



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

**Faculdade de Ciências
Departamento de Física**

Mestrado em Gestão de Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas

Tema da Dissertação:

**Sistema de Irrigação Fotovoltaica como uma Medida de
Adaptação Climática no Sector Agrícola:
O Caso do Distrito de Moamba**

Autora:

Eunice Bucuane Paco

Maputo, Outubro de 2025



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Faculdade de Ciências

Departamento de Física

Mestrado em Gestão de Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas

Tema da Dissertação:

**Irrigação Fotovoltaica como uma Medida de Adaptação
Climática no Sector Agrícola:
Caso do Distrito de Moamba**

Autora:

Eunice Bucuane Paco

Supervisor:

Doutor Gilberto Mahumane

Co-Supervisora:

Doutora Doroteia Hipoldina dos Santos Isaías

Maputo, Outubro de 2025

Dedico este trabalho aos meus filhos Kéndrick e Kéndall, pela luz que trazem aos meus dias, e pelo amor incondicional que me inspira a seguir sempre em frente. Que este esforço represente para vocês o valor da perseverança, do conhecimento e da esperança em um futuro construído com dignidade.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Eunice Anastácia Bucuane Paco, declaro por minha honra que esta dissertação é da minha autoria e nunca foi submetida nesta ou em outra instituição para aquisição de qualquer outro grau académico, e que constitui resultado de um esforço individual e de orientação dos meus supervisores. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente citadas e referenciadas na bibliografia. Esta dissertação é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de mestre em *Gestão de Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas*, no Departamento de Física da Faculdade de Ciências, Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, Outubro de 2025



(Eunice Bucuane Paco)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter permitido meu ingresso neste mestrado e me dado condições de avançar no cumprimento das disciplinas a cada semestre, bem como na construção desta dissertação: não foi nada fácil!

Agradeço também ao meu marido, Mauro, por todo o apoio constante ao longo deste percurso. A sua compreensão e dedicação foram fundamentais, proporcionando-me todas as condições necessárias para alcançar o êxito nesta caminhada. Sou-lhe especialmente grata por ter compreendido os momentos em que, devido às exigências da dissertação, não pude dedicar a devida atenção, aos nossos filhos e à família no geral.

Aos meus pais, Félix e Vitória, e aos meus irmãos, Énio, Kaio e Félix Jr., por serem fonte constante de inspiração e exemplo, motivando-me a ser uma pessoa melhor a cada dia.

À WAPCOS Limited pelo apoio financeiro e institucional, essencial para a realização deste curso. O patrocínio concedido reflectiu o compromisso da empresa com o avanço académico e científico.

Aos meus supervisores: Doutor Gilberto Mahumane e Doutora Hipoldina Isaías, expresso o meu profundo agradecimento por terem aceite orientar esta dissertação, por acolherem as minhas ideias com abertura e por toda a paciência e dedicação demonstradas ao longo do processo de orientação.

As Associações: Regadio do Bloco I e II do distrito da Moamba pela colaboração na organização do trabalho de campo.

Ao inquiridor Caiton Macul, pelo apoio durante a realização de inquéritos e entrevistas no campo.

Ao meu colega e amigo Nehemias, agradeço pela sua disponibilidade incondicional e pelo apoio prestado ao longo da elaboração desta dissertação. Aos colegas de grupo, Horácio e Angelina, expresso a minha gratidão pela colaboração nos trabalhos desenvolvidos durante o curso.

E, a todos aqueles que, de forma directa ou indirecta, contribuíram para a concretização deste mestrado, deixo o meu sincero agradecimento.

Índice

DECLARAÇÃO DE HONRA.....	i
AGRADECIMENTOS	ii
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE ANEXOS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Motivação	2
1.3. Contribuição.....	3
1.4. Problema	3
1.5. Justificativa	5
1.6. Objectivos	5
1.6.1. Objectivo geral:.....	5
1.6.2. Objectivos específicos:	5
1.7. Hipóteses.....	6
1.8. Estrutura da Dissertação	6
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1. Impactos ambientais na irrigação fotovoltaica em comparação com os métodos convencionais.....	8

2.1.1.	Energia Fotovoltaica na Irrigação	8
2.1.2.	Mudanças climáticas	11
2.2.	Mudanças climáticas na agricultura	17
2.3.	Adaptação às mudanças climáticas	20
2.4.	Sustentabilidade da irrigação fotovoltaica na agricultura de pequena escala	21
2.5.	Fontes de energia renovável para a irrigação	24
2.6.	Sustentabilidade socioeconómica da energia fotovoltaica na irrigação agrícola	29
2.7.	Descrição das Condições Agroclimáticas da Área de Estudo	37
2.8.	Localização geográfica	38
2.9.	Descrição climática	39
2.10.	Relevo e Solos	40
2.11.	Recursos hídricos	40
2.12.	Demografia	41
2.13.	Aspectos socioeconómicos	42
3.	MATERIAL E MÉTODOS	44
3.1.	Participantes e Recolha de dados	45
3.1.1.	Técnicas de Colecta de Dados	46
3.1.2.	Estrutura do Instrumento de Colecta	47
3.2.	Técnicas de Análise de Dados	48
3.2.1.	Análise Estatística Descritiva	48
3.2.2.	Análise Estatística Inferencial	49
3.3.	Justificativa Metodológica	50
3.4.	Limitações do estudo	51
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1.	Caracterização Socioeconómica dos Agricultores de Pequena Escala em Moamba	

4.1.1.	Género do Chefe de Agregado.....	54
4.1.2.	Nível de Escolaridade	55
4.1.3.	Tamanho dos Agregados Familiares e Mão de Obra Agrícola.....	56
4.1.4.	Área Irrigada	57
4.1.5.	Fontes de Rendimento.....	58
4.2.	Sustentabilidade Socioeconómica da Irrigação Fotovoltaica	59
4.2.1.	Custo da Irrigação Convencional.....	59
4.2.2.	Economia Potencial com Irrigação Fotovoltaica	61
4.2.3.	Análise Estatística Inferencial.....	63
4.2.4.	Implicações para a Sustentabilidade	63
4.3.	Potencialidades para Adopção da Irrigação Fotovoltaica	64
4.3.1.	Potencial Técnico-Operacional.....	64
4.3.2.	Perfil Socioeconómico Favorável	65
4.3.3.	Acesso à Energia e Padrões de Irrigação	66
4.3.4.	Abertura à Inovação Tecnológica	66
4.4.	Factores Determinantes da Adopção da Irrigação Fotovoltaica	67
4.4.1.	Conhecimento e Percepção sobre a Tecnologia.....	68
4.4.2.	Testes de Associação	69
4.4.3.	Modelo de Regressão Logística	69
4.4.4.	Síntese das Potencialidades e Grupos de Acção	73
4.4.5.	Grupo 1 – Adopção Imediata.....	73
4.4.6.	Grupo 2 – Conversão com Incentivo	73
4.4.7.	Grupo 3 – Capacitação com Desconhecimento	73
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	75
5.1.	Conclusões	75
5.2.	Recomendações.....	76

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
7. ANEXOS	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Relação entre o consumo de diesel e emissões de CO2 na irrigação.....	9
Figura 2-2. Clima e preços do gasóleo nos países da África Subsaariana.	10
Figura 2-3. Anomalia da temperatura média anual de Moçambique.....	12
Figura 2-4. Anomalias de temperaturas (esquerda) máxima e (direita) mínima, registadas na rede de estações meteorológicas do INAM,IP em 2023.	12
Figura 2-5. Anomalia sazonal de precipitação de Janeiro a Março(esquerda) e Outubro a Dezembro (direita) de 2023.	13
Figura 2-6. Tendência do aumento da temperatura resultante da actividade humana de 1850-2020.....	14
Figura 2-7. Tendência das emissões de gases de efeito estufa de 1850-2019.	15
Figura 2-8. Sistemas tropicais que atingiram a costa moçambicana por década.	16
Figura 2-9. Anomalias da temperatura média anual em relação ao período de referência 1961-1990, para o histórico.....	17
Figura 2-10. Histórico da temperatura da superfície global terrestre de 1850 a 2020, e efeitos do clima na agricultura.....	18
Figura 2-11. Tendência da mudança de precipitação e efeitos no solo em diferentes cenários.	19
Figura 2-12. Fontes de energias renováveis.....	25
Figura 2-13. Diagrama de sustentabilidade.	30
Figura 3-1. Localização geográfica do distrito de Moamba.	39
Figura 3-2. Descrição climática (precipitação e temperatura) do distrito de Moamba (2021-2023).	40
Figura 3-3. Pirâmide da População do distrito de Moamba em 2022.....	42
Figura 4-1. Curva ROC gerada para o modelo de regressão logística.	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-1. Instrumentos de Política Pública Agrícola em Moçambique e seus Anos de Lançamento.....	4
Tabela 2-1. Análise Comparativa das Fontes Energéticas para Sistemas de Irrigação.	26
Tabela 2-2. Avaliação Comparativa dos Efeitos Ambientais de Tecnologias de Irrigação: Fotovoltaica e Convencional.....	28
Tabela 2-3. Comparação dos custos (em USD) do sistema PV e Diesel utilizando a análise do custo do ciclo de vida. Fonte (Ebubekir et al., 2023).	31
Tabela 2-4. Comparativa da Sustentabilidade Socioeconómica das Fontes de Energia para Irrigação Agrícola. (Fonte: A Autora)	34
Tabela 4-1. Resumo da Estatística Descritiva dos Agricultores Inquiridos (n = 25).....	53
Tabela 4-2. Perfil Socioeconómico dos Agricultores Inquiridos.....	54
Tabela 4-3. Perfil Socioeconómico dos Agricultores Familiares.	59
Tabela 4-4. Carga Económica da Irrigação Convencional.	61
Tabela 4-5. Potencial Técnico-Operacional.....	65
Tabela 4-6, Acesso a Crédito e Financiamento Agrícola.	65
Tabela 4-7. Perfil Socioeconómico Favorável.....	66
Tabela 4-8. Acesso à Energia e Padrões de Irrigação.....	66
Tabela 4-9. Abertura à Inovação Tecnológica.....	67
Tabela 4-10. Conhecimento e Percepção sobre a Tecnologia Fotovoltaica.	69
Tabela 4-11. Testes de Associação.....	69
Tabela 4-12. Resultados do Modelo de Regressão Logística.....	70
Tabela 4-13. Comparação dos Resultados do Estudo de Moamba (presente estudo) com Estudos Similares.....	71
Tabela 4-14. Segmentação dos Agricultores e Estratégias de Acção.....	74

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 7-1 : QUESTIONÁRIO	90
ANEXO 7-2. : CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	91
ANEXO 7-3. : ORÇAMENTO	92
ANEXO 7-4 : DOCUMENTAÇÃO VISUAL DAS ACTIVIDADES DE CAMPO	92

RESUMO

As mudanças climáticas representam um dos principais desafios à sustentabilidade agrícola, especialmente em países em desenvolvimento como Moçambique, onde a agricultura de subsistência, praticada em regime de sequeiro, é vital para a segurança alimentar rural. Esta dissertação analisa o potencial da irrigação fotovoltaica como estratégia de adaptação climática, com foco nos agricultores familiares do distrito de Moamba. Avalia-se a sustentabilidade socioeconómica da tecnologia, a predisposição dos agricultores para a sua adopção e os factores que influenciam essa decisão. A pesquisa utilizou uma abordagem metodológica mista, com dados recolhidos por inquéritos e entrevistas semiestruturadas nos blocos I e II do regadio. A análise estatística incluiu técnicas descritivas (frequências, médias, desvios padrão) e inferenciais, com destaque para a regressão logística binária. Os resultados indicam que 72% dos agricultores estão abertos à adopção da irrigação fotovoltaica, 65% possui rendimento anual inferior a 100.000 meticais e 58% utiliza fontes hídricas superficiais com irrigação diurna. A tecnologia demonstrou reduzir os custos operacionais em média 35% em relação aos sistemas convencionais. A análise inferencial revelou associação significativa entre a predisposição à adopção e factores como rendimento anual e experiência prévia com tecnologias solares ($p < 0.05$). A elevada compatibilidade técnica com as condições locais reforça o potencial da irrigação fotovoltaica. A segmentação dos agricultores em três grupos permitiu delinear estratégias específicas, como projectos-piloto, incentivos financeiros e capacitação técnica. Conclui-se que a adopção da tecnologia depende de factores socioeconómicos, cognitivos e institucionais, sendo essencial a implementação de políticas públicas integradas que promovam a inovação tecnológica no meio rural e garantam a amplitude de aplicação e sustentabilidade da solução.

Palavras-chave: Agricultura familiar; Adaptação climática; Irrigação fotovoltaica; Sustentabilidade socioeconómica.

ABSTRACT

Climate change constitutes one of the principal challenges to agricultural sustainability, particularly in developing countries such as Mozambique, where subsistence farming, predominantly reliant on rainfed systems, remains the primary source of income and food security for rural populations. This dissertation examines the potential of photovoltaic irrigation as a climate adaptation strategy within the agricultural sector, with a specific focus on smallholder farmers in the district of Moamba. It assesses the socio-economic sustainability of the technology, the farmers' willingness to adopt it, and the key factors influencing this decision. The study employed a mixed-methods research design, incorporating both quantitative and qualitative data collected through surveys and semi-structured interviews conducted in irrigation blocks I and II. Statistical analysis included descriptive techniques (frequencies, means, standard deviations) and inferential methods, with particular emphasis on binary logistic regression. Findings indicate that 72% of farmers expressed openness to adopting photovoltaic irrigation, 65% reported annual household incomes below 100,000 meticaïs, and 58% utilised surface water sources with daytime irrigation schedules. The technology demonstrated an average reduction of 35% in operational costs compared to conventional systems. Inferential analysis revealed a statistically significant association between the willingness to adopt and factors such as annual income and prior experience with solar technologies ($p < 0.05$). The strong technical compatibility of photovoltaic irrigation with local conditions reinforces its potential. The segmentation of farmers into three distinct groups enabled the formulation of targeted intervention strategies, including pilot projects, financial incentives, and technical training programmes. It is concluded that the adoption of this technology is contingent upon a combination of socio-economic, cognitive, and institutional factors. Therefore, the implementation of integrated public policies that foster technological innovation in rural areas is essential to ensure the broad applicability and long-term viability of the proposed solution.

Keywords: Smallholder farmers; Climate adaptation; Photovoltaic irrigation; Socio-economic sustainability.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abreviatura ou Sigla	Descrição
AF	Agregado Familiar
AfDB	Banco Africano de Desenvolvimento (<i>African Development Bank</i>)
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CO ₂	Dióxido de Carbono
DP	Bomba a Diesel (<i>Diesel Pump</i>)
EDENR	Estratégia de Desenvolvimento de Energias Novas e Renováveis
EDM	Electricidade de Moçambique
ENAMMC	Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação às Mudanças Climáticas
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (<i>Food and Agriculture Organization</i>)
FUNAE	Fundo Nacional de Energia
GEE	Gases de Efeito Estufa
ha	Hectare
INE	Instituto Nacional de Estatística
INAM	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change)
ITCZ	Zona de Convergência Intertropical (<i>Intertropical Convergence Zone</i>)
MAE	Ministério da Administração Estatal
MICOA	Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental
MT	Meticaís
NPV	Valor Actual Líquido (<i>Net Present Value</i>)
ODS	Objectivos de Desenvolvimento Sustentável
PARPA	Plano de Acção para a Redução da Pobreza Absoluta
PAPA	Plano de Acção para Produção de Alimentos
PEDSA	Plano Estratégico de Desenvolvimento do Sector Agrário
PICA	Plano Integrado de Comercialização Agrícola
PIB	Produto Interno Bruto

PNISA	Plano Nacional de Investimento do Sector Agrário
PV	Fotovoltaico
PVP	Bomba Fotovoltaica (<i>Photovoltaic Pump</i>)
ROI	Retorno sobre o Investimento (<i>Return on Investment</i>)
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>)
USD	Dólar Norte Americano (United States Dollar)

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma análise abrangente sobre os desafios enfrentados pela agricultura familiar em Moçambique, especialmente no distrito de Moamba face às mudanças climáticas. Apresenta-se a contextualização da pesquisa abordando a importância da irrigação como estratégia para aumentar a produtividade agrícola, com destaque a prática convencional baseada em combustíveis fósseis, que contribui significativamente para as emissões de gases de efeito estufa. Nesse cenário, a irrigação fotovoltaica surge como uma alternativa sustentável, capaz de mitigar impactos ambientais e promover a adaptação climática.

1.1. Contextualização

Segundo a FAO (2017) e Phetheet *et al.* (2021), as áreas irrigadas produzem entre 30 a 40% dos alimentos a nível mundial e, cerca de 70% da água captada no subsolo destina-se a fins agrícolas no mundo. Armand *et al.* (2019) refere que no continente africano a agricultura é o principal catalisador de crescimento económico uma vez que, este sector emprega 70% da mão-de-obra que representa 30% do Produto Interno Bruto (PIB) de África.

O limitado acesso à rede eléctrica nacional nesta região restringe severamente a adopção de sistemas de irrigação convencionais, perpetuando a dependência de métodos de cultivo vulneráveis ao clima e, paradoxalmente, de motobombas a diesel, que quando utilizadas, são onerosas e contribuem para as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).

Num contexto em que se observa rápido crescimento populacional, e em contrapartida, aumento dos impactos desproporcionais das mudanças climáticas sobre as populações sobretudo principalmente rurais (Abbas, 2022), estratégias de aumento de produtividade agrícola são indispensáveis, com destaque para a agricultura de conservação, sistemas agro-florestais, assim como a prática da agricultura irrigada (FAO, 2017; Guno e Agaton, 2022).

Assim, a nível global, a prática de irrigação baseada em combustíveis fósseis contribui com cerca de 216 milhões de toneladas de CO_{2e}, e espera-se que estas emissões aumentem devido a expansão de áreas irrigadas, tornando-se desta forma, urgente a adopção de irrigação baseada em energias limpas (Qin *et al.*, 2024; Sapkota *et al.*, 2020).

Rahman *et al.* (2022) afirmam que o uso da energia fotovoltaica potencia a capacidade de adaptação das comunidades em zonas rurais propensas a secas, garantindo desta forma tanto a mitigação climática assim como o aumento da produtividade das culturas e da água. Entretanto,

para a garantia da apropriação desta tecnologia, é necessário o envolvimento das comunidades (Uaiene, 2011), que passa pela análise da disponibilidade em adoptar uma nova tecnologia.

Existe uma lacuna de conhecimento quanto à viabilidade socioeconómica específica, a aceitação local e os modelos de negócio mais adequados para a adopção desta tecnologia pelo agricultor familiar em contextos rurais moçambicanos, como é o caso do distrito de Moamba. Neste contexto, o presente estudo, pretende avaliar o potencial da irrigação fotovoltaica como medida de adaptação climática no distrito de Moamba.

1.2. Motivação

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios contemporâneos à sustentabilidade dos sistemas agrícolas, particularmente em países em desenvolvimento como Moçambique, onde a agricultura de subsistência, predominantemente de sequeiro, constitui a principal fonte de rendimento e segurança alimentar para a maioria da população rural.

O distrito de Moamba, caracterizado por uma agricultura predominantemente familiar e dependente do regime de sequeiro, enfrenta crescentes desafios decorrentes das mudanças climáticas, nomeadamente a irregularidade da precipitação e o aumento da frequência de secas. Embora o rio Incomáti constitua a principal fonte hídrica para irrigação, a dependência da rede eléctrica nacional para o funcionamento dos sistemas de bombagem representa uma limitação, tanto em termos de fiabilidade como de sustentabilidade ambiental.

Neste contexto, a irrigação fotovoltaica surge como uma solução tecnológica estratégica que permite simultaneamente adaptar a agricultura às condições climáticas adversas e mitigar as emissões de gases de efeito de estufa associadas ao uso de energia convencional. A substituição de sistemas de irrigação alimentados por electricidade da rede ou por combustíveis fósseis por sistemas solares fotovoltaicos pode reduzir significativamente os custos operacionais, aumentar a resiliência produtiva das comunidades agrícolas e contribuir para os compromissos nacionais e globais de transição energética.

Portanto, este estudo visa avaliar a viabilidade da irrigação fotovoltaica como medida integrada de adaptação e mitigação climática, com enfoque na sustentabilidade socioeconómica e ambiental, tendo como caso de estudo o distrito de Moamba. A análise está alinhada com instrumentos estratégicos nacionais como a Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação às Mudanças Climáticas (ENAMMC), o Plano Estratégico de Desenvolvimento do Sector Agrário (PEDSA) e o Plano Nacional de Investimento do Sector Agrário (PNISA), que

reconhecem a irrigação como ferramenta essencial para a resiliência agrícola e promovem o uso de energias renováveis como parte da transição para uma agricultura sustentável.

1.3. Contribuição

Este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre soluções tecnológicas sustentáveis no sector agrícola, ao avaliar a viabilidade da irrigação fotovoltaica como medida simultânea de adaptação e mitigação às mudanças climáticas. Através da análise do caso do distrito de Moamba, onde a agricultura depende do rio Incomáti e da rede eléctrica nacional, a investigação fornece evidência empírica sobre os benefícios ambientais, económicos e sociais da transição para sistemas de irrigação alimentados por energia solar. Os resultados esperados trazem evidências científicas que irão apoiar na formulação de políticas públicas, estratégias de electrificação rural e programas de resiliência climática, promovendo uma agricultura mais sustentável e autónoma em contextos vulneráveis, alinhadas com os Objectivos de Desenvolvimento Sustentável.

1.4. Problema

A actividade agrícola em Moçambique é maioritariamente praticada pelo sector familiar, onde os pequenos agricultores contribuem com cerca de 99 % da área cultivada e 95% da produção de alimento, com elevada dependência das condições climáticas, isto é, em regime de sequeiro. Este cenário torna esta actividade altamente vulnerável aos riscos climáticos (Abbas, 2022). Por outro lado, o uso de combustível fóssil nos poucos sistemas de irrigação, o baixo uso de tecnologias melhoradas e inteligentes ao clima, interferem negativamente para o aumento da produtividade deste sector (Carrilho *et al.*, 2021; CIAT e World Bank, 2017; Recha e Chiulele, 2017; Uaiene, 2011).

No período entre 2007 à 2015, o sector agrícola sofreu mudanças a nível estrutural e organizacional, no que concerne as políticas e estratégias para o aumento da produtividade e melhoria da insegurança alimentar (Tabela 1-1), onde destacam-se: a Estratégia de Desenvolvimento Rural (EDR); a Estratégia da Revolução Verde; o Plano Estratégico de Desenvolvimento do Sector Agrícola (PEDSA); o Plano Integrado de Comercialização Agrícola (PICA), descrito como um instrumento para a implantação do PEDSA; o Plano Nacional de Investimento do Sector Agrícola (PNISA); o Plano de Apoio à Intensificação e Diversificação da Agricultura e Pecuária (IDAP), o Plano de Acção para Produção de Alimentos (PAPA); a Estratégia de Comercialização Agrícola; o Plano Director de

Desenvolvimento do Agronegócio (PDDA), entre outros.

Tabela 1-1. Instrumentos de Política Pública Agrícola em Moçambique e seus Anos de Lançamento.

Instrumento de Política Agrícola	Ano de Lançamento/Implementação
Estratégia de Desenvolvimento Rural (EDR)	2007
Estratégia da Revolução Verde	2008
Plano Estratégico de Desenvolvimento do Sector Agrário (PEDSA I)	2011
Plano Integrado de Comercialização Agrícola (PICA)	2013
Plano Nacional de Investimento do Sector Agrário (PNISA)	2013
Plano de Apoio à Intensificação e Diversificação da Agricultura e Pecuária (IDAP)	2014
Plano de Acção para Produção de Alimentos (PAPA)	2008
Estratégia de Comercialização Agrícola	2010
Plano Director de Desenvolvimento do Agronegócio (PDDA)	2015

Contudo, muitos deles fracassaram no maior objectivo de aumento de produtividade e redução da fome Carrilho *et al.*, (2021). Um dos principais factores para a determinação da produtividade é a variação dos padrões de precipitação, visto que a água é um recurso essencial para o crescimento das plantas. Os ciclos de desenvolvimento das culturas e a qualidade do solo por exemplo dependem da disponibilidade da água para a qualidade dos produtos agrícolas (Cunguara & Kelly, 2009; MICOA, 2013).

O sector AFOLU (Agricultura, Florestas e Outros Usos de Terra) é apontado para o que mais contribui nas emissões de gases de efeito estufa em Moçambique (AfDB, 2020; Our World in Data, 2022). Portanto, sendo esta actividade associada as emissões de GEE a nível do continente africano e especificamente em Moçambique, é crucial a promoção e adopção de projectos de energias limpas nos sectores e processos produtivos, como é o caso da agricultura (Cunguara e Kelly, 2009; MICOA, 2013).

1.5. Justificativa

Campos e Bezerra (2020) referem que a tecnologia fotovoltaica aliada ao bombeamento de água em fontes de água como rios, lagos, poços artesianos ou poços simples em propriedades rurais longe das redes convencionais de energia, permite o aumento de renda de agricultores e suas comunidades, através do aumento da produtividade da terra, sem precisar modificar uma extensa área natural e seu ecossistema durante a sua instalação. Alvarenga *et al.* (2014) e Vicentin *et al.* (2016) salienta que o sistema de produção fotovoltaica (FV) é uma solução sustentável, ecológica e económica nas propriedades de comunidades rurais isoladas, como alternativa de se obter energia eléctrica, através da conversão directa da radiação solar em energia eléctrica, a partir das células fotovoltaicas, substituindo o uso de outras fontes não renováveis como motor à diesel, que além de ser poluente, possui alto valor económico e custo de manutenção.

Ali (2011), Pathik (2016) e Popoola (2022) referem que numa perspectiva de produção de energia eléctrica no caso específico para a irrigação agrícola, em substituição de combustíveis fósseis, o sistema fotovoltaico revela-se um importante recurso de produção desta forma de energia, contribuindo para a redução de emissão dos gases de efeito estufa assim como da dependência dos combustíveis fósseis e também uma forma de se adaptar a dependência climática para produção.

1.6. Objectivos

1.6.1. Objectivo geral:

- Avaliar o potencial da irrigação fotovoltaica como medida de adaptação climática no distrito de Moamba.

1.6.2. Objectivos específicos:

- Analisar a sustentabilidade socioeconómica da irrigação fotovoltaica de pequena escala no distrito de Moamba;
- Avaliar as potencialidades dos agricultores de pequena escala na adopção da irrigação fotovoltaica no distrito de Moamba;
- Identificar os factores determinantes para a adopção da irrigação fotovoltaica no distrito de Moamba pelos agricultores de pequena escala.

1.7. Hipóteses

- H₀: A irrigação fotovoltaica não é ambientalmente e socioeconomicamente sustentável para a agricultura de pequena escala no distrito de Moamba.
- H₁: A irrigação fotovoltaica é ambientalmente e socioeconomicamente sustentável para a agricultura de pequena escala no distrito de Moamba.

