg ⁻¹)	2.49	2.67	2.90
Mg ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	1.83	2.40	2.07
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0.39	0.10	0.13
Carbono Orgânico (%)	0.45	0.36	0.36
N-NH ₄ ⁺ (ppm)	1.72	1.72	1.84
N-NO ₃ ⁻ (ppm)	1.82	1.82	2.02

Fonte: Magaia, (2017)

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O ensaio foi conduzido segundo o Delineamento de Blocos Completos Casualizados (DBCC), com três factores (2 x 2 x 2): dois (2) níveis de água (Ótimo – 100% da ETp e Manutenção – 30% da ETp); Método de lavoura com dois (2) tipos (Lavoura Manual e Lavoura convencional com disco + gradagem) e duas (2) variedades (Matuba e PAN12) perfazendo oito (8) tratamentos, com três (3) repetições (Tabela 2). As dimensões de cada parcela foram 7 m x 6 m (42 m²), com nove (9) linhas e 20 plantas por linha, perfazendo 180 plantas por parcela e um total de 12960 plantas. A separação entre as parcelas foi de 1m e entre blocos de 1m.

Tabela 2: Descrição dos tratamentos do ensaio

Tratamento	Descrição
1	Lavoura com disco + gradagem, irrigação ótima e variedade PAN12
2	Lavoura com disco + gradagem, irrigação parcial e variedade PAN12
3	Lavoura com disco + gradagem, irrigação ótima e variedade Matuba
4	Lavoura com disco + gradagem, irrigação parcial e variedade Matuba
5	Lavoura manual, irrigação ótima e variedade PAN12
6	Lavoura manual, irrigação parcial e variedade PAN12
7	Lavoura manual, irrigação ótima e variedade Matuba
8	Lavoura manual, irrigação parcial e variedade Matuba

Para o ensaio foram usadas as variedades “Matuba” e “PAN 12”. A Matuba, trata-se de uma variedade de polinização aberta (OPV) e de ciclo curto, correspondente a 100 dias na época quente e 120 na época fresca. O grão apresenta aspectos que fazem com que seja preferida pelos agricultores, como a cor branca e a dureza. Também, esta variedade apresenta resistência contra o “Mildio”. O rendimento potencial é de 5 toneladas por hectare (Sánchez, *et al.*, 2011).

A variedade PAN 12, é um híbrido de ciclo médio, correspondente a 120-130 dias, adaptado a regiões de baixo e alto potencial, tolerante a seca e a doenças da folha e da espiga. Apresenta

multi-espigas por planta e um grão duro com uma profunda cor amarela e rendimento potencial do grão de 8-10 ton.ha⁻¹.

3.3. Descrição das actividades de campo

A preparação do solo (lavoura) foi feita dez (10) dias antes da sementeira. De acordo com os tratamentos definidos a lavoura foi convencional e manual (Figura 2a). Onde, a lavoura convencional foi realizada com recurso a uma charrua de disco acoplada no tractor, e a operação foi realizada a uma profundidade média de 30 cm e posteriormente seguiu uma gradagem, 25 cm de profundidade média. A lavoura manual foi realizada com recurso a uma enxada de cabo de madeira (Figura 2b).

A sementeira foi feita no dia 2 de Julho, a um compasso de 0,8m x 0,3m alcançando uma população de 41667 plantas por hectare. De forma a garantir o sucesso de germinação, e por consequência o estabelecimento do ensaio, foram colocadas duas (2) sementes por covacho a uma profundidade de aproximadamente 5 cm. Nos casos em que a germinação não foi observada, e com o objectivo de garantir a densidade de plantas requerida no estudo, a operação de retanchar e desbaste foram efectuadas aos 14 dias depois da sementeira.

Durante o experimento, fez-se três adubações, a primeira aplicação foi de fundo durante a sementeira (aplicação de NPK, com a formulação de 12-24-12) a uma taxa de 200 kg.ha⁻¹. Fez-se duas adubações de cobertura, com ureia (46%N) a uma dose de 200 kg.ha⁻¹, e estas foram realizadas aos 30 e 50 dias depois da sementeira, respectivamente.

A rega foi através do sistema gota-a-gota, com espaçamento 80 x 30 cm entre linhas de gotejadores e entre gotejadores, respectivamente (Figura 2c), aplicando-se desde o início do estabelecimento da cultura, níveis de água de acordo com o tratamento: **Totalmente irrigado** (aproximadamente 100% da ETp), onde a dotação de água foi de 10 mm.dia⁻¹ com intervalo de rega de um (1) dia e **Parcialmente irrigado** (30% da ETp), com a dotação de 3 mm.dia⁻¹ com intervalo de rega de um (1) dia.



Figura 2: Ilustração da realização da lavoura convencional com charrua de disco (a) e manual com recurso a enxada (b) e rega gota-a-gota (c).

A colheita foi realizada manualmente, 160 dias depois da sementeira quando as plantas de milho apresentavam espigas secas. A debulha das espigas foi realizada manualmente 4 dias depois da colheita.

3.4. Procedimento de amostragem

Para fins de avaliação dos parâmetros morfológicos e do rendimento da cultura de milho, foi considerada área útil, a área constituída por duas (2) linhas centrais, onde de seguida mediuse quatro (4) m lineares, desprezando-se 1 m a título de bordadura, nas extremidades de cada linha, totalizando 6,4 m² de área útil. Desta área, determinou-se a altura da planta, peso da matéria seca, índice de área foliar e rendimento da biomassa da parte aérea, rendimento do grão e índice de colheita da cultura de milho.

Com auxílio de uma régua graduada de 2,5 m, foi medida a altura das plantas a partir do nível do solo até ao ápice da planta semanalmente após a germinação (Figura 3a).

Para a biomassa da parte aérea foi determinado no dia da colheita onde foram colectadas 28 plantas na área útil no momento da colheita, estas, cortadas ao nível do solo e posteriormente pesadas numa balança electrónica.

Os dados do índice da área foliar foram obtidos com auxílio de um ceptómetro portátil, modelo *AccuPAR LP – 80* (Decagon Device Inc.) (Figura 3b). As leituras foram feitas semanalmente, tendo-se feito medições entre 11 horas e 14 horas (Figura 3c).



Figura 3: Ilustração do ceptómetro (a) e medição da altura das plantas (b) e do índice da área foliar (c).

Com recurso a uma balança electrónica pesou-se o grão. De seguida determinou-se a sua humidade, para a posterior padronização para 12% de humidade. Por fim determinou-se o rendimento do grão pela razão do peso do grão com a área útil, de acordo com a equação:

$$Rg = \frac{10000 * Y}{X}$$

Onde: (Rg) – Rendimento de grão de milho (ton ha⁻¹); (10000) m² – Factor de conversão da área correspondente a 1 hectare; (Y) – Peso do grão na área útil (ton); (X) – Área útil (m²).

Para a determinação do rendimento da biomassa da parte aérea, primeiro pesou-se a biomassa seca da parte aérea e de seguida fez-se a sua razão com a área útil, como ilustra a equação:

$$Rb = \frac{10000 + Ps}{X}$$

Onde: (Rb) – Rendimento da biomassa da parte aérea do milho (ton ha⁻¹); (10000) m² –Factor de conversão da área, correspondente a 1 hectare; (Ps) – Peso seco da parte aérea das plantas (ton); (X) – Área útil (m²).

O índice de colheita foi determinado pela razão entre rendimento do grão do milho (ton ha⁻¹) e o rendimento da biomassa seca total (ton.ha⁻¹), segundo a fórmula proposta por Ben *et al.* (2016):

$$HI = \frac{Rg}{Rb} * 100$$

Onde: (HI) – Índice de colheita (%); (Rg) – Rendimento do grão de milho (ton ha⁻¹); (Rb) – Rendimento da biomassa seca total da parte aérea (ton ha⁻¹).

3.5. Análise de dados

Usou-se o programa Microsoft Excel para organização de dados, análise descritiva, elaboração de gráficos e tabelas. Posteriormente, os dados foram submetidos à ANOVA (análise de variância), por meio do *Software* STATA versão 14, no caso das diferenças significativas, as médias foram comparadas com base no teste de Tukey a 5% de nível de significância. De salientar que para a validação da ANOVA, foram feitos os testes de especificação, nomeadamente: a avaliação da normalidade e homogeneidade dos resíduos com base no teste de ShapiroWilks e Breush-Pagan respectivamente. O modelo estatístico do delineamento usado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + \theta_i + \alpha_j + \tau_k + \beta_l + (\theta\alpha)_{ij} + (\theta\tau)_{ik} + (\alpha\tau)_{jk} + (\theta\alpha\tau)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} ,$$

Onde:

- Y_{ijkl} : é o rendimento da variedade k, que recebeu o tipo i do factor lavoura e o nível j do factor água observado no bloco l.
- μ : é a média geral
- θ_i : é o efeito do tipo i do factor lavoura (onde i=1 e 2)
- α_j : é o efeito do nível j do factor água (onde j=1 e 2)
- τ_k : é o efeito do nível k do factor variedade (onde k=1 e 2)
- β_l : é efeito do nível l do bloco (onde l=1,2,3)
- $(\theta\alpha)_{ij}$: é a interacção entre o tipo i do factor lavoura e o nível j do factor água.
- $(\theta\tau)_{ik}$: é a interacção entre o tipo i do factor lavoura e o nível k do factor variedade
- $(\alpha\tau)_{jk}$: é a interacção entre o nível j do factor água e o nível k do factor variedade

- $(\theta\alpha\tau)_{ijk}$: é a interacção entre o tipo i do factor lavoura, o nível j do factor água e o nível k do factor variedade. e
- ε_{ijkl} : é o erro experimental em cada parcela $\varepsilon_{ijk} \sim \text{iidN}(0, \sigma^2)$.

