

DISSERTAÇÃO DO MESTRADO

**IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE O RENDIMENTO
DO MILHO (*Zea mays*) EM SEQUEIRO NA BACIA DO RIO LIMPOPO**

AUTOR:

Elton Valeriano Manhique

Supervisor:

Prof. Doutor Rui M. C. L. Brito

Maputo, Julho de 2016



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal
Mestrado em Gestão de Solos e Água

**IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE O
RENDIMENTO DO MILHO EM SEQUEIRO NA BACIA DO RIO
LIMPOPO**

ELTON VALERIANO MANHIQUE

Dissertação submetida á Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, no programa de pós-graduação em Gestão de Solos e Águas como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Gestão Solos e Águas**, sob orientação do Professor Doutor Rui Miguel Coelho Lemos Brito.

Maputo, Julho 2016

RESUMO

A parte moçambicana da Bacia do Rio Limpopo, situada na zona sul do país concretamente na Província de Gaza é caracterizada pela ocorrência de baixos rendimentos do milho em sequeiro, condicionados essencialmente pela irregular e errática distribuição da precipitação. Esta tendência vem sendo observada desde o final do século XVIII, sendo essencialmente condicionada pela variabilidade e mudanças climáticas que se observaram, com o conseqüente aumento da insegurança alimentar na região. Assim, o estudo do comportamento da precipitação no passado (1981-2000) e no futuro (2081-2100) é essencial para avaliar o seu impacto e propor medidas estratégicas de adaptação sobre a produção de milho em sequeiro na Bacia do Rio Limpopo em particular os distritos de Xai-Xai e Chókwe.

Para o alcance do objectivo recorreu-se ao uso de dados diários de precipitação, evapotranspiração de referência e temperatura para o passado (1981 à 2000) e futuro (2081 à 2100) para os distritos de Xai-Xai e Chókwe, obtidos através dos modelo CSIRO (cenário seco) e modelo IPSL (cenário húmido), para posterior simulação dos rendimentos, no modelo Aquacrop 4.0. considerando o cultivo em solos de textura arenosa e argilosa dominantes na bacia do rio Limpopo.

Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas da precipitação anual no modelo CSIRO, no distrito de Chokwé, assim como no distrito de Xai-Xai. No, entanto, foram projectados aumentos significativos de precipitação anual pelo modelo IPSL, no distrito de Chokwé (23%), assim como o distrito de Xai-Xai (29%). Os modelos CSIRO e IPSL, em ambos distritos, apresentaram mudanças significativas com aumentos da temperatura máxima, mínima e da evapotranspiração de referência. No distrito de Xai-Xai bem como no Chokwé, nos modelos CSIRO e IPSL, não houve diferenças significativas das datas de sementeiras.

A combinação dos factores gestão *mulch*, fertilizantes e conservação de água, proporcionou maiores rendimentos, uma vez que esta aumenta a humidade no solo e reduz a evaporação da água no solo aumentando a quantidade de água para transpiração da cultura.

Palavras-chave: Mudanças climáticas, Limpopo, milho, modelo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho

Aos meus pais **Valeriano Francisco Manhique** (em memória) e a **Rosália Júlio Chamo**, mulher de grande carácter, que soube ser para mim MÃE e PAI, a quem devo a minha existência.

Aos meus Irmãos Belizário Manhique (em memória), Márcio Júlio Valeriano Manhique, Leilo Alfredo Valeriano Manhique.

Aos meus sobrinhos Júnior, Kanasha, Wangane, Kyane, ofereço

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela sua presença constante em minha vida nos momentos felizes e tristes e pela orientação nas decisões, iluminando o meu caminho, dando-me força, coragem e saúde para seguir em frente.

Meus profundos agradecimentos, em especial, vão para o meu supervisor, Professor Doutor Rui Brito, pela orientação, compreensão, ensinamentos e pela valiosa oportunidade e amizade em todas as etapas de realização deste trabalho.

Um agradecimento especial à minha **Tia Orlanda Manhique**, pelo grande apoio que sempre soube prestar nos momentos mais difíceis da minha formação.

À *Alliance for Green Revolution in Africa* (AGRA) pela bolsa concedida e aos respectivos coordenadores, nomeadamente: Professora Doutora. Maria Zélia Menete, Professor Doutor. Daniel Chongo e Eng^a Paula Viola, aos quais endereço meus cordiais agradecimentos.

A todos os docentes do Departamento de Engenharia Rural, em especial ao Eng^o Mário Chilundo, e Eng^o Paiva Munguambe, que compartilharam os seus conhecimentos, ideias, amizade e sugestões sempre oportunas que contribuíram para mais um passo da minha formação.

A Turma do Mestrado em Gestão de Solos e Água 2014-16, em especial: Jaime Pechiço, Orlando Tuco Tuco e Dionísio Varela. Serão sempre lembrados com muito júbilo.

A todos que de forma directa e indirecta contribuíram para minha formação vai meu especial,
Khanimambo

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Elton Valeriano Manhique, declaro por minha honra que este trabalho é fruto da minha própria investigação e nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau acadêmico, seja nesta ou em qualquer outra universidade. Este constitui o resultado da minha investigação pessoal, estando indicadas no texto e na bibliografia as fontes que utilizei para a sua realização.

Índice	
RESUMO	i
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
DECLARAÇÃO DE HONRA	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABELAS	ix
ABREVIATURAS	xi
I-INTRODUÇÃO	1
1.1-Generalidades	1
1.2-Problema de Estudo	3
1.3-Objectivos	4
II-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1-Mudanças Climáticas	5
2.2- Modelos de Projecção Climática (GCMs)	5
2.3-Mudanças Observadas na Temperatura e Precipitação	6
2.3.1-Mudanças Observadas na Temperatura	6
2.3.2-Mudanças Observadas na Precipitação	7
2.4-Mudanças Projectadas na Temperatura e Precipitação Global	8
2.4.1-Mudanças Projectadas na Temperatura	8
2.4.2- Mudanças Projectadas na Precipitação	8
2.5-Impacto das Mudanças Climáticas	9
2.5.1-Impactos á Escala Global	9
2.5.2-Impactos de Extremos Climáticos em África	9
2.5.3-Impactos de Extremos Climáticos em Moçambique	10

2.6- Efeitos Potenciais das Mudanças Climáticas na Agricultura _____	11
2.7-Efeito da Disponibilidade de Água Sobre o Rendimento do Milho Produzido em Sequeiro _____	12
2.8-Datas de Sementeira do Milho na Região Sul de Moçambique _____	13
2.9-Modelo Aquacrop 4.0 _____	14
2.10-Medidas de Adaptação às Mudanças Climáticas na Agricultura _____	16
III-MATERIAIS E MÉTODOS _____	18
3.1-Descrição da Área de Estudo _____	18
3.1.1-Localização da Área de Estudo _____	18
3.1.2-Características Biofísicas _____	19
3.3-Distrito de Chokwé e Xai-Xai _____	21
3.3.1-Localização _____	21
3.3.2-Características Biofísicas _____	22
3.4-Dados Usados no Exercício de Modelação _____	24
3.4.1-Dados Climáticos _____	24
3.4.2-Dados da cultura _____	24
3.4.3-Dados de Solo _____	26
3.5.-Simulação do Rendimento do Milho _____	26
3.6- Análise Estatística _____	28
3.7-Identificação das Datas de Sementeira _____	28
3.8-Pressupostos _____	28
IV-RESULTADOS _____	29
4.1- Impacto da Precipitação Passada e Futura no Rendimento do Milho com base no Modelo Csiro. _____	29
4.2- Impacto Precipitação Passada e Futura no Rendimento do Milho com base no Modelo IPSL. _____	34

5.1- Impacto Precipitação Passada e Futura no Rendimento do Milho com base no Modelo Csiro	40
5.2- Impacto da Precipitação Passada e Futura no Rendimento do Milho com base no Modelo IPSL	42
5.3- Variabilidades das Datas de Sementeira nos Distritos de Chókwé e Xai-Xai	43
VI-CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	44
6.1- Conclusões	44
6.2- Recomendações	46
VI-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Variação da temperatura média mundial ao longo do período 1850-2015	7
Figura 2: Fluxograma do Modelo Aquacrop 4.0	15
Figura 3: Evolução do Aquacrop 4.0 com base na separação da evaporação do solo, transpiração da planta, introdução da biomassa e o índice de colheita	16
Figura 4: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Limpopo	18
Figura 5: Precipitação média anual na bacia do Rio Limpopo;	19
Figura 6: Localização dos distritos do Chokwé e Xai-Xai	21
Figura 7: Relação precipitação e $\frac{1}{2}$ evapotranspiração mensal no distrito de Chokwé	23
Figura 8: Relação precipitação e $\frac{1}{2}$ evapotranspiração mensal no distrito de Xai-Xai	24
Figura 9: Frequência cumulativa das datas sementeira no futuro e passado no distrito de Chokwé	31
Figura 10 : Frequência cumulativa das datas de sementeira no futuro e passado no distrito de Xai-Xai	34
Figura 11: Frequência cumulativa das datas de sementeira no futuro e passado distrito de Chókwe	36
Figura 12: Frequência cumulativa das datas de sementeira no futuro e passado no distrito de Xai-Xai	39