1.8. Estrutura da Dissertação

A estrutura da presente dissertação integra-se num único volume que apresenta nove capítulos (7), dispostos de forma a assegurar uma abordagem lógica, coerente e científica do tema em análise. A Introdução (1), apresenta a contextualização do problema, a motivação e relevância do estudo, os objectivos gerais e específicos, as hipóteses de investigação e a contribuição científica esperada. A Revisão da Literatura (2), procede com à análise crítica dos principais conceitos e estudos relacionados com as mudanças climáticas, estratégias de adaptação, irrigação agrícola, energias renováveis e, em particular, a aplicação da energia fotovoltaica na agricultura de pequena escala. Nos Materias e Metodos (3), expõe-se os procedimentos utilizados na recolha e análise de dados, incluindo a abordagem mista (quantitativa e qualitativa), os instrumentos aplicados, a amostragem, os métodos de análise económica e social, as Limitações do Estudo, identificando os constrangimentos enfrentados durante a investigação e as suas implicações na interpretação dos resultados. Os Resultados e Discussão (4), analisa-se os dados obtidos à luz dos objectivos propostos e da literatura existente, com especial enfoque na viabilidade técnica, económica, social e ambiental da irrigação fotovoltaica. As Conclusões e Recomendações (5), sintetiza-se os principais pontos da investigação, respondendo às hipóteses formuladas e propondo medidas práticas e políticas para a promoção da irrigação fotovoltaica como estratégia de adaptação e mitigação climática. As Referências Bibliográficas (6) utilizadas ao longo do trabalho, devidamente organizadas segundo as normas académicas. Por fim, os Anexos (7), contem os documentos complementares relevantes, como o questionário aplicado, cronogramas, orçamentos e outros elementos de suporte à investigação.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura inicia-se com uma abordagem sobre as mudanças climáticas, onde destacam-se os principais indicadores (temperatura, precipitação, gases de efeito estufa) e os impactos observados em Moçambique, como o aumento da temperatura média anual e a variabilidade da precipitação. Projeções climáticas indicam que o país poderá enfrentar aumentos de até 4,85°C até 2100, com efeitos severos sobre a agricultura.

Em seguida, o capítulo explora os efeitos das mudanças climáticas na agricultura, evidenciando como a variabilidade climática afecta a produtividade, a qualidade do solo e a incidência de pragas. A agricultura de subsistência, predominante em Moçambique, é especialmente vulnerável, o que reforça a necessidade de estratégias de adaptação como a irrigação sustentável.

A adaptação às mudanças climáticas é apresentada como um processo que envolve soluções tecnológicas, comportamentais e institucionais. O continente africano, incluindo Moçambique, enfrenta desafios adicionais como pobreza, infraestrutura limitada e sobre-exploração dos recursos naturais, o que dificulta a capacidade de resposta às mudanças climáticas.

O capítulo aprofunda a discussão sobre a sustentabilidade da irrigação fotovoltaica, destacando que esta tecnologia oferece benefícios ambientais significativos, como emissões praticamente nulas, ausência de poluição sonora e baixo risco de contaminação do solo e da água. Estudos comparativos mostram que os sistemas fotovoltaicos são mais eficientes e menos poluentes do que os sistemas convencionais baseados em diesel ou eletricidade da rede.

Na análise das fontes de energia renovável para irrigação, são apresentadas diversas alternativas como solar, eólica, hidráulica, biomassa e geotérmica. A energia solar fotovoltaica destaca-se por sua aplicabilidade em zonas remotas, baixa manutenção e impacto ambiental reduzido. Tabelas comparativas mostram que, apesar do custo inicial elevado, a energia solar é a mais sustentável e economicamente viável a longo prazo.

Por fim, o capítulo aborda a sustentabilidade socioeconómica da irrigação fotovoltaica, com base em estudos realizados em países como Etiópia, Namíbia e Bangladesh. Os resultados demonstram que os sistemas solares têm menor custo durante o ciclo de vida, maior retorno sobre o investimento e impacto positivo na segurança alimentar. A aceitação da tecnologia, no entanto, depende de factores como conhecimento técnico, percepção de utilidade, acesso ao financiamento e políticas públicas eficazes.

2.1. Impactos ambientais na irrigação fotovoltaica em comparação com os métodos convencionais

2.1.1. Energia Fotovoltaica na Irrigação

De acordo com Alvarenga *et al.* (2014) e Lima (2019) a energia solar fotovoltaica é a energia produzida através da conversão directa da luz solar em electricidade por meio das células fotovoltaicas, chamado efeito fotovoltaico, onde surge uma diferença de potencial nos extremos de um material semicondutor, normalmente formados de silício, produzida pela absorção da luz.

O uso de sistemas fotovoltaico (PV) para sistemas de bombeamento de água tem se revelado uma das opções mais viáveis da aplicação da energia solar no último século sobretudo em áreas remotas e desérticas. Factores como a disponibilidade da energia solar, demanda hídrica e custos efectivos são essências para a avaliação da instalação de qualquer sistema PV para bombeamento, para o sucesso de irrigação (Chilundo *et al.*, 2014). Importa referir que, o bombeamento de água para irrigação à base de sistema fotovoltaico revela-se como uma resposta muito importante para questões climáticas; e representam também uma ferramenta chave para países em vias desenvolvimento, em que parte significativa das populações não tem acesso à rede convencional de energia eléctrica e em alguns casos sequer tem acesso à água potável para o consumo humano.

Malla *et al.* (2011), Shinde e Wandre (2015), Islam *et al.* (2022) e Hassan (2023), afirmam que a energia solar é melhor que o gasóleo. Isto porque a energia solar gera energia verde, limpa e sem emissões de carbono podendo também ser reutilizável. Além disso, uma bomba solar requer menos manutenção do que uma bomba a gasóleo. Portanto, o sistema de bombeamento solar para irrigação agrícola representa uma solução holística que integra benefícios ambientais, sociais e económicos. Promovendo a sustentabilidade, a resiliência e a independência energética, facto que contribui para o avanço da agricultura sustentável e para o bem-estar das comunidades agrícolas em todo o mundo face as mudanças climáticas.

Em Moçambique de acordo com (Mokveld & Eije, 2018) citado por Naidoo e Loots (2020), até 2015, o Fundo Nacional de Energia (FUNAE), entidade dedicada à promover o acesso à energia em Moçambique a partir de fontes renováveis, instalou-se aproximadamente 1500 sistemas solares isolados, 60 sistemas solares para abastecimento de água e entre 2006 e 2016 o Fundo instalou 60 sistemas de irrigação solar fotovoltaica (Naidoo e Loots, 2020).

De encontro a isto, afirma-se que a irrigação agrícola potencializa o desenvolvimento económico e a segurança alimentar, no entanto a irrigação através de bombas alimentadas por electricidade e diesel de origem fóssil, está associada a emissões dos principais gases de efeito estufa (Guno e Agaton, 2022; Phetheet *et al.*, 2021).

Por outro lado, Sarkar *et al.*, (2016) constatou que enquanto a energia produzida a base do diesel na irrigação agrícola gerava emissões de CO₂, a energia produzida pelo sistema fotovoltaico produzia zero ou quase zero emissões necessitando apenas de baterias de armazenamento. E no mesmo estudo, observa-se também que a medida que o preço do diesel aumenta, a energia fotovoltaica torna-se mais viável na irrigação agrícola (Sarkar *et al.*, 2016).

A Figura 2.10 mostra as emissões de CO₂ e a fracção de energia produzida em excesso na irrigação. O gráfico mostrou que, se houver um baixo armazenamento de carga que caso é um tanque de armazenamento de água, haverá uma necessidade frequente de funcionamento do gerador a diesel.

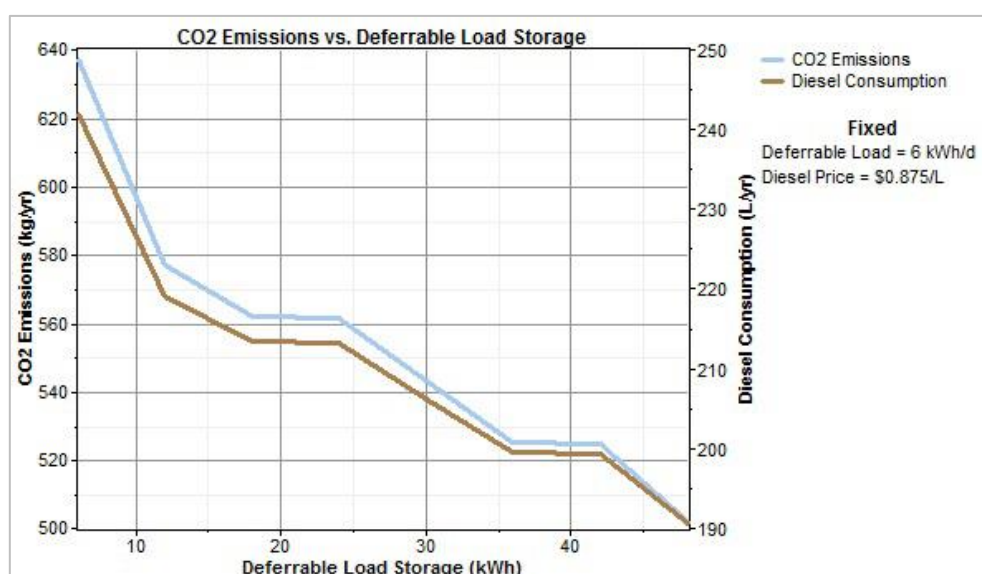


Figura 2-1. Relação entre o consumo de diesel e emissões de CO₂ na irrigação.

Fonte: (Sarkar *et al.*, 2016).

Os painéis fotovoltaicos necessitam de luz solar, que não é uma fonte contínua de energia, pelo que é importante utilizar um depósito de armazenamento maior de modo a obter-se maior qualidade do sistema.

Em outro estudo realizado na África Subsaariana por Xie *et al.* (2021) onde comparou-se a relação custo-eficácia da energia solar fotovoltaica e do diesel para irrigação os resultados do estudo mostraram que a energia solar fotovoltaica é uma solução energética promissora para

apoiar o desenvolvimento da irrigação. E que, a energia fotovoltaica para a irrigação pode ser mais económica, particularmente nas regiões da África Central e Austral (Xie *et al.*, 2021).

Por outro lado, os geradores a diesel usados na irrigação requerem manutenção, como por exemplo mudanças de óleo, filtro e líquido de refrigeração, e substituição regular de peças. Onde o intervalo dos serviços de manutenção e substituição depende da qualidade do equipamento (Bencalo *et al.*, 2022). E o mesmo não se verifica no sistema fotovoltaico, visto que estes apresentam um ciclo de vida e a frequência de manutenção e relativamente baixa quando comparada com o sistema a diesel (Xie *et al.*, 2021).

O diesel é a principal componente de custo da irrigação a gásóleo, representando 70%-90% do custo do ciclo de vida de todo o sistema conforme demonstra a Figura 2-2.

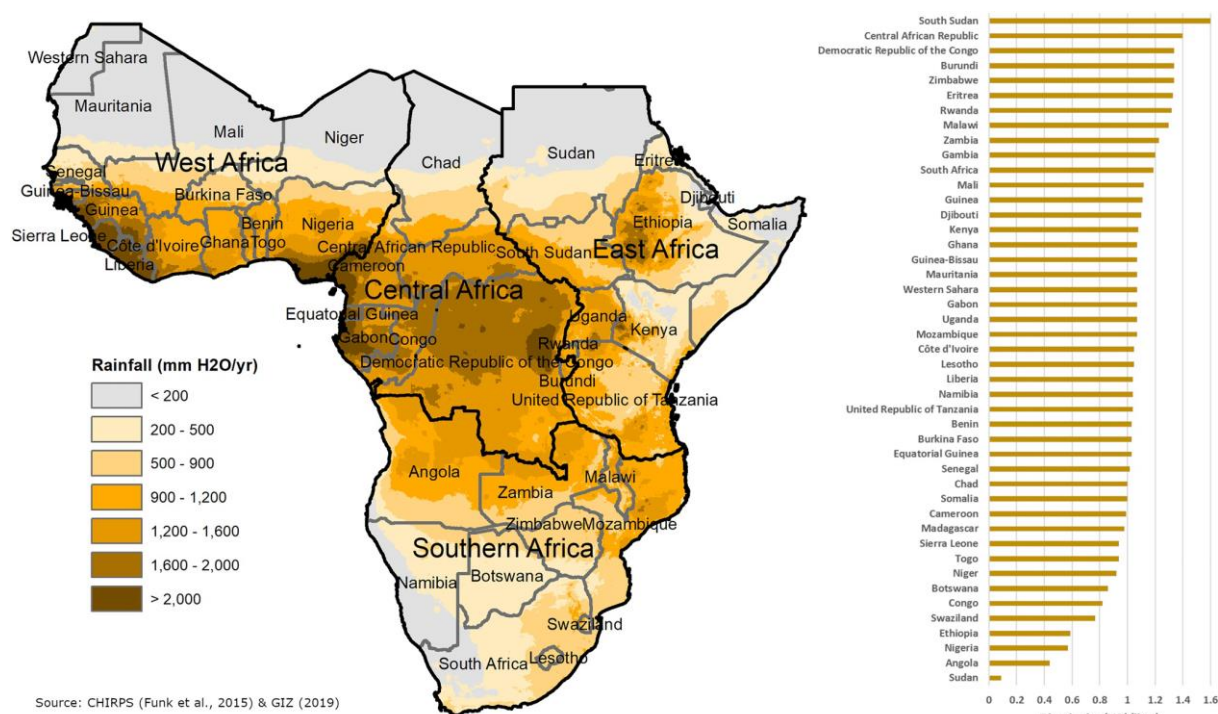


Figura 2-2. Clima e preços do gásóleo nos países da África Subsaariana.

Fonte: Funk *et al.* (2015) citado por Xie *et al.* (2021).

A irrigação baseada no diesel, apesar de baixo custo de aquisição quando comparado com o fotovoltaico, num contexto de mudanças climáticas, apresenta-se como uma ameaça devido a emissão de gases de efeito estufa. Neste contexto, a irrigação fotovoltaica, apresenta-se como uma estratégia, tanto de adaptação, quanto de mitigação das mudanças climáticas no sector agrícola (Hassan, 2023).

Apesar da sustentabilidade ambiental do sistema fotovoltaico (Hassan, 2023), a sua efectividade depende também, das características socioeconómicas da população local (Farghali *et al.*, 2023).

2.1.2. Mudanças climáticas

A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (UNFCCC, 2007) define a mudança climática como uma alteração do clima atribuída de forma directa ou indirectamente, à actividade humana que modifica a composição da atmosfera global, além da variabilidade climática natural observada em períodos comparáveis.

O aumento da queima de combustíveis fósseis e das mudanças no uso da terra têm emitido, e continua a emitir, quantidades crescentes de gases de efeito estufa na atmosfera da Terra. Entre os principais gases de efeito estufa encontram-se o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) (UNFCCC, 2007; IPCC, 2022).

Indicadores Climáticos: são definidos como métricas utilizadas para monitorar e avaliar as mudanças no clima global. Alguns dos principais indicadores incluem: precipitação média, temperatura média, nível do mar, concentração de gases de efeito estufa, massa glacial (IPCC, 2006).

No caso de Moçambique, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INAM, 2023) devido à sua localização geográfica, o clima depende grandemente de factores climáticos como a Oscilação Sul-El Niño (ENSO), o Dípolo do Oceano Índico (IOD), o Dípolo da Região Subtropical do Oceano Índico (SIOD), os Anticiclones (do Índico e do Atlântico), a Zona de Convergência Intertropical (ITCZ), a Oscilação Madden-Julian (MJO), a continentalidade, a cobertura vegetal, a latitude e a altitude. Os indicadores climáticos mais abordados são a temperatura e a precipitação, devido à sua relevância na vida social, económica e ambiental do país, sobretudo com o tópico do aquecimento global e das mudanças climáticas (INAM, 2023).

- **Temperatura:** A
- Figura 2-3 ilustra a variação da temperatura média anual de Moçambique entre 1950 e 2023. Em 2023, a temperatura média do país foi 0.7°C superior ao valor climatológico normal (1981-2010). Uma vasta área das regiões Centro e Norte do país apresentou anomalias positivas nas temperaturas máximas, destacando-se as províncias de Sofala, Manica, Zambézia, Nampula e Niassa, que registaram valores superiores a 2°C acima do normal climatológico). No que diz respeito às temperaturas mínimas, anomalias

positivas superiores a 2°C foram observadas nas províncias de Gaza, Manica, Tete, Zambézia e Nampula (Figura 2-4).

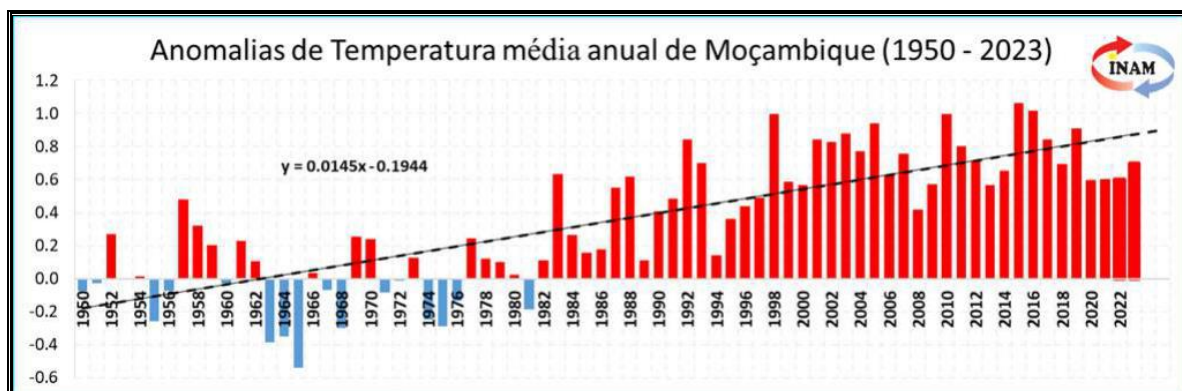


Figura 2-3. Anomalia da temperatura média anual de Moçambique.

Fonte: (INAM, 2023).

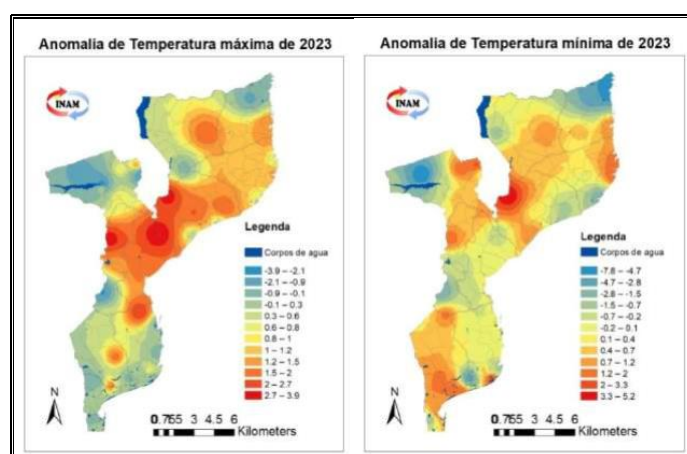


Figura 2-4. Anomalias de temperaturas (esquerda) máxima e (direita) mínima, registadas na rede de estações meteorológicas do INAM,IP em 2023.

Fonte: (INAM, 2023).

- Precipitação:** A época chuvosa em Moçambique inicia em Outubro e termina em Março do ano seguinte. A Figura 2-5 apresenta a distribuição espacial da anomalia da precipitação no período de Janeiro a Março de 2023. Durante este período, houve um défice de precipitação nas províncias de Cabo Delgado, nordeste do Niassa, faixa costeira de Nampula e Zambézia, oeste de Tete e norte de Manica. Valores muito acima do normal foram observados nas províncias de Maputo, Gaza e Inhambane, devido ao sistema de baixas pressões de origem térmica e à influência do ciclone tropical Freddy, que provocou chuvas intensas em Fevereiro de 2023 (INAM, 2023).

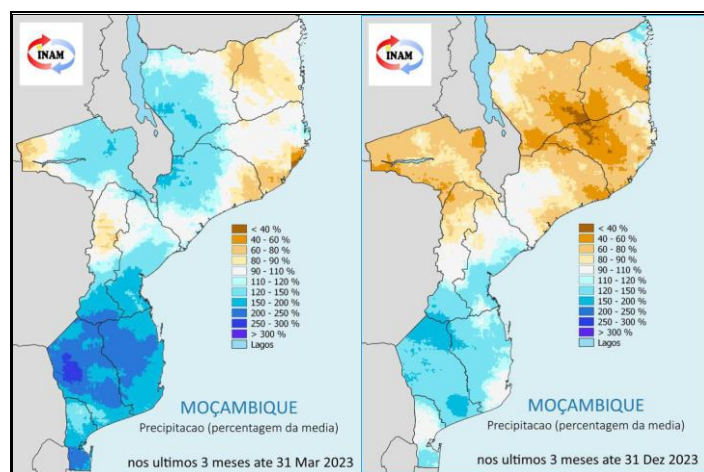


Figura 2-5. Anomalia sazonal de precipitação de Janeiro a Março(esquerda) e Outubro a Dezembro (direita) de 2023.

Fonte: (INAM, 2023) .

Efeito estufa e aquecimento global: o aumento dos gases tem causado um acréscimo na quantidade de calor do sol retido na atmosfera da Terra, calor que normalmente seria irradiado de volta para o espaço. Este aumento de calor leva ao efeito de estufa, resultando em mudanças climáticas (UNFCC, 2007).

As principais características das mudanças climáticas são aumentos na temperatura média global (aquecimento global); mudanças na cobertura de nuvens e na precipitação, particularmente sobre a terra; derretimento das calotas polares e glaciares e redução da cobertura de neve; e aumentos nas temperaturas e acidez dos oceanos devido à absorção de calor e dióxido de carbono da atmosfera pela água do mar (UNFCC, 2007).

Entre 2011 e 2020, a temperatura média global da superfície foi cerca de 1,1°C superior ao período de 1850–1900, com aumentos maiores sobre a terra do que sobre o oceano. Este aquecimento foi causado por actividades humanas, principalmente devido aos gases de efeito estufa como CO₂ e CH₄, parcialmente compensados pelo arrefecimento dos aerossóis. Desde 1970, a temperatura global aumentou mais rapidamente do que em qualquer outro período de 50 anos nos últimos 2000 anos. A Figura 2-6 abaixo ilustra a contribuição humana para o aumento da temperatura global entre 1850–1900 e 2010–2019 é estimada entre 0,8°C e 1,3°C (IPCC, 2022a).

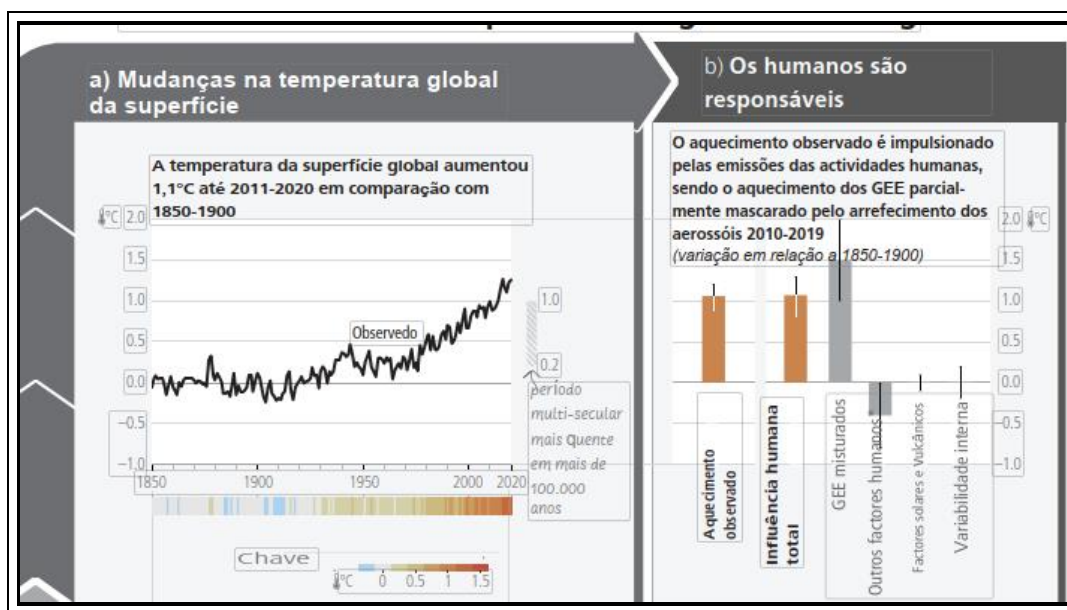


Figura 2-6. Tendência do aumento da temperatura resultante da actividade humana de 1850-2020.

Fonte: (IPCC, 2022a).

De referir que, os sumidouros terrestres e oceânicos têm absorvido uma proporção quase constante a nível global de cerca de 56% por ano das emissões de CO₂ provenientes de actividades humanas ao longo das últimas seis décadas, com diferenças regionais (IPCC, 2022b).

Em 2019, as concentrações atmosféricas de CO₂ atingiram 410 partes por milhão (ppm), CH₄ atingiu 1866 partes por bilhão (ppb) e óxido nitroso (N₂O) atingiu 332 ppb (Figura 2-7). Outros grandes contribuintes para o aquecimento são o ozono troposférico (O₃) e os gases halogenados. As concentrações de CH₄ e N₂O aumentaram para níveis sem precedentes em pelo menos 800.000 anos (confiança muito alta), e há alta confiança de que as concentrações atuais de CO₂ são mais altas do que em qualquer momento nos últimos dois milhões de anos (IPCC, 2022a).

Desde 1750, os aumentos nas concentrações de CO₂ (47%) e CH₄ (156%) excedem em muito e o aumento de N₂O (23%) é semelhante; às mudanças naturais multisseculares entre períodos glaciais e interglaciais ao longo de pelo menos os últimos 800.000 anos. O efeito de

arrefecimento líquido resultante dos aerossóis antropogénicos atingiu o pico no final do século XX (IPCC, 2022b).

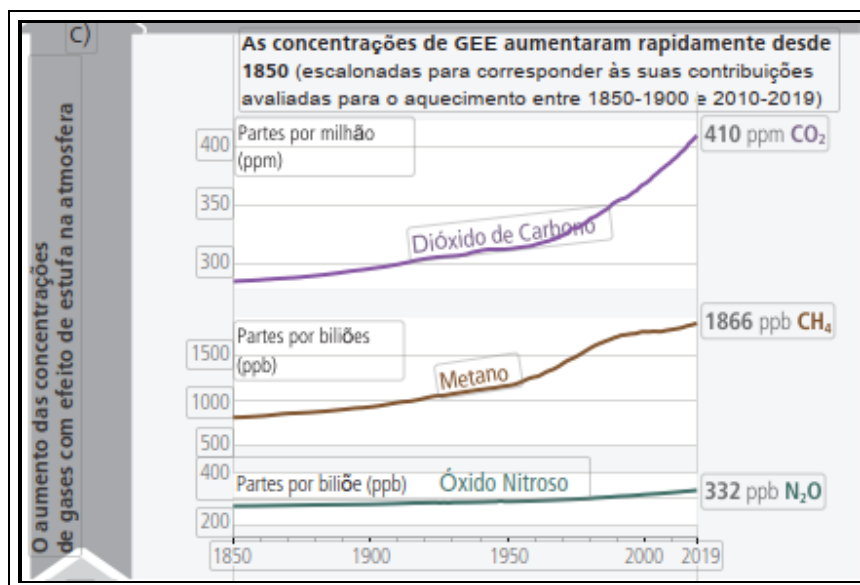


Figura 2-7. Tendência das emissões de gases de efeito estufa de 1850-2019.

Fonte: (IPCC, 2022a).

Portanto, o efeito estufa é um processo natural onde o CO₂, metano CH₄ e óxido de nitroso (N₂O), retêm o calor do sol, impedindo que escape de volta para o espaço. Sendo este um processo natural que mantém a terra aquecida o suficiente para sustentar a vida.

No entanto, o desequilíbrio deste processo que desencadeia no aquecimento global, tem várias consequências, incluindo a intensificação de eventos climáticos extremos como: ondas de calor, secas, cheias, ciclones tropicais.

A localização geográfica de Moçambique expõe o país a eventos climáticos extremos, que impactam directamente a vida e a economia das comunidades, causando danos às infraestruturas, ao meio ambiente e à saúde pública. A Figura 2-8 abaixo demonstra vários eventos extremos que ocorreram até ao ano de 2023.