A aleatorização dos tratamentos nos blocos foi baseada no uso da tabela de números aleatórios, tendo-se considerado para o efeito oito (8) tratamentos.

Pressupostos do modelo:

- As componentes ambientais e o efeito do tratamento não são aditivos, isto é, o modelo não considera as condições ambientais, somente considera os tratamentos e os blocos;
- Os erros experimentais são independentes e seguem uma distribuição normal ($\varepsilon_{ijk} \sim \text{iidN}(0, \sigma^2)$).

▪ Formato da tabela da ANOVA

A tabela 3 apresenta o formato da tabela da análise de variância.

Tabela 3: Tabela de análise de variância (ANOVA)

Factor de variação	GL	SQ	QM	Fcal	P-value
Bloco	2	SQB	SQB/2	QMB/QME	
Lavoura (L)	1	SQL	SQL/1	QML/ QME	
Irrigação (I)	1	SQI	SQI/1	QMI/ QME	
Variedade (V)	1	SQV	SQV/1	QMV/ QME	
L*I	1	SQ(L*I)	SQ(L*I)/1	QM (L*I)/ QME	
L*V	1	SQ(L*V)	SQ(L*V)/1	QM (L*V)/ QME	
I*V	1	SQ (I*V)	SQ (I*V)/1	QM (I*V)/ QME	
L*I*V	1	SQ(L*I*V)	SQ(L*I*V)/1	QM (L*I*V)/ QME	
Erro	14	SQE	SQE/22		
Total	23	SQT			

Legenda: G.L- Graus de Liberdade; SQ- Soma de Quadrados; QM- Quadrados Médios; Fcal- Valor da estatística F .

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Precipitação registrada e quantidade de água de rega

Durante o ensaio, na cultura de milho foram aplicadas níveis de água de rega de 571.8 mm e 207.8 mm correspondentes ao nível ótimo e nível de déficit hídrico, respectivamente.

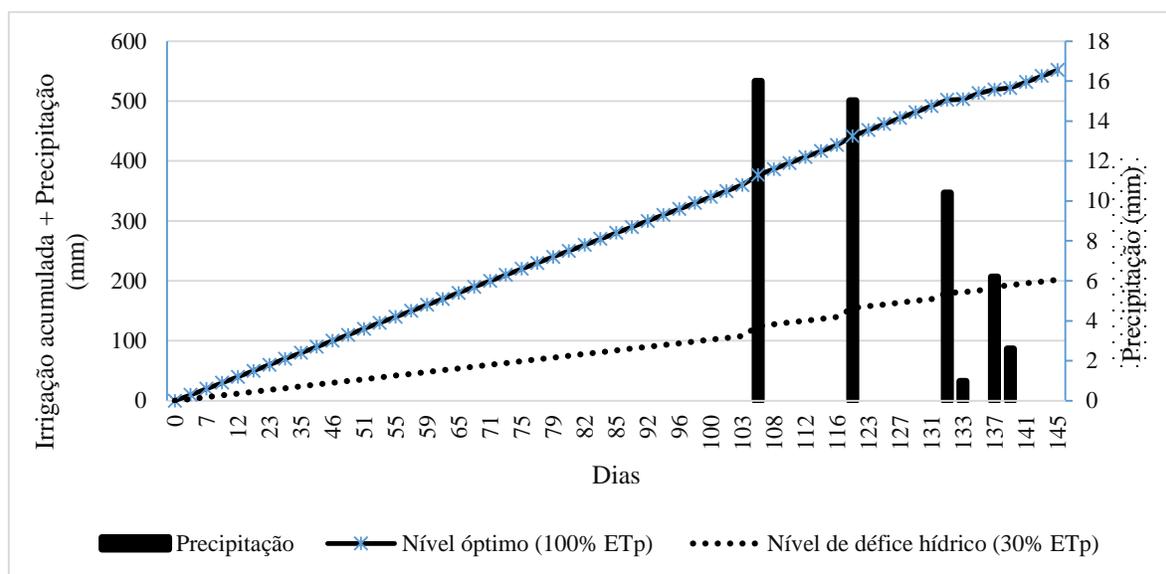


Figura 4. Dados de precipitação e irrigação acumulada

Acima (Figura 4) encontram-se dados referentes a água de irrigação acumulada e precipitação. A precipitação total observada durante o ciclo do estudo foi de 51.8 mm, a quantidade de água total aplicada em todo ciclo variou de 207.8 mm a 571.8 mm para o nível de déficit hídrico e nível ótimo, respectivamente. Os valores de água total aplicada mostram uma variabilidade entre os dois níveis de água estando o nível de água mais baixo reduzido cerca de 3 vezes mais em relação ao nível de água mais alto

Entretanto, a variabilidade observada entre os dois níveis de água vai de acordo com o propósito do presente estudo, pois proporcionaram em todo ciclo da cultura diferenciação no crescimento e desenvolvimento das plantas em condições de rega ótima para o caso do nível de irrigação mais alto, e para condições de déficit hídrico para o nível de irrigação mais baixo.

4.2. Análise do Efeito da Lavoura e Níveis de Irrigação nos parâmetros biométricos e Rendimento das Variedades de Milho

Os resultados da análise de variância mostram que houve efeito significativo ($p < 0,05$) do factor irrigação nas variáveis altura da planta (AP), índice da área foliar nos estágios R1 e R4, rendimento do grão, peso de 100 sementes, rendimento da biomassa e índice de colheita. O factor lavoura foi apenas significativo nas variáveis altura da planta (AP), índice da área foliar no estágio VT e rendimento da biomassa. Não houve efeito significativo da interação entre os factores lavoura, irrigação e variedade em todas as variáveis testadas. O factor variedade não foi significativa para todas as variáveis. O uso de blocos apenas reduziu o erro experimental para a variável rendimento da biomassa. O coeficiente de variação variou entre 16,75 e 52,92% com menor e maior variação nas variáveis altura da planta e rendimento do grão respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4: Resumo da análise de variância e dos coeficientes de variação experimental para as variáveis altura da planta (AP); índice da área foliar (LAI) nos estágios V7, VT, R1 e R4; rendimento do grão (RG), peso de 100 sementes (PSS); rendimento da biomassa (RB); e índice de colheita (IC)

	Factor de variação	Bloco	Lavoura (L)	Irrigação (I)	Variedade (V)	L*I	L*V	I*V	L*I*V	CV
	G.L	2	1	1	1	1	1	1	1	
Variáveis	AP	0.0880ns	0.0011s	0.0000s	0.7687ns	0.7687ns	0.9218ns	0.9218ns	0.4957ns	16,75
	LAIV7	0.5511ns	0.2768ns	0.0698ns	0.2768ns	0.9438ns	0.5750ns	0.5064ns	0.1235ns	24,31
	LAIVT	0.1408ns	0.0382s	0.1396ns	0.2482ns	0.2537ns	0.9394ns	0.3525ns	0.5065ns	24,85
	LAIR1	0.4095ns	0.0862ns	0.0375s	0.3038ns	0.7512ns	0.9884ns	0.6774ns	0.2788ns	30,38
	LAIR4	0.06522ns	0.1159ns	0.0000s	0.0507ns	0.0514ns	0.7022ns	0.4355ns	0.7500ns	24,11
	RG	0.7292ns	0.7731ns	0.0000s	0.1464ns	0.8491ns	0.9009ns	0.2864ns	0.7410ns	52,92
	PSS	0.2830ns	0.1646ns	0.0372s	0.9513ns	0.4601ns	0.8815ns	0.6355ns	0.7409ns	24,68
	RB	0.0122s	0.0131s	0.0000s	0.0890ns	0.1763ns	0.0546ns	0.1583ns	0.1126ns	20,74
	IC	0.5882ns	0.3389ns	0.0000s	0.1202ns	0.3990ns	0.8742ns	0.4033ns	0.5582ns	41,94

n.s→ Não significativo ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Fisher.

s → Significativo ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Fisher; G.L→ Graus de Liberdade; CV→ Coeficiente de Variação

A irrigação de forma isolada teve um efeito significativo directo na maior parte das variáveis avaliadas, tendo-se observado um incremento com o aumento do nível de água, justificado pela

importância que a água apresenta no desenvolvimento e na produtividade das culturas. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos Neto (2012) que trabalhando com cultivares de milho e lâminas de irrigação para a produção de “milho miúdo”, observou efeitos significativos na fonte de variação lâminas de água para as variáveis altura de plantas e rendimento do grão. Por outro lado, Bergamaschi (2004) afirma que o uso da irrigação no milho é fundamental, pois é nos períodos críticos que ocorrem os efeitos de déficit hídrico e também a maior eficiência do uso da irrigação, assim como no acúmulo de matéria seca e produtividade.

A lavoura de forma isolada não apresentou efeito significativo sobre o rendimento do grão e no índice de colheita. Resultados similares foram obtidos por Garcia e Costa (2020) no milho e Carvalho Filho (2004) na cultura da soja. Segundo Carvalho Filho (2004), resultados mais expressivos e distintos poderiam ter sido obtidos se tivesse efetivado a repetição do trabalho por mais alguns anos, ou se houvesse efeitos de estresse hídrico na cultura da soja.