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Características da cultura de milho utilizadas no exercício de modelação	25
Tabela 2: Características do solo utilizados no exercício de modelação	26
Tabela 3: Combinação dos diferentes factores de gestão usados na simulação do rendimento pelo modelo Aquacrop.	27
Tabela 4: Comparação das médias (precipitação, temperatura máxima e mínima e evapotranspiração de referência), entre o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no modelo CSIRO.	29
Tabela 5: Diferenças médias de rendimento do milho para o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no distrito de Chókwé em solos de textura argilosa e arenosa, recorrendo aos factores de gestão: com mulch (CM), sem mulch (SM), sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF).	30
Tabela 6: Comparação das médias de rendimento do milho no distrito de Chókwé entre solos argilosos e arenosos no passado (1981-2000) e futuro (2081-2100), com recurso aos factores de gestão: com mulch (CM), sem mulch (SM), sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação (CC), com fertilidade (CF).	30
Tabela 7: Comparação da média (precipitação, temperatura máxima e mínima e evapotranspiração de referência), entre o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no modelo CSIRO.	32
Tabela 8: Diferenças médias de rendimento do milho, para o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no distrito de Xai-Xai em solos de textura argilosa e arenosa, com recurso aos factores de gestão: com mulch (CM), sem mulch (SM), sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF).	32
Tabela 9: Comparação das médias de rendimento do milho, no distrito de Xai-Xai entre solos argilosos e arenosos no passado (1981-2000) e futuro (2081-2100), com recurso aos factores de gestão: com mulch (CM), sem mulch (SM), sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF).	33
Tabela 10: Comparação das médias (precipitação, temperatura máxima e mínima e evapotranspiração de referência), entre o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no modelo IPSL.	35

Tabela 11: Diferenças médias de rendimento do milho, para o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no distrito de Chókwé em solos de textura argilosa e arenosa, com recursos aos factores de gestão: com mulch (CM), sem mulch (SM), sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF)._____ 35

Tabela 12: Comparação das médias de rendimento do milho, no distrito de Chókwé entre solos argilosos e arenosos no passado (1981-2000) e futuro (2081-2100), com recurso aos factores de gestão: com mulch (SM), sem mulch (SM) sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF)._____ 36

Tabela 13: Comparação das médias (precipitação, temperatura máxima e mínima e evapotranspiração de referência), entre o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no modelo IPSL. _____ 37

Tabela 14: Diferenças médias de rendimento do milho, para o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no distrito de Xai-Xai em solos de textura argilosa e arenosa, com recursos aos factores de gestão: com mulch (CM), sem mulch (SM), sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF)._____ 38

Tabela 15: Comparação das médias de rendimento do milho, no distrito de Xai-Xai entre solos argilosos e arenosos no passado (1981-2000) e futuro (2081-2100), com recurso as seguintes factores de gestão: com mulch (CM), sem mulch (SM) sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF)._____ 39

ABREVIATURAS

CC - Com Conservação

CCCMA - Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis

CF- Com Fertilizante

CM - Com Mulch

CNRM - Centre National de Recherches Météorologiques

CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation

CTA - Confederações das Actividades Económicas de Moçambique

DNA - Direcção Nacional de Águas

ECHAM - European Centre Hamburg Model

EUC - Eficiência do Uso de Carbono

F- Futuro

FAEF- Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

FAO - Food and Agricultural Organization

GCM - Modelos de Circulação Global

GDFL- Geophysical Fluid Dynamics Laboratory

GISS - Goddard Institute for Space Studies

INE - Instituto Nacional de Estatística

INGC - Instituto Nacional de Gestão e Calamidades

IPSL - Institut Pierre Simon Laplace

MAE - Ministério da Administração Estatal

MICOA - Ministério para a Coordenação da acção Ambiental

NASA - National Aeronautics and Space Administration

OMM – Organização Mundial de Meteorologia

P- Passado

SADC - Comunidade de Desenvolvimento dos Países da Africa Austral

SC -Sem Conservação

SF - Sem Fertilizante

SM -Sem Mulch

SON - Setembro-Outubro-Novembro

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

I-INTRODUÇÃO

1.1-Generalidades

A parte moçambicana da Bacia do Rio Limpopo, situada na zona Sul do país concretamente na Província de Gaza, tem a agricultura como a principal actividade económica (MAE, 2005). Esta actividade envolve cerca de 93% da mão-de-obra activa (MAE, 2005). Nesta região o sector familiar é o mais dominante respondendo por cerca de 70% da área de produção (MAE, 2005). A cultura do milho (*Zea mays*) cultivada em sequeiro, destaca-se das demais sendo a mais produzida por mais de 96% dos agregados familiares (Brito *et al*, 2009). Os rendimentos actuais do milho produzido em sequeiro variam de 500 a 800 kg ha⁻¹, estando muito abaixo do seu potencial, estimado em cerca de 5 a 7 ton ha⁻¹ obtidos em sequeiro nos países da SADC (FAO, 2012).

Dentre os factores condicionantes para os baixos rendimentos, destacam-se: fraco uso das tecnologias agrícolas (fertilizantes, mecanização, práticas agrícolas inadequadas), erraticidade das chuvas, e pela ocorrência de períodos longos de seca. Concorrem ainda para este facto a localização geográfica de Moçambique junto a convergência inter-tropical e á jusante das bacias hidrográficas partilhadas, Estes factos, concorrem para o aumento da vulnerabilidade do país a eventos extremos tais como secas, cheias e ciclones tropicais, que tem afectado grande parte da população (> 50%). Por conseguinte, cenários de mudanças climáticas irão igualmente exacerbar frequência e intensidade destes eventos (MICOA, 2006).

Moçambique é o terceiro país mais afectado pelos desastres naturais em África, depois das Maurícias e Benin, e é o segundo mais vulnerável a eventos extremos na África Austral, como secas, cheias e ciclones tropicais, podendo esperar mudanças nos padrões sazonais de precipitação (frequência, intensidade, abrangência, duração e período de ocorrência) (Brito, 2014).

O impacto das mudanças climáticas sobre a precipitação, evapotranspiração de referência e temperatura é de crítica importância, particularmente em países em desenvolvimento como caso de Moçambique onde a base de sustento da população está ligada a agricultura de sequeiro (Lacombe,*et al*, 2011; Massuiane, 2012). As projecções do INGC (2009) antecipam que as mudanças climáticas em Moçambique se manifestem principalmente nos: **padrões de temperatura**: i) com aumento médio entre 3 a 5 °C no período entre 2080-2100, ii) registo de mais dias quentes e menos dias frios, com aumento da temperatura máxima e mínima; **Padrões de precipitação**: i) comportamento irregular das chuvas em termos de momento de início e término, ii) carga pluviométrica (fenómenos de precipitação intensa num curto espaço de tempo). Neste

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

contexto, o presente trabalho tem como objectivo avaliar o impacto das mudanças climáticas no rendimento da cultura do milho na Bacia do Rio Limpopo em particular os distritos de Xai-Xai e Chokwé e testar estratégias de adaptação as mudanças climáticas.

1.2-Problema de Estudo

O milho é um dos principais cereais cultivados em todo o mundo. Nos países Africanos, em especial Moçambique este serve de base para a alimentação da população, sendo que a sua escassez ou défice é muitas vezes sinónimo de insegurança alimentar (Jamine, 2007). Na bacia do Rio Limpopo em Moçambique, o milho é maioritadamente cultivado em mais de 70% da área total em regime de sequeiro, sendo a produção na maior das vezes condicionada à erraticidade das chuvas (Brito, *et al*; 2009). Este facto traduz-se num ao elevado risco de perdas das colheitas que é igual ou superior a 60 % (Reddy, 1985), o que equivale dizer que em média em cada 10 anos perde-se em média 6 anos de colheita. Esta magnitude de risco é muito elevada, atendendo que a agricultura é a principal fonte sustentável da vida e de desenvolvimento. Segundo FAO (2012), na bacia do rio Limpopo o rendimento de milho em sequeiro é muito baixo variando de 500 a 800 kg ha⁻¹, cerca de 11% dos rendimentos potencial de 5 a 7 ton ha⁻¹ observado nas mesmas condições nos restantes países da SADC sobre condições de relativa precipitação (FAO, 2004).

Na bacia do rio Limpopo, a produção do milho é dependente dos regimes e magnitude de precipitação, o seu rendimento é determinado pela: temperatura, ozono (O₃), dióxido de carbono (CO₂), parâmetros analisados em mudanças climáticas. Segundo INGC (2012), prevê-se que as mudanças climáticas resultem num aumento das temperaturas, mudança nos padrões da chuva e, num aumento das concentrações de dióxido de carbono (CO₂) e de ozono (O₃) na superfície terrestre. O comportamento destes factores coloca em risco a produção de milho em sequeiro no futuro (2081-2100).

Para mitigar esses efeitos, o presente estudo pretende avaliar os impactos das mudanças climáticas na produção do milho em sequeiro, e contribuirá na identificação das melhores práticas agronómicas para reduzir o impacto das mudanças climáticas.

1.3-Objectivos

O objectivo geral deste estudo é:

Avaliar o impacto das mudanças climáticas no rendimento do milho na Bacia do Rio Limpopo em particular os distritos de Xai-Xai e Chokwé.

Os objectivos específicos deste estudo são:

- Analisar o impacto da precipitação passada (1981-2000) e futura (2081-2100) no rendimento da cultura de milho, simulando o rendimento do milho com base na precipitação passada (1981-2000) e com base nas projecções da precipitação do futuro (2081-2100) obtido dos modelos (CSIRO e IPSL).
- Avaliar a variação dos períodos de sementeira no passado (1981-2000) e futuro (2081-2100).
- Discutir e propôr algumas medidas de adaptação para minimizar o impacto das mudanças climáticas.