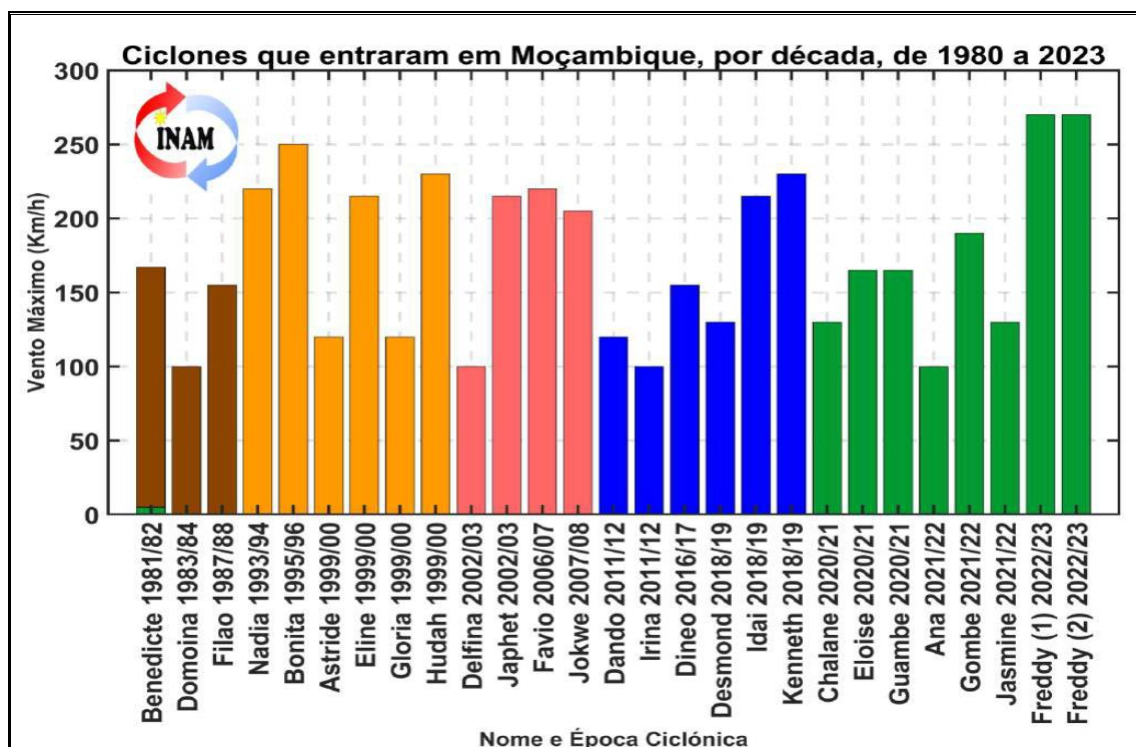


Figura 2-8. Sistemas tropicais que atingiram a costa moçambicana por década.

Fonte: (INAM, 2023).

Por outro lado, em estudo realizado por Mavume *et al.* (2021), analisaram-se projecções de mudanças climáticas para Moçambique com base em diferentes cenários de emissões de gases de efeito estufa, conhecidos como RCPs (Caminhos Representativos de Concentração, do inglês *Representative Concentration Pathways*). Utilizando modelos climáticos regionais de alta resolução do projecto CORDEX-Africa, os autores avaliaram as mudanças esperadas na temperatura e na precipitação para três períodos: 2011–2040, 2041–2070 e 2071–2100, em comparação com o período de referência de 1961–1990 (Figura 2-9).

Os resultados indicam um aumento consistente da temperatura média anual em todo o país, com variações mais acentuadas nos cenários de emissões mais elevadas (RCP4.5 e RCP8.5). As regiões mais afectadas incluem Gaza, o norte de Tete e partes de Niassa, onde as temperaturas máximas e mínimas podem aumentar entre 0,92 °C e 4,85 °C até o final do século. Quanto à precipitação, as projecções mostram uma grande variabilidade espacial e temporal. Algumas regiões podem enfrentar redução das chuvas, enquanto outras, especialmente no norte, podem ter aumento. No entanto, há maior incerteza nas projecções de precipitação do que nas de temperatura.

O estudo destaca que essas mudanças climáticas podem intensificar eventos extremos, como secas e inundações, afectando diretamente sectores como agricultura, recursos hídricos e saúde pública.

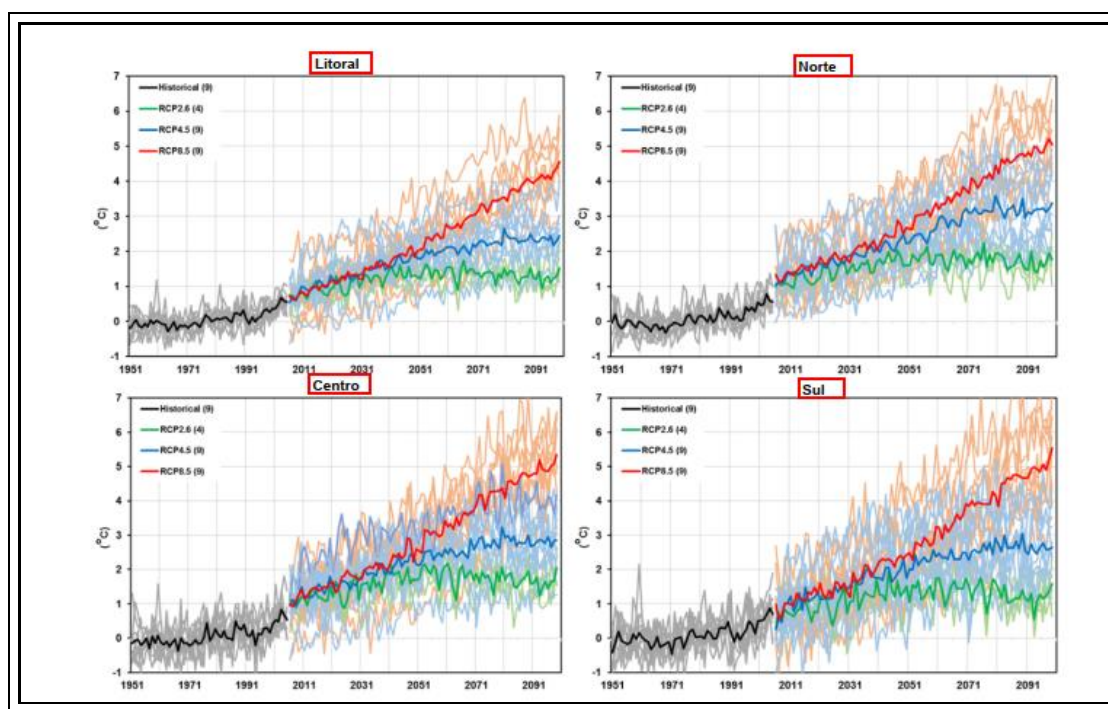


Figura 2-9. Anomalias da temperatura média anual em relação ao período de referência 1961-1990, para o histórico.

Fonte : (Mavume *et al.*, 2021).

2.2. Mudanças climáticas na agricultura

Valer Morales (2011) define a agricultura como um conjunto de acções humanas que transformam o meio natural em um meio adequado para o desenvolvimento das culturas. Segundo as dimensões de produção, a agricultura pode ser classificada em agricultura de subsistência e de mercado.

A agricultura de subsistência caracteriza-se pela produção de quantidades mínimas para satisfazer as necessidades da família e pelo uso de técnicas agrícolas básicas, enquanto a agricultura de mercado implica o uso de técnicas avançadas para produzir grandes quantidades de produtos agrícolas (Dzucule, 2021).

Apostolidou *et al.* (2014), Tiffin e Irz (2006) baseados na análise do comportamento histórico do desenvolvimento dos países ao redor do mundo, afirmam que a agricultura tem sido o motor de todo o crescimento económico e, como consequência, a base da redução da pobreza ao longo da história.

Entretanto, nos países em desenvolvimento, como o caso de Moçambique, a agricultura é altamente dependente de factores climáticos, como temperatura, precipitação, humidade do solo e radiação solar (Brito & Holman, 2012). E a alteração desses factores na agricultura, pode reduzir a produtividade agrícola, e afectar tanto o manejo das culturas, assim como os sistemas sociais, económicos e de políticas públicas (Mendelsohn, 2008) (Figura 2-10).

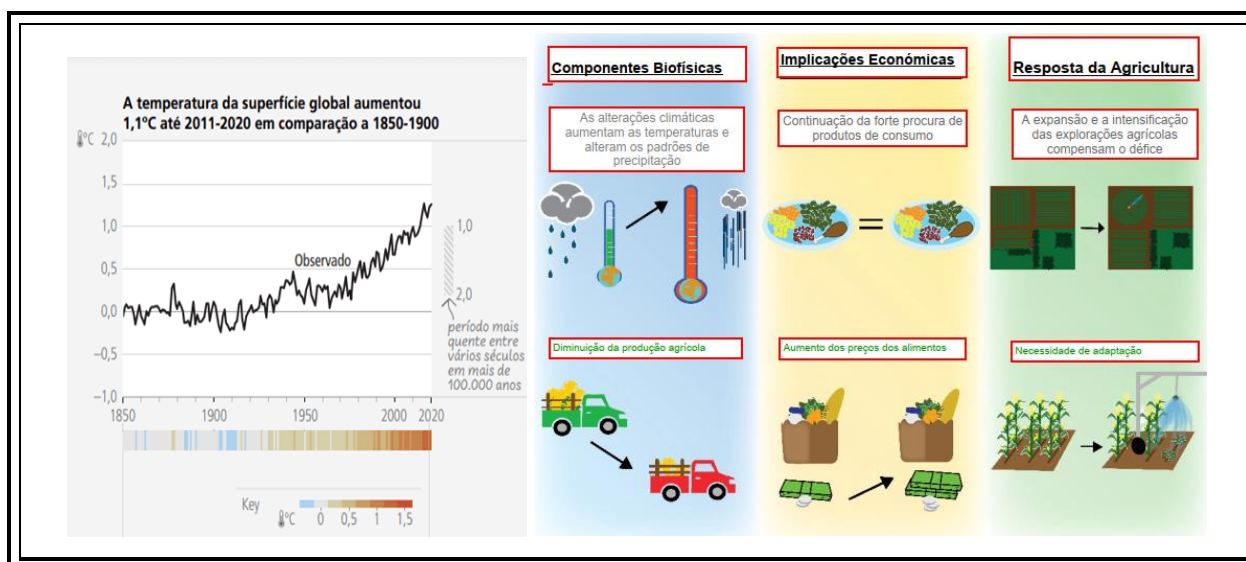


Figura 2-10. Histórico da temperatura da superfície global terrestre de 1850 a 2020, e efeitos do clima na agricultura.

Fonte: (IPCC, 2023; Ruane & Rosenzweig, 2018).

Segundo Pereira (2017) a mudança climática pode afectar a produção agrícola de várias formas: o aumento da frequência e a magnitude de eventos extremos, alteração da intensidade/índice da colheita (biomassa da cultura), devido a uma mudança no número de graus-dia de crescimento, ou devido a modificação da ocorrência e a severidade de pragas e doenças entre outros efeitos, para além da alteração do período de sementeira, devido o aumento da variabilidade da quantidade e regime da precipitação (Recha & Chiulele, 2017).

A nível global, continental e regional, as tendências de aquecimento já tornaram-se evidentes e é provável que a variação média anual da temperatura no continente africano ultrapasse os +2°C até 2100 (Pereira, 2017). Para além desta tendência de aquecimento, mesmo que a precipitação se mantenha constante, devido ao aumento das temperaturas, o estresse hídrico existente será ampliado, colocando ainda mais pressão sobre os sistemas agrícolas, especialmente nas zonas áridas.

No caso específico de Moçambique, verificou-se que os padrões da temperatura e da precipitação irão alterar-se até o final do século, esperando-se um aumento generalizado da

temperatura juntamente com uma redução da precipitação, levando o país a tornar-se mais quente e seco. Portanto, espera-se até o final do século uma expansão das zonas áridas e semiáridas, (Figura 2-11) (Abbas, 2022).

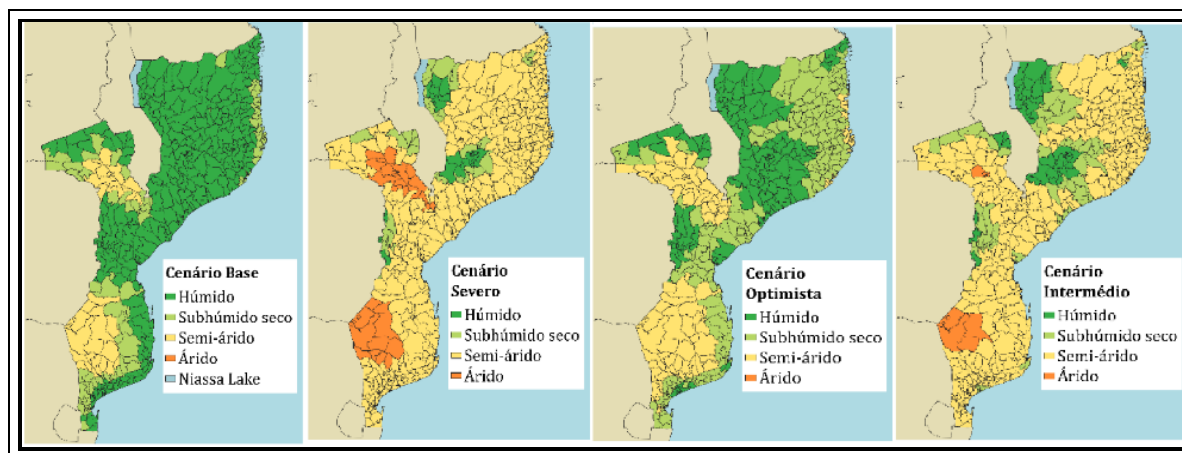


Figura 2-11. Tendência da mudança de precipitação e efeitos no solo em diferentes cenários.

Fonte: (Abbas, 2022).

Estas mudanças, afetarão em grande magnitude vários meios de subsistência das populações rurais, concretamente da agricultura familiar (Brito & Holman, 2012), agravando a situação da insegurança alimentar (Abbas, 2023).

Segundo Armand *et al.* (2019) a agricultura familiar é especialmente vulnerável a essas mudanças e impactos climáticos extremos, devido ao seu acesso limitado a recursos financeiros e sua dependência directa da produção agrícola para subsistência em regime de sequeiro (FAO, 2016).

Entretanto, em regiões de baixa precipitação, precipitação irregular ou sem possibilidades de irrigação, é comum a fraca diversificação de culturas, portanto, destaca-se a necessidade de implementar medidas de adaptação e mitigação para proteger os meios de subsistência e a segurança alimentar das comunidades vulneráveis (FAO, 2013).

Neste contexto, uma das estratégias apontadas em pesquisas face à escassez da precipitação assim como a redução da pobreza nos países em desenvolvimento, é a adopção da agricultura irrigada sustentável (Hasnip *et al.*, 2002; Mupaso *et al.*, 2023; Spurgeon e Yonts, 2013), com vista à garantir maior produtividade de culturas (Letseku e Grové, 2022; Mekonnen *et al.*, 2022).

2.3. Adaptação às mudanças climáticas

Adaptação é definida como um processo pelo qual as sociedades tornam-se capazes de lidar com um futuro incerto. Ou seja, adaptar-se às mudanças climáticas implica adoptar as medidas adequadas para minimizar os efeitos negativos das mudanças climáticas (ou aproveitar os positivos) através de ajustes e modificações apropriadas (UNFCC, 2007).

Existem diversas opções e oportunidades para adaptação. Estas variam desde soluções tecnológicas, como o reforço das defesas costeiras ou a construção de habitações à prova de inundações sobre estacas, até mudanças comportamentais a nível individual, como a redução do consumo de água em períodos de seca e a utilização de redes mosquiteiras tratadas com insecticida. Outras estratégias incluem sistemas de alerta precoce para eventos extremos, melhor gestão dos recursos hídricos, gestão de riscos aprimorada, dentre outras opções de seguros e conservação da biodiversidade (UNFCC, 2007).

África é um continente sob pressão devido aos estresses climáticos e é altamente vulnerável aos impactos das mudanças climáticas. Muitas áreas do continente possuem climas que estão entre os mais variáveis do mundo em escalas sazonais e de décadas (UNFCC, 2007).

Inundações e secas podem ocorrer em uma mesma região com poucos meses de diferença, levando à fome e à perturbação generalizada do bem-estar socioeconómico. E estima-se que um terço da população africana já vive em áreas propensas à seca e 220 milhões de pessoas são expostas a secas anualmente (Abbas, 2017).

Diversos factores agravam os impactos da variabilidade climática actual em África, afectando negativamente a capacidade do continente de lidar com as mudanças climáticas. Estes factores incluem pobreza, analfabetismo, falta de competências, instituições fracas, infraestrutura limitada, falta de tecnologia e informação, baixos níveis de educação primária e cuidados de saúde, acesso precário a recursos, baixa capacidade de gestão e conflitos armados. A sobre-exploração dos recursos terrestres, incluindo florestas, o aumento da população, a desertificação e a degradação do solo representam ameaças adicionais (UNFCC, 2007).

Na região do Saara e do Sahel, tempestades de poeira e areia têm impactos negativos na agricultura, infraestrutura e saúde. Devido ao aquecimento global, prevê-se que o clima em África torne-se mais variável, com eventos climáticos extremos mais frequentes e severos, aumentando os riscos para a saúde e a vida. Isto inclui um maior risco de secas e inundações

em novas áreas e inundações devido à elevação do nível do mar nas zonas costeiras do continente (UNFCCC, 2007).

Portanto, continente enfrentará uma crescente escassez de água e stress hídrico, com um potencial aumento de conflitos pela água, uma vez que quase todas as 50 bacias hidrográficas em África são transfronteiriças. A produção agrícola, que depende principalmente da chuva para irrigação, será severamente comprometida em muitos países africanos, especialmente para os agricultores de subsistência na África Subsaariana. Com as mudanças climáticas, muitas terras agrícolas serão perdidas, com estações de crescimento mais curtas e menores rendimentos (FAO, 2007).

Por outro lado aponta-se factores como pobreza, falta de infraestrutura, e sobre-exploração dos recursos naturais agravam a capacidade de adaptação do país (Abbas, 2022).

As mudanças climáticas são um stress adicional para habitats, ecossistemas e espécies já ameaçados do continente bem como a nível do país, e provavelmente desencadeará a migração de espécies e a redução de habitats. Até 50% da biodiversidade total de África está em risco devido à redução de habitats e outras pressões induzidas pelo homem (Ruane & Rosenzweig, 2018).

2.4. Sustentabilidade da irrigação fotovoltaica na agricultura de pequena escala

Segundo Ali (2011) e Gerais *et al.* (2020) e o sector agrícola é tido como o principal centro para o processo de produção de alimentos. Entretanto, este sector, devido ao crescimento demográfico, tem registado aumento da demanda para suprir as necessidades alimentares, despertando desta forma a necessidade de aumento de produtividade agrícola (Kousar *et al.*, 2021). Uma das estratégias para o aumento da produtividade agrícola passa pela adopção de tecnologias melhoradas, tal como é o caso de adopção de agricultura irrigada (Rasyid e Mumpuni Ningsih, 2024).

De acordo com Mahumane e Mulder (2017) Moçambique é um país rico em recursos minerais, contudo apesar da abundância de recursos, a população moçambicana continua a depender significativamente de formas tradicionais de energia. Onde aproximadamente 97% das necessidades energéticas domésticas são supridas por combustíveis de biomassa tradicionais, como madeira e carvão. Apenas cerca de 20% dos agregados familiares têm acesso à electricidade. Além disso, Moçambique ocupa a 10ª posição a partir do fundo no Índice de Desenvolvimento Humano, com cerca de 80% da população vivendo com menos de 2 dólares

por dia e um PIB¹ per capita de apenas cerca de 1000 dólares. No entanto, esta situação está gradualmente a melhorar. Visto que, na última década e meia, Moçambique registou um rápido crescimento económico, a população urbana aumentou cerca de 50% desde 2000, e o acesso à electricidade duplicou nos últimos sete anos.

Em estudo de viabilidade realizado por Sarkar *et al.* (2016) no Bangladesh país tropical onde a agricultura contribui com cerca de 60% do PIB, fez-se a modelação de uma carga de irrigação típica de um ano inteiro e utilizada para analisar a viabilidade da substituição de bombas de irrigação a diesel por sistemas de bombas solares fotovoltaicas no HOMER. Observou-se que 84% da energia fotovoltaica produzida era excedente. O estudo enfatizou a necessidade de armazenamento da energia em excesso, aliada a irrigação correcta e na altura certa por forma a contribuir significativamente para o alto rendimento das culturas.

A agricultura irrigada nos países em desenvolvimento tem sido maioritariamente baseada em combustíveis fósseis, principalmente para o bombeamento de água para a rega, funcionamento de maquinaria agrícola para a preparação do solo, colheita (Ex: debulhadoras e os tractores) (Pryor *et al.*, 2017).

Em estudo de revisão intitulado “Irrigação, uma ferramenta produtiva para a segurança alimentar” realizado por Darko *et al.* (2016); foram analisados os panoramas do passado, actual e do futuro da irrigação como instrumento viável para a garantia da segurança alimentar no mundo. Verificou-se com base nas tendências do passado, que as futuras tecnologias de irrigação devem centrar-se em desenvolver e promover novas práticas de irrigação e sistemas de gestão para otimizar a produção agrícola.

Perry *et al.* (2009) no estudo sobre aumento da produtividade agrícola com foco nas restrições agronómicas e realidades hidrológicas, constataram a partir da análise da disponibilidade de água, fontes de água, tipo de irrigação, solo etc.; que a irrigação adequada e racional pode ser uma óptima aliada para aumento da produtividade.

Em Moçambique, segundo Aquastat (2015) as principais áreas adequadas para irrigação situam-se no centro e no norte; só a província da Zambézia representa cerca de 60 por cento do potencial de irrigação. As províncias do Sul têm a maior necessidade de irrigação, e apenas uma pequena parte da terra adequada para irrigação.

¹ PIB: Produto Interno Bruto.

O histórico de irrigação do país remonta ao período pré-independência. Em 1968, as terras irrigadas tinham um total de 65 000 ha, dos quais 72 por cento localizava-se nas províncias de Maputo e Gaza. Em 1973, esta área aumentou para 100 000 ha devido ao estabelecimento de empresas açucareiras e colonos do Limpopo, que localizavam-se nas províncias meridionais de Maputo e Gaza (Aquastat, 2015).

Após a independência em 1975, a área irrigada no país foi aumentada em cerca de 20 000 ha, e a área total equipada atingiu quase 120 000 ha no início da década de 1980. A maior parte das áreas situava-se novamente em Maputo e Gaza, onde foram implementadas, em simultâneo, importantes obras que foram implementadas ao mesmo tempo: a Barragem dos Pequenos Libombos no rio Umbelúzi, a Barragem da Corumana no rio Sabié e a Barragem de Massingir no rio Elefantes.

Nos anos pós à independência, o governo encorajou a exploração dos grandes sistemas de irrigação existentes por empresas estatais. No entanto, estas empresas tornaram-se um símbolo de ineficiência, má gestão e subsequente deterioração das infra-estruturas de irrigação.

Actualmente, as áreas irrigadas são ocupadas por pequenos agricultores e empresas agrícolas. Os grandes sistemas mais importantes são o sistema Chókwè na bacia do Limpopo (25 000 ha de área equipada) e uma série de plantações de cana-de-açúcar no Incomáti, Búzi e nos vales do Zambeze (34 000 ha de área equipada). A irrigação em pequena escala existe em todo o país, abandonada ou parcialmente utilizada. A maioria dos sistemas está em mau ou muito mau estado, o que contribui também para a baixa produtividade agrícola, e visto que apenas uma parte relativamente pequena dos sistemas de irrigação é efectivamente irrigada (Aquastat, 2015).

De Sousa *et al.* (2017) aponta também a irrigação como uma das chaves para o aumento da produtividade em Moçambique. Visto que, actualmente o país possui um potencial de irrigação correspondente a 3 milhões de hectares e apenas 90 000 hectares são irrigados.

Ou seja, a irrigação permite aos agricultores cultivar durante todo o ano e diversificar as suas culturas. Deste modo, este facto pode aumentar a segurança alimentar e a rentabilidade, permitindo que os agricultores cultivem uma maior gama e variedade de produtos e beneficiem das variações sazonais de preços no mercado (de Sousa *et al.*, 2017).

Contudo, apesar da irrigação ser apontada como potencial para o aumento da produtividade, é associada à emissões de gases de efeito estufa, uma vez que a nível mundial no último século,

os países sobretudo os em via de desenvolvimento, recorreram a combustíveis fósseis baratos para satisfazer a demanda de alimentos na agricultura (Sapkota *et al.*, 2020), e cenários apontam que além do nível de emissões de gases de efeito estufa, prevê-se maior demanda por estes combustíveis, facto que irá dificultar a produção de alimentos e consequentemente satisfazer a demanda alimentar (Dubois *et al.*, 2017).

Por outro lado, o uso de combustíveis fósseis resultou no facto de os sistemas de produção de alimentos terem-se tornado uma importante fonte de emissões de gases de efeito estufa (GEE), contribuindo significativamente para as mudanças climáticas globais. Ao mesmo tempo, a alteração dos padrões climáticos pode causar secas ou inundações graves e mudanças na disponibilidade de água e na qualidade dos solos, que podem ter um impacto grave nos sistemas agrícolas (Devot *et al.*, 2023).

Portanto, opções de mitigação tornam-se indispensáveis devido ao seu potencial significativo para melhorar a eficiência e reduzir as emissões de GEE deste sector (Ali, 2011b; Gerais *et al.*, 2020; UNFCCC, 1995). Esta mitigação passa pela adopção de energias alternativas (limpas) (Edenhofer *et al.*, 2011).

2.5. Fontes de energia renovável para a irrigação

Guimarães (2021) refere que o termo energia renovável ou "energia alternativa" a fontes de energia que diferem das outras fontes consideradas principais, que podem ser por exemplo os combustíveis fósseis. Constituem energias renováveis: a energia eólica, solar, hidroelétrica, a matéria orgânica (biomassa, biogás, resíduos animais), geotérmica, hidrogénio e marinha. Portanto, a energia renovável ou alternativa pode referir-se à energia que não provém do carvão, do petróleo, do gás natural ou da madeira, podendo esta referir-se à eficiência energética (Davis & Schubert, 1974; Pio *et al.*, 2016 e Guimarães, 2021).

As fontes de energia renováveis oferecem inúmeras vantagens na sua utilização, principalmente a protecção do ambiente. Isto é especialmente evidente pelo facto de as fontes de energia renováveis serem responsáveis por zero ou quase zero por cento das emissões de gases com efeito de estufa e outro tipo de poluição atmosférica (Angélica *et al.*, 2020).

As energias renováveis podem ser consideradas inesgotáveis a escala humana comparando com os combustíveis fósseis. O seu impacto ambiental é menor quando comparado com os impactos provocados pela energia que tem como origem os combustíveis fósseis como o

carvão, petróleo, uma vez que estes produzem dióxido de carbono assim como outros gases de efeito estufa.

Por outro lado as energias renováveis oferecem menos riscos: podem reduzir as emissões de dióxido de carbono, melhorando a qualidade do ar atmosférico. Reduzem a dependência energética da sociedade face aos combustíveis fósseis; podem conferir autonomia energética a um país, sobretudo aos países que dependem da importação dos combustíveis fósseis.

Existem vários tipos de energias renováveis, como referido por Holt e Pengelly (2008) e Alrikabi, (2014) podem ser: Bioenergia, Energia hidroelétrica, Biocombustíveis, Produtos de base biológica, Energia geotérmica, Energia solar, Energia eólica, Energia oceânica e Hidrogénio (Figura 2.12).