O coeficiente de variação é uma medida de dispersão utilizada para avaliação da precisão de experimentos (Bland e Altman, 1996). De acordo com os mesmos autores, os coeficientes de variação encontrados na faixa entre 10 e 15% são considerados de ótima precisão, entre 15 e 20% boa precisão, entre 20 e 30% precisão regular e maior do que 30% como sendo de péssima precisão experimental. O coeficiente de variação da variável altura da planta esteve abaixo de 15% indicando que houve ótima precisão para a medição dessa variável. Contrariamente, a precisão de medição das variáveis índice da área foliar nos estágios V7, VT, R1 e R4; peso de 100 sementes, rendimento da biomassa foi regular, e por último, o rendimento dos grãos e índice de colheita foi péssima uma vez que os seus coeficientes de variação estiveram acima de 30% respectivamente. Questões como heterogeneidade do ambiente entre as parcelas resultantes da deficiência de alguns nutrientes e ataque não uniforme de pragas podem ter estado na origem dos maiores coeficientes de variação obtidos neste estudo.

4.2.1. Altura das plantas (AP)

Os resultados da análise de variância mostram que houve efeito significativo ($p < 0,05$) do factor lavoura e irrigação isoladamente na variável altura das plantas (Figura 5).

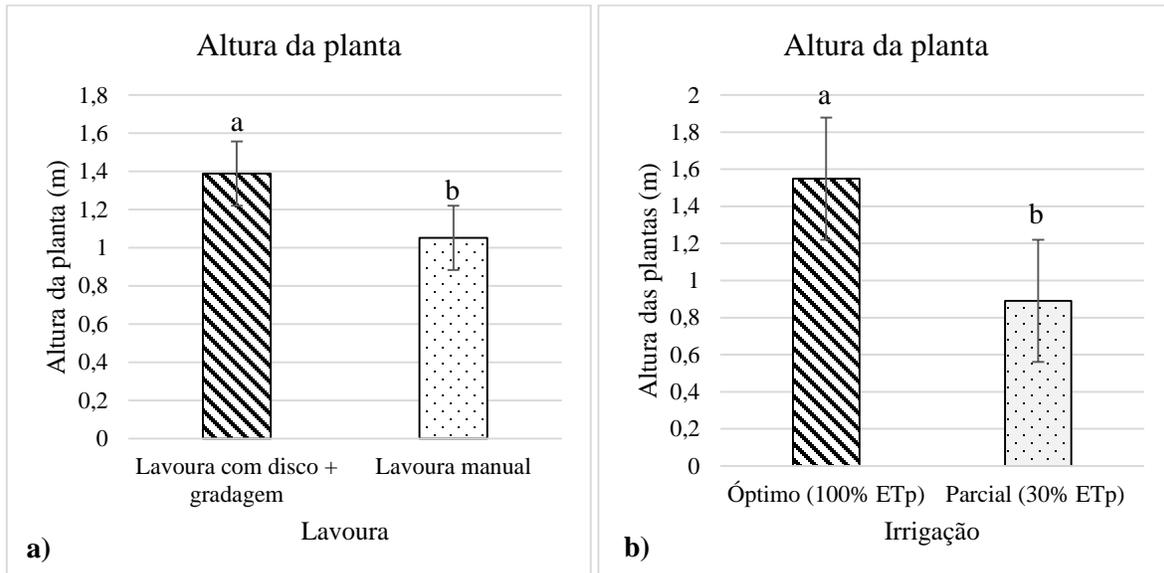


Figura 5: Altura das plantas de milho (AP) com a realização de diferentes tipos de lavoura (a) e níveis de irrigação (b).

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula para lavoura (a) e irrigação (b) não são estatisticamente diferentes entre si com base no teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade. O desvio padrão é representado pelas barras verticais ($n=3$).

A lavoura com recurso a charrua de disco+gradagem teve o melhor desempenho (figura 5a). Observou-se também que a lavoura manual acarretou uma redução na altura das plantas na ordem dos 32% quando comparado com a lavoura com recurso a charrua de disco+gradagem. Resultado semelhante foi obtido por Anjum *et al.* (2019) no seu estudo sobre Influência de diferentes lavouras no rendimento do Milho (*Zea mays L.*) cultivado em outono em Paquistão, onde registou-se uma altura média de 1,93 m para lavoura profunda com charrua de discos e 1,76 m para a lavoura manual.

Este resultado pode ser explicado pelo preparo mais profundo do solo (ao redor de 25-30 cm) o que permitiu às plantas explorarem um maior volume de solo para aproveitamento de água e nutrientes. A gradagem proporcionou uma camada de agregados do solo suficientemente finos e húmidos, assegurando um bom contacto com as sementes, promovendo uma rápida germinação e uma pronta emergência das plântulas, resultando em plantas mais desenvolvidas, o que também foi fundamentado por Possamai *et al.* (2001) e Awe & Abegunrin (2017). Segundo Da Silva (2012) e Awe & Abegunrin (2017), o sistema de preparo convencional do solo leva a modificações na estrutura do solo e volume dos poros, promovendo a extracção de água e nutrientes pelas plantas, o que por sua vez, afecta na performance das plantas.

Baixa altura de plantas de milho (AP) alcançada com o preparo manual provavelmente deve-se a reduzida camada de solo revirado (até 15 cm) o que pode ter influenciado no desenvolvimento das raízes e conseqüentemente na absorção da água e nutrientes. Por outro lado, Chitio *et al.* (2011) explicam que a lavoura manual na maioria das vezes não garante o bom revolvimento do solo e conseqüentemente boa porosidade e aeração do solo de forma a garantir boas trocas gasosas.

Referente a irrigação, observou-se que com o aumento de nível de água de irrigação, a altura da planta tende a ser maior (figura 5b). O maior valor médio de altura das plantas de milho (AP) (155 cm), foi obtido com aplicação da lâmina 100% da ETp (nível óptimo). Observou-se ainda que, a aplicação da lâmina de água de 30% da ETp (nível parcial) reduziu a altura das plantas de milho (AP) na ordem dos 43% quando comparado com a lâmina de água de 100% da ETp (Figura 5b). Este resultado deve-se provavelmente a melhores condições de humidade criadas em todo estágio vegetativo, o que resultou em maior crescimento das plantas. Resultados estes superiores e diferentes com os obtido por Francelino (2018) na sua tese de doutoramento sobre Avaliação de efeito de diferentes lâminas de irrigação no milho (*Zea mays L.*), em Tocantins-Brasil, onde observou uma altura de plantas de 0,97 e 0,88 m com aplicação de lâmina de rega de 50% da ETp e 100% da ETp respectivamente.

Aplicação da lâmina de água 30% da ETp afectou negativamente a AP, isto, porque provavelmente as plantas não tiveram condições satisfatórias de humidade devido a quantidade de água (207,8 mm) fornecida a cultura. Segundo Martins (2012) a cultura de milho necessita de 450 a 600 mm de água para garantir o bom desempenho. Segundo Bergamaschi *et al.* (2010) o fornecimento deficitário da água durante a fase inicial do ciclo da cultura afecta directamente no crescimento da planta. Ben *et al.* (2016), também verificaram uma redução na altura das plantas do milho com redução das lâminas de irrigação.

4.2.2. Índice da area foliar na cultura de milho

A figura abaixo ilustra os resultados da análise de variância do factor lavoura na variável índice da área foliar no estágio VT da cultura de milho e factor irrigação na variável índice da área foliar na cultura de milho nos estágios VT, R1 e R4.

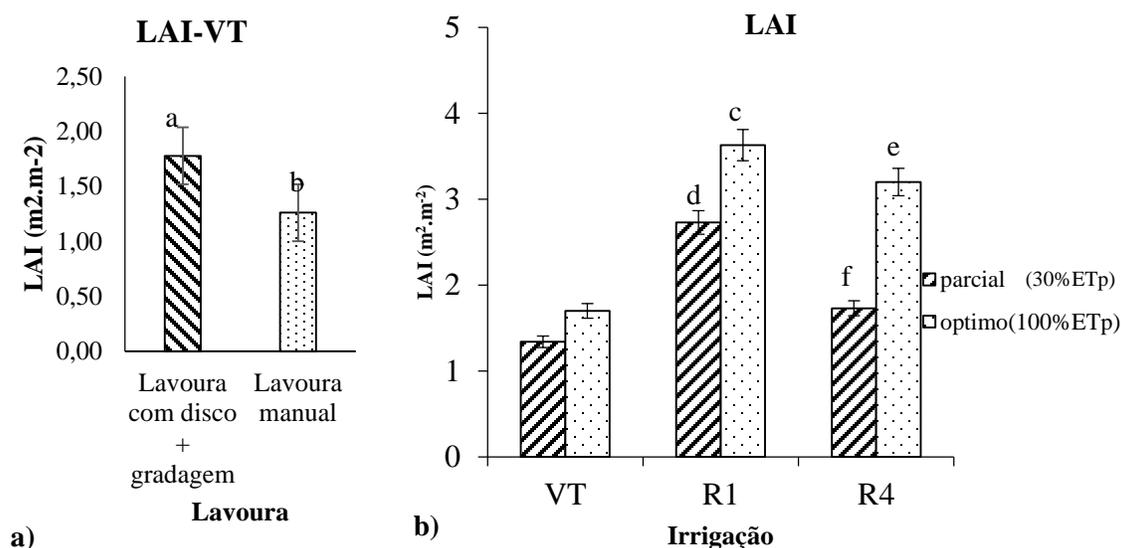


Figura 6: Índice de área foliar (LAI) na fase de pendoamento (VT), floração e polinização (R1) e grão farináceo (R4), sob diferentes lavouras (a) e níveis de irrigação (b).