Para o alcance destes objectivos avaliou-se os impactos da precipitação passada (1981-2000) e futura (2081-2100) sobre o rendimento do milho, através dos dados obtidos dos modelos de circulação global (GCMs) nomeadamente: CSIRO (seco) e IPSL (húmido). Para sua avaliação recorreu-se ao test *t Student* a nível de significância de 5%, e ao modelo Aquacrop 4.0, em cenários : **i)** sem *mulch*, sem conservação de água e sem fertilidade (SM,SC,SF), **ii)** com *mulch*, com conservação de água e sem fertilidade (CM,CC,SF), **iii)** com *mulch*, com conservação de água e com fertilidade (CM,CC,CF). Para avaliar as variabilidades das datas de sementeira passada e futura recorreu-se ao test *t Student*, onde a cultura é semeada no início do ano hidrológico, após uma chuva cumulativa de 20 mm num dia ou três dias consecutivos.

II-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1-Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas são causadas pelas actividades humanas e pelas causas naturais, alteram a composição global da atmosfera. Estas duas causas não são mutuamente exclusivas mas sim se apresentam como complementares, proporcionando um agravamento à natural dinâmica global do estado climático (IPCC, 2007).

Os principais processos naturais responsáveis pelas mudanças climáticas incluem: i) **variação da órbita terrestre**, - que influenciam a distribuição de radiação solar que atinge a superfície terrestre contribuindo para a alteração do estado climático global, ii) **vulcanismos**- que são fenómenos caracterizados pela excreção do magma, gases e partículas quentes, cujos processos resultam no bloqueio parcial da transmissão da radiação solar á superfície terrestre, iii) **variações oceânicas**, dado o papel fundamental desempenhado pelos oceanos na redistribuição da temperatura através de fenómenos como El Niño que se traduzem em variabilidades climáticas, iv) **movimentos das placas tectónicas**- que são responsáveis pela reconfiguração dos continentes e oceanos. Esta reconfiguração altera a transferência da temperatura e humidade ao nível global (Zolho 2010).

No tocante ás mudanças climáticas causadas pelas actividades humanas destaca-se: a queimadas de queimadas de combustíveis fósseis. A partir do final do século XIX há aumento significativo da produção industrial e da quantidade de poluentes na atmosfera, e da quantidade dos gases de efeito estufa na atmosfera (dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e os óxidos de nitrogênio (NO_x)) (UNESCO, 2008).

2.2- Modelos de Projecção Climática (GCMs)

Segundo Davis (2011) modelos de circulação geral são ferramentas utilizadas para avaliar as causas de mudanças passadas e projectar mudanças no futuro. Estes modelos são baseados nas leis da física, que representam as interações entre diferentes componentes do sistema climático como a superfície da terra, atmosfera e os oceanos. Segundo Davis (2010), estes modelos projectam de forma fiável e hábil as mudanças na temperatura e precipitação, porque os processos físicos responsáveis pelas mudanças estão bem incorporados. Contudo a baixa resolução espacial (isto é quilómetros) dos modelos constitui uma grande desvantagem, pois as características regionais (ex: cobertura vegetação, rios, grandes lagos) com escala inferior a grade do modelo geral de circulação

acarretam erros no decorrer da integração, limitando assim a capacidade de prever com exactidão a variação do elemento clima (Maeda *et al*, 2010) .

Deste modo o aumento da resolução espacial dos modelos de circulação geral poderia melhorar as previsões a escala regional e local, contudo o custo computacional a necessidade de memória para o armazenamento dos arquivos muitas vezes impossibilitam este aumento (Davis 2010). Além disto aumentar a resolução do modelo não é simples, pois os resultados podem ser mal representados em alguns lugares (Marengo et al, 2009).

2.3-Mudanças Observadas na Temperatura e Precipitação

2.3.1-Mudanças Observadas na Temperatura

Segundo IPCC (2007) a década de 1990 foi a mais quente do milênio, e o ano de 1998 foi o mais quente desde o registro da temperatura em 1861, apresentando um valor de 0.6°C acima da média. Estudos recentes realizados pela Met Office (2015), concluiu que o ano 2015, apresentou um valor de 0.75°C acima da média relativamente do período entre 1961-1990. Esta subida deveu-se a combinação do fenómeno *El Niño* e ao aquecimento induzido pelo homem (Figura 1).

Em Moçambique, nos últimos quarenta anos registaram-se aumentos na temperatura média anual na ordem de 0.6°C com uma taxa média anual de 0.13°C na região Norte e de 1.6°C na região Centro Sul (McSweeney *et al*. 2003).

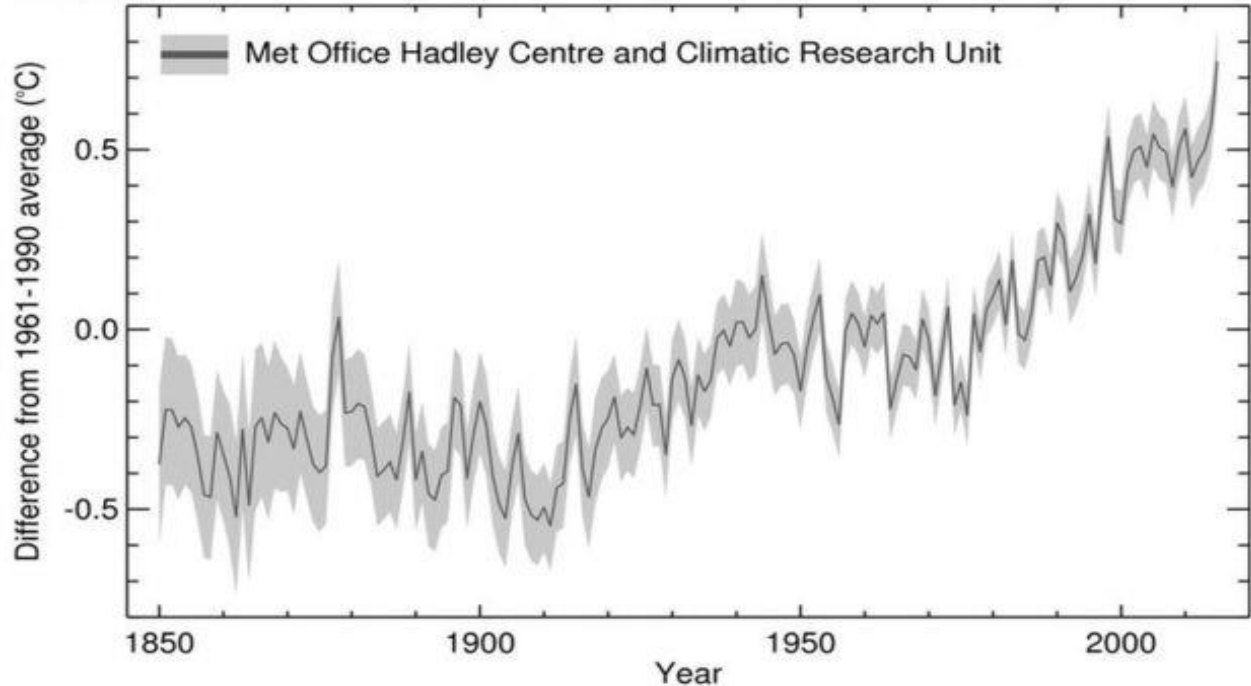


Figura 1: Variação da temperatura média mundial ao longo do período 1850-2015 (fonte: adaptado, Met Office, 2015)

2.3.2-Mudanças Observadas na Precipitação

No geral, a magnitude da precipitação registou um decréscimo geral da precipitação nos trópicos (Norte de África, América central) e um aumento em regiões de altas latitudes (América do Norte, Argentina e Europa, África Oriental) entre o período 1900 a 2005 (Trenberth, 2011). Adicionalmente, decréscimo da precipitação da ordem 20 a 40% desde os anos 60 foi registada na África ocidental (Nicholson *et al*, 2000).

Em Moçambique no período entre 1965 a 2005 foram reportadas indicações de início tardio da estação chuvosa, bem como o aumento da persistência de dias secos e da duração de período seco na zona nordeste do país nos meses de Março-Maio e Setembro-Novembro. No Norte do país, a duração média do período seco durante junho- Agosto foi 7 dias mais longo em 2005 do que 1960, subindo até 20 dias durante Setembro-Novembro (Tadross, 2009).

2.4-Mudanças Projectadas na Temperatura e Precipitação Global

2.4.1-Mudanças Projectadas na Temperatura

Acot (2003), com recurso aos dados do *Centre National de Recherches Scientifiques* (CNRS), da França concluiu que a temperatura a nível global registará um aumento da ordem dos 4°C, até 2050. IPCC (2007), estimou que a temperatura média anual registará um aumento entre 1.4 a 5.8°C, até 2080, dependendo das futuras emissões dos gases do efeito de estufa.

A nível de África, espera-se um aumento de 1 a 3°C na temperatura até o ano de 2060, este aumento será maior na região sul do continente, espera-se igualmente que a temperatura aumente principalmente ao longo da faixa costeira (Davis, 2001).

Em Moçambique, estima-se que as temperaturas aumentarão no interior do país, entre 2.5 a 3 °C para o período 2046-2065 nos meses de Setembro-Outubro-Novembro (SON) e aumentos similares na temperatura mínima estão projectados para as bacias do Limpopo e Zambeze (INGC, 2009). Estima-se que a partir de 2081-2100 a temperatura aumente até 5- 6°C sobre a região central e no interior das bacias do Limpopo e Zambeze durante os meses de Setembro-Outubro-Novembro (SON) (Tadross, 2009).