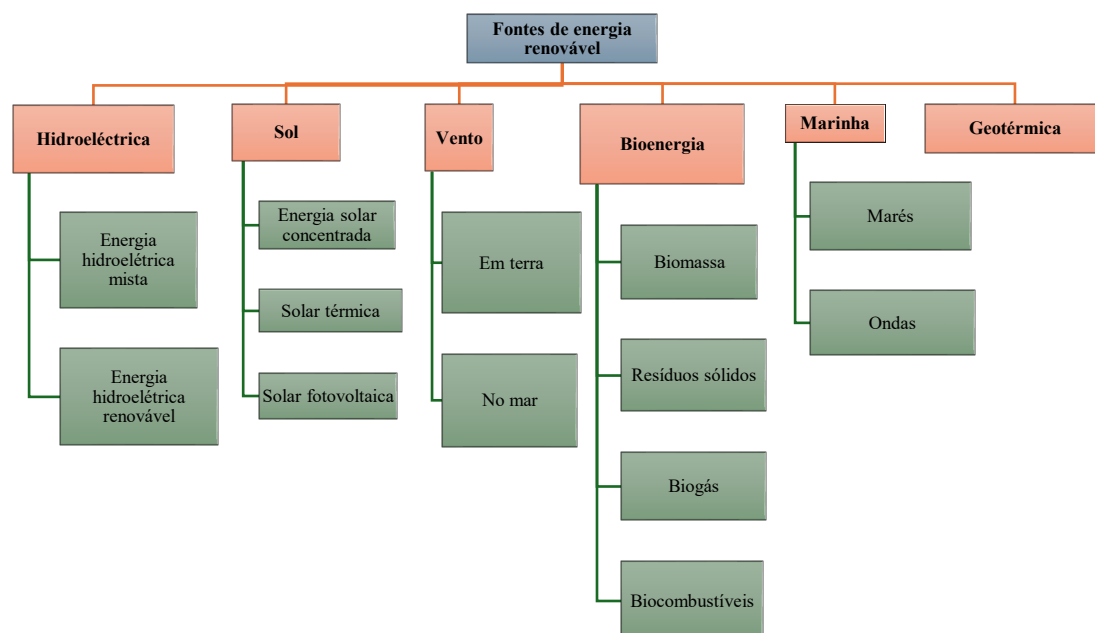


Figura 2-12. Fontes de energias renováveis.

Fonte: (Adaptado de Farghali *et al.*, 2023).

Tabela 2-1. Análise Comparativa das Fontes Energéticas para Sistemas de Irrigação.

Fonte de Energia	Vantagens	Desvantagens	Aplicabilidade	Impacto Ambiental	Fonte Científica
Solar (Fotovoltaica)	Renovável, silenciosa, baixa manutenção, ideal para zonas remotas	Investimento inicial elevado, dependência da radiação solar	Alta em regiões com boa insolação	Muito baixo	Farghali <i>et al.</i> , 2023
Elétrica (Rede Pública)	Estável, eficiente, fácil integração com sistemas automatizados	Tarifas variáveis, dependência da infraestrutura local	Alta em zonas com acesso à rede elétrica	Moderado (depende da matriz energética)	Angélica <i>et al.</i> , 2020; Farghali <i>et al.</i> , 2023
Diesel/Gasolina	Mobilidade, independência da rede elétrica	Emissões de CO ₂ , ruído, custos operacionais elevados	Média, útil em locais sem acesso à rede	Elevado	Alrikabi, (2014)
Biomassa	Fonte renovável, aproveitamento de resíduos agrícolas	Logística complexa, baixa eficiência energética	Limitada a regiões com produção de biomassa	Moderado	Farghali <i>et al.</i> , 2023
Eólica	Renovável, sem emissões durante operação	Instalação complexa, variabilidade dos ventos	Baixa, depende da topografia e clima	Baixo	Farghali <i>et al.</i> , 2023
Hidráulica (Microgeração)	Fonte constante em locais com cursos de água	Requer infraestrutura específica, impacto local sobre ecossistemas aquáticos	Limitada a zonas com disponibilidade hídrica	Moderado	Alrikabi, (2014)

A energia solar tem-se afirmado como uma das formas mais vantajosas de produção energética, uma vez que pode ser instalada em praticamente todas as regiões da superfície terrestre, não gera poluição durante a sua operação e apresenta custos de manutenção reduzidos, sendo considerada uma alternativa económica e acessível (Aroonsrimorakot *et al.*, 2020).

Neste contexto, a energia fotovoltaica destaca-se como uma solução ambientalmente sustentável, especialmente em regiões rurais com elevada incidência solar e infraestrutura

limitada, onde os métodos convencionais de irrigação revelam-se menos eficientes e mais prejudiciais ao meio ambiente.

Os impactos negativos associados aos sistemas convencionais de irrigação como os alimentados por motores a diesel ou por redes elétricas instáveis são amplamente documentados na literatura científica (**Error! Reference source not found.**). Estes incluem emissões tóxicas de gases de efeito estufa, poluição sonora e risco de contaminação do solo e dos recursos hídricos, comprometendo a qualidade ambiental e a saúde pública.

Ainda que as fontes de energia renovável apresentem múltiplas vantagens Maradin (2021) reconhece que a sua utilização quotidiana não está isenta de limitações. Entre os desafios apontados, destacam-se a variabilidade na produção energética, a dependência de condições climáticas e a necessidade de investimentos iniciais significativos. Assim, embora a energia solar represente uma alternativa promissora, a sua implementação requer uma análise cuidadosa das condições locais e das capacidades técnicas disponíveis.

Esta limitação pode ser atenuada através de um planeamento de qualidade, planeamento de qualidade e uma selecção cuidadosa do local para uma determinada para uma determinada fonte de energia renovável, bem como através da realização de medições e estudos ambientais.

Segundo Rovzar *et al.* (2023) o continente africano enfrenta um rápido crescimento na procura de energia. Conforme o acordo da COP27 (27ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças climáticas) para responder a demanda de energia face as mudanças climáticas, assim como as lacunas críticas no acesso à energia é necessário que o continente opte por formas resilientes e sustentáveis como o caso de adopção de energias limpas, para que possa acelerar o seu desenvolvimento socioeconómico.

No entanto, nos últimos 20 anos apenas 2% do total de 2,8 biliões de dólares de investimento global em energias renováveis foi para África e, em 2021 apenas 0,6% do investimento global em energias renováveis foi para África, onde a maior aposta é a energia fotovoltaica (Rovzar *et al.*, 2023).

Contudo, embora haja um aumento no uso de energias renováveis no país, onde as fontes solar fotovoltaica e hídrica são as mais exploradas, estas ainda não são relevantes para a contabilização nas estatísticas energéticas do país (Cristovao e Chichango, 2021). Por outro lado, houve um crescimento da capacidade de produção de energia solar de 2011 a 2017, de 1MW para 15MW respectivamente (Cristovao e Chichango, 2021).

Em Moçambique a energia fotovoltaica é cada vez mais uma opção rentável para realizar a electrificação total, especialmente nas zonas rurais (Naidoo e Loots, 2020; Cristovao e Chichango, 2021).

Tabela 2-2. Avaliação Comparativa dos Efeitos Ambientais de Tecnologias de Irrigação: Fotovoltaica e Convencional.

Crítério Ambiental	Irrigação Fotovoltaica	Irrigação Convencional (Diesel/Elétrica)	Fonte Científica
Emissões de Gases de Efeito Estufa	Praticamente nulas durante operação	Elevadas (CO ₂ , NO _x , SO _x) devido à queima de combustíveis fósseis	Falchetta et al., (2023)
Poluição Sonora	Ausente	Presente (motores a combustão geram ruído significativo)	GIZ; Practica Foundation, (2020)
Contaminação do Solo e Água	Nula (sem resíduos químicos ou combustíveis)	Risco elevado por derrames de óleo, combustível e produtos de combustão	(Moreira et al., 2020)
Uso de Recursos Naturais	Recurso renovável (energia solar)	Recurso não renovável (combustíveis fósseis ou eletricidade de matriz mista)	Tatagiba, 2023
Impacto na Biodiversidade	Baixo (instalações discretas e silenciosas)	Potencialmente alto (ruído, poluição e ocupação intensiva de áreas)	(Moreira et al., 2020)
Eficiência Energética	Alta (produção local, sem perdas de transmissão)	Média a baixa (dependência de redes ou transporte de combustível)	Falchetta et al., (2023)
Custo Ambiental de Manutenção	Baixo (mínima manutenção e sem resíduos tóxicos)	Alto (substituição de peças, descarte de óleo, filtros e baterias)	GIZ; Practica Foundation, (2020)

A comparação entre a irrigação fotovoltaica e os métodos convencionais revela vantagens ambientais claras a favor da tecnologia solar. Os sistemas convencionais, alimentados por combustíveis fósseis, estão associados a emissões significativas de gases poluentes (CO₂, NO_x, SO_x), poluição sonora e riscos de contaminação do solo e da água. Estes impactos são particularmente preocupantes em zonas rurais, onde a capacidade de mitigação é limitada.

Por outro lado, a irrigação fotovoltaica opera com emissões praticamente nulas, não gera ruído e utiliza uma fonte de energia renovável e abundante. Estudos como os do (Falchetta et al., 2023 e GIZ, Practica Foundation, 2020) demonstram que esta tecnologia não é só mais limpa, como também mais eficiente e menos onerosa em termos de manutenção ambiental.

Embora a produção e o descarte de painéis solares envolvam desafios ecológicos relevantes como o uso intensivo de metais raros, o consumo energético nos processos de fabrico e a necessidade de sistemas adequados de reciclagem, evidências científicas como o estudo de Tatahiba (2023), tem demonstrado que esses impactos são, em geral, significativamente inferiores aos efeitos ambientais contínuos associados aos sistemas convencionais de irrigação baseados em combustíveis fósseis.

A energia solar apresenta uma pegada ecológica reduzida ao longo do seu ciclo de vida, sobretudo quando comparada com tecnologias que dependem da combustão de diesel, cujas emissões de CO₂, NO_x e SO_x contribuem directamente para o agravamento das mudanças climáticas e da poluição atmosférica. De igual modo, a análise do (Falchetta et al., 2023) reforça que os sistemas fotovoltaicos, ao operarem com emissões praticamente nulas durante a fase de utilização, constituem uma alternativa ambientalmente mais limpa e eficiente para a agricultura de pequena escala na África Subsaariana.

Em outro estudo (GIZ; Practica Foundation, 2020) também destaca-se que, para além da redução de emissões, os sistemas solares requerem menos manutenção e não geram resíduos tóxicos, o que diminui substancialmente o risco de contaminação do solo e da água. Assim, considerando o conjunto dos impactos ambientais directos e indirectos, a irrigação fotovoltaica revela-se como uma solução sustentável e estratégica, alinhada com os objectivos de desenvolvimento rural, transição energética e acção climática preconizados pelos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável, nomeadamente os ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) e ODS 13 (Acção contra a Mudança Global do Clima).

2.6. Sustentabilidade socioeconómica da energia fotovoltaica na irrigação agrícola

Parte dos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) se entrelaçam na temática do desenvolvimento rural sustentável. Isto é “Fome Zero e Agricultura Sustentável”, ressalta a importância de garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos através de práticas agrícolas sustentáveis e acesso à tecnologia (Hungaro Micheletti & Corrêa, 2022) (Figura 2.12).



Figura 2-13. Diagrama de sustentabilidade.

Fonte: (Hungaro Micheletti & Corrêia, 2022).

O sistema de irrigação com bomba solar (SIPTS) é composto por painéis solares, controlador de carga, baterias, inversores e bombas de água. A concepção do sistema baseia-se em curvas de desempenho da bomba, pressão de operação e caudal necessário para irrigação.

Em um estudo realizado por Electric e Fund (2008) em Namíbia sobre avaliação da substituição de bombas de água a diesel por bombas de água solares verificou que o sistema de bombeamento solar “PVP” (bomba fotovoltaica) é muito mais barato em termos de custo de ciclo de vida do que as bombas a diesel “DP”. Visto que, analisando além do preço de compra inicial os sistemas PV custam entre 22-56% do que as bombas a diesel custam e podem ter retorno as sobre as DPs em apenas 2 anos. Embora chamadas de "pequenas a médias", a maioria das bombas de abastecimento de água das aldeias normalmente usadas para irrigação por gotejamento enquadram-se nesta faixa. O estudo refere ainda que a produção diária dessas bombas varia de 800 a 13.000 galões por dia (3.000 – 50.000 litros). Cinquenta mil litros são suficientes para abastecer 2.500 pessoas com suas necessidades diárias de água, usando os padrões do PNUD de 20 litros por pessoa por dia. A profundidade efectiva (cabeça) para essas bombas é de até 400 pés ou mais (120 metros).

Na Etiópia Ebubekir *et al.* (2023) fizeram a comparação do desempenho e do custo de sistemas de bombagem fotovoltaicos e a gasóleo: No Vale do Rift Central da Etiópia onde os testes de desempenho foram realizados em dias ensolarados do mês de Abril e com intervalos de tempo das 9:00 às 17:00, com a radiação solar variando entre 385,8 a 862,2 W m⁻² h⁻¹. A bombagem

solar fotovoltaica foi avaliada com níveis de altura de 10, 12, 15 e 18 m. De acordo com os resultados, o tamanho do sistema fotovoltaico pode irrigar um campo de tomate de 0,33-0,75 ha com um uso diário médio de água de 8,7 e 17,4 m³ dia⁻¹ a níveis de altura de 10 e 18 metros, respectivamente. Após a avaliação, a taxa máxima de fluxo de água foi ao meio-dia, das 12:00 às 13:00. A avaliação económica comparativa do sistema de bomba de água solar e dos dispositivos de bomba a diesel foi feita usando a decomposição do custo do ciclo e o custo da água por unidade de volume. O resultado demonstrou que os sistemas de bomba de água fotovoltaica são mais acessíveis para os serviços a longo prazo de pequenas a médias explorações agrícolas do que as bombas de água a gasolina.

Para determinar o volume de água necessário para cada cultura é necessário calcular previamente a evapotranspiração (ET_o). Se estiver na condição climática extrema do método BlaneyCriddle, estimada em 52% (áreas imprecisas, secas e ensolaradas), assume-se 40% para as zonas húmidas.

Os resultados, usando a análise de custo do ciclo de vida para sistemas de bomba solar fotovoltaica e gerador a diesel, foram de \$ 1295,66 e \$ 7812, respectivamente. Com base na variação das comparações de custo do ciclo de vida feitas, a bombagem de água fotovoltaica foi economicamente mais viável do que o sistema de bombagem a diesel, conforme mostra a Tabela 2-3 abaixo.

Tabela 2-3. Comparação dos custos (em USD) do sistema PV e Diesel utilizando a análise do custo do ciclo de vida. Fonte (Ebubekir *et al.*, 2023).

Tipo de custo	Custo do sistema fotovoltaico	Custo do sistema diesel
Custo de capital	117780	26000
Custo de manutenção	2332	52000
Custo do combustível/energia	N/A	1244160
Custo de substituição	4600	52000
Custo de recuperação	5889	5200
Custo do ciclo de vida	172001	1379360
Custo Total	166112	1374160

Por outro lado, Islam *et al.* (2022) analisaram a viabilidade económica e os benefícios ambientais das bombas de irrigação solares no norte de Bangladesh. Descobriu-se que as bombas pequenas são as mais rentáveis, enquanto as médias são as menos rentáveis. As bombas grandes têm uma rentabilidade moderada, que pode ser melhorada com usos adicionais da energia solar. Ambientalmente, todas as bombas solares têm benefícios líquidos próximos ao

subsídio recebido para a sua instalação, sendo as pequenas as mais eficientes por quilowatt-pico.

Raza *et al.* (2022) compararam bombas solares com bombas a gasóleo, concluindo que as bombas solares oferecem vantagens como funcionamento automático, baixo custo de operação, fácil instalação, baixa manutenção e longa durabilidade. Embora o custo inicial das bombas solares seja mais alto, a manutenção reduzida e a ausência de custos de combustível tornam-nas mais económicas a longo prazo.

Noutro estudo, Becker *et al.* (2015) avaliaram o impacto socioeconómico e climático da irrigação operada por energia fotovoltaica, como os sistemas de irrigação por gotejamento e aspersão. Os resultados mostraram que a instalação de energia solar fotovoltaica aumentou a adoção de sistemas de irrigação de alta eficiência, reduziu os elevados custos operacionais incorridos com os antigos sistemas de bombeamento movidos a diesel, aumentou o rendimento dos agricultores, reduziu 17.622 toneladas de emissões de CO₂ por ano e economizou 41% do uso de água.

Comparando a energia solar fotovoltaica com sistemas de bombagem a gasóleo Xie *et al.* (2021) analisaram a relação custo-eficácia dos dois sistemas para a irrigação por bombeamento de águas subterrâneas numa série de cenários de culturas e métodos de irrigação. Os resultados globais mostraram que a energia solar fotovoltaica é uma solução energética promissora para apoiar o desenvolvimento da irrigação alimentada por águas subterrâneas, uma vez que é mais económica; no entanto, a relação custo-eficácia calculada é sensível ao custo instalado da energia solar fotovoltaica e à taxa de escalada dos preços do gasóleo.

Apesar da relação custo-eficácia e do potencial de redução das emissões dos sistemas de irrigação solares fotovoltaicos, o investimento neles enfrenta desafios de sustentabilidade social, como aceitação pública, equidade social e impacto social. A aceitação pública é influenciada pela percepção dos custos, riscos, benefícios, confiança e justiça distributiva. Zhou *et al.* (2014) descobriram que factores como percepção de utilidade, facilidade de uso, condições facilitadoras, tolerância aos custos, sensibilização e atitude influenciam a adopção da tecnologia de bombas solares na irrigação agrícola. Para aumentar a aceitação pública, é necessário superar barreiras como políticas fracas, altos custos de investimento, pouca sensibilização, infra-estruturas deficientes e falta de mão de obra qualificada. Nenhum estudo integra análises técnicas e não técnicas da adopção de bombas solares fotovoltaicas para a agricultura de pequena escala em áreas remotas de países em desenvolvimento.

Este trabalho tem como abordagem metodológica o estudo realizado por Guno & Agaton (2022) nas Filipinas entre Junho e Novembro de 2021, envolvendo 39 pequenos agricultores de arroz de 15 locais não cobertos por sistemas de irrigação nacionais ou internacionais. Utilizando uma amostragem intencional, o estudo incluiu agricultores que cumpriam critérios específicos, como possuir ou arrendar até 2 hectares de campos de arroz e utilizar sistemas de irrigação não fornecidos pelo governo. A saturação de dados foi usada para determinar o tamanho da amostra. Os investigadores usaram um questionário próprio para recolher informações sobre o uso de sistemas de irrigação a diesel, incluindo a área de terra, custos e preferências dos agricultores. O questionário, validado por vários especialistas, foi administrado tanto presencialmente quanto virtualmente, cumprindo protocolos de saúde.

A adopção de tecnologias agrícolas é essencial para aumentar a produtividade, melhorar a sustentabilidade e promover o desenvolvimento rural. No entanto, a adopção dessas inovações depende de vários factores que podem variar de região para região, bem como entre diferentes tipos de agricultores.

Segundo Massresha *et al.* (2021) os principais determinantes da adopção de tecnologias agrícolas incluem: factores socioeconómicos, factores institucionais, factores tecnológicos, factores ambientais e factores culturais.

Meirelles *et al.* (2011) aponta como determinantes das tecnologias agrícolas: o tamanho da propriedade, risco e incerteza, capital humano, forma de domínio sobre a terra (arrendamento, parceria, direitos de propriedade), disponibilidade de crédito, trabalho e outros insumos.

Estes determinantes segundo Meirelles, podem ser agrupados segundo a natureza das variáveis envolvidas que podem ser: características socioeconómicas e condição do produtor; características da produção e da propriedade rural; características da tecnologia e factores sistémicos (Meirelles *et al.*, 2011).

Cunguara e Garrett (2013) referem que as tecnologias com melhores resultados para o sector familiar, são o uso de semente melhorada e práticas culturais melhoradas. Isto porque, por exemplo a escolha do uso de determinada variedade de milho está associada ao tamanho da machamba, acesso ao crédito, e ao custo da semente. Contudo, menos de 5% da população rural moçambicana tem acesso ao crédito neste sector.

Tabela 2-4. Comparativa da Sustentabilidade Socioeconómica das Fontes de Energia para Irrigação Agrícola. (Fonte: A Autora)

Fonte de Energia	Custo Inicial (USD)	Custo Inicial (MT*)	Custo Operacional (USD/ano)	Custo Operacional (MT/ano)	Acessibilidade Rural	Geração de Emprego Local	Autonomia Energética	Impacto Social Positivo	Sustentabilidade Geral	Fonte Científica
Solar (Fotovoltaica)	1.500–3.500 (sistema básico)	97500–227500	50–150 (manutenção mínima)	3250–9750	Alta (zonas com boa insolação)	Alta (instalação e assistência técnica)	Elevada	Alta (reduz custos e aumenta produtividade)	Muito Alta	(Campos & Bezerra, 2020)
Elétrica (Rede Pública)	800–2.000 (infraestrutura e ligação)	52000–130000	200–600 (tarifas variáveis)	13000–39000	Média (dependente da rede local)	Baixa	Média	Média (estável, mas dependente da rede)	Moderada	(Alvarenga et al., 2014b)
Diesel/Gasolina	500–1.500 (motores portáteis)	32500–97500	400–1.000 (combustível e peças)	26000–65000	Alta (mobilidade e disponibilidade)	Baixa	Baixa	Baixa (custos elevados e poluição)	Baixa	(Campos & Bezerra, 2020)
Biomassa	1.000–2.500 (sistema adaptado)	65000–162500	300–700 (logística e abastecimento)	19500–45500	Baixa (requer cadeia de fornecimento)	Média	Média	Média (uso de resíduos locais)	Moderada	(Farghali et al., 2023)
Eólica	2.000–5.000 (turbina e estrutura)	130000–325000	100–300 (manutenção)	6500–19500	Baixa (depende da topografia e ventos)	Média	Média	Média (renovável, mas limitada)	Moderada	(Farghali et al., 2023)

Hidráulica (Microgeração)	2.500–6.000 (infraestrutura e canalização)	162000- 390000	100–250 (manutenção e operação)	6500-16250	Baixa (necessita de cursos de água permanentes)	Média	Alta	Média (impacto local controlado)	Moderada	(Farghali <i>et al.</i> , 2023)
--------------------------------------	--	-------------------	---------------------------------------	------------	--	-------	------	--	----------	---------------------------------

*câmbio de 65 MT/ USD.

A avaliação da sustentabilidade socioeconómica das fontes de energia aplicadas à irrigação agrícola constitui um elemento central para a definição de estratégias de desenvolvimento rural sustentável, especialmente em países com elevada vulnerabilidade energética e climática, como Moçambique. A *Tabela 2-4* comparativa apresentada permite uma análise integrada de critérios como o custo inicial, o custo operacional, a acessibilidade em zonas rurais, a geração de emprego local, a autonomia energética e o impacto social positivo, oferecendo uma base sólida para decisões informadas no planeamento agrícola.

A energia solar fotovoltaica destaca-se como a alternativa mais equilibrada e sustentável. Apesar do investimento inicial relativamente elevado estimado entre 1.500 e 3.500 USD (97500 e 227500 MT) para sistemas básicos; os custos operacionais são baixos, situando-se entre 50 e 150 USD (3250 e 9750 MT) anuais, devido à reduzida necessidade de manutenção. A elevada acessibilidade em regiões com boa incidência solar, aliada à capacidade de promover autonomia energética e à criação de emprego local qualificado, torna esta tecnologia especialmente adequada para contextos rurais com infraestrutura limitada. Segundo Campos & Bezerra (2020), a adopção de sistemas fotovoltaicos em pequenas explorações agrícolas contribui significativamente para a redução da pobreza energética e para o aumento da produtividade agrícola, com impactos positivos na segurança alimentar e na resiliência das comunidades.

Por outro lado, a energia eléctrica proveniente da rede pública apresenta custos iniciais e operacionais moderados, com valores que oscilam entre 800 e 2.000 USD (52000 e 130000 MT) para instalação e entre 200 e 600 USD (13000 e 39000 MT) anuais em tarifas. Embora seja uma fonte estável e tecnicamente consolidada, a sua dependência infraestrutural centralizada limita a autonomia dos produtores e pode comprometer a continuidade da irrigação em zonas com fornecimento irregular. Alvarenga *et al.* (2014b) sublinham que, embora a eletrificação rural tenha avançado em várias regiões, a sua cobertura permanece desigual, o que reforça a necessidade de soluções descentralizadas.

Os sistemas baseados em combustíveis fósseis, como motores a diesel ou gasolina, apresentam custos iniciais relativamente acessíveis (entre 500 e 1.500 USD), mas implicam custos operacionais elevados, que podem ultrapassar os 1.000 USD (65000 MT) anuais, devido ao consumo de combustível e à manutenção frequente. Para além dos encargos económicos, estes sistemas geram impactos ambientais e sociais negativos, como emissões de gases poluentes,

ruído e risco de contaminação do solo e da água. A sua utilização, embora comum em zonas sem acesso à rede elétrica, revela-se insustentável a médio e longo prazo (Campos et al., 2021).

As fontes alternativas, como a biomassa, a energia eólica e a microgeração hidráulica, apresentam potencial em contextos específicos, mas enfrentam limitações técnicas e logísticas. A biomassa, por exemplo, requer cadeias de fornecimento organizadas e apresenta custos variáveis, enquanto a energia eólica depende de condições topográficas e climáticas favoráveis. A microgeração hidráulica, por sua vez, exige proximidade a cursos de água permanentes e investimentos elevados em infraestrutura. Farghali *et al.* (2023) referem que, embora estas fontes possam contribuir para a diversificação energética, a sua aplicabilidade é limitada e exige planeamento técnico rigoroso.

Em síntese, a análise crítica da tabela confirma que a energia solar fotovoltaica representa a solução mais robusta em termos de sustentabilidade socioeconómica, especialmente em regiões rurais com elevada radiação solar. A sua capacidade de reduzir custos operacionais, promover autonomia energética e gerar impacto social positivo torna-a uma tecnologia estratégica para a agricultura resiliente e inclusiva. Contudo, a escolha da fonte energética deve ser contextualizada, considerando as condições agroclimáticas locais, a disponibilidade de recursos naturais e os objetivos de desenvolvimento regional.

2.7. Descrição das Condições Agroclimáticas da Área de Estudo

Este capítulo dedica-se à caracterização detalhada das condições agro-climáticas do distrito de Moamba, área escolhida como estudo de caso para avaliar a viabilidade da irrigação fotovoltaica como medida de adaptação climática.

A localização geográfica do distrito é estratégica, situando-se na província de Maputo e fazendo fronteira com a África do Sul, o que favorece o intercâmbio comercial e agrícola. A presença do rio Incomati e seus afluentes é um elemento central para o potencial de irrigação da região.

A descrição climática revela um clima tropical semiárido, com temperatura média anual de 24°C e precipitação média de aproximadamente 800 mm. A estação chuvosa ocorre entre novembro e março, enquanto o restante do ano é marcado por seca, o que reforça a necessidade de sistemas de irrigação eficientes e sustentáveis.

Quanto ao relevo e solos, Moamba apresenta terrenos predominantemente planos, com solos aluvionares e basálticos de fertilidade média a elevada, especialmente nas zonas próximas aos rios. Essa composição favorece a prática agrícola, embora exija cuidados com a gestão hídrica.

Os recursos hídricos são dominados pelo rio Incomáti, cuja bacia é essencial para os sistemas de regadio locais. O abastecimento de água tem melhorado nos últimos anos, com aumento do número de furos operacionais, embora o regime dos rios seja sazonal e dependente das chuvas.

A demografia do distrito mostra uma população de aproximadamente 111 mil habitantes, distribuída entre zonas urbanas e rurais, com predominância de jovens e chefia masculina nos agregados familiares. O Xichangana é a língua mais falada, com influências do Swazi e Zulu devido à proximidade com a África do Sul.