Nota: As letras em cada coluna, para os diferentes níveis de irrigação indicam diferenças estatísticas. Sendo que, colunas com a mesma letra não diferem entre si com base no teste de Turkey a nível de significância de 5%. O desvio padrão é representado pelas barras verticais (n=3).

O método de preparação do solo, teve efeito significativo ($p < 0,05$) no índice da área foliar na cultura de milho na fase de pendramento (VT). A lavoura com disco + gradagem apresentou um LAI de $1,56 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ e a lavoura manual um valor de LAI de $1,36 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ (figura 6 a).

Aikins *et al.* (2012), obtiveram o maior índice de área foliar na fase reprodutiva com a lavoura de disco+ gradagem. Khan *et al.* (2017), observaram o valor máximo de LAI (7,18) na fase reprodutiva com a lavoura convencional. Segundo Facelli & Dourado Neto (2000), o LAI depende da fertilidade do solo, das condições climáticas, da densidade das plantas e material genético utilizado. Khan *et al.* (2017) a lavoura convencional causa alterações nas propriedades físicas do solo e disponibilidade de água e nutrientes, e nestas condições a planta aumenta a sua taxa de crescimento e expansão da área foliar, e em adição o enrolamento das folhas é evitado ou retardado.

Em relação ao factor irrigação, analisando os resultados do LAI nas três fases de desenvolvimento da cultura (VT, R1 e R4), os níveis de irrigação apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$) nas fases R1 e R4, sendo que o nível óptimo (100% ETp) resultou em maior LAI na fase de floração e polinização (R1) e grão farináceo (R4) com valores de LAI de 3,63 e 3,2 respectivamente (figura 6b). O LAI, apresentou uma relação quadrática durante todo ciclo para os dois níveis de irrigação testados, tendo-se observado menor LAI na fase VT e LAI máximo na fase R1, decrescendo de seguida na fase R4 (Figura 7).

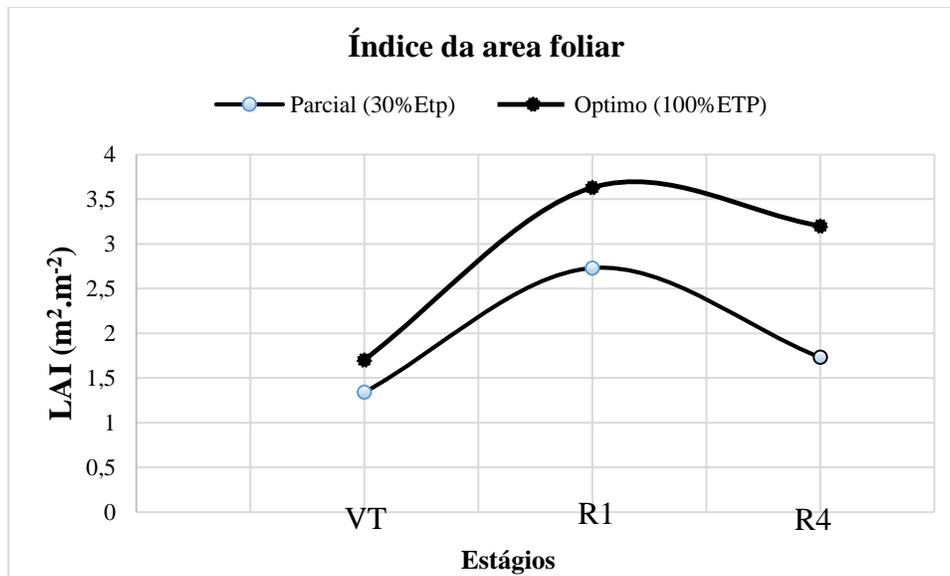


Figura 7: Relação entre índice de área foliar (LAI) vs fase de pendoamento (VT), floração e polinização (R1) e grão farináceo (R4), sob diferentes níveis de irrigação.

A aplicação da lâmina 100% da Etp proporcionou o maior índice de área foliar em quase todas fases avaliadas quando comparado a lamina 30% da Etp. Segundo Bergamaschi *et al.* (2010), a irrigação altera o padrão da interceptação da radiação solar, quando este aumenta o tamanho e a duração da área foliar pela redução do déficit hídrico.

Resultados similares foram obtidos por Meneghetti *et al.* (2008), que alcançaram o valor máximo do LAI (3,94) na fase reprodutiva com a lâmina 100% da ETP, e diferente do valor obtido por Ruviaro (2003), o qual foi 4,37. Segundo Lykhovyd *et al.* (2019), valores muito baixos e altos são indicadores de alguma condição desfavorável formado no campo durante o ciclo da cultura. Facelli & Dourado Neto (2000), o LAI depende da fertilidade do solo, das condições climáticas, da densidade das plantas e material genético utilizado.

O LAI teve um comportamento quadrático em relação ao tempo, e segundo Meneghetti *et al.* (2008), deve-se às fases de crescimento, pois depois de atingir um ponto máximo, ocorre o decréscimo devido à senescência e queda das folhas. Guimarães *et al.* (2002), observaram que o índice da área foliar (LAI), em todos níveis de água, aumentava com o crescimento da cultura até um certo ponto a partir do qual começava a decrescer até o fim do ciclo, o que também observou-se no presente estudo.

4.2.3. Rendimento das variedades de milho (PAN-12 e Matuba) sob diferentes níveis de irrigação e tipos de lavoura.

Os resultados da análise de variância mostram que não houve efeito significativo da interação entre os factores lavoura, irrigação e variedade no rendimento do milho, entretanto o factor irrigação isoladamente proporcionou efeito significativo ($p > 0.05$) no rendimento do grão e peso de 100 sementes (Tabela 4).

Apesar de não se ter observado diferenças significativas no rendimento médio do grão entre as variedades PAN-12 e Matuba para os tipos de lavoura, na lavoura manual a variedade PAN-12 apresentou maior rendimento médio do grão em relação a variedade Matuba (Tabela 5), e para a lavoura convencional, as duas variedades apresentaram rendimento similar (9,85 ton.ha⁻¹ para PAN-12 e 10,07 ton.ha⁻¹ para Matuba).

Por outro lado, analisando o efeito de níveis de irrigação na altura do milho, o nível óptimo de rega (100% da ETp), teve melhor desempenho no rendimento (9,70 ton.ha⁻¹) relativamente ao nível de irrigação parcial – 30% da ETp (0,79 ton.ha⁻¹) conforme a tabela 5, o que era de se esperar pois as plantas tiveram disponibilidade de água suficiente (571.8 mm) para suportar os eventuais períodos de deficiência hídrica.

Em relação ao peso de 100 sementes, os resultados mostram que o nível óptimo de irrigação – 100% da ETp teve melhor desempenho (31.61 g) relativamente ao nível de irrigação parcial – 30% da ETp (21.93 g) (tabela 5).

Tabela 5: Rendimentos médios do grão de milho e peso de 100 sementes sob diferentes níveis de irrigação e tipos de lavoura.

Nível de irrigação	Variedade	Rendimento do grão (ton.ha ⁻¹)	
		Lavoura convencional	Lavoura manual
Parcial (30% ETp)	PAN-12	3,54 (0,86)	3,05 (0,79)
	Matuba	3,50 (1,14)	2,27 (0,29)
Óptimo (100% ETp)	PAN-12	9,85 (2,38)	7,91 (1,55)
	Matuba	10,07 (0,04)	7,49 (2,42)
Nível de irrigação	Rendimento do grão (ton.ha ⁻¹)		Peso de 100 sementes (g)
Parcial (30% ETp)	0,79 (0,87) b		23,65 (5,10) b
Óptimo (100% ETp)	9,70 (3,49) a		29,85 (7,26) a

*Médias com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si com base no teste de Turkey a nível de significância de 5%. Número entre parênteses representa desvio padrão (n=3).

Magaia *et al.* (2017), também encontrou efeito significativo dos níveis de irrigação para o rendimento do grão, sendo que com o incremento da irrigação, o rendimento do grão aumenta. Resultado obtido neste estudo, pode ser explicado pelo facto do incremento dos níveis de água proporcionar maior crescimento vegetativo que contribui na captação da radiação solar e conseqüentemente maior acúmulo dos foto assimilados, estes que foram translocados para a formação das espigas e finalmente enchimento do grão (Bergamaschi *et al.*, 2004). O autor acima citado refere ainda que é importante a disponibilidade da água para a cultura de milho nos períodos críticos pois é nestes períodos que ocorrem os efeitos de déficit hídrico e também a maior eficiência do uso da água, assim como no acúmulo de matéria seca e produtividade.

Parizi *et al.* (2009), estudando o efeito dos diferentes níveis de rega na cultura de milho, observaram que a aplicação do nível de irrigação 100% ETP, proporcionou o maior rendimento do grão (12,84 ton.ha⁻¹). Francelino (2018) obteve um rendimento do grão de 15,25 ton.ha⁻¹ e Anjum *et al.* (2019), alcançaram rendimento máximo de 5,012 ton.ha⁻¹, valores estes superiores aos registados no presente estudo. Portanto, a diferença nos rendimentos máximos alcançados podem ser explicados pelas diferenças nas condições edafoclimáticas entre os locais de estudos, assim como, a época da realização dos estudos, as variedades usadas, entre outros.