2.4.2- Mudanças Projectadas na Precipitação

A nível global projecta-se um aumento da precipitação em zonas de altas latitudes, enquanto as reduções são prováveis na maior parte das regiões subtropicais (IPCC, 2007). A título de exemplo, estudo realizado na América do Sul (Marengo *et al.*, 2010) revelou que a precipitação aumentará na ordem de 20% no período de 2090 a 2099 quando comparada com o período 1980-1999. Contudo, em África projecta-se uma diminuição na ordem dos 10 a 25% (IPCC, 2007). Em Moçambique espera-se que a precipitação aumente na maior parte do país, durante os meses DJF (Dezembro-Janeiro-Fevereiro) e MAM (Março-Abril-Maio), embora estes aumentos sejam frequentemente inferiores aos aumentos aproximados na evapotranspiração (0.1 mm dia⁻¹) durante os meses JJA e SON. São encontradas maiores aumentos na precipitação em direcção à costa. Nas regiões costeiras há frequentemente um aumento da variabilidade sazonal durante os quatro períodos; em todo o país a maioria das estações de meteorologia também sugere um aumento na variabilidade em JJA. A média anual de todo o país mostra uma ligeira subida da precipitação (10-25%) comparada com a média anual dos últimos 40 anos (Tadross, 2009).

2.5-Impacto das Mudanças Climáticas

2.5.1-Impactos á Escala Global

Compostos produzidos pelo Homem tais como dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorcarbonetos (HFCs), Perfluorcarbonetos (PFCs) e Hexafluoreto de enxofre (SF₆) clorofluor-carbonetos (CFC`s), actuam como gases de efeito estufa. A concentração desses gases de efeito estufa têm registado aumentos significativo na atmosfera em 34% entre o período 1990 e 2013 (OMM, 2009), influenciando negativamente o equilíbrio radioactivo da atmosfera originando impactos severos nos sistemas climáticos resultando em impactos primários e secundários nomeadamente: derretimento das zonas glaciares como resultado da subida da temperatura e expansão térmica dos oceanos, deslocamento das zonas agro-ecológicas, intensificação da ocorrência de eventos climáticos extremos como as secas, cheias e ciclones tropicais, alteração nos padrões de precipitação e intensificação de doenças (MICOA, 2005).

2.5.2-Impactos de Extremos Climáticos em África

A África sub-suhariana, no ano 2008 foi afectada por fortes chuvas e por inundações que afectaram mais de 300 mil pessoas. Em Março de 2009 as províncias do norte da Namíbia foram inundadas, causando a morte de quase 100 pessoas, deslocando outras 13 mil, enquanto a Etiópia, em 2006 os extremos climáticos traduziram-se em secas e inundações levando a perda de mais 300 de mortes (Living Earth, 2013). Estes eventos foram posteriormente associados ao fenómeno de mudanças climáticas que estão a ocorrer à escala do planeta, particularmente em África. Por outro lado, Gaia, (2007) revelou que as mudanças climáticas custaram 50 bilhões de dólares por ano para as adaptações necessárias na África até 2030. Este cálculo baseia-se nos investimentos necessários na agricultura, abastecimento de água, saúde humana, zonas costeiras, e infra-estrutura.

2.5.3-Impactos de Extremos Climáticos em Moçambique

As cheias de 2000 associadas a uma onda de ciclones tiveram um impacto ímpar na vida das populações e do país. O impacto combinado das cheias e dos ciclones no mesmo período foi estimado em 600 milhões de dólares americanos. As calamidades desalojaram mais de 500 mil pessoas, 799 mortes, destruíram infraestruturas vitais causando um grande impacto negativo na economia nacional (MICOA, 2005).

Em Moçambique as secas têm ocorrido em intervalos de 7 a 11 anos, sendo as secas de menor intensidade as que ocorrem mais regularmente, a título de exemplo as secas de 1994-95 que afectaram mais de 1.5 milhões de pessoas, como resultado da escassez de água potável e no ano de 1981-83 mais de 2.46 milhões na zona sul e centro do país (INGC, 2002).

No tocante aos ciclones, em 1984, o ciclone *Domoína* desalojou mais de 350 mil pessoas, causando mais de 109 mortes e no ano 2000, o país registou a ocorrência de vários eventos ciclónicos, nomeadamente: *Elinne*, *Gloria*, *Hudah*, que resultaram em mais de 1.3 milhões de desalojados e 700 mortos (INGC, 2003).

2.6- Efeitos Potenciais das Mudanças Climáticas na Agricultura

Vários estudos vem sendo desenvolvidos no mundo e em Moçambique visando avaliar o impacto das mudanças climáticas sobre a produção agrícola tendo de um modo geral destacado o estudo INGC em 2009. A título de exemplo, Siqueira *et al.* (2001) e Nobre *et al* (2005), com recurso a modelos de circulação gerais (GCMs) para simular os rendimentos do milho constataram perdas económicas e agronómicas anuais provocadas pelo aumento de 1 °C na temperatura, de cerca de 61 milhões de dólares no Brasil no estado de São Paulo região com características similares da bacia do Rio Limpopo. No Zimbabué, estudo visando avaliar os efeitos potenciais das mudanças climáticas sobre a produção da cultura de milho em sequeiro, com recurso a GCMs e ao modelo CERES-Maize, revelou que potencialmente poder-se-ia registar um decréscimo da produção do milho devido ao aumento de temperatura em 1 °C (Makhado, 1996).

Em Moçambique, o aumento da temperatura em 1 °C foi projectado como respondendo a um aumento de cerca de 2.5% na evaporação resultando em necessidades mais elevadas de água para as colheitas (INGC, 2012). Isto sugere que a evaporação aumentará significativamente, dependendo das alterações na precipitação, podendo igualmente resultar no decréscimos da humidade do solo.

Estudo realizado pelo INGC (2012), sobre o impacto das mudanças climáticas no risco de calamidades, com recurso aos Modelos Gerais de Circulação e o modelo Clicrop para seis culturas (milho, soja, amendoim, cassava, sorgo e algodão) em Moçambique, concluiu que os rendimentos do milho em sequeiro entre 2046-2065 diminuirão em 11% comparativamente aos rendimentos actuais (500-800 kg ha⁻¹). Em média, as culturas anuais como é o caso do milho perdem aproximadamente 5,4% do rendimento com cada aumento de grau Celsius na temperatura média (Brito & Holman; 2012).

Estudo visando avaliar o impacto das mudanças climáticas na Bacia do Rio Limpopo sobre o rendimento da cultura de milho em sequeiro, em solos arenosos e argilosos, com recurso aos GCMs (CSIRO e IPSL) e o modelo Aquacrop 4.0 (Massuiane, 2012), concluiu que houve aumento do rendimento (2.4 ton ha⁻¹) no distrito de Xai-Xai em solos de textura arenosa para o modelo IPSL.

2.7-Efeito da Disponibilidade de Água Sobre o Rendimento do Milho Produzido em Sequeiro

O milho usa eficientemente a água (0.8 e 1.6 kg.m^{-3}) e entre os cereais é potencialmente a cultura de maior rendimento em grãos (Doorembos e Kassam, 1994). Necessita de $500-800 \text{ mm}$ de água durante o período de crescimento para a obtenção da produção máxima, no entanto ela pode produzir sem necessidade de irrigação com cerca de $350-500 \text{ mm}$ (Doorembos e Kassam, 1979).

As maiores exigências em água da cultura de milho se concentram na fase de floração e formação do grão (Fancelli, 1986). Contudo esta cultura oferece uma tolerância relativa ao déficit de água durante os períodos vegetativo e maturação (Jantilal e Toscano, 2011). Porém, dois dias de déficit hídrico na fase de floração reduzem o rendimento em mais de 20% , agravando-se para 50% quando o período de déficit sobe para quatro a oito dias (Magalhães, 2002). Estudos similares na Bacia do Limpopo (Mudaca, 2005; Niquice, 2006; Camba 2007) concluíram igualmente que a fase de floração do milho é a mais sensível.

Niquice (2006), avaliando efeito multiplicativo da água de chuva para a produção de milho em sequeiro no Distrito de Chokwé, concluiu que o déficit hídrico na III fase influencia fortemente o rendimento e está directamente relacionada com a precipitação que ocorre durante o ciclo. O mesmo autor vincou que elevados rendimentos da cultura de milho são fortemente dependentes da magnitude e distribuição da precipitação total durante o ciclo da cultura, resultados secundados por Camba (2007). Contudo, os estudos até então realizados na Bacia do Limpopo se restringiram à análises com base em dados históricos de precipitação, assim sendo as suas conclusões não se podem traduzir para o futuro, principalmente numa perspectiva de alterações ou mudanças climáticas, onde há necessidade de perceber o comportamento futuro do efeito da distribuição da chuva sobre os rendimentos.

2.8-Datas de Sementeira do Milho na Região Sul de Moçambique

Reddy (1986), estudando as *Condições Agro-climática de Moçambique para a Agricultura de Sequeiro*, concluiu que a 2ª semana de Novembro até a 2ª semana de Março são mais aconselháveis para a sementeira por apresentar menor riscos de perda da cultura. Para o caso específico dos Distritos de Chokwé e Xai-Xai, os camponeses realizam a sementeira no início das primeiras chuvas (geralmente no mês de Outubro) (Camba, 2006). Um outro estudo realizado pela FAEF em 2004, constatou que a data de sementeira para região do sul de Moçambique, em regime de sequeiro, é no início das chuvas (primeiras semanas de Outubro) até 30 de Novembro. Por outro lado Schouwenaars (1991), apontou que no Sul de Moçambique as culturas crescem nos meses com maiores temperaturas Outubro – Fevereiro, que coincide com o período das chuvas, no entanto neste período o milho é mais vulnerável ao ataque de pragas e doenças. As melhores décadas de sementeira para redução o risco de falha da cultura do milho são as décadas 12, 13, 14, 15 e 16, isto é, dos finais de Abril ao início de Junho (Cambaza, 2006). Assim sendo a análise das datas de sementeira em agricultura de sequeiro constitui um método de manejo de água, necessário para a redução do risco de falha da cultura, tendo em conta que a precipitação na zona sul de Moçambique é variável no tempo e no espaço.