Por fim, os aspectos socioeconómicos revelam uma infraestrutura limitada, com estradas de terra batida e transporte público precário. A linha férrea Maputo–Ressano Garcia é funcional, mas outras vias estão abandonadas. A taxa de alfabetização é de 63%, com disparidades de género, e a maioria da população não concluiu nenhum nível de ensino formal, o que pode influenciar a adoção de tecnologias agrícolas inovadoras

2.8. Localização geográfica

O Distrito de Moamba está localizado em Moçambique e é delimitado por diferentes regiões. Ao norte, faz fronteira com o Distrito de Magude. Ao sul, é limitado pelos Distritos de Namaacha, Boane e pela Cidade da Matola. No lado leste, encontra-se próximo aos Distritos de Manhiça e Marracuene. Finalmente, a oeste, o Distrito de Moamba faz fronteira com a República da África do Sul (INE, 2023) (Figura 2-14).

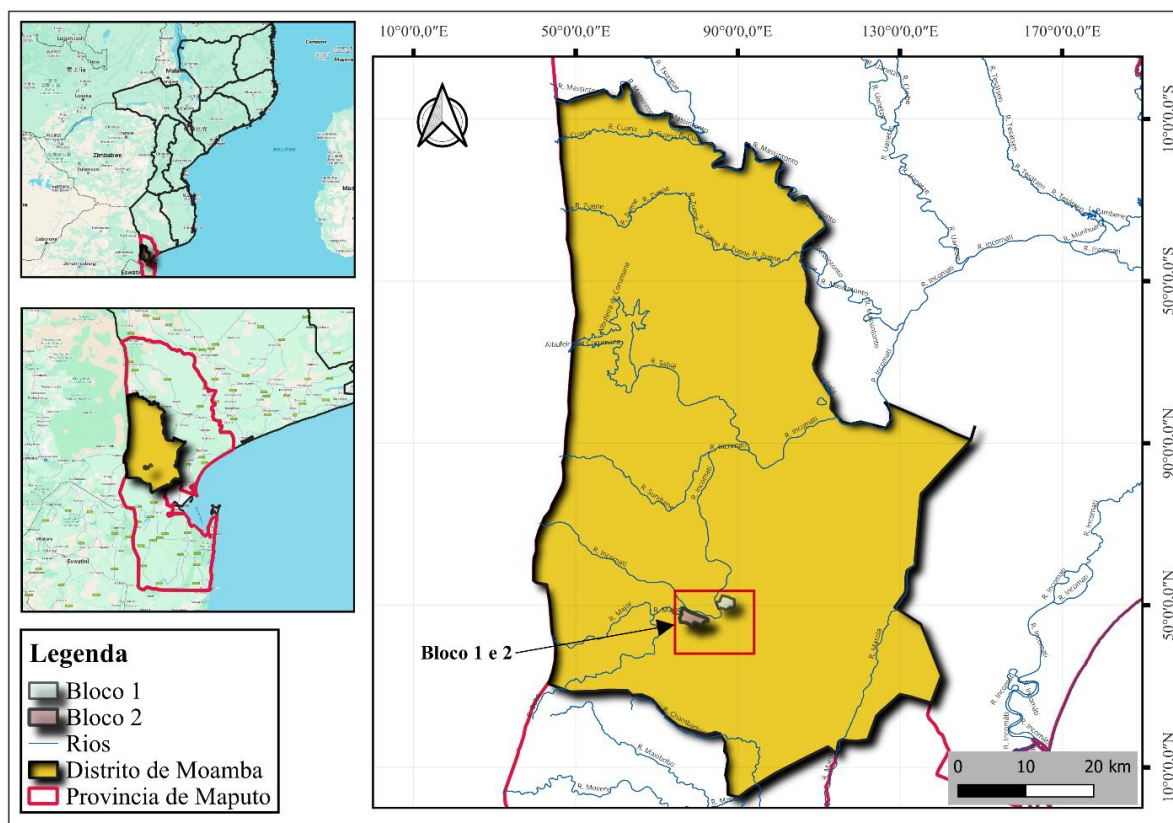


Figura 2-14. Localização geográfica do distrito de Moamba.

Fonte: (A Autora).

2.9. Descrição climática

O distrito de Moamba tem uma temperatura média anual de cerca de 24°C. Durante os meses de verão, que vão de Novembro a Março, as temperaturas podem variar entre 25°C e 35°C. Nos meses de inverno, de Junho a Agosto, as temperaturas geralmente variam entre 15°C e 25°C (Figura 2-15). Em relação à precipitação, Moamba recebe uma média anual de aproximadamente 800 mm. A estação chuvosa ocorre principalmente entre Novembro e Março, sendo os meses de Dezembro e Janeiro os mais húmidos. A estação seca vai de Abril a Outubro, com pouca ou nenhuma precipitação, podendo variar em ordem crescente entre Sabié, Ressano Garcia e Moamba-Sede.

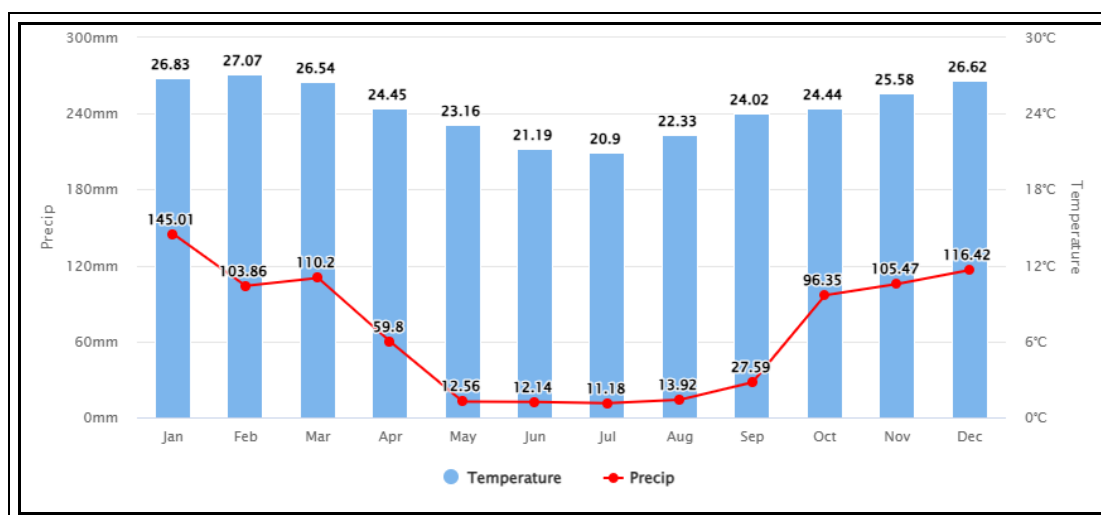


Figura 2-15. Descrição climática (precipitação e temperatura) do distrito de Moamba (2021-2023).

Fonte: (INE, 2023)

2.10. Relevo e Solos

Os solos do distrito de Moamba caracterizam-se na sua maioria por solos de origem aluvionar e basáltico, de forma plana e de textura média. Os solos do vale de Incomáti e do Sabié são aluvionares, de fertilidade média e elevada, que favorece a prática da agricultura (MAE, 2005).

Existem duas subdivisões de solos vermelhos no distrito: vermelhos sobre o basalto de Moamba e vermelhos de Namaacha (MAE, 2005).

Os solos vermelhos sobre o basalto de Moamba caracterizam-se por ter uma camada superficial, castanho-avermelhado, por vezes muito escura, argilosa e de estrutura granulosa. A espessura varia de 10 a 25 cm e transita gradualmente para a terra vermelha, cor de chocolate, argilosa, forte, compacta a muito compacto, com nódulos calcários e geralmente muito espessa. O horizonte “C” é constituído por basalto em adiantado estado de meteorização (MAE, 2005).

Os solos típicos de Namaacha ocorrem com uma certa representatividade no distrito de Moamba. São solos vermelhos, argilosos-arenosos a argilosos, de camada superficial castanho-avermelhado. A sua espessura é muito variável, sendo frequente os casos de solos delgados e esqueléticos (MAE, 2005).

2.11. Recursos hídricos

O distrito da Moamba é atravessado pelo rio Incomáti, que dá nome à sua significativa bacia. Este rio nasce na África do Sul, no planalto de Transvaal, entra em Moçambique pelo

Komatipoort e desagua perto da vila da Moamba. Os principais afluentes em Moçambique são o Massintonto e o Sabié, situados a norte do distrito (MAE, 2005).

O regime destes rios é sazonal, com uma alimentação predominantemente pluvial, resultando em caudais elevados durante a época das chuvas, de Dezembro a Abril, e, no caso do Sabié, de Janeiro a Março, quase secando no período seco (MAE, 2005).

A bacia do Incomáti é vital para o sistema de regadio Sabié-Incomáti e para a central hidroeléctrica de Corumana, onde foi construída uma barragem no rio Sabié (MAE, 2005) .

Por outro lado, o abastecimento de água no distrito melhorou ao longo dos anos, com o número de fontes de água aumentando de 82 em 2018 para 115 em 2022. Os furos de água operacionais estão distribuídos entre os postos administrativos de Moamba, Pessene, Ressano Garcia e Sábíè (INE, 2023).

2.12. Demografia

O distrito possui uma área de 4.528 km² e uma população de 110.989 habitantes, com uma densidade populacional de 24,5 habitantes por km². Em 2007 o distrito de Moamba apresentava uma população maioritariamente jovem e masculina. O Xichangana é a língua materna dominante falada por cerca de 75% da população do distrito sendo, no entanto frequente encontrar indivíduos que também falam as línguas Swazi ou Zulu devido à proximidade com a África do Sul. O sistema de parentesco patrilinear é predominante no seio das famílias (IMPACTO, 2018) .

Cerca de 33% dos agregados familiares residem em zonas urbanas nomeadamente as vilas de Moamba e Ressano Garcia enquanto os restantes 67% residem em zonas rurais (IMPACTO, 2018).

A população do Distrito de Moamba é distribuída em diversos grupos quinquenais de idade, com uma pirâmide populacional que mostra a proporção de homens e mulheres em cada faixa etária, conforme mostra a Figura 2-16.

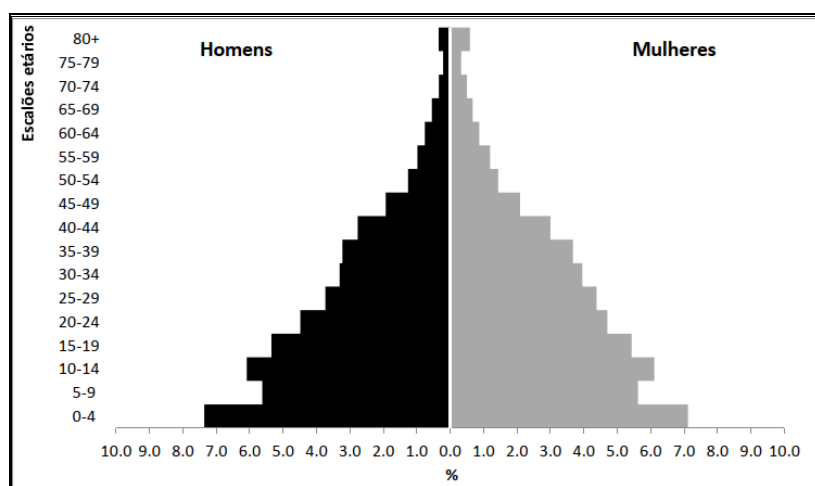


Figura 2-16. Pirâmide da População do distrito de Moamba em 2022.

Fonte: (INE, 2023)

2.13. Aspectos socioeconómicos

O distrito da Moamba é atravessado pela Estrada Nacional n.º 4, que liga a cidade de Maputo a Ressano Garcia (119 km). As ligações entre os postos administrativos são realizadas por estradas de terra batida ou picadas, onde as dificuldades de trânsito são evidentes, especialmente durante a época das chuvas (MAE, 2005).

Entre as várias pontes existentes no distrito, destaca-se a que atravessa o rio Incomáti, nas proximidades da vila da Moamba (IMPACTO, 2018).

A linha ferroviária Maputo-Ressano Garcia (Corredor do Maputo) serve o distrito com comboios de carga e passageiros diariamente. No entanto, a linha férrea Moamba-Xinavane não está em operação (MAE, 2005).

Actualmente, existem apenas duas linhas de transporte público de passageiros e uma frota de transporte semi-colectivo, totalizando 12 transportadores licenciados (MAE, 2005; IMPACTO, 2018).

A rede rodoviária e ferroviária desempenha um papel importante no transporte de carga e passageiros a nível local, regional e internacional, embora não traga grandes benefícios para o distrito da Moamba (MAE, 2005).

Além disso, existem duas pistas de aterragem para avionetas: uma na Vila de Sábiè, em bom estado, e a outra em Corumana, que se encontra em estado de abandono, tendo estado ligada à construção da barragem de Corumana (MAE, 2005).

Uma parte relativamente grande da população do distrito é alfabetizada (63%), embora este valor seja bastante menor quando se trata das mulheres (51%). Cerca de 68% das pessoas com 5 ou mais anos de idade não terminou nenhum nível de ensino reflectindo problemas de eficiência e eficácia no sistema de educação sendo uma das causas os elevados índices de desistência escolar (INE, 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo metodológico apresenta a abordagem adoptada para responder aos objectivos específicos da investigação, que visam avaliar o potencial da irrigação fotovoltaica como medida de adaptação climática no distrito de Moamba.

O objectivo específico 1: analisar a sustentabilidade socioeconómica da irrigação fotovoltaica de pequena escala no distrito de Moamba teve como base o inquérito estruturado com recurso à aplicação KoboCollect. Esta ferramenta permitiu recolher dados sobre fontes de energia utilizadas, custos mensais com irrigação, rendimento anual dos agregados familiares e percepção dos agricultores sobre a tecnologia solar. A estrutura do instrumento de colecta foi organizada em cinco secções: perfil socioeconómico, uso actual de energia e irrigação, conhecimento sobre tecnologia fotovoltaica, potencial de adopção e localização geográfica, assegurando uma abordagem sistemática e alinhada com os objectivos da pesquisa.

O objectivo específico 2: avaliar as potencialidades dos agricultores de pequena escala na adopção da irrigação fotovoltaica, foi concretizado através da análise das variáveis recolhidas, como área irrigada, frequência de irrigação, tipo de fonte hídrica, nível de escolaridade, diversificação de rendimentos e experiência prévia com energia solar. A segmentação dos agricultores em três grupos (adopção imediata, conversão com incentivo e capacitação com desconhecimento) permitiu compreender o grau de prontidão técnica e socioeconómica para a adopção da tecnologia, evidenciando que a maioria possui condições favoráveis, embora persistam barreiras como o desconhecimento e limitações financeiras.

Por fim, o objectivo específico 3: identificar os factores determinantes para a adopção da irrigação fotovoltaica pelos agricultores de pequena escala, foi abordado por meio de técnicas estatísticas inferenciais, incluindo testes de Spearman, Mann-Whitney, Qui-quadrado e regressão logística binária. Esta última permitiu identificar que a experiência prática com tecnologias solares e o rendimento anual são os principais preditores de uma percepção positiva sobre a irrigação fotovoltaica.

A justificação metodológica reforça que a combinação de métodos quantitativos e qualitativos foi adequada para responder aos objectivos da pesquisa. A abordagem mista permitiu não apenas descrever o contexto agrícola, mas também compreender os factores que influenciam a adopção de tecnologias sustentáveis, como a irrigação solar, em comunidades rurais vulneráveis.

A investigação foi conduzida com rigor ético, respeitando os princípios do Comité de Ética em Investigação da Universidade Eduardo Mondlane, nomeadamente o consentimento informado, a confidencialidade dos dados e o respeito pela diversidade cultural e de género.

3.1. Participantes e Recolha de dados

O estudo foi realizado nos Regadios dos Blocos I e II, situados no Posto Administrativo central do Distrito de Moamba, Província de Maputo. O regadio do Bloco I localiza-se a aproximadamente cinco quilómetros da vila-sede, na margem direita do rio Incomáti, numa área conhecida como Zona do Destacamento Feminino, ao longo da via Moamba-Magude. O Bloco II encontra-se no Bairro de Condene, pertencente ao mesmo distrito. A recolha de dados decorreu entre Abril e Maio de 2025.

A pesquisa bibliográfica, com referência ao Projecto de Desenvolvimento de Cadeias de Valor nos Corredores do Maputo e Limpopo (PROSUL), desenvolvido pelo Fundo de Desenvolvimento Agrário (FDA), permitiu identificar duas associações agrícolas, nomeadamente a Associação dos Agricultores dos Regadios dos Blocos I e II, que representam os principais sistemas de regadio da região.

O Distrito apresenta uma precipitação média anual de 587,3 mm, sendo que a distribuição irregular das chuvas resulta em escassez de água para a prática agrícola. Neste contexto, o sistema de regadio surge como um elemento essencial, pois permite um crescimento vegetativo adequado das culturas e maiores níveis de rendimento agrícola.

As mudanças climáticas, aliadas ao aumento das temperaturas e à irregularidade na precipitação, bem como à evolução dos custos de diesel e electricidade, poderão acentuar a dependência da produção agrícola dos sistemas de irrigação, tornando essencial o desenvolvimento de soluções sustentáveis.

Desta forma, o estudo envolveu agricultores que produzem nas duas associações agrícolas (Bloco I e II), constituídas por um total de 50 agricultores activos. A amostra utilizada no estudo é não probabilística por conveniência, composta por 25 agricultores familiares seleccionados com base em critérios de acessibilidade, disponibilidade e representatividade local. A selecção foi realizada em colaboração com os chefes das associações dos agricultores e os agricultores, garantindo diversidade em termos de género, escolaridade, área cultivada e experiências com irrigação. A opção por uma amostragem por conveniência justifica-se em virtude das limitações de recursos, bem como da natureza exploratória da pesquisa, que busca levantar tendências,

identificar padrões e gerar hipóteses para estudos futuros mais amplos (Gil, 2008; Marconi e Lakatos, 2003).

Embora o tamanho da amostra (n=25) possa ser considerado reduzido do ponto de vista estatístico, a profundidade das informações colectadas e a aplicação de métodos estatísticos apropriados para pequenos grupos (como testes não paramétricos e regressão logística) conferem robustez aos resultados. Conforme apontado por (Martins, 2004 e Oliveira et al., 2012), em estudos exploratórios e de campo com populações específicas e de difícil acesso, a representatividade pode ser substituída pela adequação e riqueza dos dados colectados.

Os critérios de inclusão da amostra foram:

- Ser residente do distrito de Moamba;
- Estar envolvido activamente em actividades agrícolas irrigadas (convencionais ou manuais);
- Ter mais de 18 anos;
- Estar disponível para participar voluntariamente do estudo mediante consentimento informado.

Dessa forma, a amostra contemplou tanto agricultores que já utilizam sistemas convencionais de irrigação, como aqueles que ainda não utilizam nenhum tipo de tecnologia de rega, permitindo comparar diferentes níveis de acesso, percepção e viabilidade de adopção da tecnologia fotovoltaica.

3.1.1. Técnicas de Colecta de Dados

A colecta de dados para este estudo foi realizada através da aplicação de inquéritos estruturados, utilizando um questionário fechado como principal instrumento de investigação. O objectivo foi recolher informações quantitativas e objectivas sobre os perfis socioeconómicos dos agricultores, o acesso e uso de fontes de energia e água, a percepção sobre a tecnologia fotovoltaica e as barreiras à sua adopção no contexto agrícola.

Para assegurar maior eficiência, fiabilidade e integridade dos dados colectados, foi utilizado o aplicativo KoboCollect, da plataforma KoboToolbox. Este sistema, desenvolvido com apoio da ONU e amplamente utilizado em estudos de campo em países em desenvolvimento, permite o levantamento digital de dados com ou sem conexão à internet, garantindo a mobilidade e a agilidade necessárias ao trabalho em zonas rurais com baixa cobertura de rede. O uso do Kobo

também reduziu a possibilidade de erros manuais, facilitando a padronização das respostas e a exportação directa para análise estatística.

3.1.2. Estrutura do Instrumento de Colecta

O questionário foi desenvolvido com base na literatura sobre adopção de inovações tecnológicas no meio rural (Rejekiningrum e Aoriyana, 2021; IRENA, 2016) e adaptado à realidade local com apoio de técnicos agrícolas da região. Ele foi dividido em cinco secções principais:

Informações demográficas e socioeconómicas:

- Género, idade, nível de escolaridade;
- Tamanho do agregado familiar e número de membros activos;
- Fontes de rendimento e área agrícola irrigada.

Uso actual de energia e irrigação:

- Tipo de fonte de energia utilizada (ex: EDM, geradores, solar);
- Tipo e frequência de irrigação;
- Custos mensais com energia e água.

Conhecimento e percepção sobre a tecnologia fotovoltaica:

- Se já ouviram falar sobre energia solar;
- Experiência prévia com sistemas fotovoltaicos;
- Grau de importância atribuído à tecnologia e razões associadas.

Potencial de adoção e factores limitantes:

- Barreiras percebidas (ex: custo inicial, falta de conhecimento, ausência de financiamento);
- Abertura à experimentação de novas tecnologias;
- Motivadores para adoção (ex: custo operacional, independência energética).

Localização e observações do entrevistador:

- Coordenadas geográficas do ponto de entrevista;
- Condições ambientais locais;
- Comentários adicionais sobre o contexto da exploração agrícola.

Procedimentos de Campo

As entrevistas foram realizadas entre Abril e Maio de 2025, em duas associações agrícolas do distrito de Moamba. A equipe de colecta foi composta por dois inquiridores treinados, que receberam orientação sobre os objectivos do estudo, os procedimentos éticos de consentimento livre e informado, e o uso técnico do KoboCollect em dispositivos móveis.

Antes da aplicação definitiva, foi conduzido um pré-teste piloto com agricultores na vila de Michafutene- Cidade de Maputo, que serviu para ajustar a redação das perguntas, eliminar ambiguidades e verificar a fluidez da entrevista. Os dados foram armazenados de forma segura na nuvem da plataforma KoboToolbox e exportados em formato compatível com programas estatísticos como o SPSS e o R.

Considerações Éticas

A pesquisa foi conduzida com rigor ético, respeitando integralmente os princípios e regulamentos do Comité de Ética em Investigação da Universidade Eduardo Mondlane (CEI-UEM), aplicáveis ao estudo. Os participantes foram tratados com ética, responsabilidade e respeito. A pesquisa garantiu a confidencialidade dos dados, o consentimento informado, a participação voluntária e a liberdade de desistência. Nenhum dano físico ou psicológico foi causado, e o estudo foi conduzido com sensibilidade cultural e de género. A análise dos dados seguiu princípios éticos, com transparência nos métodos e reconhecimento das fontes utilizadas.

3.2. Técnicas de Análise de Dados

Após a colecta de dados com auxílio do aplicativo KoboToolbox, os dados foram exportados para formato Excel e posteriormente analisados nos softwares R (versão 4.4.0) e STATA (v19), de acordo com os requisitos específicos de cada técnica estatística. A análise de dados foi estruturada em duas grandes etapas: a análise estatística descritiva e a análise estatística inferencial, conforme sugerido por Hair *et al.* (2009) e Pestana e Gageiro (2014), para estudos sociais com base empírica.

3.2.1. Análise Estatística Descritiva

A análise descritiva foi utilizada para caracterizar o perfil dos agricultores inquiridos e compreender a distribuição de variáveis-chave no estudo. Foram utilizadas estatísticas de tendência central e dispersão:

- Frequências absolutas e relativas para variáveis categóricas (ex.: género, escolaridade, percepção sobre a tecnologia);
- Médias, medianas, mínimos, máximos e desvios padrão para variáveis contínuas (ex.: área irrigada, horas de irrigação, renda anual e gasto mensal com irrigação).

Esta etapa permitiu um mapeamento inicial das condições locais e a identificação de padrões básicos nos dados, essencial para contextualizar as análises subsequentes.

3.2.2. Análise Estatística Inferencial

Para testar hipóteses e explorar relações entre variáveis, recorreu-se a testes inferenciais, adoptando um nível de significância de $\alpha = 0,05$. Isto significa que a hipótese nula (H_0) de não existência de efeito ou associação é rejeitada quando o valor-p é igual ou inferior a 0,05 ($p \leq \alpha$), sendo aceite quando o valor-p é superior a 0,05 ($p > \alpha$). A selecção dos testes respeitou a natureza das variáveis e os pressupostos de normalidade e homogeneidade, sendo particularmente adequados para amostras de dimensão reduzida:

- **Correlação de Spearman:** Aplicada para verificar a relação entre variáveis contínuas não paramétricas, como a área irrigada e o gasto mensal com irrigação. Esse teste não requer normalidade dos dados e é apropriado para amostras pequenas (Bonett & Wright, 2000).
- **Teste de Mann-Whitney U:** Aplicado para comparar as medianas de variáveis contínuas entre dois grupos independentes (ex.: agricultores com percepção positiva vs. neutra/negativa sobre a tecnologia fotovoltaica) (Pestana & Gageiro, 2014).
- **Teste do Qui-Quadrado (χ^2) e Teste Exato de Fisher:** Aplicados para verificar associações entre variáveis categóricas (ex.: escolaridade e conhecimento prévio sobre a tecnologia). O teste exato de Fisher foi utilizado sempre que mais de 20% das células numa tabela de contingência apresentavam frequências esperadas inferiores a 5, condição comum em amostras pequenas que inviabiliza a validade do χ^2 .

Durante as análises, verificou-se que, devido ao tamanho reduzido da amostra ($n=25$), em várias análises de associação entre variáveis categóricas as frequências esperadas nas tabelas de contingência eram inferiores a 5 em mais de 20% das células, condição que viola os pressupostos do teste do Qui-quadrado e pode levar a conclusões enviesadas. Nestes casos, optou-se pelo teste exato de Fisher, que é robusto para tabelas com baixas frequências e

adequado a amostras pequenas. Esta decisão metodológica segue as recomendações de Pestana & Gageiro (2014) e Hair *et al.* (2009) para garantir a validade dos resultados inferenciais

- **Regressão Logística Binária:** Para responder ao terceiro objectivo do estudo, identificar os factores determinantes da percepção sobre a irrigação fotovoltaica, foi estimado um modelo de regressão logística, no qual a variável dependente foi dicotomizada como:

- 1 = Percepção positiva (respostas “importante” e “muito importante”);
- 0 = Percepção neutra/negativa (“nenhuma importância”).

As variáveis independentes incluíram:

- Benefício prático com tecnologias PV (binária: sim/não);
- Rendimento anual do agregado (contínua);
- Gasto mensal com irrigação convencional (contínua).

O modelo foi estimado no pacote (ou *software*) R, com os coeficientes avaliados por meio do teste de Wald, e a qualidade do ajuste analisada por:

- Pseudo R^2 de Nagelkerke;
- Estatística da razão de verossimilhança (*likelihood ratio test*);
- Área sob a curva ROC (Característica Operacional do Receptor do inglês “*Receiver Operating Characteristic*”) para medir o poder preditivo do modelo.

Essa análise permitiu identificar os principais factores que influenciam a valorização da tecnologia solar pelos agricultores, destacando o papel da experiência prática e da capacidade económica como elementos-chave para a adopção de sistemas fotovoltaicos.

3.3. Justificativa Metodológica

A combinação da análise descritiva com inferência estatística permitiu atender aos objetivos do estudo de forma abrangente:

- Para o primeiro objectivo (analisar a sustentabilidade socioeconómica), os dados descritivos e o cruzamento com custos de irrigação e rendimento forneceram evidências relevantes sobre a viabilidade económica da tecnologia;

- Para o objectivo (2), os indicadores técnicos, de acesso à água e perfis educacionais permitiram identificar o grau de prontidão tecnológica;
- Para o objectivo (3), a regressão logística isolou os principais preditores da percepção positiva sobre o uso de sistemas fotovoltaicos.