A aplicação do nível de irrigação 30% da ETP, por ser deficitária acarretou uma redução de 92 % no rendimento do grão em relação a aplicação do nível de rega 100% da ETP, pois, as plantas foram submetidas a um processo de estresse hídrico que conduziu a uma redução de rendimento do grão. De acordo com Martins (2012) o suprimento deficiente da água as plantas durante os períodos de iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência, início de floração e enchimento do grão, acarreta baixos rendimentos. Por outro lado, Bergonci *et al.* (2001), e Bergamaschi *et al.* (2004), constataram que uma dose intermediária de irrigação, a partir de 60% daquela necessária para elevar a humidade do solo à capacidade de campo, é suficiente para que sejam obtidos rendimentos elevados de milho.

4.2.4. Rendimento da biomassa (RB) do milho

A seguinte figura ilustra os resultados do rendimento da biomassa da parte aérea do milho obtidos, em relação aos tipos de lavoura e níveis de irrigação testados.

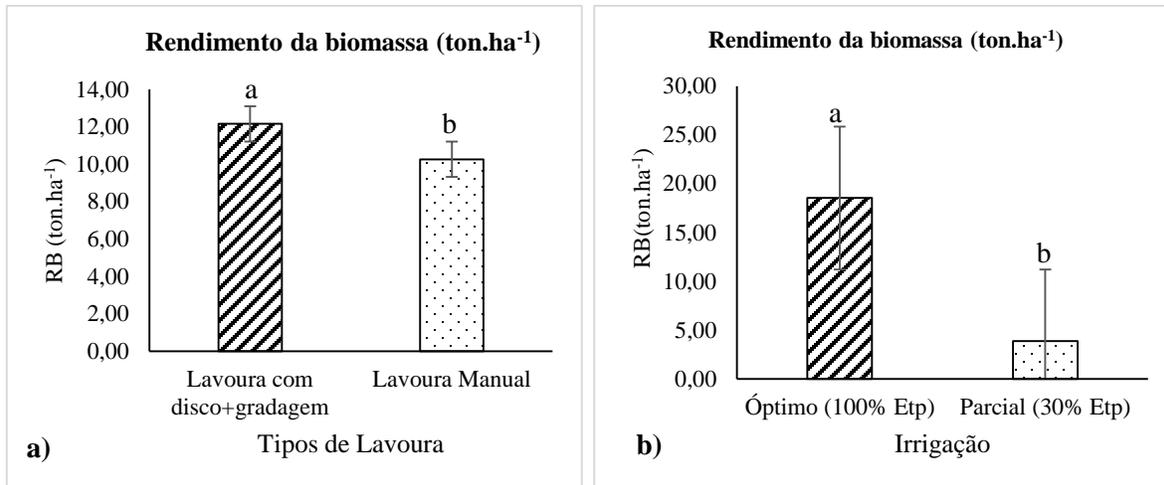


Figura 8: Rendimento da biomassa da cultura de milho com a realização de diferentes tipos de lavoura (a) e aplicação de níveis de irrigação (b).

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula para lavoura (a) e irrigação (b) não são estatisticamente diferentes entre si com base no teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade. O desvio padrão é representado pelas barras verticais (n=3).

Analisando o efeito da lavoura no rendimento da biomassa da parte aérea, maior rendimento da biomassa (12,15 ton ha⁻¹) foi observado na lavoura com recurso a charrua de disco + gradagem e menor rendimento da biomassa (10,26 ton ha⁻¹) na lavoura manual (Figura 8 a).

Magaia *et al.* (2015), avaliando o Desenvolvimento radicular de milho e produção de grãos de milho afectados pelo manejo do solo e água em solo arenoso em uma região semiárida em Moçambique, obtiveram diferenças significativas no rendimento de grãos e biomassa. A lavoura convencional proporcionou maior rendimento do que os outros métodos de lavoura (manual e parcial), o que é similar ao observado no presente estudo, tendo obtido rendimento de grãos de 2577 kg.ha⁻¹ e 2699 kg.ha⁻¹ com lavoura manual para a primeira época e segunda época respectivamente, e um rendimento de 3425 kg.ha⁻¹ e 3143 kg.ha⁻¹ com lavoura de discos, para a primeira época e segunda época respectivamente.

Possamai *et al.* (2001), relataram que a lavoura convencional associada a gradagem proporciona uma camada de agregados do solo suficientemente finos e húmidos, assegurando um bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas, promovendo maior capacidade de extração de nutrientes e água em camadas profundas, resultando em plantas mais desenvolvidas, com maior acúmulo da biomassa, o que sustenta os resultados obtidos no presente estudo.

Para os níveis de irrigação aplicados, a lâmina de água de 100% da ETp proporcionou maior rendimento da biomassa da parte aérea da cultura de milho (18,53 ton.ha⁻¹) relativamente ao proporcionado pela lâmina de 30% da Etp (3,88 ton.ha⁻¹).

O maior rendimento da biomassa da parte aérea obtido com a aplicação do nível óptimo de água (100% da ETp) pode ser explicado pela quantidade satisfatória de água (571.8 mm) aplicada, o que afectou positivamente na fotossíntese, e, conseqüentemente, o acúmulo de matéria seca vegetal. Segundo Pegorare *et al.* (2009) a disponibilidade de água desempenha papel preponderante, pois, além de propiciar a entrada de CO₂, ela promove o resfriamento da planta, interferindo, desta forma na taxa de fotossíntese e de respiração, aumentando a massa seca com o aumento da lâmina aplicada. O maior rendimento da biomassa com aplicação de nível óptimo de água (100% da ETp) também foi observado no estudo feito por Ben *et al.* (2016) que alcançou 29,61 ton.ha⁻¹, valor este superior ao rendimento observado no presente estudo.

Por outro lado, o menor rendimento da biomassa alcançado com aplicação parcial da água (30% da ETp) pode ser explicado pela ocorrência mais acentuada de déficit hídrico durante a fase vegetativa. Gava *et al.* (2010) e Francelino (2018), relataram que a etapa de enchimento do grão, é um período de rápido aumento de peso, quando mais de 90% da matéria seca é acumulada, e de intensa actividade de conversão dos foto-assimilados acumulados durante a fase vegetativa em amido no endosperma. Pegorare *et al.* (2009), referem que o acúmulo de massa seca vegetal é o resultado do mecanismo fotossintético, o qual sintetiza foto-assimilados na planta, logo, todo e qualquer factor que interfira na fotossíntese afectará, o acúmulo de matéria seca.

4.2.5. Índice de colheita (IC)

Os níveis de irrigação apresentaram efeito significativo no índice de colheita da cultura de milho ($p < 0,05$), de tal forma que o nível de irrigação óptimo – 100% da ETp teve melhor desempenho (52,35%) relativamente ao nível de irrigação parcial – 30% da Etp (20,36%) (Tabela 6). Os resultados também mostram que a redução de lâmina de água em cerca 70% em relação ao nível óptimo implicou uma redução do índice de colheita na ordem dos 61% (Tabela 6).

Tabela 6: Índice de colheita da cultura de milho em diferentes níveis de irrigação

Nível de irrigação	Índice de colheita (%)
Parcial (30% ETp)	20,36 (17,54) b
Óptimo (100% ETp)	52,35 (28,02) a

*Médias com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si com base no teste de Turkey a nível de significância de 5%.

O índice de colheita é uma medida da eficiência do transporte de foto-assimilados para o grão (Maddonni & Otegui, 2006), portanto, o maior índice de colheita observado com aplicação do nível de água 100% da ETp (nível óptimo), deve demonstrar a importância da disponibilidade da água no período de enchimento do grão. O menor índice de colheita obtido com aplicação da lâmina de água 30% da ETp, demonstra que o estresse hídrico quando ocorre na fase reprodutiva torna ineficaz o processo de enchimento do grão. Estes resultados diferem dos obtidos por Ben *et al.* (2016) e Parizi *et al.* (2009), onde o índice de colheita não foi alterado com os níveis de irrigação e os valores médios foram 51% e 34%, respectivamente. Este resultado é suportado pela disponibilidade da humidade residual no solo, atenuando os efeitos do défice hídrico na produção da matéria seca e eficiência do transporte de foto-assimilados para o grão (Igbadun *et al.*, 2008).

V. CONCLUSÕES e RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

Os resultados obtidos durante o estudo, permitem concluir o seguinte:

- A lavoura convencional, usando charrua de disco seguida de gradagem, proporcionou maior altura das plantas, LAI no estágio VT, e peso da biomassa.
- A aplicação da lâmina de água 100% ETp proporcionou os maiores valores da altura das plantas (1,55m), LAI nos estágios, R1 e R4, rendimento da biomassa (18,53 ton.ha⁻¹) e índice de colheita;
- Os maiores rendimentos de grão das variedades PAN-12 e Matuba, foram registados em talhões com lavoura convencional e nível ótimo de rega, tendo sido respectivamente 9,85 e 10,07 ton.ha⁻¹, porém, não foram significativamente diferentes entre si, e
- O nível ótimo de água proporcionou maior rendimento médio de milho, com cerca 12 vezes mais.

5.2. Recomendações

Aos investigadores:

- A realização de mais estudos relacionando diferentes tipos de lavoura convencional e diferentes níveis de irrigação, com vista a avaliar o desempenho agronómico da cultura de milho.