Contudo em Moçambique, concretamente na bacia do rio Limpopo, poucos estudos foram realizados dando ênfase as datas de sementeiras no futuro, na perspectiva de mudanças climáticas, exceptuando o estudo realizado por Massuiane (2012). Neste contexto o presente estudo dá ênfase a questão das datas sementeiras e mudanças climáticas.

2.9-Modelo Aquacrop 4.0

O modelo AquaCrop 4.0, é um modelo que permite simular rendimentos em resposta a água usando um baixo número de parâmetros e dados de entrada (Raes *et al.*, 2009).

O modelo AquaCrop 4.0 inclui os seguintes componentes sub-modelo: o solo, com seu equilíbrio de água; a cultura, com o seu desenvolvimento, crescimento e produção; a atmosfera, com a sua concentração regime térmico, precipitação, demanda evaporativa e CO₂; e da gestão, com a sua prática agronômica como a irrigação e fertilização (Figura 2).

AquaCrop 4.0 resulta da revisão da FAO *Irrigação e Drenagem Papel No. 33 "de resposta da produção a água"* (Doorenbos e Kassam, 1979), uma referência-chave para estimar a resposta da produção de água. AquaCrop 4.0 evolui a partir da equação Doorenbos e Kassam, o rendimento relativo (Y) representa a perda proporcional á evapotranspiração relativa (ET), com o K_y como factor de resposta da cultura a produção.

O Aquacrop 4.0 avança a partir da abordagem K_y , dividindo: (i) ET em evaporação do solo (E) e transpiração da cultura (Tr), para evitar o efeito do uso improdutivo de água.

(ii) a obtenção da biomassa (B) a partir da produtividade de água (WP) e da transpiração da cultura.

(iii) expresso o rendimento final (Y_p) como o produto da biomassa (B) e o índice de colheita (HI).

(iv) método de crescimento graus dias como a forma mais realista de explicar a natureza dinâmica de efeitos de stress hídrico e as respostas das culturas (Figura 3).

Todorovic *et al.* (2009) estudando os modelos AquaCrop, CropSyst e WOFOST, na simulação do crescimento da cultura do girassol em diferentes regimes hídricos no sul da Itália, encontraram resultados de estimativa de rendimento de grãos razoáveis em todos os modelos, embora resultados ligeiramente melhores foram obtidas pelo modelo AquaCrop, apresentando um valor de concordância de 96%.

A diferença entre os modelos AquaCrop, DSSAT, CropSyst e WOFOST e APSIM, é o facto do modelo Aquacrop ser simples, fácil obtenção e requer um número reduzido de parâmetros de entrada que facilitam a calibração e utilização para diferentes culturas e estratégias de manejo, enquanto que os demais modelos exigem habilidades avançadas de usuários finais para calibração do modelo e exigem muitos parâmetros de entrada (Hsiao *et al.*, 2009).

Poucos estudos foram realizados em Moçambique, em particular na bacia do rio Limpopo com recursos ao modelo Aquacrop, destacando-se o estudo realizado pelo Massuiane (2012). Neste

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

contexto presente estudo pretende avaliar o impacto das mudanças climáticas na produção do milho em sequeiro na Bacia do Rio Limpopo com recurso ao modelo aquacrop.

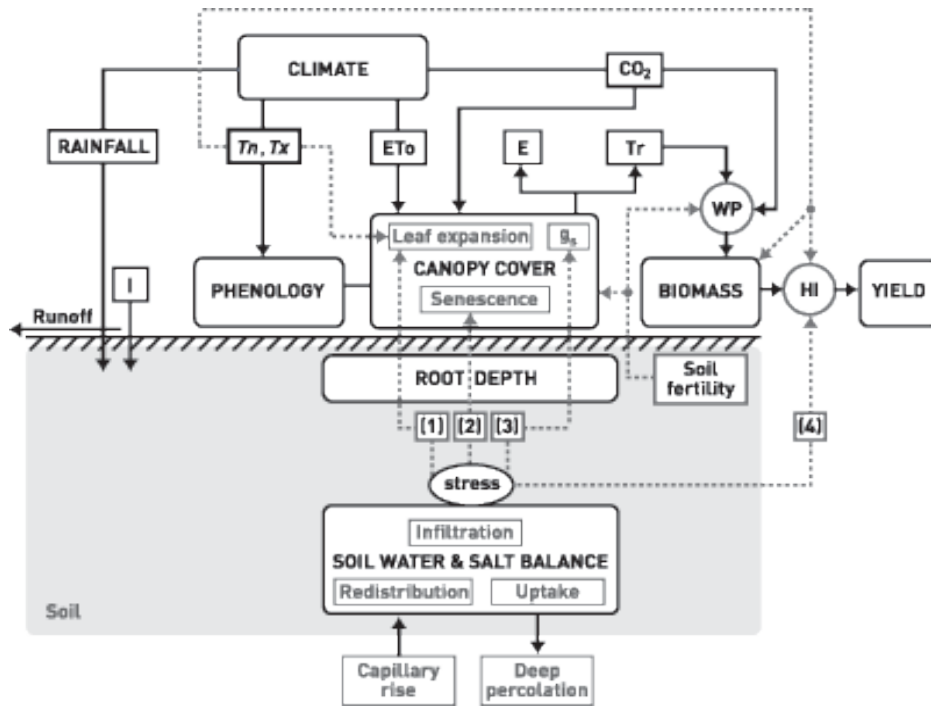


Figura 2: Fluxograma do Modelo Aquacrop 4.0 (Adaptado da FAO, 2012)

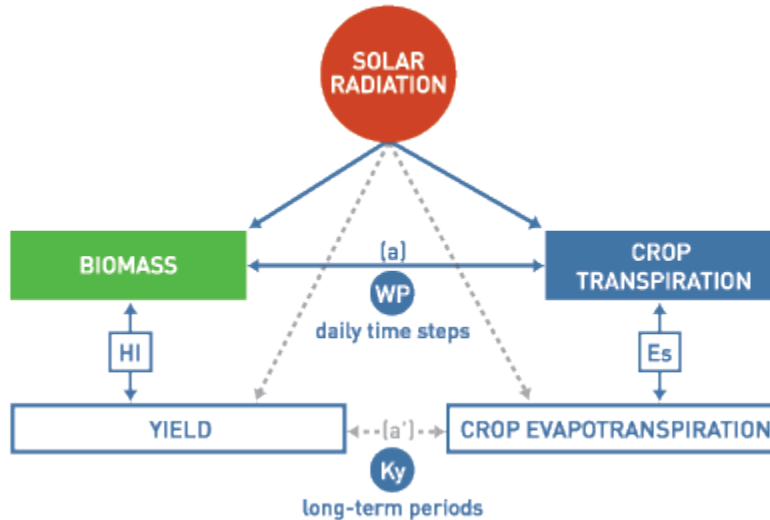


Figura 3: Evolução do Aquacrop 4.0 com base na separação da evaporação do solo, transpiração da planta, introdução da biomassa e o índice de colheita (Adaptado da FAO, 2012).

2.10-Medidas de Adaptação às Mudanças Climáticas na Agricultura

A agricultura continua sendo o sector mais importante para a economia de Moçambique. Segundo INE (2009), Moçambique possui pouco mais de 25 milhões de habitantes, dos quais cerca de 80% constituem a população economicamente activa e que está envolvida na produção agrícola. Apesar da sua importância, esta é fundamentalmente praticada em sequeiro e com poucos investimentos dada a fraca capacidade financeira das comunidades rurais (CTA, 2008).

Segundo o INGC (2012) as principais medidas de adaptação a mudanças climáticas são:

- **Gestão da humidade do solo nos campos agrícola em sequeiro**

Investimentos em tecnologias acessíveis para apoiar agricultores no estabelecimento dum controle melhor e gestão de fornecimentos intermitentes da água, que podem ser cruciais durante períodos curtos de seca que ocorrem onde a precipitação é muito variável na bacia do Rio Limpopo, e que resultam em perdas frequentes das colheitas. As técnicas envolvem a colheita de água *in situ* juntamente com a melhoria da capacidade de retenção de água do solo na zona radicular para lidar com défices temporários de água que ocorrem durante os periodos de crescimento. Estes investimentos devem ser acompanhados pela optimização do uso de fertilizantes, sementes e outros insumos essenciais aos ambientes em sequeiro de modo a maximizar os investimentos nas práticas de gestão de humidade do solo.

▪ **Investimento em pequenas infraestruturas de colheita de água**

A colheita de água refere-se a colecção do escoamento das chuvas e a armazenamento para utilização na produção agrícola. Estas técnicas envolvem três componentes, uma área de bacia para produzir o escoamento superficial, uma área de armazenamento para armazenar a água e, uma área alvo de produção para utilizar a água armazenada, que neste caso é para a agricultura. Existem dois tipos diferentes, um que é a captação *in situ* que envolve o re-ajustamento da superfície do solo para encaminhar o escoamento superficial para a zona radicular, neste caso a área da bacia e de armazenamento encontram-se no mesmo local onde a zona radicular funciona como um reservatório da água. A segunda técnica de captação de água prevê a construção de pequenos reservatórios e as áreas da bacia, de armazenamento e a área alvo encontram-se localizadas em zonas diferentes. Neste caso, os sistemas de recolha da água podem ser classificados de acordo com a escala do escoamento superficial a ser armazenado, variando desde pequenas represas de controlo e estruturas de retenção de água até às pequenas barragens de retenção de água provenientes dos escoamentos superficiais. As opções de armazenamento incluem tanques acima ou abaixo da superfície do solo e, pequenas barragens.