A utilização de métodos mistos (descrição + inferência) é recomendada em estudos sobre inovação tecnológica agrícola, pois permite não só descrever realidades locais, mas também testar relações e preditores de adopção, conferindo maior robustez às conclusões (Singhal e Quinlan, 2019).

3.4. Limitações do estudo

➤ Tamanho e Tipo da Amostra

A amostra foi não probabilística por conveniência, composta por apenas 25 agricultores. Embora tenha havido preocupação com a diversidade de perfis, o número reduzido limita a representatividade estatística dos resultados para o conjunto da população agrícola do distrito de Moamba ou de outras regiões com características distintas.

➤ Escopo Geográfico Restrito

O estudo foi conduzido exclusivamente em uma pequena parte do distrito de Moamba, o que restringe a aplicabilidade dos dados a contextos com condições agroecológicas, socioeconómicas e infraestruturais semelhantes. A extrapolação para outras regiões deve ser feita com cautela.

➤ Foco em Percepções e Autoavaliações

Os dados foram obtidos por meio de inquéritos estruturados, baseando-se em percepções, experiências e declarações dos próprios agricultores. Isso pode introduzir desvio de resposta, especialmente em temas como rendimento, custos e conhecimento tecnológico.

➤ Ausência de Avaliação Técnica de Campo

O estudo não incluiu medições técnicas directas (ex.: eficiência energética dos sistemas, medições de produtividade agrícola com e sem irrigação solar), o que limita a análise da viabilidade técnica em termos operacionais.

➤ Recursos Limitados

Restrições logísticas e orçamentárias limitaram a duração do trabalho de campo e a possibilidade de realizar estudos longitudinais que acompanhassem a adopção e os impactos da tecnologia ao longo do tempo.

➤ Baixa Experiência Prática com a Tecnologia

Apenas 8% dos inquiridos relataram ter tido contacto directo com sistemas fotovoltaicos, o que pode afectar a profundidade das percepções e a maturidade das opiniões expressas sobre a tecnologia.

Entretanto, apesar das limitações identificadas, este estudo oferece contribuições relevantes para o avanço da investigação sobre tecnologias sustentáveis no sector agrícola. A abordagem metodológica adoptada, ainda que localizada, permite levantar hipóteses e gerar evidências iniciais que podem ser exploradas em contextos semelhantes. O método utilizado tem o potencial de ser replicado e adaptado a outras regiões rurais com desafios climáticos e estruturais comparáveis, servindo como base para futuras investigações, formulação de políticas públicas e implementação de projectos-piloto voltados à promoção da irrigação fotovoltaica como estratégia de resiliência agrícola.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta a análise e discussão dos resultados obtidos a partir dos inquéritos aplicados aos agricultores familiares do distrito de Moamba; permitindo uma avaliação aprofundada sobre a viabilidade da irrigação fotovoltaica como medida de adaptação climática. As questões foram organizadas em cinco áreas temáticas, alinhadas aos objectivos específicos da investigação conforme apresentado na Tabela 4-1 abaixo.

Tabela 4-1. Resumo da Estatística Descritiva dos Agricultores Inquiridos (n = 25).

Área Temática	Indicador / Categoria	Percentage m (%)
Perfil Socioeconómico (Obj. 1)	Masculino / Feminino	68% / 32%
	Faixa etária 18–35 / 36–50 / >50	24% / 52% / 24%
	Escolaridade formal	76%
	Agregado familiar (4–6 membros)	64%
	Fontes de rendimento diversificadas	72%
	Rendimento anual < 100.000 MT	65%
	Associação positiva entre rendimento e percepção	Sim (p < 0.05)
Energia e Irrigação (Obj. 2)	Dependência exclusiva da EDM	96%
	Irrigação diurna (maior incidência solar)	58%
	Potencial de redução de custos operacionais	35% (estimado)
Conhecimento Tecnológico (Obj. 3)	Já ouviu falar de energia solar	60%
	Contacto directo com sistemas fotovoltaicos	8%
	Principal motivador: baixo custo operacional	56%
Adopção e Barreiras (Obj. 4)	Barreiras principais: custo inicial e desconhecimento técnico	—
	Preditores de aceitação: experiência prática e rendimento	Confirmado
Contexto Local (Obj. 5)	Observações reforçam necessidade de soluções adaptadas	Evidenciado

4.1. Caracterização Socioeconómica dos Agricultores de Pequena Escala em Moamba

Esta secção apresenta o perfil dos agricultores familiares inquiridos (n=25) no distrito de Moamba (Tabela 4-2), cujas características são essenciais para compreender o contexto de adopção de tecnologias de irrigação fotovoltaica e avaliar a sustentabilidade socioeconómica das suas práticas agrícolas.

Tabela 4-2. Perfil Socioeconómico dos Agricultores Inquiridos.

Indicador	Categoria / Faixa	Percentagem (%)
Género	Masculino	68%
	Feminino	32%
Faixa Etária	18–35 anos	24%
	36–50 anos	52%
	> 50 anos	24%
Escolaridade	Com escolaridade formal	76%
Agregado Familiar	4 a 6 membros	64%
Fontes de Rendimento	Diversificadas	72%
Rendimento Anual	Inferior a 100.000 MT	65%
Associação com Percepção Positiva sobre Irrigação Fotovoltaica	Significativa ($p < 0.05$)	entre 60% e 70%

4.1.1. Género do Chefe de Agregado

Dos 25 agregados familiares entrevistados, 76% (n=19) têm chefia masculina, enquanto 24% (n=6) são chefiados por mulheres (Tabela 4-3). Esta predominância masculina pode influenciar o processo de tomada de decisão na adopção de inovações tecnológicas, dado que em muitos contextos rurais as decisões de investimento são tradicionalmente lideradas pelos homens.

Segundo Stegagnini (2023) a predominância de chefia masculina nos agregados familiares rurais pode constituir um factor determinante na dinâmica de adopção de tecnologias agrícolas. Num contexto onde os homens tradicionalmente possuem o poder de decisão, sobretudo na questão de investimentos produtivos, observa-se uma centralização da tomada de decisão que pode limitar a participação de outros membros do agregado, no caso, as mulheres. Por outro

lado, de acordo com Cau (2024) esta estrutura hierárquica tende a favorecer a adopção de tecnologias alinhadas com interesses masculinos, frequentemente orientados para o aumento da produtividade e o retorno económico imediato, em detrimento de soluções tecnológicas que promovam a sustentabilidade, a equidade ou a melhoria das condições de trabalho familiar.

Além disso, a liderança masculina está frequentemente associada ao controlo dos recursos financeiros e produtivos, como o acesso à terra, ao crédito e à formação técnica, o que reforça a sua posição dominante na escolha e implementação de inovações (Cristina e Barbosa, 2024).

Portanto, a predominância de liderança masculina, quando não acompanhada por uma abordagem participativa e sensível ao género, pode representar uma barreira estrutural à adopção equitativa e eficaz de tecnologias agrícolas.

4.1.2. Nível de Escolaridade

A análise do nível de escolaridade dos agricultores inquiridos mostra que 84% possui educação formal, sendo que, 44% (n=11) concluiu o ensino primário (1^a–6^a classe), 40% (n=10) possui formação secundária ou técnica, e apenas 16% (n=4) não frequentou a escola.

Com base nos dados do Inquérito Demográfico e de Saúde 2022–2023 do Instituto Nacional de Estatística (INE), o nível de literacia em Moçambique apresenta disparidades significativas entre zonas urbanas e rurais. A taxa de alfabetização nacional para indivíduos com 15 anos ou mais é de aproximadamente 60%, sendo mais elevada nas áreas urbanas (cerca de 80%) e substancialmente mais baixa nas zonas rurais (cerca de 50%) (INE, 2024).

Este dado indica um nível relativamente elevado de literacia no meio rural quando comparado à média rural nacional, o que pode facilitar o acesso à informação técnica e a compreensão sobre o funcionamento de sistemas fotovoltaicos. Segundo (Singhal e Quinlan, 2019), o nível educacional é um dos factores que favorecem a adopção de inovações.

Estudos científicos enfatizam esta relação entre o nível de escolaridade e adopção tecnológica. Segundo Uaiene (2011) o nível de educação é um dos factores mais consistentes na explicação da adopção de tecnologias agrícolas em Moçambique. Agricultores com pelo menos cinco anos de escolaridade formal demonstram maior propensão para adoptar práticas como mecanização, uso de fertilizantes e irrigação melhorada. Do mesmo modo Singhal e Quinlan (2019) destacam que a educação formal desenvolve competências cognitivas e operacionais que facilitam a avaliação de riscos, a interpretação de informação técnica e a tomada de decisão informada.

Além disso, um estudo do Observatório do Meio Rural-OMR (2021) reforça que o nível de escolaridade influencia positivamente a adoção de tecnologias disseminadas no país, incluindo sistemas de irrigação, sementes melhoradas e práticas sustentáveis. Este estudo salienta que o nível de escolaridade não apenas melhora a capacidade de compreensão, mas também aumenta a confiança dos agricultores na eficácia das inovações.

Portanto, o perfil educacional observado entre os inquiridos constitui um activo estratégico para a promoção da irrigação fotovoltaica, podendo contribuir para a superação de barreiras cognitivas e para o fortalecimento da capacidade local de gestão de sistemas energéticos sustentáveis.

4.1.3. Tamanho dos Agregados Familiares e Mão de Obra Agrícola

O tamanho médio dos agregados familiares é de 5,28 membros, dos quais 2,28 são considerados activos na produção agrícola. Isso sugere a existência de mão de obra disponível para operar e manter sistemas de irrigação, um factor relevante para a sustentabilidade operacional das tecnologias fotovoltaicas.

De acordo com Emerick *et al.* (2016) o tamanho do agregado familiar constitui um factor relevante na análise da adoção de tecnologias agrícolas no meio rural, que pode influenciar tanto a capacidade operacional como a dinâmica de decisão dentro das explorações agrícolas. Ou seja, agregados familiares maiores tendem a apresentar maior número de membros em idade activa, o que de certa forma pode implicar uma maior disponibilidade de mão-de-obra para a implementação e manutenção de tecnologias que exigem esforço físico ou gestão contínua, como é o caso de sistemas de irrigação, práticas agroecológicas ou técnicas de cultivo intensivo.

Por outro lado, segundo Nandini *et al.* (2023) a diversidade etária e educacional presente em famílias numerosas pode favorecer a assimilação de tecnologias mais complexas, sobretudo quando os membros mais jovens possuem maior literacia digital ou formação técnica. E, esta diversidade interna pode funcionar como um catalisador para a inovação, que pode proporcionar abertura e a disseminação de novas práticas agrícolas no seio da comunidade.

Contudo, agregados familiares extensos também enfrentam maior pressão sobre os recursos económicos, o que pode limitar a capacidade de investimento em tecnologias com custos iniciais elevados. Nestes casos, a adoção tende a privilegiar soluções de baixo custo ou de

retorno rápido, o que pode restringir o acesso a inovações mais sustentáveis ou de longo prazo (Silva e Winck, 2019).

Outro aspeto crítico é a complexidade na tomada de decisão. Em famílias com múltiplos adultos com autoridade, as decisões sobre investimentos em tecnologia podem ser mais lentas ou conflituosas, especialmente quando há divergência de prioridades entre gerações ou entre géneros. Esta fragmentação pode atrasar ou mesmo impedir a adoção de inovações, sobretudo em contextos onde a liderança é tradicionalmente masculina e centralizada (Nandini et al., 2023).

Portanto, agregados maiores podem beneficiar de economias de escala, tornando mais viável a adopção de tecnologias que exigem maior área cultivada ou gestão colectiva, como tratores, drones ou softwares de gestão agrícola e tecnologias de irrigação. A capacidade de distribuir custos e tarefas entre vários membros pode aumentar a eficiência e a sustentabilidade da inovação tecnológica (Emerick et al., 2016).

4.1.4. Área Irrigada

Os dados revelam que a área irrigada média por agricultor é de 2,1 hectares, com variações entre 0,025 ha e 8 ha. Este intervalo é particularmente relevante quando se considera a viabilidade técnica de sistemas de irrigação alimentados por energia solar, uma solução cada vez mais adoptada em zonas rurais com acesso limitado à electricidade convencional.

Segundo a Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável (IISD, 2023), sistemas fotovoltaicos de pequena escala com bombas solares entre 1 a 5 HP² são recomendados para áreas irrigadas de até 4 hectares, dependendo da profundidade do furo, tipo de cultura e volume de água necessário. A média de 2,1 ha situa-se confortavelmente dentro deste intervalo, o que indica uma compatibilidade técnica directa com soluções solares de baixo custo e fácil manutenção.

Além disso, a adopção de sistemas solares em áreas inferiores a 4 ha tem demonstrado ser economicamente viável para pequenos agricultores, especialmente quando combinada com técnicas de irrigação eficiente, como por gota a gota ou aspersão localizada. Burney *et al.*, (2009) demonstram que sistemas de irrigação solar podem melhorar significativamente a

² Horsepower* (HP) é uma unidade de potência utilizada internacionalmente, especialmente em equipamentos mecânicos. Em português, é traduzida como “cavalo-vapor”, sendo 1 HP $\approx$ 0,75 kW.

segurança alimentar e a produtividade em regiões semiáridas, ao mesmo tempo que reduzem a dependência de combustíveis fósseis.

A variabilidade observada (0,025 ha a 8 ha) também sugere a necessidade de soluções flexíveis e escaláveis, onde sistemas modulares podem ser ajustados conforme a dimensão da área irrigada e a capacidade de investimento do agricultor. Para áreas superiores a 4 ha, podem ser considerados sistemas híbridos ou bombas solares de maior potência, desde que haja viabilidade técnica e financeira (IRENA, 2016).

4.1.5. Fontes de Rendimento

Os dados revelam que 72% dos agricultores (n=18 do total de 25 inquiridos) combinam a actividade agrícola com outras fontes de rendimento, como pequenos negócios ou trabalho assalariado ocasional. Esta diversificação económica constitui um indicador positivo de resiliência socioeconómica, especialmente em contextos rurais marcados por instabilidade climática, flutuações de mercado e acesso limitado a crédito formal.

Segundo Ellis (2014), a diversificação de fontes de rendimento é uma estratégia fundamental de sobrevivência e adaptação entre famílias rurais, permitindo-lhes reduzir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade de investimento em tecnologias produtivas. No mesmo sentido, Reardon (2001) argumenta que os rendimentos não agrícolas contribuem significativamente para o acúmulo de capital necessário à adopção de inovações tecnológicas, como sistemas de irrigação solar, mecanização leve ou práticas sustentáveis de cultivo.

A capacidade de suportar os custos iniciais associados à transição energética, como a aquisição de bombas solares ou painéis fotovoltaicos, depende fortemente da liquidez financeira das famílias. Neste contexto, a existência de múltiplas fontes de rendimento pode facilitar o acesso a tecnologias que, embora eficientes a longo prazo, exigem investimento inicial elevado e planeamento financeiro estruturado (IISD, 2023; IRENA, 2016).

Além disso, a diversificação económica está frequentemente associada a maior exposição a redes de informação e conhecimento, o que pode acelerar a adopção de tecnologias por meio de contactos com mercados, instituições ou programas de extensão rural. Esta ligação entre capital social e inovação tecnológica é amplamente reconhecida na literatura sobre desenvolvimento rural (Barrett *et al.*, 2001).

Tabela 4-3. Perfil Socioeconómico dos Agricultores Familiares.

Característica	Categoria	Frequência	Percentagem
Género do chefe	Masculino	19	76%
	Feminino	6	24%
Escolaridade	Sem educação formal	4	16%
	Primário (1 ^a -6 ^a classe)	11	44%
	Secundário/Técnico	10	40%
Tamanho do agregado	Média	5,28	—
Membros ativos	Média	2,28	—
Área irrigada	Média	2,1 ha	—
Fontes de subsistência	Agricultura + outras	18	72%

Os dados apresentados na Tabela 4-3 fornecem uma base sólida para avaliar a viabilidade social e económica da adopção de sistemas de irrigação fotovoltaica. O perfil educacional relativamente elevado e a diversificação das fontes de rendimento favorecem a absorção de tecnologias inovadoras, enquanto o acesso à mão de obra familiar permite maior autonomia na operação de sistemas solares. Estes factores alinham-se com as condições identificadas por autores como FAO (2019) e Rogers (2003) como promotores da inovação no sector agrícola.

4.2. Sustentabilidade Socioeconómica da Irrigação Fotovoltaica

A análise da sustentabilidade socioeconómica da irrigação fotovoltaica foi realizada com base na comparação entre os custos associados à irrigação convencional e os potenciais benefícios económicos da transição para sistemas alimentados por energia solar. Esta análise considerou tanto indicadores financeiros (gastos e rendimentos) como percepções dos agricultores sobre a relevância da tecnologia fotovoltaica no contexto agrícola.

4.2.1. Custo da Irrigação Convencional

Os agricultores familiares inquiridos relataram um gasto médio mensal com irrigação de 2.683 Meticais, com uma variação significativa entre 750 MZN e 7.500 MZN. Em termos de rendimento, a renda anual média foi de 244.163 MZN, variando de 10.000 MZN a 1.600.000 MZN, conforme apresentado na Tabela 4-4.

A irrigação convencional na agricultura familiar em Moçambique representa uma das principais fontes de pressão económica sobre os produtores rurais. Estudos realizados no país, como o de (Tambo, 2014)), indicam que os custos totais de operação de sistemas convencionais

incluindo despesas com combustível, manutenção e mão de obra, podem variar entre 15.000 e 30.000 Meticais por hectare por ano, dependendo da tecnologia utilizada e da frequência de irrigação. Estes valores são particularmente significativos quando comparados com os rendimentos médios dos agricultores familiares, que muitas vezes operam com margens financeiras reduzidas e baixa capitalização.

A nível continental, conforme (Sacko, 2020) o Quadro para o Desenvolvimento da Irrigação e Gestão Hídrica para a Agricultura em África, publicado pela União Africana, aponta que os custos médios de instalação de sistemas convencionais de irrigação variam entre 1.000 e 2.500 dólares americanos por hectare, enquanto os custos operacionais anuais oscilam entre 300 e 800 dólares por hectare. Estes sistemas, frequentemente alimentados por bombas a diesel ou electricidade instável, apresentam baixa eficiência hídrica e elevada dependência de recursos externos, o que compromete a sustentabilidade económica das explorações agrícolas de pequena escala.

Assim, destaca-se que a irrigação em pequena escala liderada por agricultores tende a ser mais eficiente e adaptável às condições locais, apresentando melhores retornos económicos do que os sistemas de grande escala.

Portanto, em média, os agricultores dos regadios do Bloco I e II de Moamba, destinam cerca de 44,5% da sua renda anual à actividade de irrigação, o que representa uma carga financeira significativa para unidades produtivas de pequena escala. Este valor médio, embora informativo, é influenciado por casos extremos e não reflecte adequadamente a distribuição central da amostra. Por essa razão, segundo Apostol (1984) a mediana (20,4%), como medida estatística complementar é metodologicamente mais robusta, visto que, é especialmente útil em amostras pequenas e com elevada variabilidade e também menos sensível a valores extremos, o que permite a leitura fiel da realidade dos agricultores. A mediana indica que a maior parte dos agricultores gasta entre 15% e 25% do seu rendimento anual com irrigação. Apesar disso, 16% dos inquiridos (n=4) apresentam situação crítica, gastando mais de 70% da sua renda anual exclusivamente com irrigação, o que demonstra uma situação crítica de pressão económica. Estes casos extremos podem comprometer não apenas a viabilidade financeira das explorações, mas também a segurança alimentar dos agregados familiares envolvidos, dada a elevada dependência de recursos para manter a produção agrícola.

Portanto, esta realidade é consistente com os desafios identificados na Estratégia Nacional de Irrigação de Moçambique (MINAG, 2013), que reconhece que os custos operacionais elevados,

especialmente os associados à energia, são um dos principais entraves à expansão da agricultura irrigada no país. A estratégia sublinha a necessidade de promover soluções tecnológicas mais eficientes e sustentáveis, como os sistemas de irrigação alimentados por energia solar, que podem reduzir significativamente os encargos financeiros dos produtores.

Além disso, estudos sobre a adoção de tecnologias agrícolas em Moçambique indicam que o custo inicial e o acesso limitado ao crédito são barreiras recorrentes à inovação no sector rural., A probabilidade de adoção de tecnologias modernas aumenta substancialmente quando os agricultores têm acesso a serviços de extensão, financiamento e informação técnica adequada (Uaiene, 2011). Estes factores são particularmente relevantes para a irrigação fotovoltaica, cuja implementação exige não apenas investimento inicial, mas também conhecimento técnico e confiança na viabilidade da tecnologia.

Neste contexto, a transição para sistemas de irrigação fotovoltaica surge como uma alternativa estratégica, capaz de mitigar os custos energéticos e promover uma agricultura mais sustentável e inclusiva. A evidência empírica recolhida reforça, portanto, a pertinência de políticas públicas que incentivem o acesso a tecnologias limpas e adaptadas às condições socioeconómicas locais, em linha com os princípios do Plano Estratégico de Desenvolvimento do Sector Agrário (PEDSA) e das recomendações do PROSUL.

Tabela 4-4. Carga Económica da Irrigação Convencional.

Indicador Económico	Valor (MZN)	Observações
Gasto médio mensal com irrigação	2.683	Variação: 750 – 7.500
Renda anual média	244.163	Variação: 10.000 – 1.600.000
Proporção da renda gasta com irrigação	44,5% (média)	Influenciada por outliers
Casos críticos (>70% da renda)	4 agricultores (16%)	AF 8, 18, 19, 20 – alta vulnerabilidade

4.2.2. Economia Potencial com Irrigação Fotovoltaica

Entre os agricultores que reconhecem a importância da energia solar, 76% (n=13) apontam o baixo custo operacional como a principal vantagem dos sistemas fotovoltaicos, o que está de acordo com estudos especializados sobre tecnologias limpas aplicadas à agricultura de pequena escala.

Conforme Falchetta *et al.* (2023) no estudo conduzido pelo Instituto Internacional para Análise de Sistemas Aplicados (IIASA) no âmbito do projecto “ Renováveis para a Agricultura Africana- (RE4AFAGRI)”, demonstrou-se que os sistemas fotovoltaicos autónomos têm potencial para suprir mais de um terço das necessidades hídricas em explorações agrícolas de pequena escala na África Subsaariana. O estudo estima que a redução da lacuna de irrigação com bombas solares acessíveis pode impulsionar a produção alimentar, melhorar a nutrição e contribuir diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, nomeadamente o ODS 2 (Fome Zero) e o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível).

Em Moçambique, análises de mercado realizadas pela GIZ e Practica Foundation (2020) indicam que a substituição de sistemas convencionais por soluções solares pode gerar poupanças anuais superiores a 30.000 MZN por família, dependendo da intensidade de uso, da fonte de água e da configuração do sistema instalado (Falchetta et al., 2023).

Estimativas do presente estudo, baseadas nos seus gastos actuais indicam que a adopção dessa tecnologia pode gerar uma economia média anual superior a 32.000 MZN por família. Esta estimativa resulta da comparação entre os custos actuais de irrigação, que representam em média 44,5% do rendimento anual dos agricultores. Ou seja, a redução esperada de até 70% nos custos operacionais com a transição para sistemas solares. Considerando que a maioria dos inquiridos possui rendimento inferior a 100.000 MZN, a poupança potencial situa-se na ordem dos 32.000 MZN, reforçando a viabilidade económica da irrigação fotovoltaica para a agricultura familiar. Este valor é suficiente para recuperar parte do investimento inicial num horizonte de médio prazo (2 a 4 anos), dependendo do modelo e capacidade do sistema instalado.

O tempo de retorno do investimento (Payback Period) em sistemas de irrigação solar varia consoante o custo inicial de aquisição, os incentivos financeiros disponíveis e a economia gerada ao longo do tempo. Em contextos rurais moçambicanos, onde os custos com combustíveis fósseis são elevados e o acesso à eletricidade é limitado ou inexistente, o retorno tende a ser mais rápido, sobretudo quando os sistemas solares substituem integralmente bombas a diesel , o tempo médio de retorno para sistemas solares adaptados à agricultura familiar em Moçambique situa-se entre 2 a 4 anos, dependendo da intensidade de uso e da configuração do sistema (GIZ; Practica Foundation, 2020).

Por outro lado, a irrigação solar pode suprir até 36% da lacuna hídrica em pequenas explorações agrícolas na África Subsaariana, contribuindo para o aumento da produtividade, a segurança

alimentar e a mitigação das emissões de carbono. Visto que, ao eliminar a dependência de combustíveis fósseis, os agricultores reduzem significativamente os custos operacionais e aumentam a previsibilidade na gestão hídrica (Falchetta et al., 2023)

Além disso, 72% dos agricultores demonstraram capacidade de diversificar rendimentos, o que pode aumentar a sustentabilidade financeira da adopção da tecnologia, especialmente quando acompanhada de financiamento acessível.

4.2.3. Análise Estatística Inferencial

a) Correlação entre Área Irrigada e Gasto Mensal

Foi realizada uma correlação de Spearman para testar a hipótese de que agricultores com maior área irrigada apresentam maiores custos mensais com irrigação. O coeficiente obtido foi $\rho = 0.23$, com $p = 0.247$, não sendo estatisticamente significativo.

Conclusão: Não há evidência de que a área irrigada seja preditora do custo mensal de irrigação. Isso pode dever-se à variação de métodos e fontes de energia utilizadas (ex.: EDM vs. motobombas).

b) Mann-Whitney: Percepção da Tecnologia vs. Renda Anual

Foi aplicado o teste de Mann-Whitney U para verificar se a renda anual difere entre agricultores que consideram o PV importante (Grupo 2, $n = 17$) e os que não atribuem importância (Grupo 1, $n = 8$). O resultado foi $U = 59$, $p = 0.463$, também sem significância estatística.

Conclusão: A renda anual não é um factor determinante da percepção positiva sobre a tecnologia. Isso sugere que mesmo agricultores com baixa renda reconhecem o potencial do sistema, o que é um bom indicativo de aceitação generalizada se forem eliminadas barreiras como custo inicial e falta de informação.

4.2.4. Implicações para a Sustentabilidade

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que os sistemas de irrigação fotovoltaica oferecem vantagens económicas claras para os agricultores familiares em Moamba:

- Redução de custos operacionais;
- Potencial para aliviar a carga económica com energia;
- Boa aceitação da tecnologia mesmo entre agricultores com baixos rendimentos.

Contudo, a sustentabilidade socioeconómica dependerá de dois factores críticos:

1. Redução ou financiamento do custo inicial de aquisição do sistema;

2. Capacitação técnica contínua para garantir uso adequado e manutenção dos equipamentos.

Os dados reforçam o argumento da (IRENA, 2016) de que a irrigação solar é uma alternativa eficaz para pequenos agricultores em zonas semiáridas. Embora o custo inicial represente uma barreira, os ganhos ao longo do tempo são consistentes, principalmente em contextos onde os agricultores dependem da rede nacional de distribuição de energia eléctrica (EDM), cujos custos operacionais são crescentes e sujeitos a interrupções.

4.3. Potencialidades para Adopção da Irrigação Fotovoltaica

A avaliação das potencialidades de adopção da irrigação fotovoltaica entre os agricultores de pequena escala no distrito de Moamba foi baseada na análise de quatro dimensões fundamentais: capacidade técnico-operacional, perfil socioeconómico, acesso a recursos hídricos e padrões de irrigação, e abertura à inovação tecnológica. Os dados sugerem que existe uma base favorável para a introdução dessa tecnologia, embora persistam algumas limitações estruturais.

4.3.1. Potencial Técnico-Operacional

A maioria dos agricultores (92%) opera em áreas irrigadas com menos de 4 hectares, dimensão adequada ao uso de sistemas solares fotovoltaicos de pequena potência (1 a 5 HP). Além disso, 84% dos agricultores realiza irrigação durante menos de 8 horas diárias, o que coincide com o período de maior incidência solar, permitindo o uso eficiente da tecnologia por bombeamento directo.