Aos agricultores:

- O emprego da lavoura com disco+gradagem e a aplicação da lamina de água 100% ETp no cultivo do milho, pois estes proporcionam o bom desempenho agronómico a cultura.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahmad, I., Jan, M.T., Arif, M., (2010). Tillage and Nitrogen Management Impact on maize. *Sarhad Journal Agriculture*. 26, n.2, p.157–167;
2. Aikins, S.H.M., J.J. Afuakwa & O. Owusu-Ajuoko. (2012). Effect of four different tillage practices on maize performance under rainfed conditions. *Agric. Biol. J. North Am.*, v.3 n.1, p.25-30;
3. Alam, Md K., Islam, Md M., Salahin, N. & Hasanuzzaman, M. (2014). Effect of tillage practices on soil properties and crop productivity in wheat- mungbean-rice cropping system under subtropical. *The Scientific World Journal*, pp: 15;
4. Allen, R. G., Pereira, L, S., Raes, D. & Smith, M. (2006). Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage*, n. 56, p.173;
5. Alvarenga, R. C., Cruz, J. C. & Novotny, E. H. (2000). *Manejo do solo*. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de Produção, n.1, 4p;
6. Alves, A. da S. (2013). Necessidades hídricas da cultura do milho sob irrigação suplementar nas condições edafoclimáticas da chapada do apodi (Tese de mestrado). Mossoró-RN-Brasil, 69p;
7. Andrade, C.L.T., Perreira, P.E., Brito, R.A.L. & Resende, M. (2006). Viabilidade e Manejo da Irrigação da Cultura do Milho. Sete Lagoas, Embrapa-CNPMS, Minas Gerais, circular técnica, 12p;
8. Anjum, S. A., Raza, M. M., Ullah, S., Yousaf M. M., Mujtaba, A., Hussain, M., Shah, M. J., Ahmad, B., Ahmad, I. (2019). Influence of Different Tillage Practices on Yield of Autumn Planted Maize (*Zea mays* L.). *Article in Pakistan Journal of Agricultural Research* : <https://www.researchgate.net/publication/332098199>
9. Arf, O., Rodrigues, R. A. F., de Sá, M. E., Buzetti, S. & do Nascimento, V. (2004). Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.2, p.131-138;
10. Awe, G.O. & Abegunrin, T. P. (2017). Land Preparation Practices for Maize Production: Short Term Effects on Some Hydro-Physical Properties of Analfisol and Crop Performance. *Middle-East Journal of Scientific Research*, v. 25 n.7, p. 1420-1430;

11. Barbosa, W. S. da S.(2017). *Milho cultivado sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada* (Tese de mestrado). Rio Largo-AL-Brasil, 100p;
12. Barros, J. F. C. e Calado, J. G.(2014). *A Cultura do Milho*. Evora, p.5-9;
13. Ben, L. H. B., Peiter, M. X., Robaina, A. D., Parizi, A. R.C. & da Silva, G. (2016). Influence of irrigation levels and plant density on "second-season" maize.*Revista Caatinga*, Mossoró, v. 29, n. 3, p. 665 – 676;
14. Benatti Jr., R., Freire, O., França, G.V. & Kiehl, J.C. (1985). Efeito de sistemas de preparo de solo sobre a produção de culturas anuais. *Revista da Agricultura*, v. 60, n.1, p.77-78;
15. Bergamaschi, H. & Matzenauer, R. (2014). *O milho e o clima*. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 84 p;
16. Bergamaschi, H., Dalmago, G. A., Bergonci, J. I., Bianchi, C. A. M., Muller, A. G., Comiram, F. & Heckler, B. M. M. (2004). Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 831-839;
17. Bergamaschi, H., Dalmago, G. A., Bergonci, J. I., Krüger, C. A. M. B., Heckler, B. M. M. & Comiran, F. (2010). Intercepted solar radiation by maize crops subjected to different tillage systems and water availability levels. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.45, n.12, p.1331-1341;
18. Bergamaschi, H., Dalmago, G. A., Comiran, F., Bergonci, J. I., Müller, A. G., França S., Santos, A. O., Radin, B., Bianchi., C. A. M., Pereira, P. G. (2006). Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 2, p.243-249;
19. Bergonci, J.I., Bergamaschi, H., Santos, A.O., França, S. & Radin, B.(2001). Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, p.949-956;
20. Bernardo, S., Soares, A. A. & Motivani, E. C. (2008). *Manual de irrigação*. 8ª Edição, Viçosa, MG, Ed.UFV.625p;

21. Bertol, I., Beutler, J.F., Leite D. & Batistela, O.(2001). Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. *Scientia Agrícola*. Piracicaba. V. 58, n.3, p. 555-560;
22. Brito, L. T. de L., Cavalcanti, N. de B. & Pereira, L. A. (2009). Efeito da irrigação de salvação na produtividade do milho (*Zea mays* L.).XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Petrolina, 5p.;
23. Carvalho Filho, A. (1999). *Levantamento detalhado e alterações de alguns atributos provocados pelo uso e manejo dos solos da Faculdade de Agronomia de Ituverava/SP* (Tese de mestrado). FCAV, UNESP – Jaboticabal, 88p.;
24. Cruz, J.C., Filho,I.A., Pimentel,M.A.,Coelho,A.M., Karam.D., Cruz,I., Garcia, J.C., Moreira,J.A., Oliveira, F.M., Neto,M.G., Albuquerque,P.E., Viana,P.A., Mendes,S.M., Da Costa,R.V., Alvarenga,R.C& Matrangolo, W,J.R (2011). *Produção de Milho na Agricultura Familiar*. EMBRAPA, 4p.
25. Cunguara, B., Garrett, J. & Donovan, C. (2013). *Análise situacional, estrangulamentos e oportunidades para o crescimento agrário em Moçambique*. Direcção de Economia, Ministério da Agricultura;
26. Da Silva, M.R.R., Vanzela, L.S., Vazquez, H. & Sanches, A.C. (2012). Influência da irrigação e cobertura morta do solo sobre as características agronômicas e produtividade de milho.*Irriga*, Botucatu, Edição Especial, p. 170-180;
27. Dallmeyer, A. U.(2001). Opções na sementeira. *Cultivar Máquinas*, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 6-9;
28. De Albuquerque, P. E. P., Moreira, J.A.A., de Andrade, C. de L.T., Brito, R. A. L. & Gomide, R. L.(2011). *Irrigação*. Em: Cruz, J. C., Magalhães, P.C., Pereira Filho, I.A. & Moreira, J.A.A. (Eds). Milho - O produtor pergunta, a EMBRAPA responde.1ª Edição, (pp.54-57), EMBRAPA Informação Tecnológica, Brasília, DF;
29. De Almeida, K. F., Castro Júnior, W. L; Santos, E. B., Silva, Y. N. M.& Sousa, C. L.(2015). Avaliação Da Produtividade Do Milho (*Zea mays* L.) sob diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada na região dos Cocais Maranhense. *XXV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem*, UFS - São Cristóvão/SE, Brasil, p.486-491;

30. De Medeiros, R. D., Araújo, W. F. & Costa, M. C.(2005). Efeito de sistemas de prepare do solo e métodos de irrigação sobre a cultura do caupi em várzeas em Roraima. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.2, p.205-209;
31. De Souza, L. S. B., de Moura, M. S. B., Sedyama, G. C. & da Silva, T. G. F. (2011). *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 3, p.715-721;
32. Fancelli, A. L. & Dourado Neto, D. (2000). *Produção de milho*. Guaíba: Agropecuária, p. 360;
33. Fancelli, A.L. &Dourado Neto, D. (2008). *Produção de milho*. 2 ed., Piracicaba: Livroceres, 360p;
34. Fancelli, A.L. (2001). Ecofisiologia de plantas de lavouras. In: Carlesso, R. (Ed.). *Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul*. Santa Maria, p. 59-73.
35. Fancelli, A.L. (2015).Manejo baseado na fenologiaaumenta eficiência de insumos e produtividade. *Visão agrícola*, n.13, p. 24-29;
36. FAO (2023). FAOSTAT. Disponível em www.fao.org/faostat/en/#data/QC
37. Fato, P., Chauque, P., Mulima, E., Mutimba, E., Senete, C., e Nhamucho, E. (2011). *Manual de produção de Milho*. Coleção transferência de tecnologia, Serie agricultura nº 2, Instituto de Investigação Agrária de Moçambique, Maputo;
38. Francelino, F. M. A. (2018). Efeito de Diferentes Lâminas de Irrigação nos Monocultivos e no Consórcio Feijão – Caupi (*Vigna Unguiculata L.*) e Milho (*Zea Mays L.*) No Tocantins. *Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF*
39. Garcia, J. L., Costa, E. C. (2020). Comparative analysis of conventional tillage, minimum tillage, and no-tillage systems in maize production. *Field Crops Research*, 243, 107668.
40. Garcia, J.C., Mattoso, M.J., Duarte, J.O. (2006). *Informe Agropecuario*. Belo Horizonte, v.27, n.233,p7-12;
41. Gava, G. J. de C., de Oliveira, M. W., Silva, M. de A., Jerônimo, E. M.,Cruz, J. C. S. & Trivelin, P. C. O.(2010).Produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio em milho