III-MATERIAIS E MÉTODOS

3.1-Descrição da Área de Estudo

3.1.1-Localização da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio Limpopo situa-se aproximadamente entre os paralelos 22° e 26° Sul e os meridianos 26° e 35° Este. A porção (19.3%) da bacia do Limpopo que se encontra dentro de Moçambique localiza-se entre os paralelos 21° e 25° Sul e os meridianos de 31° e 35° Este.

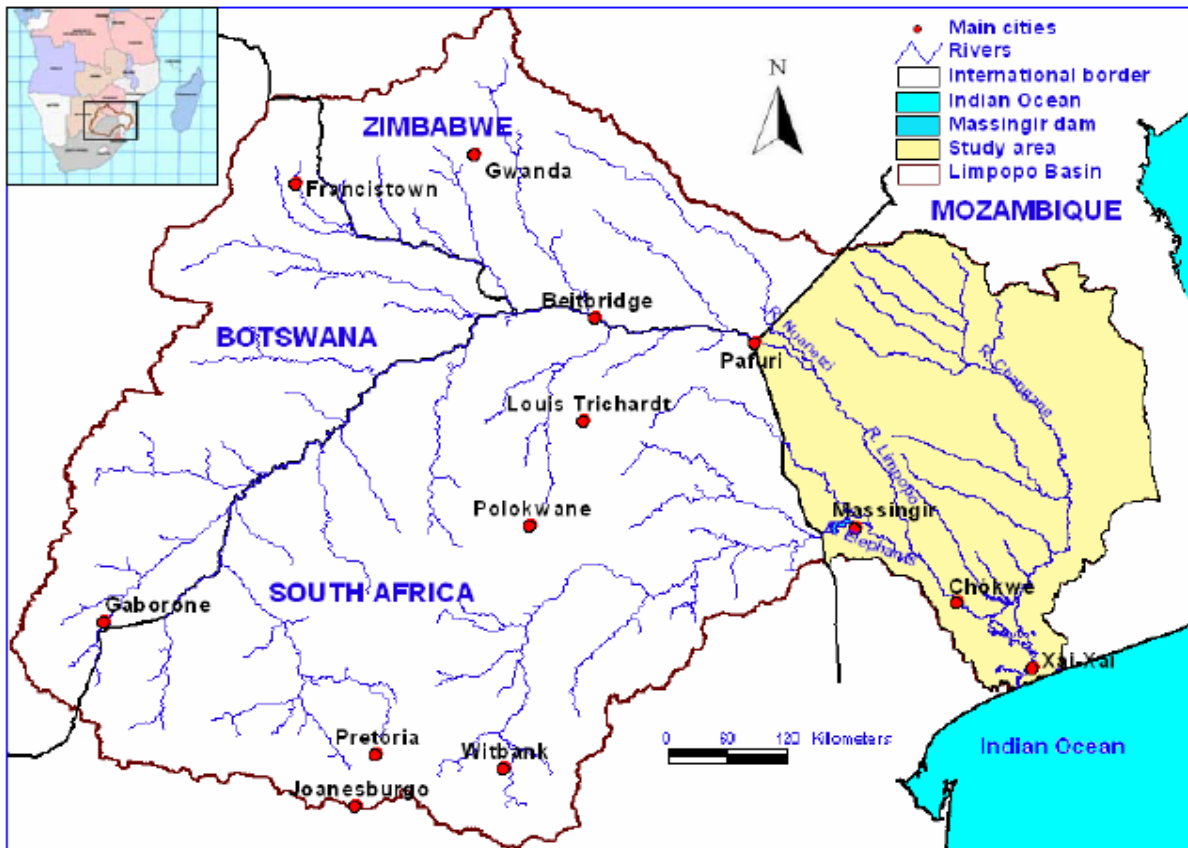


Figura 4: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Limpopo; (Área de Estudo) (fonte: Chilundo (2007)).

O Rio Limpopo tem uma extensão de cerca de 1750 km e com declive médio de 1043m km^{-1} , que formam as fronteiras entre África do Sul e Botswana e toda a fronteira entre a África do Sul e Zimbábue. Em Moçambique o Rio Limpopo flui numa extensão de cerca de 561 km, e drena no Oceano Índico, aproximadamente a jusante da cidade de Xai-Xai (DNA, 1996; Brito *et al*, 2007).

3.1.2- Características Biofísicas

De acordo com a classificação de Köppen o clima da bacia é predominantemente semi-árido, seco e quente (FAO-SAFR, 2004). A precipitação média anual na parte nacional da bacia do Limpopo varia entre 300 mm na zona interior (isto é Pafuri) para cerca de 1000 mm na zona costeira (Figura 5), apresentando uma grande variabilidade interanual, com um coeficiente de variação de cerca de 40% (Reddy, 1986).

Duma forma geral a precipitação encontra-se repartida de forma irregular ao longo do ano, com 85% da precipitação a ocorrer em média entre os meses de Outubro e Março. A temperatura média anual na parte nacional da bacia do Limpopo varia de 23 a 26°C mostrando, à semelhança da precipitação, um gradiente da costa para o interior (Brito *et al*, 2009). A evaporação na Bacia do Rio Limpopo varia de 1600 a 2600 mm.ano⁻¹. Os altos níveis de evaporação significam que os solos secam rápido reduzindo assim a quantidade de água disponível para as plantas, aumentando assim a sua vulnerabilidade às secas (FAO, 2004).

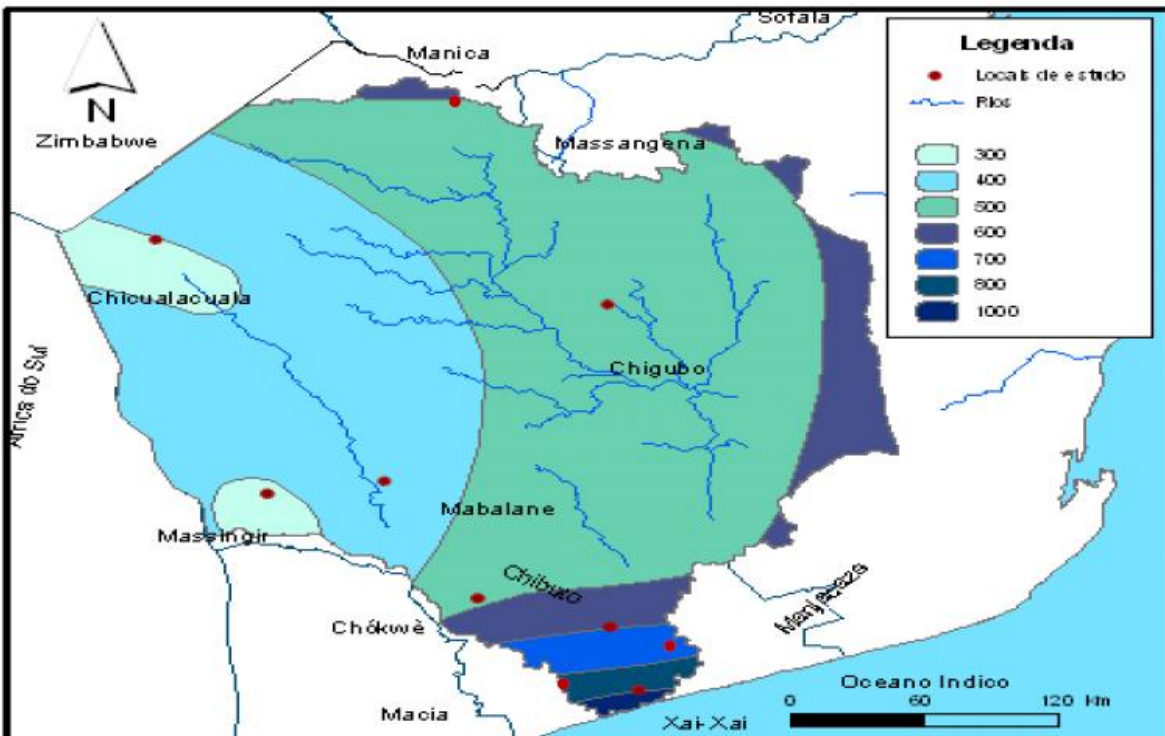


Figura 5: Precipitação média anual na bacia do Rio Limpopo; (fonte: Reddy, 1986).