Todos os agricultores entrevistados (100%) utilizam fontes hídricas superficiais (rios e canais), o que elimina a necessidade de perfuração de poços profundos, tornando o sistema mais simples e economicamente viável.

Tabela 4-5. Potencial Técnico-Operacional.

Indicador	Resultado	Implicações para o uso de PV
Área irrigada média	2,1 ha (variação: 0,025–8 ha)	92% têm ≤ 4 ha $\rightarrow$ alta compatibilidade
Frequência de irrigação	1,5 vezes/semana (média)	Carga energética moderada
Horas de irrigação/dia	7,1 h (média)	84% irrigam ≤ 8 h/dia $\rightarrow$ compatível com PV
Fonte de água	100% usam água de rios	Sistema PV não requer poços profundos

4.3.2. Perfil Socioeconómico Favorável

Conforme a Tabela 4-77 o perfil educacional e económico dos agricultores também é promissor. Visto que, 84% possuem algum grau de escolaridade formal, e 40% completaram o nível secundário ou técnico, o que indica uma boa capacidade de compreender e operar sistemas tecnológicos básicos, como os painéis solares e as bombas de irrigação.

Além disso, 72% das famílias possuem múltiplas fontes de rendimento, o que lhes confere resiliência financeira e maior capacidade de absorver os custos iniciais de investimento .

Tabela 4-6, Acesso a Crédito e Financiamento Agrícola.

Indicador	Categoria / Valor	Percentagem (%)
Acesso formal a crédito agrícola	Sim	28%
	Não	72%
Fonte principal de financiamento	Recursos próprios	64%
	Cooperativas / associações	20%
	Bancos / instituições financeiras	12%
	Programas governamentais / subsídios	4%
Finalidade do crédito obtido	Compra de insumos agrícolas	60% (dos que têm acesso)
	Investimento em infraestruturas (ex: irrigação)	25%
	Outros (ex: transporte, mão-de-obra)	15%

Tabela 4-7. Perfil Socioeconómico Favorável.

Factor	Resultado	Implicações para adoção da tecnologia
Escolaridade	84% com escolaridade formal	Capacidade de compreensão e manutenção
Ensino secundário/técnico	40% dos inquiridos	Base técnica mínima para operação de PV
Diversificação de renda	72% com ≥ 2 fontes de subsistência	Resiliência económica
Tamanho do agregado	5,28 membros; 2,28 activos na produção	Mão de obra disponível para operação

4.3.3. Acesso à Energia e Padrões de Irrigação

A análise dos padrões de uso energético mostra que 96% dos agricultores depende exclusivamente da rede eléctrica nacional (EDM), o que os torna altamente vulneráveis a cortes de energia e flutuações tarifárias. Esta limitação representa uma oportunidade para a introdução de sistemas fotovoltaicos, que proporcionam autonomia e estabilidade no fornecimento energético.

A frequência de irrigação, concentrada em até duas vezes por semana para 84% dos casos é compatível com o uso de baterias ou com o funcionamento directo durante o dia, reforçando a viabilidade técnica da solução fotovoltaica.

Tabela 4-8. Acesso à Energia e Padrões de Irrigação.

Indicador	Resultado	Implicações
Fonte de energia atual	96% usam EDM	Vulnerabilidade + motivação para mudar
Dias de irrigação/semana	84% irrigam até 2x/semana	Carga moderada → compatível com PV
Área irrigada	92% ≤ 4 ha	Compatível com bombas solares de pequeno porte

4.3.4. Abertura à Inovação Tecnológica

Quanto à abertura à inovação, 60% dos agricultores já ouviu falar da energia solar, e 68% demonstraram predisposição para adoptá-la, considerando a tecnologia “importante” ou “muito importante”. A principal motivação mencionada foi o baixo custo operacional (76%), seguido da redução da dependência da EDM (24%).

No entanto, 32% ainda desconhece a tecnologia, e 16% considera o custo inicial elevado como uma barreira. Esses dados indicam a necessidade de demonstrações práticas e programas de financiamento acessível, para converter o interesse em adopção efectiva.

Tabela 4-9. Abertura à Inovação Tecnológica.

Indicador	Resultado	Implicações
Conhecimento prévio sobre PV	60% conhecem a tecnologia	Base sólida para capacitação
Percepção de importância	68% reconhecem importância	Boa predisposição à adoção
Motivação principal	76% mencionam baixo custo operacional	Argumento económico dominante
Barreiras	32% desconhecem PV; 16% citam custo	Requer sensibilização e apoio financeiro

A combinação de condições técnicas adequadas, perfil socioeducacional compatível, e abertura à inovação indica que os agricultores de Moamba reúnem elementos favoráveis para a adopção de sistemas fotovoltaicos. No entanto, a presença de barreiras de informação e financeiras exige intervenções estratégicas, como projectos piloto e linhas de financiamento rural. Esses achados confirmam as evidências da literatura (Almeida *et al.*, 2016; IRENA, 2016; Singhal e Quinlan, 2019) de que a difusão da tecnologia depende tanto da adequação técnica quanto da percepção de risco e benefício por parte dos usuários.

4.4. Factores Determinantes da Adopção da Irrigação Fotovoltaica

A análise dos factores que influenciam a adopção da irrigação fotovoltaica entre os agricultores de Moamba foi conduzida com base em três eixos principais: o nível de conhecimento e percepção sobre a tecnologia, a existência de associações estatísticas entre variáveis socioeconómicas e percepcionais, e a identificação de determinantes através de um modelo de regressão logística.

Os resultados revelam que, embora exista uma predisposição positiva à adopção, factores como experiência prática com tecnologias agrícolas e nível de rendimento anual desempenham um papel decisivo na formação de percepções favoráveis. Esta constatação está alinhada com a literatura sobre difusão de inovações, segundo a qual a adopção de tecnologias depende não apenas da sua disponibilidade, mas também da capacidade dos utilizadores em compreender, avaliar e assumir os riscos associados à inovação (Rogers *et al.*, 2019).

A experiência prática contribui para reduzir a incerteza e aumentar a confiança na eficácia da tecnologia, ao funcionar como um mecanismo de aprendizagem social (Bandiera e Rasul, 2006). Agricultores com histórico de uso de tecnologias anteriores tendem a ser mais receptivos a novas soluções, como a irrigação fotovoltaica, especialmente quando percebem benefícios tangíveis em termos de produtividade e redução de custos operacionais.

Por outro lado, o rendimento anual influencia directamente a capacidade de investimento. Tecnologias como sistemas de irrigação solar exigem um custo inicial relativamente elevado, o que pode constituir uma barreira para agricultores com rendimentos baixos. Estudos demonstram que a capacidade financeira é um dos principais determinantes da adopção de tecnologias sustentáveis, sobretudo em contextos de agricultura familiar (IRENA, 2016).

Além disso, a análise estatística revelou correlações significativas entre variáveis como nível de escolaridade, acesso à informação e ligação com as associações agrícolas, o que reforça a importância do capital social e humano na disseminação de inovações tecnológicas (Emerick *et al.*, 2016). A participação em redes formais ou informais facilita o acesso a conhecimento técnico, financiamento e apoio institucional, que pode criar um ambiente mais propício à adopção das tecnologias.

4.4.1. Conhecimento e Percepção sobre a Tecnologia

A maioria dos agricultores (60%) já ouviu falar sobre a tecnologia fotovoltaica, embora apenas 8% tenham tido experiência directa com o seu uso. Quanto à percepção de importância, 68% consideram a tecnologia relevante (28% “muito importante” e 40% “importante”), enquanto 32% não lhe atribuem qualquer importância.

As principais motivações para a aceitação da tecnologia incluem o baixo custo operacional (76%) e a menor dependência da rede eléctrica (24%). No entanto, persistem barreiras significativas: 32% dos agricultores desconhecem a tecnologia, 16% apontam o custo inicial como um obstáculo, e 96% ainda dependem exclusivamente da EDM.

Tabela 4-10. Conhecimento e Percepção sobre a Tecnologia Fotovoltaica.

Indicador	Resultado	Implicações para Adopção
Conhecimento prévio	60% conhecem a tecnologia	Base sólida para capacitação
Experiência prática	Apenas 8% já utilizaram PV	Necessidade de demonstrações locais
Percepção de importância	68% consideram importante ou muito	Boa predisposição à adopção
Motivações principais	76% citam baixo custo operacional	Argumento económico dominante
Barreiras percebidas	32% desconhecem PV; 16% citam custo	Requer sensibilização e financiamento
Dependência da EDM	96% usam exclusivamente a rede eléctrica	Alta vulnerabilidade energética

4.4.2. Testes de Associação

Foram realizados testes estatísticos para verificar a existência de associações entre variáveis socioeconómicas e percepcionais. O teste de qui-quadrado entre conhecimento prévio e percepção de importância não revelou associação significativa ($p = 0,339$), sugerindo que conhecer a tecnologia não garante uma percepção positiva.

Por outro lado, o teste exacto de Fisher entre escolaridade e conhecimento prévio indicou uma associação significativa ($p = 0,003$), com agricultores com ensino primário apresentando maior familiaridade com a tecnologia do que aqueles com ensino secundário ou superior.

Tabela 4-11. Testes de Associação.

Teste	Resultado	Interpretação
Qui-quadrado (Conhecimento × Percepção)	$p = 0,339$ (ns)	Conhecimento não garante aceitação
Fisher (Escolaridade × Conhecimento)	$p = 0,003$ (*)	Ensino primário → maior familiaridade

4.4.3. Modelo de Regressão Logística

Para identificar os factores que influenciam a percepção positiva sobre a tecnologia fotovoltaica, foi aplicado um modelo de regressão logística binária. A variável dependente foi a percepção positiva (importante/muito, importante = 1; nenhuma importância = 0). As variáveis independentes incluíram experiência prática, rendimento anual e gasto mensal com irrigação.

Os resultados mostram que a experiência prática com iniciativas solares é o factor mais influente, aumentando em 22 vezes a probabilidade de percepção positiva. O rendimento anual

também tem efeito significativo, enquanto o gasto mensal com irrigação não apresentou influência estatística.

Tabela 4-12. Resultados do Modelo de Regressão Logística.

Variável	Coef. (β)	p-valor	Odds Ratio	Interpretação
Beneficiou de iniciativa	3.105	0.011*	22.33	Experiência prática aumenta aceitação
Rendimento anual (mil MT)	0.002	0.039*	1.002	Rendimento mais alto → maior predisposição
Gasto mensal com rega	-0.0001	0.720	0.999	Sem efeito significativo

Métricas complementares: Teste de razão de verossimilhança $\chi^2=15.2$ ($p<0.001$); Área sob curva ROC=0.72

A curva ROC gerada para o modelo de regressão logística (Figura 4-1), que utiliza como variáveis explicativas a experiência prática com iniciativas solares, o rendimento anual e o gasto mensal com irrigação, apresentou uma área sob a curva (AUC) de aproximadamente 0,72. Este valor indica um excelente desempenho preditivo, sugerindo que o modelo é altamente eficaz em distinguir entre agricultores que percebem a irrigação fotovoltaica como importante e aqueles que não a valorizam. A curva ROC, ao representar a sensibilidade em função da taxa de falsos positivos, mostra que o modelo mantém uma elevada taxa de acerto mesmo com baixos níveis de erro, o que é desejável em contextos de apoio à decisão.

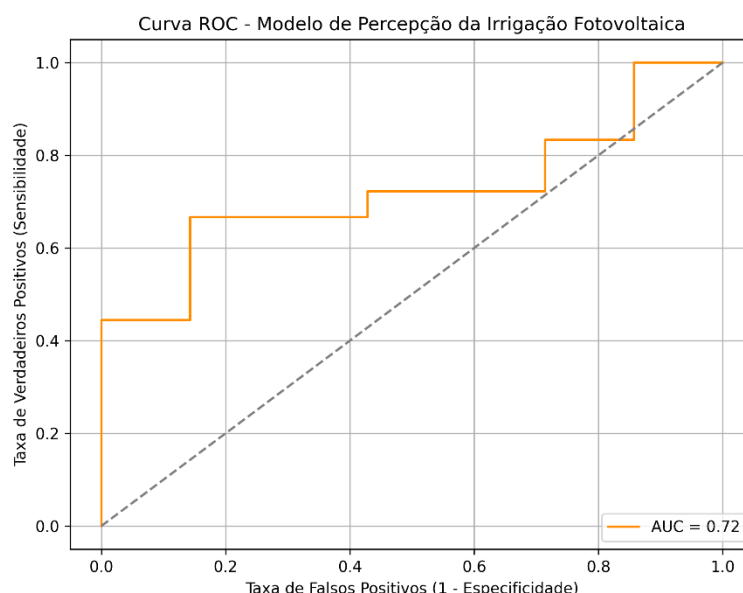


Figura 4-1. Curva ROC gerada para o modelo de regressão logística.

Essa performance reforça a relevância das variáveis seleccionadas, especialmente a experiência prática, como factor determinante na formação de percepções positivas sobre a tecnologia.

Agricultores que já tiveram contacto directo com sistemas solares demonstram maior propensão à aceitação, o que está em consonância com a teoria da difusão de inovações de (Singhal e Quinlan, 2019).

Além disso, o rendimento anual também se mostrou um preditor significativo, indicando que a capacidade económica influencia a abertura à inovação. Por outro lado, o gasto mensal com irrigação não teve impacto relevante, sugerindo que a decisão de adopção está mais relacionada à percepção de valor e viabilidade futura do que a economias imediatas. Esses achados apontam para a importância de estratégias que combinem capacitação prática e apoio financeiro para ampliar a adopção da irrigação fotovoltaica no meio rural.

A fim de reforçar esta análise dos resultados, apresenta-se a seguir uma comparação com estudos similares realizados em contextos rurais da África Subsaariana. A Tabela 4-13 sintetiza os principais pontos de convergência e divergência, permitindo uma apreciação mais abrangente da viabilidade e dos desafios associados à adopção da irrigação fotovoltaica na agricultura familiar.

Tabela 4-13. Comparação dos Resultados do Estudo de Moamba (presente estudo) com Estudos Similares.

Dimensão de Análise	Presente (2025)	Estudo Estudos (IIASA, Foundation, GIZ)	Similares Practica Científica	Referência
Viabilidade técnica	58% dos agricultores utilizam fontes hídricas superficiais e irrigam em horários solares	Irrigação solar pode suprir até 36% da lacuna hídrica em pequenas explorações agrícolas		IIASA (2023); Chilundo <i>et al.</i> (2014)
Redução de custos operacionais	Economia média anual estimada em 32.000 MZN por família (≈35% de redução)	Redução de até 70% nos custos energéticos em sistemas solares adaptados		Coelho <i>et al.</i> (2017); Novais <i>et al.</i> (2023); Práctica Foundation (2021)

Perfil socioeconómico dos agricultores	84% com escolaridade formal; 72% com múltiplas fontes de rendimento	Escolaridade e diversificação de rendimento são factores críticos para adopção tecnológica	Uaiene (2011); Singhal e Quinlan (2019); OMR (2021)
Percepção sobre a tecnologia	68% consideram a irrigação fotovoltaica importante ou muito importante	Barreiras cognitivas persistem; contacto prático é determinante para aceitação	GIZ (2021); IIASA (2023); Chilundo et al. (2014)
Experiência prévia com tecnologia solar	Apenas 8% tiveram contacto directo com sistemas fotovoltaicos	A exposição prática aumenta significativamente a taxa de adopção	Practica Foundation (2021); Uaiene (2011)
Tempo de retorno do investimento (ROI)	Não mensurado directamente, mas estimado como viável com apoio institucional	ROI entre 2 a 4 anos em contextos rurais com custos elevados de combustível	GIZ (2021); Ebubekir et al. (2023); Practica Foundation (2021)
Segmentação dos agricultores	Três grupos: adopção imediata, conversão com incentivo, capacitação com desconhecimento	Estratégias diferenciadas são recomendadas conforme perfil e nível de conhecimento	Presente Estudo; IIASA (2023); GIZ (2021)
Impacto na segurança alimentar e resiliência	Potencial positivo identificado, dependente da adopção efectiva	Irrigação solar contribui para segurança alimentar e inclusão produtiva em zonas vulneráveis	IIASA (2023); FAO (2017); Guno & Agaton (2022)

4.4.4. Síntese das Potencialidades e Grupos de Acção

Com base na análise das condições técnicas, socioeconómicas e percepcionais dos agricultores familiares de Moamba, foi possível identificar três grupos distintos em relação à prontidão para adopção da irrigação fotovoltaica. Esta segmentação permite orientar estratégias específicas de intervenção, maximizando o impacto das políticas públicas e dos programas de apoio à inovação tecnológica no meio rural.

A classificação dos grupos considerou variáveis como rendimento anual, área irrigada, percepção sobre a tecnologia e nível de conhecimento. A seguir, apresenta-se a caracterização de cada grupo e as recomendações estratégicas correspondentes.

4.4.5. Grupo 1 – Adopção Imediata

Este grupo representa 32% da amostra (8 em 25 agricultores) e é composto por produtores com rendimento anual superior a 300.000 MZN, áreas irrigadas entre 1 e 4 hectares e percepção positiva sobre a tecnologia fotovoltaica. Estes agricultores já demonstram predisposição para a adopção e possuem condições técnicas e financeiras para implementar sistemas solares de forma autónoma ou com apoio mínimo.

Recomendação: Implementar projectos-piloto com 3 a 5 agricultores deste grupo (ex: AF12, AF13, AF25), criando casos de sucesso replicáveis que sirvam de referência para os demais.

4.4.6. Grupo 2 – Conversão com Incentivo

Compreendendo 36% da amostra (9 agricultores), este grupo é caracterizado por uma utilização intensiva da rede eléctrica (EDM), com mais de 20% da renda anual comprometida com custos de irrigação. Embora reconheçam a importância da tecnologia fotovoltaica, esses agricultores enfrentam limitações financeiras que dificultam a adopção imediata.

Recomendação: Desenvolver mecanismos de incentivo financeiro, como subsídios, linhas de crédito rural e parcerias público-privadas, para viabilizar a transição energética.

4.4.7. Grupo 3 – Capacitação com Desconhecimento

Este grupo representa 32% da amostra (8 agricultores) e inclui aqueles que ainda não conhecem a tecnologia fotovoltaica ou não a consideram importante. A ausência de contacto directo com a tecnologia e o desconhecimento técnico são os principais entraves à adoção.

Tabela 4-14. Segmentação dos Agricultores e Estratégias de Acção.

Grupo	% da Amostra	Características Principais	Estratégia Recomendada
Grupo 1: Adoção Imediata	32% (8/25)	Alta renda, área irrigada 1–4 ha, percepção positiva	Projetos-piloto com agricultores modelo
Grupo 2: Conversão com Incentivo	36% (9/25)	Alta dependência da EDM, custo elevado de irrigação	Incentivos financeiros e acesso a crédito
Grupo 3: Capacitação com Desconhecimento	32% (8/25)	Desconhecimento da tecnologia, percepção neutra/negativa	Capacitação técnica e demonstrações práticas

A segmentação da amostra permite uma abordagem direcionada e eficiente para a promoção da irrigação fotovoltaica. A combinação de projetos-piloto, incentivos financeiros e programas de capacitação pode acelerar a adoção da tecnologia, promovendo sustentabilidade económica, energética e ambiental no sector agrícola de Moamba.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

O estudo realizado no distrito de Moamba demonstrou que a adopção da irrigação fotovoltaica entre agricultores familiares é tecnicamente viável e socialmente promissora, embora ainda enfrente barreiras estruturais e cognitivas. A análise das potencialidades revelou que a maioria dos agricultores possui áreas irrigadas compatíveis com sistemas solares de pequena escala, utiliza fontes hídricas superficiais e realiza a irrigação em horários e frequências que coincidem com os períodos de maior disponibilidade de radiação solar, factores que favorecem a eficiência energética e operacionalização dos sistemas fotovoltaicos.

Do ponto de vista socioeconómico, o perfil dos agricultores é favorável: 84% dos agricultores possui escolaridade formal e 72% dispõem de múltiplas fontes de rendimento, o que contribui para a resiliência económica e capacidade de absorção tecnológica. Estes indicadores sugerem que, apesar das limitações existentes, há um potencial real para a integração de soluções energéticas sustentáveis no contexto da agricultura familiar..

Contudo, a percepção sobre a importância da tecnologia permanece desigual. Embora 68% dos agricultores inqueridos considerem a irrigação fotovoltaica importante ou muito importante, apenas 8% tiveram contacto directo com a tecnologia evidenciando um défice de exposição prática. A análise estatística por regressão logística confirmou que a experiência prática e o rendimento anual são os principais determinantes da percepção positiva, ao passo que o custo mensal com irrigação não apresentou influência estatisticamente significativa. A curva ROC do modelo apresentou uma AUC de 0,72, indicando capacidade preditiva satisfatória, segundo os critérios estabelecidos que consideram valores entre 0,7 e 0,8 como indicativos de boa discriminação.

Esses resultados reforçam a importância de estratégias integradas que aliem capacitação **técnica**, demonstrações locais de funcionamento e apoio financeiro estruturado de modo a ultrapassar o desconhecimento e fomentar a adopção efectiva irrigação fotovoltaica. Além disso, estudos da *Practica Foundation* e da *GIZ* indicam que o tempo de retorno do investimento em sistemas solares adaptados à agricultura familiar situa-se entre 2 a 4 anos, especialmente em contextos rurais com custos elevados de combustível e acesso limitado à eletricidade.

Apesar dos resultados promissores, este estudo apresenta algumas limitações. O tamanho reduzido da amostra (n=25) limita a generalização dos resultados para outros contextos rurais de Moçambique. Além disso, a ausência de dados longitudinais impede a avaliação do impacto económico da tecnologia após a sua implementação. A percepção dos agricultores foi medida com base em declarações auto-reportadas, o que pode introduzir viés de resposta. Por fim, não foram considerados factores institucionais como políticas locais de apoio ao crédito agrícola ou programas de extensão rural.

Sugere-se, portanto, que estudos futuros incluam amostras mais amplas e diversificadas, bem como abordagens mistas que integrem dados qualitativos e quantitativos ao longo do tempo. A realização de projectos-piloto com monitorização contínua poderá fornecer evidência empírica mais robusta sobre os impactos reais da irrigação fotovoltaica na produtividade, rendimento e segurança alimentar. A promoção de políticas públicas orientadas para a inovação inclusiva, aliada ao investimento em tecnologias adaptadas ao contexto rural, poderá acelerar a transição energética no sector agrícola, contribuindo para o desenvolvimento sustentável das comunidades rurais moçambicanas.

5.2. Recomendações

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se a adopção de uma abordagem segmentada e estratégica para promover a irrigação fotovoltaica no meio rural:

- Desenvolver mecanismos de financiamento acessível e subsídios direccionados ao Grupo 2 (conversão com incentivo), que reconhece a importância da tecnologia, mas enfrenta limitações financeiras.
- Investir em programas de capacitação técnica e demonstrações práticas para o Grupo 3 (capacitação com desconhecimento), com foco em agricultores que ainda não conhecem a tecnologia ou não percebem sua relevância.
- Fortalecer parcerias entre instituições públicas, ONGs e o sector privado para garantir a sustentabilidade dos investimentos e a manutenção dos sistemas instalados.
- Monitorar e avaliar continuamente os impactos económicos e sociais da adopção da tecnologia, utilizando indicadores como redução de custos operacionais, aumento da produtividade e melhoria da segurança alimentar.
- Demonstrações práticas em campo e campanhas de sensibilização para aumentar o conhecimento e a confiança na tecnologia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, M. (2017). (In)segurança alimentar e território em Moçambique: discursos políticos e práticas. *Revista NERA*, 20(38), 106–131. <http://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/5297>
- Abbas, M. (2022). Efeito das mudanças climáticas nos sistemas de produção em Moçambique: implicações para a segurança alimentar. *Observador Rural*, 123, 35.
- Abbas, M. (2023). *DR-219-Seguranca-Alimentar-Pos-colheita-2022-1*. 1–12.
- AfDB. (2020). Drivers of Greenhouse Gas emissions in Africa: Focus on agriculture, forestry and other land use. *African Development Bank Group*, 8.
- Ali, M. H. (2011a). Practices of irrigation and on-farm water management. In *Practices of Irrigation and On-farm Water Management* (Vol. 2). <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7637-6>
- Ali, M. H. (2011b). Renewable Energy Resources for Irrigation. *Practices of Irrigation & On-Farm Water Management: Volume 2*, 479–518. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7637-6_13
- Almeida, C. S. de, Miccoli, L. S., Andhini, N. F., Aranha, S., Oliveira, L. C. de, Artigo, C. E., Em, A. A. R., Em, A. A. R., Bachman, L., Chick, K., Curtis, D., Peirce, B. N., Askey, D., Rubin, J., Egnatoff, D. W. J., Uhl Chamot, A., El-Dinary, P. B., Scott, J.; Marshall, G., Prensky, M., ... Santa, U. F. De. (2016). ENERGIAS ALTERNATIVAS. In *Revista Brasileira de Linguística Aplicada* (Vol. 5, Issue 1). <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseyonsociety.com/downloads/reports/Educa>
- Alrikabi, N. K. M. A. (2014). Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy Technologies*, 2(1), 61–64. <https://doi.org/10.7763/jocet.2014.v2.92>
- Alvarenga, A. C., Ferreira, V. H., & Fortes, M. Z. (2014a). Energia Solar Fotovoltaica: Uma Aplicação na Irrigação da Agricultura Familiar. *Sinergia, São Paulo*, 15(4), 311–318. https://www.researchgate.net/publication/272789350_Energia_Solar_Fotovoltaica_Uma_Aplicacao_na_Irigacao_da_Agricultura_Familiar

- Alvarenga, A. C., Ferreira, V. H., & Fortes, M. Z. (2014b). Energia Solar Fotovoltaica: Uma Aplicação na Irrigação da Agricultura Familiar. *Sinergia, São Paulo*, 15(4), 311–318. https://www.researchgate.net/publication/272789350_Energia_Solar_Fotovoltaica_Uma_Aplicacao_na_Irigacao_da_Agricultura_Familiar
- Angélica, J., González, C., Valderrama, A., Silva, L. de N. A., & Marques, E. R. F. (2020). Energias Renováveis : Fonte De Energia Limpa ? *XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, 1–5.
- Apostal, R. A. (1984). *Relatedness of the Holland-Grouped Strong-Campbell Interest Inventory Occupational Scale Placements*. 31(2), 266–269.
- Apostolidou, I., Kontogeorgos, A., Michailidis, A., & Loizou, E. (2014). The Role of Agriculture in Economic Growth: A Comparison of Mediterranean and Northern Views in Europe. *International Journal of Economic Sciences and Applied Research*, 7(3), 81–102. <https://ssrn.com/abstract=2584215>
- Aquastat. (2015). Geography, climate and population. *Aquastat, 2012*(Table 1), 1–16.
- Armand, A., Gomes, J. F., & Taveras, I. K. (2019). *Managing agricultural risk in Mozambique. February*.
- Aroonsrimorakot, S., Laiphrakpam, M., & Paisantanakij, W. (2020). Application of solar panel energy technology for sustainable agriculture farming. *International Journal of Agricultural Technology*, 16(3), 553–562.
- Bandiera, O., & Rasul, I. (2006). Social Networks and Technology Adoption in Northern Mozambique . *Economic Journal*, 116(1957), 869–902.
- Becker, F. G., Aboueldahab, N., Khalaf, R., De Elvira, L. R., Zintl, T., Hinnebusch, R., Karimi, M., Mousavi Shafae, S. M., O ’driscoll, D., Watts, S., Kavanagh, J., Frederick, B., Norlen, T., O’Mahony, A., Voorhies, P., Szayna, T., Spalding, N., Jackson, M. O., Morelli, M., ... Sambanis, N. (2015). Adapting the Energy Sector to Climate Change. *Syria Studies*, 7(1), 37–72. https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625
- Bencalo, C. E., Cruz, R. D. Dela, Violago, D. R., Magtalas, M. B., Aquino, C. S., & Santos,