- cultivado com diferentes doses de N-uréia. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 4, p. 851-862;
42. Gianessi, L. P. (2014). Importance of Pesticides for Growing Maize in Sub-Saharan Africa. *International Pesticide Benefit Case Study 104*. p.4;
43. Guimarães, D. P.; Sans, L. M. A. & Moraes, A. V. de C. (2002). Estimativa da área foliar de cultivares de milho. *XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, 5p;
44. Guzha, A.C. (2004). Effects of tillage on soil microrelief, surface depression storage and soil water storage. *Soil and Tillage Research*, v.76, p.105–114;
45. Bland, J. M., Altman, D. G. (1996). Statistics notes: Measurement error and correlation coefficients.
46. Igbadun H.E, Salim, B.A, Tarimo, A.K.P.R, Mahoo, H.F. (2008). Effects of deficit irrigation scheduling on yields and soil water balance of irrigated maize. *Irrigation Science*, v. 27, n.1, p.11-23;
47. INE (2010). *Censo Agro-pecuário*. Instituto Nacional de Estatística- Maputo;
48. Instituto Nacional de Pesquisa Agropecuária (INPA). (2022). *Efeito das Técnicas de Lavoura na Produtividade do Milho*. Instituto Nacional de Pesquisa Agropecuária.
49. Johnson, D. R. & Tanner, J. W. (1972). Calculation of the rate and duration of grain filling in corn (*Zea mays* L.). *Crop Science*, Madison, v. 12, n. 3, p. 485-486;
50. Karasu, A., Ku_cu, H., ÖZ, M. & Bayram, G. (2014). The Effect of Different Irrigation Water Levels on Grain Yield, Yield Components and Some Quality Parameters of Silage Maize (*Zea mays indentata* Sturt.) in Marmara Region of Turkey. *Not Bot Horti Agrobo*, v.43, n.1, p.138-145;
51. Khan, S, Shah, A., Nawaz, M., Khan, M. (2017). Impact of different tillage practices on soil physical properties, nitrate leaching and yield attributes of maize (*Zea mays* L.) *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v.17, n.1, p.240-252;
52. Lykhovyd, P. V., Ushkarenko, V. O., Lavrenko, S. O., Lavrenko, N. M., Zhuikov, O. H., Mrunskiy, I. M. & Didenko, N. O. (2019). Leaf area index of sweet corn (*Zea mays ssp. saccharata* L.) crops depending on cultivation technology in the drip-irrigated conditions of the south of Ukraine. *Modern Phytomorphology*, v.13, p.1–4;

53. Macamo, E., Siteo, A. (2016). Análise da Sustentabilidade da Agricultura Familiar em Moçambique: Desafios e Perspectivas. *Journal of Agricultural Studies*, 4(2), 112-124.
54. Maddonni, G. A. & Otegui, M. E. (2006). Intra-specific competition in maize: contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 97, n. 2-3, p. 155–166;
55. MAE, 2014. Perfil do distrito de Moamba província de Maputo. *Ministério da administração estatal província de Maputo.*, edição 2014. p.56;
56. Magaia, E., Arvidsson, J., Brito, R., Joel, A. (2015). Maize root development and grain production as affected by soil and water management on a sandy soil in semi-arid region of Southern Mozambique. *Acta Agric. Scand. Sect.B. Soil Plant Sci.*
57. Magaia, E., Famba., Wesström, I., J., Brito, R., Joel, A. (2017). Modelling maize yield response to plant density and water and nitrogen supply in semi-arid region. Elsevier. *Field Crops Research*
58. Magalhães, P.C. e Durões, F.O.M. (2006). *Fisiologia da Produção de Milho*. Sete Lagoas, Empraba-CNPMS, circular técnica, n.76, 10p;
59. Manfron, P. A., Neto, D. D., Pereira, A. R., Bonnacarrère, R. A. G., Medeiros, S. L. P. & Pilau. F. G. (2003). Modelo do índice de área foliar da cultura de milho. *Rev. Bras. Agrometeorologia*, v. 11, n. 2, p. 333-342;
60. Martins, M. (2012). *Estimativa de produtividade das culturas do milho e do sorgo a partir de modelos agrometeorológicos em algumas localidades da região nordeste do Brasil*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. p. 97;
61. McMaster, G.S., Palic, D. B. & Dunn G.H. (2002). Soil management alters seedling emergence and subsequent autumn growth and yield in dryland winter wheat-fallow systems in the Central Great Plains on a clay loam soil. *Soil and Tillage Research*, v.65, p. 193–206;
62. Memon, S. Q., Mirjat, M. S., Mughal, A Q. & Amjad, N., (2012). Effects of different tillage and fertilizer treatments on growth and yield components of maize. *Pak. J. Agri., Agril. Engg., Vet. Sci.*, v.28, n.2, p.160–176;

63. Meneghetti, A. M., Santos, R. F., Nóbrega, L. H. P. & Martins, G. I. (2008). Análise de crescimento de minimilho submetido a lâminas de irrigação. *Acta Science Agronomy*, Maringá, v. 30, n. 2, p. 211-216;
64. Miriti, J. M., Kironchi, G., Esilaba, A. O., Gachene, C. K. K., Heng, L. K., Mwangi, D.M., (2013). The effects of tillage systems on soil physical properties and water conservation in a sandy loam soil in Eastern Kenya. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, v.4, n.7, p.146–154;
65. Motivani, E.C., Bernardo, S., Paraleti, L.F. (2009). *Irrigação: princípios e métodos*.3ª edição, Viçosa, Ed.UFV, 355P;
66. Moura, E.G., Teixeira, A.P.R., Ribeiro, V.S., Aguiar, A.C.F. & Farias, M. F.(2006). Crescimento e produtividade da cultura do milho (*Zea mays*) submetido a vários intervalos de irrigação, na região da Pré-Amazônia. *Irriga*, v.11, p.169-177;
67. Mudema, J.A., Sitole, R. F. & Mlay, G. (2012). *Rentabilidade da Cultura de milho na zona sul de Moçambique: Estudo de caso distrito de Boane*. Relatório de Pesquisa. IIAM-DFDIT;
68. Parizi, A. R. C., Robiana, A.D., Gomes, A.C.S., Ramão, C.J. Peiter, M.X. & Calegario, L. (2009). Efeito de diferentes estratégias de irrigação suplementar sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho. *Irriga*, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 254-267.
69. Pegorare, A. B., Fedatto, E., Perreira, S. B., Souza, L. C. F. & Fietz, C. R. (2009). Irrigação suplementar no ciclo do milho "safrinha" sob plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.3, p.262 – 271;
70. Perdok, U.D. & Kouwenhoven, J.K. (1994). Soil-tool interactions and field performance of implements. *Soil Tillage Research*, v. 30 p. 283-326;
71. Plessis, J. P. (2003). Maize production. Department: Agriculture of South Africa, 35p;
72. Possamai, J. M., de Souza, C. M. & Galvão, J.C.C. (2001). Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha.*Bragantia*, Campinas, v. 60, n.2, p.79-82;

73. Rockstrom, J., Kaumbutho, P., Mawalley, J., Nzabi, A.W., Temesgen, M., Barron, J., Mutua, J. & Damagaard-Larsen, S. (2009). Conservation farming strategies in East and Southern Africa: yields and rain water productivity from on-farm action research. *Soil Tillage Research*, n.103, p.23-32;
74. Ruviaro, C. (2003). *Manejo da irrigação e viabilidade econômica para a produção de silagem de milho e sorgo*. (Tese de Doutorado em Agronomia - Biodinâmica do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria;
75. Sánchez, C., Fischer, H. e Vasconcelos, C. (2011). *O milho – Uma cultura de boa nutrição e de boa energia*. Maputo: Moçambique;
76. Santos Neto, I. J. (2012). *Cultivares de milho e lâminas de irrigação para produção de minimilho em vitória da conquista – BA (Tese de mestrado)*. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista;
77. Silva, M. S., Oliveira, M. F. (2021). Efeitos de diferentes práticas de manejo do solo na produtividade do milho. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(3), 45-58.
78. Siteo, T.A. (2005). *Agricultura familiar em Moçambique estratégias de desenvolvimento sustentável*. p.31;
79. Souza, J.L., Moura Filho, G., Fonseca Lyra, R.F., Teodoro, I., Santos, E. A., Silva, J.L., Texeira da Silva, P.R., Cardim, A.H. & Morim, E.C. (2004). Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região de Tabuleiro Costeiro de Maceió. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.11, n.2, p.131-141;
80. Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E. & Raes, D. (2012). Crop yield response to water. *F A O Irrigation Drainage*, Paper n. 66, p. 519;
81. Stone, F. & Moreira, J. A. A. (2000). Efeitos de sistemas de manejo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. Brasília: *Revista Agropecuária Brasileira*. v.35, n.4, p.831-841;
82. TIA (2003-2012). *Trabalho de Inquérito Agrícola, Ministério da Agricultura de Moçambique*. Maputo;
83. Tostão *et al.* (2010). Staple food prices in Mozambique”, Prepared for the Comesa policy seminar on “Variation in staple food prices: *Causes, consequence, and policy options*”, Maputo, Mozambique, 25-26 January;

84. Usman, K., Khan, E. A., Khan, N., Khan, M. A., Ghulam, S., Khan, S & Baloch, J. (2013).Effect of tillage and nitrogen on wheat production, economics, and soil fertility in rice-wheat cropping system.*American Journal of Plant Sciences*, n.4, p.17–25.