Os solos da parte Moçambicana da Bacia do Rio Limpopo em particular os distritos de Xai-Xai e Chokwé, são caracterizados por uma vasta cobertura arenosa, excepto para os ricos depósitos aluvionares nas planícies de inundação dos rios. Segundo FAEF (2001), Os principais solos podem ser agrupados em quatro categorias:

- I. Solos das dunas interiores, com solos profundos, arenosos (Quaternário), excessivamente drenados e ligeiramente ondulados. Estes solos têm uma fertilidade natural e uma capacidade de retenção de água baixas, são não salinos, não sódicos, e o lençol freático está geralmente a uma profundidade superior a 10 m. Nas depressões arenosas e baixas que ocorrem nas partes inferiores dos declives das plataformas arenosas, ocorrem solos arenosos hidromórficos acinzentados;
- II. Solos dos sedimentos marinhos nas áreas elevadas, áreas das terras altas, também denominadas de terraços marinhos. Estes solos consistem numa camada superior (solo superficial) de areia ou areia-franca, não calcária, de espessura variável (20 a 80 cm) sobrepondo-se a um subsolo de textura franco-arenosa a franco-argilo-arenosa. Este subsolo é, geralmente, muito duro e compacto até uma profundidade de 60 a 80 cm. Esta compactidade está geralmente relacionada com um elevado conteúdo em sódio, apesar do subsolo se apresentar não salino a moderadamente salino;
- III. Solos dos sedimentos marinhos nas depressões ou planícies, são os solos das baixas planas ou quase planas, com declives geralmente inferiores a 0,5 %, e localizados de 1 a 2 m abaixo do nível dos terraços marinhos. Estas depressões são geralmente imperfeitamente a mal drenadas e podem ficar inundadas por várias semanas, possivelmente meses, durante e após fortes chuvadas, devido ao seu relevo quase plano e baixa permeabilidade dos solos argilosos. Localmente estes solos apresentam-se moderada a fortemente salinos e sódicos no subsolo, embora pontualmente também se possam apresentar sódicos à superfície.
- IV. Solos dos sedimentos fluviais recentes que se desenvolveram sobre os sedimentos recentes em geral junto aos grandes rios (Limpopo, Changana e Elefantes), ocupando uma zona entre os meandros do rio. São solos profundos, estratificados, e apresentam uma grande variabilidade na sua textura, tendo geralmente uma elevada fertilidade natural, como os solos aluvionares turfosos.

3.3-Distrito de Chokwé e Xai-Xai

3.3.1-Localização

Os distritos de Xai-Xai e Chókwe localizam-se na zona Sul do país, com uma superfície de 1908 km² e 2466 km² respectivamente, Xai-Xai é limitado a Norte pelo Distrito de Chibuto e Chókwe, o Distrito de Bilene Macia a fazer limite a Este e o Oceano Índico a sul (MAE, 2005) e Chókwe limitado pelo rio Limpopo a Norte, pelo Distrito de Bilene e rio Mazimuchope a Sul, a Este pelo Distrito de Chibuto, a Oeste pelos Distritos de Massingir e Magude (MAE, 2005).

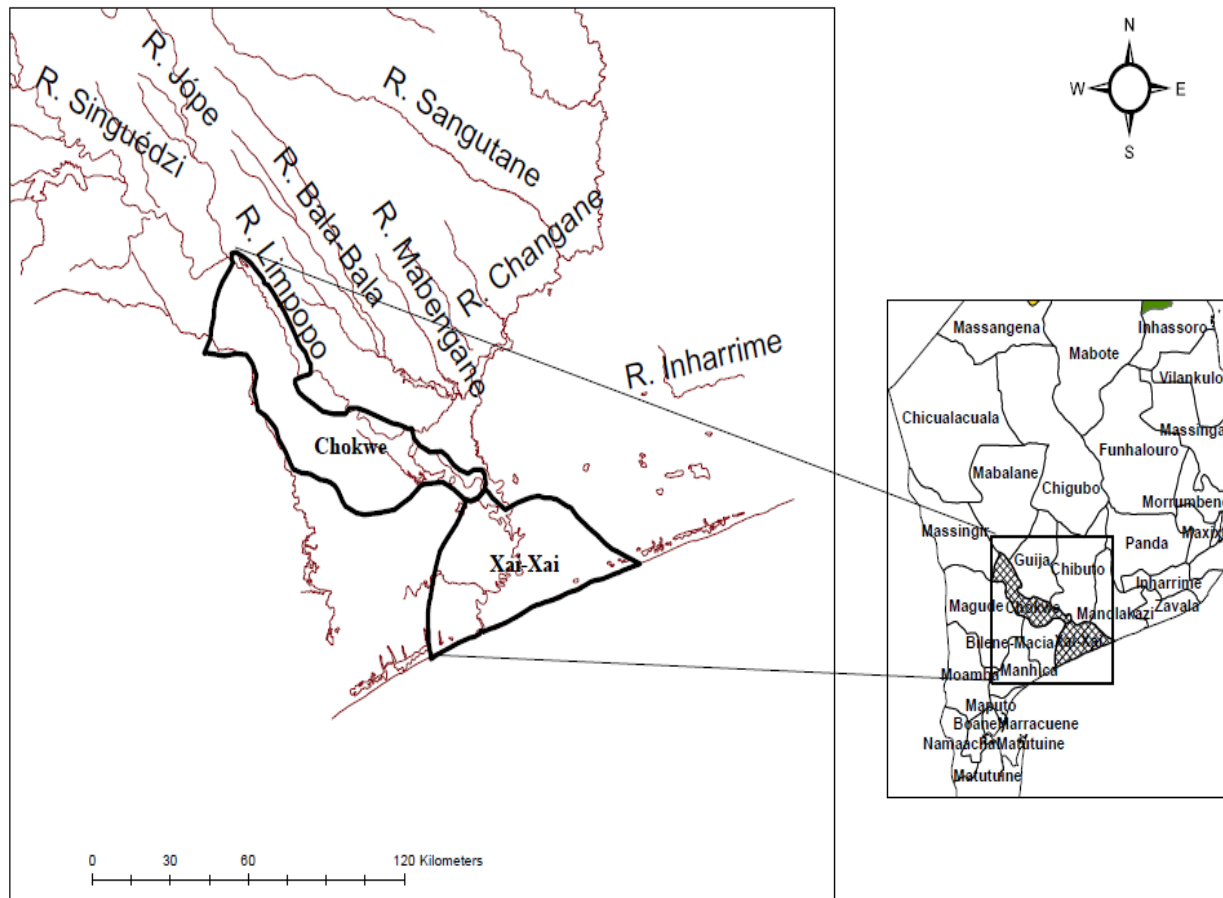


Figura 6: Localização dos distritos do Chokwé e Xai-Xai (preparado pelo autor com dados obtidos da Cenacarta 2016)

3.3.2-Características Biofísicas

De acordo com a classificação de Köppen o distrito de Chók>wè apresenta um clima seco de estepe. A evapotranspiração média anual situa-se nos 1500 mm e a precipitação anual média ronda os 620 mm, atingindo seu valor máximo no mês de Fevereiro (cerca de 140 mm) e o mínimo de 10 mm em Julho. Este regime de precipitação permite apenas um período de crescimento com uma duração estimada em cerca de 90 dias. A temperatura média anual é de 23.6 °C, apresenta duas estações distintas: um período quente de temperaturas elevadas, dos meses de Outubro a Março e outro relativamente fresco, de Maio a Agosto. Os meses de Abril e de Setembro são de transição, da estação quente-chuvosa para o fresco-seca e vice-versa, respectivamente. Os meses mais quentes são os de Dezembro, Janeiro e Fevereiro e os mais frios são Junho e Julho (FAEF, 2001). A temperatura média anual é de cerca de 22 °C (IIAM,2006).

O distrito de Xai-Xai, de acordo com classificação de Köppen, apresenta um clima tropical chuvoso de savana, caracterizado por grandes variações pluviométricas anuais e interanuais (Brito *et al*, 2009), com uma precipitação média anual variando de 825 a 1145 mm, com maior magnitude na zona costeira. O pico das chuvas regista-se nos meses de Janeiro e Fevereiro (MAE, 2005). Este regime pluviométrico permite apenas um período de crescimento com uma duração estimada em cerca de 210 dias.

A diferença entre o distrito de Chokwé e Xai-Xai, centra-se no clima e no período de crescimento que é ligeiramente longo no distrito de Xai-Xai (210 dias), facto que está igualmente associado a ocorrência de maior precipitação média anual e menor temperatura média anual (Figura 8).

No distrito de Chokwé existem dois períodos de queda pluviométrica distintos, a estação chuvosa e quente, que vai de Outubro à Março, com um total 76% caída no ano, sendo este período considerado ideal para a sementeira ($Pr > \frac{1}{2}ETp$) (Figura 7), onde são praticadas o milho e o amendoim; e na estação seca e fresca nos meses de Maio á Setembro com 24 % da precipitação, onde são praticados o milho, feijão nhemba e a mandioca (MAE, 2005).

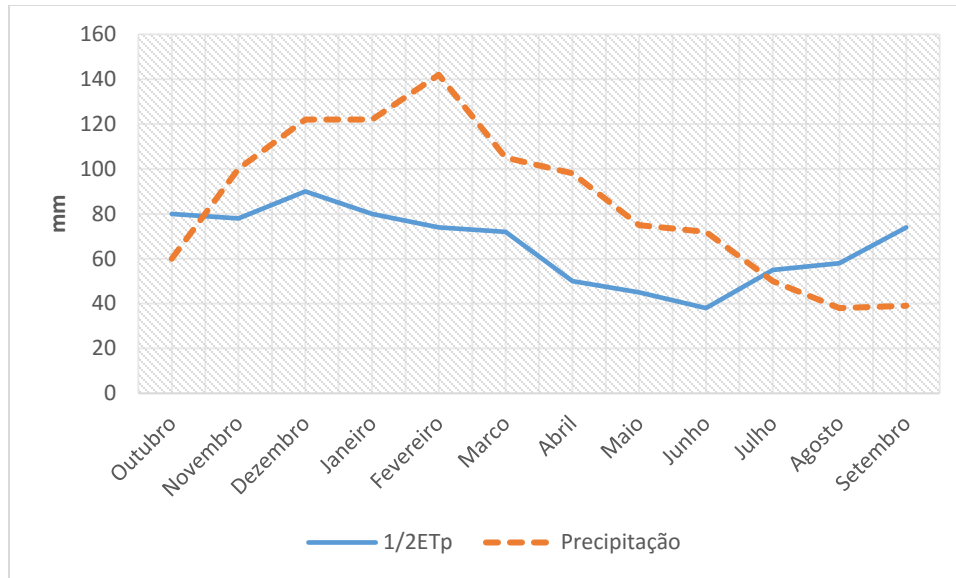


Figura 7: Relação precipitação e $1/2$ evapotranspiração mensal no distrito de Chokwé (fonte: Adaptado da FAEF (2005))

No distrito de Xai-Xai existem dois períodos de queda da precipitação distintos, a estação quente-chuvosa, que se estende de Novembro à Maio, com um total 80% caída no ano, o período de crescimento junto à costa é superior a 210 dias, tendo o seu início em finais de Novembro e princípios de Dezembro, prolongando-se até finais de Maio. Durante o período de crescimento ($Pr > 1/2ETp$), as principais culturas praticadas são o milho, amendoim, feijão nhemba e arroz, enquanto durante a estação seca são praticadas culturas como mandioca e milho (IIAM, 2006).