- M. D. (2022). Cost benefit Analysis Between Solar-Powered and Diesel Fuel-Fed Pumps of the National Irrigation Administration Upper Pampanga River Integrated Irrigation Systems. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 8(2), 17–21. <https://doi.org/10.22161/ijaems.82.2>
- Bonett, D. G., & Wright, T. A. (2000). Sample size requirements for estimating Pearson, Kendall and Spearman correlations. *Psychometrika*, 65(1), 23–28. <https://doi.org/10.1007/BF02294183>
- Brito, R., & Holman, E. (2012). *Respondendo às Mudanças climáticas em Moçambique: Tema 6 - Agricultura* (Vol. 7, Issue 1).
- Burney, J., Woltering, L., Burke, M., Naylor, R., & Pasternak, D. (2009). *Solar-powered drip irrigation enhances food security in the Sudano – Sahel*. <https://doi.org/10.1073/pnas.0909678107>
- Campos, M. S., & Bezerra, F. (2020). Análise De Viabilidade Técnica E Econômica Do Sistema De Bombeamento Fotovoltaico Para Irrigação Na Agricultura Familiar. *VII Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS 2018*. <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/995>
- Carrilho, J. Z., Ferreira, I. A., Ribeiro, R. N., & Tarp, F. (2021). *The relative neglect of agriculture in Mozambique* (Issue August). <https://doi.org/10.35188/UNU-WIDER/2021/075-7>
- Cau, H. (2024). *A problemática da adoção de tecnologias de produção agrícola : Uma análise das relações de poder baseadas no género , no Distrito de Barué , Moçambique The problem of adopting agricultural production technologies : An analysis of gender-based power relati*. 2024, 1–13.
- Chilundo, R. J., Marques, P. C., Federal, U., El, E., Mahanjane, S., Pedag, U., Renov, E., Meteorol, D., Resumo, P. S., Energ, C., Econ, C. I. O., Mo, M. D. E., Mo, A., Sul, L., & Este, L. (2014). *Potencial da Tecnologia Fotovoltaica para Irrigação de Unidades de Produção Familiar : Estudo de Caso Para Moçambique*. 2010.
- CIAT e World Bank. (2017). Climate-Smart Agriculture in Mozambique. *Climate-Smart Agriculture in Mozambique*, 25. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2019-06/CSA-in-Mozambique.pdf>

- Cristina, V., & Barbosa, R. (2024). *Beyond the fields : EMBRAPA ' S sustainable technological prospects for Brazilian agribusiness Além dos campos : as prospecções tecnológicas sustentáveis da*. 62(3), 1–18.
- Cristovao, L., & Chichango, F. (2021). The Potential of Renewable Energy in Mozambique: An Overview. *Journal of Energy Technologies and Policy*, April. <https://doi.org/10.7176/jetp/11-2-04>
- Cunguara, B., & Garrett. (2013). O Sector Agrário em Moçambique: Análise situacional, constrangimentos e oportunidades para o crescimento agrário. Direcção de Economia, Ministério da Agricultura. *Diálogo Sobre a Promoção de Crescimento Agrário Em Moçambique*, 1, 68.
- Cunguara, B., & Kelly, B. (2009). *The impact of the PARPA II in promoting the agricultural sector in rural Mozambique*. 1–27. file:///Users/carolina/Documents/- Data/- Zotero/storage/JJ5ND2KI/228347126_The_impact_of_the_PARPA_II_in_promoting_the_agricultural_sector_in_rural_Mozambique.html
- Darko, R. O., Yuan, S., Hong, L., Liu, J., & Yan, H. (2016). Irrigation, a productive tool for food security – a review. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 66(3), 191–206. <https://doi.org/10.1080/09064710.2015.1093654>
- Davis, A. J., & Schubert, R. P. (1974). Alternative Energy Sources. In *Journal of Architectural Education* (Vol. 28, Issue sup1). <https://doi.org/10.1080/10464883.1974.11102531>
- de Sousa, W., Ducrot, R., Munguambe, P., Bjornlund, H., Machava, A., Cheveia, E., & Faduco, J. (2017). Irrigation and crop diversification in the 25 de Setembro irrigation scheme, Mozambique. *International Journal of Water Resources Development*, 33(5), 705–724. <https://doi.org/10.1080/07900627.2016.1262246>
- Devot, A., Royer, L., Caron Giauffret, E., Ayrat, V., Deryng, D., Arvis, B., Giraud, L., & Roullard, J. (2023). The impact of extreme climate events on agricultural production in the EU. *Research for AGRI Committee*, April. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/733115/IPOL_STU\(2023\)733115_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/733115/IPOL_STU(2023)733115_EN.pdf)
- Dubois, O., Flammini, A., Kojakovic, A., Maltsoğlu, I., Puri, M., Rincon, L., & FAO. (2017). Energy Access Food and Agriculture. *The World Bank*, 115062, 1–15. www.worldbank.org

- Dzucule, P. (2021). Desafios de Transição de Agricultura de Subsistência para uma Agricultura Sustentável no Corredor de Nacala , Moçambique , Sustentável no Corredor de Nacala , Moçambique , 20005-2000. *Universidade Aberta*, nº 1400986, 372.
- Ebubekir, P., This, A., Access, O., Commons, C., & International, A. (2023). *Performance and Cost Comparison of Photovoltaic and Diesel Pumping Systems : In Central Rift Valley of Ethiopia*. 4, 73–90.
- Edenhofer, O., Madruga, R. P., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlömer, S., & von Stechow, C. (2011). Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change. In *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139151153>
- Electric, S., & Fund, L. (2008). *A COST AND RELIABILITY COMPARISON BETWEEN*. July, 1–13.
- Ellis, F. (2014). *Rural Livelihood Diversity in Developing Countries : June*.
- Emerick, B. K., Janvry, A. De, Sadoulet, E., & Dar, M. H. (2016). *Technological Innovations , Downside Risk , and the Modernization of Agriculture †*. 106(6), 1537–1561.
- Falchetta, G., Semeria, F., Tuninetti, M., & Giordano, V. (2023). *Solar irrigation in sub-Saharan Africa : economic feasibility and development potential OPEN ACCESS Solar irrigation in sub-Saharan Africa : economic feasibility and development potential*.
- FAO. (2007). Adaptation to climate change in agriculture , forestry and fisheries : Perspective , framework and. *Interdepartmental Working Group on Climate Change*, 32pp. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/j9271e/j9271e.pdf>http://www.fao.org/NR/climpag/index_fr.asp
- FAO. (2013). *Integrated Production systems and climate change*. Climate Smart Agriculture Sourcebook.
- FAO. (2016). *Strengthening agricultural water efficiency and productivity on African and global level*.
- FAO. (2017). Water for Sustainable Food and Agriculture Water for Sustainable Food and Agriculture. In *A report produced for the G20 Presidency of Germany*. www.fao.org/publications

- Farghali, M., Osman, A. I., Chen, Z., Abdelhaleem, A., Ihara, I., Mohamed, I. M. A., Yap, P. S., & Rooney, D. W. (2023). Social, environmental, and economic consequences of integrating renewable energies in the electricity sector: a review. In *Environmental Chemistry Letters* (Vol. 21, Issue 3). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01587-1>
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., & Michaelsen, J. (2015). *The climate hazards infrared precipitation with stations — a new environmental record for monitoring extremes*. 1–21. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>
- Gerais, M., José, E., Simão, D. P., Unimontes, U., Ribeiro, E. M., Galizoni, F. M., Correia, P. O., & Unimontes, U. (2020). Energia e produção de alimentos na agricultura familiar do alto jequitinhonha, minas gerais 1. *Sober*.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*.
- GIZ; Practica Foundation. (2020). *Solar irrigation market analysis in Ethiopia*. 1–96. <https://www.giz.de/de/weltweit/336.html>
- Guimarães, L. N. de M. R. (2021). *Alternative Energy: Sources and Future Trends*. December, 40–50. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95864-4_1
- Guno, C. S., & Agaton, C. B. (2022). Socio-Economic and Environmental Analyses of Solar Irrigation Systems for Sustainable Agricultural Production. *Sustainability (Switzerland)*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/su14116834>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2009). *Multivariate data analysis*.
- Hasnip, N., Angood, C., Chancellor, F., Morrison, J., & Smith, L. (2002). Contribution of irrigation to sustaining rural livelihoods: Nepal case study. In *HR Wallingford* (Issue March).
- Hassan, Q. F. (2023). Solar Powered Water Pumping System for a Rural Village. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 24(2), 214–223. <https://doi.org/10.12912/27197050/157094>
- Holt, A., & Pengelly, I. J. (2008). ITS and renewable energy. *15th World Congress on Intelligent Transport Systems and ITS America Annual Meeting 2008*, 6, 3854–3862. <https://doi.org/10.1049/ic.2008.0789>

- Hungaro Micheletti, D., & Corrêia, A. F. (2022). O uso da energia solar fotovoltaica como incentivo ao desenvolvimento rural sustentável. *Conjecturas*, 22(14), 650–670. <https://doi.org/10.53660/conj-1790-2106>
- IISD. (2023). *Implementing Solar Irrigation Sustainably* :
- IMPACTO. (2018). *Relatório do Estudo de Impacto Ambiental Volume I. Resumo Não Técnico Projecto de Reabilitação do Bloco I do Regadio da Moamba, Província de Maputo. I.*
- INAM. (2023). *Relatório do Estado do Clima de Moçambique em 2023*. 001(2022).
- INE. (2012). *Caderno de informação rápida 2012*.
- INE. (2023). *Estatísticas do Distrito Estatísticas do Distrito de Moamba*. 1–32.
- INE. (2024). *Inquérito Demográfico e de Saúde 2022-23*.
- IPCC. (2006). CHAPTER 1. In R. Pipatti & S. M. M. Vieira (Eds.), *Ipcc Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (p. 5). Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2022a). Summary for Policymakers: Climate Change 2022_ Impacts, Adaptation and Vulnerability_ Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In R. Adrian, M. Craig, F. Degvold, K. L. Ebi, K. Frieler, A. Jamshed, J. McMillan, R. Mechler, M. New, N. Simpson, & N. Stevens (Eds.), *Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC.
- IPCC. (2022b). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In Masson-Delmotte, V. P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.003>
- IPCC. (2023). Section 4: Near-Term Responses in a Changing Climate. *Climate Change 2023: Synthesis Report*, 42–66. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- IRENA. (2016). Solar pumping for irrigation: Improving livelihoods and sustainability. In *The*

International Renewable Energy Agency (Issue June).

- Islam, S. T., Tanvir, M. S., Bin Hasan, M. S., Ali, M. M., Islam, M., & Rahman, M. M. (2022). Design of A PV-Based Irrigation & Water Management System: A Bangladesh Perspective. *2022 IEEE International Conference on Power and Energy: Advancement in Power and Energy Systems towards Sustainable and Resilient Energy Supply, PECon 2022, December*, 7–12. <https://doi.org/10.1109/PECon54459.2022.9988852>
- Kousar, S., Ahmed, F., Pervaiz, A., & Bojnec, Š. (2021). Food insecurity, population growth, urbanization and water availability: The role of government stability. *Sustainability (Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212336>
- Letseku, V., & Grové, B. (2022). Crop Water Productivity, Applied Water Productivity and Economic Decision Making. *Water (Switzerland)*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/w14101598>
- MAE. (2005). *Ministério da Administração Estatal PROVÍNCIA DE MAPUTO Edição 2005. Perfis Distritais de Mocambique*, 47.
- Mahumane, G., & Mulder, P. (2017). *Faculty of Economics and Business Administration Mozambique Energy Outlook , 2015-2030 . Data , Scenarios and Policy Implications Research Memorandum 2015-7 Gilberto Mahumane Peter Mulder. May 2015*, 2015–2030. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2644144>
- Malla, S. G., Bhende, C. N., & Mishra, S. (2011). Photovoltaic based water pumping system. *Proceedings - 2011 International Conference on Energy, Automation and Signal, ICEAS - 2011*, 448–451. <https://doi.org/10.1109/ICEAS.2011.6147148>
- Maradin, D. (2021). Advantages and disadvantages of renewable energy sources utilization. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(3), 176–183. <https://doi.org/10.32479/ijeep.11027>
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de Metodologia Científica* (5a edicao).
- Martins, H. H. T. de S. (2004). Metodologia qualitativa de pesquisa. *Educação e Pesquisa*, 30(2), 289–300. <https://doi.org/10.1590/s1517-97022004000200007>
- Massresha, S. E., Lema, T. Z., Neway, M. M., & Degu, W. A. (2021). Perception and determinants of agricultural technology adoption in North Shoa Zone, Amhara Regional State, Ethiopia. *Cogent Economics and Finance*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/23322039.2021.1956774>

- Mavume, A. F., Banze, B. E., Macie, O. A., & Queface, A. J. (2021). Analysis of climate change projections for mozambique under the representative concentration pathways. *Atmosphere*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/atmos12050588>
- Meirelles, H., Filho, D. S., Maria, J., Jardim, F., Mello, M. De, & Vinholis, B. (2011). *A tecnologia possui um papel importante na determinação do desempenho econômico-financeiro dos estabelecimentos agropecuários , pois , além de permitir a elevação da produtividade do trabalho e da produtividade total dos fatores , também estabelece el.* 223–255.
- Mekonnen, D. K., Choufani, J., Bryan, E., Haile, B., & Ringler, C. (2022). Irrigation improves weight-for-height z-scores of children under five, and Women’s and Household Dietary Diversity Scores in Ethiopia and Tanzania. *Maternal and Child Nutrition*, 18(4), 1–11. <https://doi.org/10.1111/mcn.13395>
- Mendelsohn, R. (2008). The impact of climate change on agriculture in developing countries. *Journal of Natural Resources Policy Research*, 1(1), 5–19. <https://doi.org/10.1080/19390450802495882>
- MICOA. (2013). *Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação de Mudanças Climáticas*.
- MINAG. (2013). *Estratégia de Irrigação*.
- Mokveld, K., & Eije, S. von. (2018). Final Energy Report Mozambique. *Netherlands Enterprise Agency*, 1–43.
- Moreira, O., Filho, M., Luiz, G., Pontes, S., & Saraiva, G. L. (2020). *IMPACTOS AMBIENTAIS RESULTANTES DA IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO E RESPECTIVAS AÇÕES MITIGADORAS* Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato. <https://www.eumed.net/rev/cccss/2020/11/projetos-irrigacao.html>
- Mupaso, N., Makombe, G., & Mugandani, R. (2023). Smallholder irrigation and poverty reduction in developing countries: a review. *Heliyon*, 9(2), e13341. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13341>
- Naidoo, K., & Loots, C. (2020). Mozambique - Energy and the poor - Unpacking the investment case for clean energy. *UN Capital Development Fund*, 53. www.hybridcreative.co.za
- Nandini, H. M., Venkataramana, M. ., Anil, K., & Thimmegowda, M. N. (2023). Determinants of Adoption of Climate Smart Agricultural Technologies among Farm Households in

- Southern Karnataka, India. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(11), 4354–4366. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i113616>
- Oliveira, D. D. E., Walter, S. A., & Bach, T. M. (2012). 1997 2010. 6776, 225–254.
- OMR. (2021). *Adopção de tecnologias agrárias em Moçambique: revisão, interpretação e síntese de estudos feitos*. 28.
- Our World in Data. (2022). *CO2 and Greenhouse gas emissions by sector*. Emissions by Sector.
- Pathik, B. B. (2016). A Comprehensive Study on Photovoltaic Irrigation System for Different Crop Cultivation: Financial Evaluation Perspective. *Journal of Electrical Engineering*, 2(2014), 228–237. <https://doi.org/10.17265/2328-2223/2014.05.005>
- Pereira, L. (2017). Climate Change Impacts on Agriculture across Africa. In *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science* (Issue April). <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.292>
- Perry, C., Steduto, P., Allen, R. G., & Burt, C. M. (2009). Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management*, 96(11), 1517–1524. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.05.005>
- Pestana, M. H., & Gageiro, J. N. (2014). *Análise de Dados para ciências Sociais a Complementaridade do SPSS 2^a EDIÇÃO*. February, 570. <https://doi.org/10.13140/2.1.2491.7284>
- Phetheet, J., Hill, M. C., Barron, R. W., Rossi, M. W., Amanor-Boadu, V., Wu, H., & Kisekka, I. (2021). Consequences of climate change on food-energy-water systems in arid regions without agricultural adaptation, analyzed using FEWCalc and DSSAT. *Resources, Conservation and Recycling*, 168(July 2020). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105309>
- Pio, A., Trindade, D., Izabela, J., De, P., Santos, O., Preti, L., Suênia, B., Ramos De Almeida, C., Luisa, Z., & Rodriguez, L. (2016). *Perspectivas dos Estudos Interdisciplinares frente ao tema da Governança Ambiental e do Desenvolvimento Sustentável*.
- Popoola, O. D. (2022). *A Nexus Approach to Solar Pumping Irrigation Systems in North Africa: Opportunities and Challenges- A Case Study of Egypt*. August.
- Pryor, S. W., Smithers, J., Lyne, P., & van Antwerpen, R. (2017). Impact of agricultural

- practices on energy use and greenhouse gas emissions for South African sugarcane production. *Journal of Cleaner Production*, 141, 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.069>
- Qin, J., Duan, W., & Rosa, L. (2024). Global energy use and carbon emissions from irrigated agriculture. *Nature Communications*, July 2023, 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-47383-5>
- Rahman, S. M., Mori, A., & Rahman, S. M. (2022). How does climate adaptation co-benefits help scale-up solar-powered irrigation? A case of the Barind Tract, Bangladesh. *Renewable Energy*, 182(January), 1039–1048. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.11.012>
- Rasyid, H., & Mumpuni Ningsih, G. (2024). Application of Sustainable Agricultural Technology to Increase Productivity and Food Security. *Journal of World Science*, 3(4), 500–506. <https://doi.org/10.58344/jws.v3i4.594>
- Raza, F., Tamoor, M., Miran, S., Arif, W., Kiren, T., Amjad, W., Hussain, M. I., & Lee, G. H. (2022). The Socio-Economic Impact of Using Photovoltaic (PV) Energy for High-Efficiency Irrigation Systems: A Case Study. *Energies*, 15(3), 1–21. <https://doi.org/10.3390/en15031198>
- Reardon, T. (2001). *Rural Nonfarm Employment and Incomes in Latin America : Overview and Policy Implications*. 29(3).
- Recha, J. W., & Chiulele, R. M. (2017). Mozambique climate smart agriculture guideline. Vuna Guideline. Pretoria: Vuna. *Ministério Da Agricultura e Segurança Alimentar*, 31.
- Rejekiingrum, P. ., & Aoriyana, Y. (2021). *Design and implementation of solar pump irrigation systems for the optimization of irrigation and increase of productivity Design and implementation of solar pump irrigation systems for the optimization of irrigation and increase of productivity*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/622/1/012046>
- Rogers, E. M., Singhal, A., & Quinlam, M. M. (2019). *Diffusion of Innovations*. December 2016. <https://doi.org/10.4324/9780203710753-35>
- Rovzar, A., Couzin, H., & Schellekens, G. (2023). *Africa ' S Energy Future Is Renewable*.
- Ruane, A. C., & Rosenzweig, C. (2018). Chapter 5: Climate Change Impacts on Agriculture: Challenges, Opportunities, and AgMIP Frameworks for Foresight. *Agriculture and Food Systems to 2050*, 161–191.

- Sacko, J. L. C. (2020). *Quadro para o Desenvolvimento da Irrigação e Gestão Hídrica para a Agricultura em África*. 40.
- Sapkota, A., Haghverdi, A., & Avila, C. C. E. (2020). Irrigation and Greenhouse Gas Emissions: A Review of Field-Based Studies. *Soil Systems*, 4, 1–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/soilsystems4020020>
- Sarkar, N. I., Sifat, A. I., Rahim, N., & Reza, S. M. S. (2016). Replacing diesel irrigation pumps with solar photovoltaic pumps for sustainable irrigation in Bangladesh: A feasibility study with HOMER. *2nd International Conference on Electrical Information and Communication Technologies, EICT 2015, December*, 498–503. <https://doi.org/10.1109/EICT.2015.7392004>
- Shinde, V. B., & Wandre, S. . (2015). Solar photovoltaic water pumping system for irrigation: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 10(22), 2267–2273. <https://doi.org/10.5897/ajar2015.9879>
- Silva, B. A. da, & Winck, C. A. (2019). Evolução Da Quantidade De Máquinas E Implementos Agrícolas Nas Propriedades Rurais Brasileiras (1960-2017). *Revista Visão: Gestão Organizacional*, 8(1), 174–188. <https://doi.org/10.33362/visao.v8i1.1934>
- Singhal, A., & Quinlan, M. M. (2019). *Diffusion of Innovations*. March. <https://doi.org/10.4324/9780203710753-35>
- Spurgeon, W. E., & Yonts, C. D. (2013). Water productivity of corn and dry bean rotation on very fine sandy loam soil in western Nebraska. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*, 416. <https://doi.org/10.13031/aea.29.9872>
- Stegagnini, M. (2023). *Análise e Estratégias para a Igualdade de Género*.
- Tambo, F. L. R. (2014). *Universidade Eduardo Mondlane Escola Superior Do Desenvolvimento Rural*.
- Tatagiba, L. M. (2023). *Energia Fotovoltaica e o Desafio da Redução de Impactos Ambientais para o Desenvolvimento Sustentável no Brasil*.
- Tiffin, R., & Irz, X. (2006). Is agriculture the engine of growth? *Agricultural Economics*, 35(1), 79–89. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2006.00141.x>
- Uaiene, R. N. (2011). Determinantes para a Adopção de Tecnologias Agrícolas em Moçambique. *International Food Policy Research Institute (IFPRI)*.

- UNFCCC. (1995). Chapter 7 Agricultural Sector - Energy Uses. *Greenhouse Gas Mitigation Assessment: A Guidebook*, 1–6.
- UNFCCC. (2007). *Climate Change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries*.
- Valer Morales, L. R. (2011). *A utilização de sistemas fotovoltaicos de bombeamento para irrigação em pequenas propriedades rurais*. April, 154. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2688.0409>
- Vicentin, T. A., Seraphim, O. J., Halmeman, R. J., Presenço, J. F., & Oliveira Júnior, A. J. de. (2016). Análise No Acionamento De Motobombas Através De Sistemas Fotovoltaicos. *Energia Na Agricultura*, 31(1), 72. <https://doi.org/10.17224/energagric.2016v31n1p72-79>
- Xie, H., Ringler, C., & Mondal, M. A. H. (2021). Solar or Diesel: A Comparison of Costs for Groundwater-Fed Irrigation in Sub-Saharan Africa Under Two Energy Solutions. *Earth's Future*, 9(4), 1–21. <https://doi.org/10.1029/2020EF001611>
- Zhou, H., Meng, A., Long, Y., Li, Q., & Zhang, Y. (2014). Classification and comparison of municipal solid waste based on thermochemical characteristics Classification and comparison of municipal solid waste based on thermochemical characteristics. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 64(5), 597–616. <https://doi.org/10.1080/10962247.2013.873094>

7. ANEXOS

ANEXO 7-1 : QUESTIONÁRIO

Nome do (a) inquiridor (a)
Nome do (a) inquirido (a)
Nome da comunidade/Bairro
O {a2} possui celular?
Registe o contacto celular do {a2}
O AF faz parte de alguma associação
Nome da Associação agrícola
O inquirido é chefe do AF?
Sexo do chefe do AF
Qual é o nível de escolaridade do chefe do AF?
Especifique o outro nível de escolaridade
Qual é o Tamanho do AF?
Quantos membros do AF trabalham (incluindo agricultura)?
SECÇÃO 2: FONTES DE SUBSISTÊNCIA DO AF
Selecione todas as fontes de subsistência do AF
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/01-Agricultura
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/02-Pecuária
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/03-Pesca
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/04-Comércio não-agrícola
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/05-Exploração florestal
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/06-Ganho-Ganho
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/07-Artesanato
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/08-Construção de casas
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/09-Carpinteiro
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/10-Mineiro
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/11-Trabalho assalariado
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/12-Estudante
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/13-Produção de bebida
Selecione todas as fontes de subsistência do AF/14-Outra
Especifique a outra fonte de subsistência do AF
Explore cada fonte de subsistência praticada pelo AF
Total de fontes de subsistência praticadas pelo AF: {c2_count}
Quantas machambas cultivadas o AF possui?
Destas machambas, quantas são irrigadas?
Qual é a área total irrigada (m x m) ou hectares, de todas machambas?
Qual é a fonte de água utilizada para a rega?
Que fontes de energia utilizada para a rega?
Que fontes de energia utilizada para a rega?/Gasolina/Diesel
Que fontes de energia utilizada para a rega?/EDM
Que fontes de energia utilizada para a rega?/Painéis solares
Que fontes de energia utilizada para a rega?/Manual
Porque utiliza estas fontes de energia para a rega?
Porque utiliza estas fontes de energia para a rega?/01-Combustível é barato que energia e painéis
Porque utiliza estas fontes de energia para a rega?/02-Os painéis são acessíveis

Porque utiliza estas fontes de energia para a rega?/03-A energia da EDM é mais acessível
Porque utiliza estas fontes de energia para a rega?/04-Os painéis são ambientalmente sustentáveis
Porque utiliza estas fontes de energia para a rega?/05-Falta de dinheiro
Porque utiliza estas fontes de energia para a rega?/06-Outra
Especifique a outra razão do uso destas fontes de energia
Quantas vezes rega por semana?
Quanto tempo (horas) rega por dia na sua machamba?
Explore informação de cada fonte de energia
Já ouviu falar de sistema fotovoltaico?
Já beneficiaram de alguma iniciativa de painéis fotovoltaicos?
Qual é a sua percepção sobre a importância dos painéis solares na agricultura?
Indique as razões deste nível de importância
Indique as razões deste nível de importância/01-Ambientalmente sustentáveis
Indique as razões deste nível de importância/02-Baixo custo após a instalação
Indique as razões deste nível de importância/03-Custo inicial elevado
Indique as razões deste nível de importância/04-Não sei
Indique as razões deste nível de importância/05-Outra
Especifique a outra razão
SECÇÃO 3: FONTES DE ENERGIA
Selecione cada fonte de energia utilizada
Qual foi o custo de aquisição inicial de \$ {d9-1}?
Quanto é que gasta (meticais) para a rega por mês?
Quanto é que gasta (meticais) para a manutenção por mês?

ANEXO 7-2. : CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	2025								
	I Trimestre			II Trimestre			III Trimestre		
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Revisão da Literatura									
Elaboração do guião de entrevistas									
Elaboração do questionário									
Viagem (Maputo-Moamba)									
Trabalho de Campo	Realização de inquéritos e entrevistas								
Inquéritos e entrevistas									
Transcrição das entrevistas									
Limpeza dados dos inquéritos									
Análise de dados, Interpretação de resultados e Discussão									
Análise de dados, Interpretação									
Compilação de resultados na Dissertação									
Submissão da Dissertação									
Apresentação final da Dissertação									

ANEXO 7-3. : ORÇAMENTO

Item	Custo (Meticais)
Aluguer de viatura 4x4 para Moamba	15000.00
Subsídio de Alimentação para os inquiridores (1 dia)	2000.00
Pagamento pela realização dos 50 inquéritos	10000.00
Tradução e melhoria das imagens utilizadas na Dissertação	10000.00
Revisão linguística da Dissertação	10000.00
Impressão da Dissertação (10 exemplares)	17000.00
CUSTO TOTAL	64000.00

ANEXO 7-4 : DOCUMENTAÇÃO VISUAL DAS ACTIVIDADES DE CAMPO





Bacia de armazenamento de água (Bloco I)



Terra agrícola Ass. Bloco I



Terra agrícola Ass. Bloco II



Escritório da Ass. Regadio do Bloco II