VII. ANEXOS

Anexo 1:Análise de variância (ANOVA)

Rendimento de biomassa

```
. anova rendbiomassakgha bloco lavoura irrigacao variedade lavoura# irrigacao lavoura# varied
> ade irrigacao# variedade lavoura# irrigacao# variedade
```

```
Number of obs =      24    R-squared    = 0.9182
Root MSE      = 1208.84    Adj R-squared = 0.8655
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	2.295e+08	9	25501041	17.45	0.0000
bloco	12860305	2	6430152.5	4.40	0.0329
lavoura	14584445	1	14584445	9.98	0.0070
irrigacao	1.979e+08	1	1.979e+08	135.40	0.0000
variedade	386334.37	1	386334.37	0.26	0.6151
lavoura#irrigacao	2964551	1	2964551	2.03	0.1763
lavoura#variedade	717258.38	1	717258.38	0.49	0.4950
irrigacao#variedade	140607.04	1	140607.04	0.10	0.7610
lavoura#irrigacao#variedade	3775.0417	1	3775.0417	0.00	0.9602
Residual	20458079	14	1461291.4		
Total	2.500e+08	23	10868150		

```
. predict a,r
```

```
. swilk a
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
a	24	0.93372	1.788	1.185	0.11809

```
. hettest a
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: a

```
chi2(1) = 10.23
```

```
Prob > chi2 = 0.0014
```

```
. generate RB02=1/( rendbiomassakgha^2)

. anova RB02 bloco lavoura irrigacao variedade lavoura# irrigacao lavoura# variedade irrigaca
> o# variedade lavoura# irrigacao# irrigacao
```

```
Number of obs =      24    R-squared      = 0.8801
Root MSE      = 3.1e-08    Adj R-squared = 0.8161
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	1.089e-13	8	1.361e-14	13.76	0.0000
bloco	1.186e-14	2	5.931e-15	6.00	0.0122
lavoura	7.823e-15	1	7.823e-15	7.91	0.0131
irrigacao	7.664e-14	1	7.664e-14	77.47	0.0000
variedade	3.271e-15	1	3.271e-15	3.31	0.0890
lavoura#irrigacao	4.300e-15	1	4.300e-15	4.35	0.0546
lavoura#variedade	2.181e-15	1	2.181e-15	2.20	0.1583
irrigacao#variedade	2.810e-15	1	2.810e-15	2.84	0.1126
Residual	1.484e-14	15	9.893e-16		
Total	1.237e-13	23	5.379e-15		

```
. predict d,r
```

```
. swilk d
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
d	24	0.95341	1.257	0.466	0.32070

```
. hettest d
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: d

chi2(1) = 0.23

Prob > chi2 = 0.6347

```
. pwmean RB02, over(irrigacao) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over          : irrigacao
```

note: option tukey ignored since there is only one comparison

RB02	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
irrigacao			
1	1.55e-08	1.34e-08	
2	1.29e-07	1.34e-08	

Note: Means sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

RB02	Mean	Std. Err.	Unadjusted [95% Conf. Interval]	
irrigacao				
1	1.55e-08	1.34e-08	-1.22e-08	4.32e-08
2	1.29e-07	1.34e-08	1.01e-07	1.56e-07

```
. pwmean RB02, over(lavoura) mcompare(tukey) cimeans sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over          : lavoura
```

RB02	Mean	Std. Err.	Unadjusted [95% Conf. Interval]	
lavoura				
1	5.40e-08	2.10e-08	1.05e-08	9.74e-08
2	9.01e-08	2.10e-08	4.66e-08	1.34e-07

Rendimento do milho

```
. anova regtonha bloco lavoura irrigacao variedade lavoura# irrigacao lavoura# variedade irri
> gacao# variedade lavoura# irrigacao# variedade
```

```
Number of obs =      24    R-squared    = 0.8257
Root MSE      = 2.77703    Adj R-squared = 0.7136
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	511.35233	9	56.816926	7.37	0.0006
bloco	4.9717915	2	2.4858958	0.32	0.7297
lavoura	.66633374	1	.66633374	0.09	0.7731
irrigacao	476.7118	1	476.7118	61.82	0.0000
variedade	18.240496	1	18.240496	2.37	0.1464
lavoura#irrigacao	.28974069	1	.28974069	0.04	0.8491
lavoura#variedade	.1239843	1	.1239843	0.02	0.9009
irrigacao#variedade	9.4714964	1	9.4714964	1.23	0.2864
lavoura#irrigacao#variedade	.87669031	1	.87669031	0.11	0.7410
Residual	107.96639	14	7.711885		
Total	619.31872	23	26.926901		

```
. predict e,r
```

```
. swilk e
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
e	24	0.94930	1.367	0.638	0.26168

```
. hettest e
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: e

chi2(1) = 0.13

Prob > chi2 = 0.7212

Altura das plantas

```
. anova alturam bloco lavoura irrigacao variedade lavoura# irrigacao lavoura# variedade irrig
> acao# variedade lavoura# irrigacao# variedade
```

```
Number of obs =      24    R-squared    = 0.8594
Root MSE      =    .20427  Adj R-squared = 0.7691
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	3.5720834	9	.39689815	9.51	0.0001
bloco	.24249998	2	.12124999	2.91	0.0880
lavoura	.70041667	1	.70041667	16.79	0.0011
irrigacao	2.6004167	1	2.6004167	62.32	0.0000
variedade	.00375	1	.00375	0.09	0.7687
lavoura#irrigacao	.00375	1	.00375	0.09	0.7687
lavoura#variedade	.00041667	1	.00041667	0.01	0.9218
irrigacao#variedade	.00041667	1	.00041667	0.01	0.9218
lavoura#irrigacao#variedade	.02041667	1	.02041667	0.49	0.4957
Residual	.58416667	14	.04172619		
Total	4.1562501	23	.18070652		

```
. predict f,r
```

```
. swilk f
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
f	24	0.96976	0.816	-0.415	0.66105

```
. hettest f
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: f

chi2(1) = 2.75

Prob > chi2 = 0.0970

Peso de 100 sementes

```
. anova peso100sem bloco lavoura irrigacao variedade lavoura# irrigacao lavoura# variedade ir
> rigacao# variedade lavoura# irrigacao# variedade
```

```
Number of obs =      24    R-squared    = 0.4438
Root MSE      = 6.6024    Adj R-squared = 0.0862
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	486.92319	9	54.102577	1.24	0.3459
bloco	120.59836	2	60.29918	1.38	0.2830
lavoura	93.733512	1	93.733512	2.15	0.1646
irrigacao	231.07422	1	231.07422	5.30	0.0372
variedade	.16833706	1	.16833706	0.00	0.9513
lavoura#irrigacao	25.153547	1	25.153547	0.58	0.4601
lavoura#variedade	1.0045053	1	1.0045053	0.02	0.8815
irrigacao#variedade	10.23121	1	10.23121	0.23	0.6355
lavoura#irrigacao#variedade	4.9595049	1	4.9595049	0.11	0.7409
Residual	610.28414	14	43.591724		
Total	1097.2073	23	47.704667		

```
. predict g,r
```

```
. swilk g
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
g	24	0.96695	0.892	-0.234	0.59257

```
. hettest g
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: g

chi2(1) = 1.26

Prob > chi2 = 0.2614

Indice de colheita

```
. anova ic bloco lavoura irrigacao variedade lavoura# irrigacao lavoura# variedade irrigacao#
> variedade lavoura# irrigacao# variedade
```

```
Number of obs =      24    R-squared    = 0.8257
Root MSE      =    28.059  Adj R-squared = 0.7137
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	52224.221	9	5802.6912	7.37	0.0006
bloco	868.00574	2	434.00287	0.55	0.5882
lavoura	772.02724	1	772.02724	0.98	0.3389
irrigacao	46943.952	1	46943.952	59.63	0.0000
variedade	2155.7519	1	2155.7519	2.74	0.1202
lavoura#irrigacao	595.80734	1	595.80734	0.76	0.3990
lavoura#variedade	20.461077	1	20.461077	0.03	0.8742
irrigacao#variedade	584.89625	1	584.89625	0.74	0.4033
lavoura#irrigacao# variedade	283.31885	1	283.31885	0.36	0.5582
Residual	11022.296	14	787.30686		
Total	63246.517	23	2749.8486		

```
. swilk h
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
h	24	0.94477	1.490	0.813	0.20812

```
. hettest h
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: h

chi2(1) = 0.08

Prob > chi2 = 0.7776

```
. anova laivt bloco lavoura irrigacao variedade lavoura# irrigacao lavoura# variedade irriga
> cao# variedade lavoura# irrigacao# variedade
```

```
Number of obs =      24    R-squared    = 0.5407
Root MSE      =  .553936    Adj R-squared = 0.2454
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	5.0562712	9	.56180791	1.83	0.1497
bloco	1.3883085	2	.69415423	2.26	0.1408
lavoura	1.6068375	1	1.6068375	5.24	0.0382
irrigacao	.75260427	1	.75260427	2.45	0.1396
variedade	.44553751	1	.44553751	1.45	0.2482
lavoura#irrigacao	.43470422	1	.43470422	1.42	0.2537
lavoura#variedade	.0018375	1	.0018375	0.01	0.9394
irrigacao#variedade	.28383759	1	.28383759	0.93	0.3525
lavoura#irrigacao#variedade	.14260412	1	.14260412	0.46	0.5065
Residual	4.2958253	14	.30684466		
Total	9.3520965	23	.40661289		

```
. predict a,r
```

```
. swilk a
```

```
Shapiro-Wilk W test for normal data
```

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
a	24	0.96264	1.008	0.016	0.49365

```
. hettest a
```

```
Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
```

```
Ho: Constant variance
```

```
Variables: a
```

```
chi2(1) = 0.33
```

```
Prob > chi2 = 0.5653
```