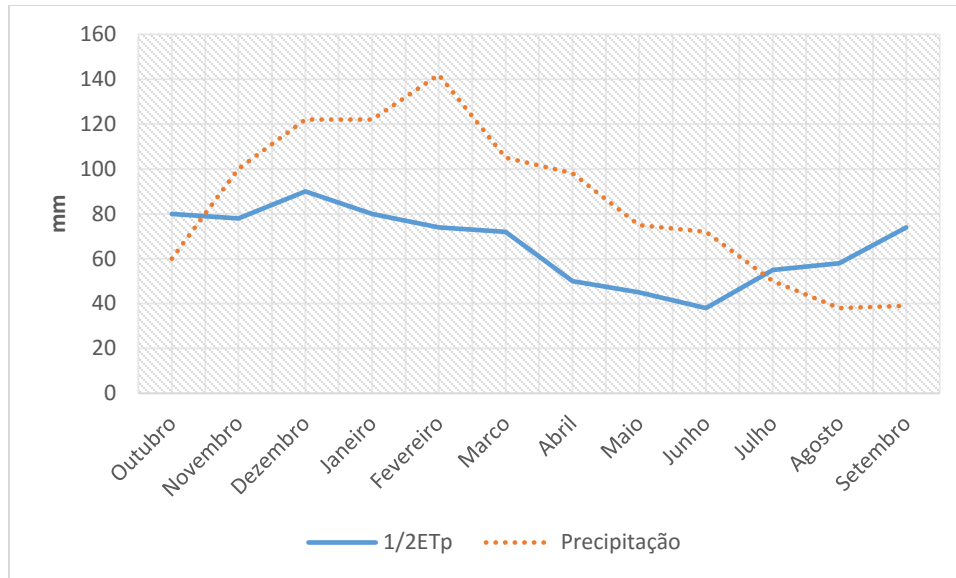


Figura 8: Relação precipitação e $\frac{1}{2}$ evapotranspiração mensal no distrito de Xai-Xai. (fonte: Adaptado do IIAM (2006)).

3.4-Dados Usados no Exercício de Modelação

3.4.1-Dados Climáticos

O INGC, em 2009, realizou um estudo sobre o Impacto das Mudanças climáticas sobre o risco de calamidades em Moçambique com recurso a 7 modelos gerais de circulação (MGC) nomeadamente: CSIRO, IPSL, ECHAM, CCCMA, GFDL, GISS e CNRM. Para o presente trabalho foram usados dados diários de precipitação e temperatura de 20 anos para o passado (1981 a 2000) e futuro (2081 a 2100) provenientes dos modelos CSIRO (húmido) e IPSL (seco).

3.4.2-Dados da cultura

Na tabela 1 são apresentados dados da cultura usados no exercício de modelação. A duração do ciclo do milho é em função da temperatura em condições de não deficiência hídrica, e varia de 80 a 150 dias, subdivididos em diferentes estágios fenológicos (Fancelli, 1986). Segundo FAO (2012) os principais estágios fenológicos da cultura de milho são: desenvolvimento da canópia, desenvolvimento radicular, floração, produção da biomassa e formação de rendimento

Tabela 1: Características da cultura de milho utilizadas no exercício de modelação

Símbolo	Descrição	Valor/faixa
<i>1. Fenologia da cultura</i>		
<i>1.1. Desenvolvimento da canópia</i>		
	Tempo da sementeira a emergência (dias)	7
CGC	Coefficiente de crescimento da canópia (%/dia)	17.9
CC _x	Máxima cobertura da canópia (%)	85
	Tempo da sementeira até início da senescência (dias)	95
CDC	Coefficiente de declínio da canópia (%/dia)	10.3
	Tempo da sementeira até maturação (dias)	125
<i>1.2. Floração</i>		
	Tempo da sementeira a floração (dias)	70
	Comprimento do estágio da floração (dias)	15
	Determinância da cultura ligada com a floração	Sim
	Excesso de frutos potenciais (%)	50
<i>1.3. Desenvolvimento da zona radicular</i>		
Z _n	Penetração mínima efectiva da raiz (m)	0.3
Z _x	Penetração máxima efectiva da raiz (m)	1
	Factor de forma descrevendo a expansão da zona radicular	1.3
	Tempo da sementeira até a profundidade radicular máxima (dias)	55
<i>2. Transpiração da cultura</i>		
Kcb _x	Coefficiente da cultura quando a canópia está completa antes da senescência	1.05
	Declínio de coeficiente da cultura (%/dia) como resultado de envelhecimento	0.3
	Efeito de cobertura da canópia na redução de evaporação do solo no estágio tardio	50
<i>3. Produção de Biomassa e formação de rendimento</i>		
<i>3.1. Produtividade da Água</i>		
WP*	Produtividade de água normalizada para ETo e CO ₂ (gram/m ²)	17
	Produtividade de água normalizada para ETo e CO ₂ durante formação de rendimento	100
<i>3.2. Índice de Colheita</i>		
HI _o	Índice Colheita de referência (%)	50
	Possível aumento (%) de HI _o devido a estresse hídrico antes da floração	Nenhum
	Coefficiente de negativo impacto de fecho de estomas durante a formação de rendimento	Forte

Fonte: FAO (2012)

3.4.3-Dados de Solo

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de água disponível, ponto de murcha permanente, ponto de saturação e a capacidade de campo para as duas classes de textura do solo utilizadas nas simulações dos rendimentos. De um modo geral, os solos argilosos apresentam uma maior quantidade de água disponível evidenciado maior capacidade para a reserva de água.

Tabela 2. Características do solo utilizados no exercício de modelação

Característica	Textura de Solo	
	Arenosa	Argilosa
Ponto de murcha permanente (% v/v)	6	23
Capacidade de campo (% v/v)	13	44
Ponto de saturação (% v/v)	36	52
Água Totalmente Disponível (mm/m)	70	210

Fonte: FAO (2012)

3.5.-Simulação do Rendimento do Milho

Para a simulação de rendimentos usou-se o modelo Aquacrop 4.0 que estima os rendimentos com base na equação:

$$Y = B \times IC$$

Onde:

Y – rendimento [ton ha⁻¹]

B – Biomassa em [ton ha⁻¹]

IC – Índice de colheita [-]

A biomassa (B) é calculada usando a Produtividade da Água e Transpiração de acordo com as equações:

$$B = PA \times \Sigma Tr$$

$$Tr = Kc \times ETo$$

Onde:

B – Biomassa [ton ha⁻¹]

PA – Produtividade da Água [kg m⁻³]

Tr – Transpiração [mm]

Kc – Coeficiente de transpiração da cultura (-)

ETo – Evapotranspiração de referência [mm]

Para a simulação considerou-se os seguintes cenários, que são apresentados na tabela 3:

I: sem *mulch*, sem conservação de água e sem aplicação de fertilizantes, como fazem actualmente os camponeses

II: aplicação de *mulch* e conservação de água, e sem fertilizantes, estes factores são de baixo custo, contudo requerem tempo.

III: aplicação de *mulch*, conservação de água e fertilizantes.

Tabela 3: Combinação dos diferentes factores de gestão usados na simulação do rendimento pelo modelo Aquacrop.

Cenários	Factores de Gestão		
	<i>Mulch</i>	Conservação de água	Fertilizantes
I	0	0	0
II	1	1	0
III	1	1	1

Legenda: **0**-Sem aplicação do factor , **1**- Com a aplicação do factor

3.6- Análise Estatística

Para analisar se há ou não diferenças entre o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) da precipitação, temperatura máxima, mínima e evapotranspiração de referência, bem como o cálculo das diferenças de médias dos rendimentos recorreu-se ao test t *Student* a nível de Significância de 5% usando o Stata 13.0.

3.7-Identificação das Datas de Sementeira

O ano hidrológico inicia a 1 de Outubro sendo que, os dias de sementeira foram calculados tendo em conta o início do ano hidrológico da seguinte maneira:

Dia hidrológico = dia do mês de sementeira + (dias do mês/meses antecedente/s).

A data de sementeira foi escolhida de acordo com a norma recomendada por Frere e Popov (1979), segundo a qual a cultura deve ser semeada no dia seguinte após uma chuva cumulativa de 20 mm durante três dias consecutivos.

3.8-Pressupostos

O modelo Aquacrop, foi concebido tendo em conta as práticas de gestão da água, fertilidade do solo, com excepção das pragas, doenças e Infestantes. Por conseguinte, no presente estudo, tomou-se como pressuposto que estas não afectam o rendimento da cultura.

Pressupõe-se igualmente que as variedades usadas nos distritos são bem adaptáveis às condições ambientais locais.

IV-RESULTADOS

4.1- Impacto da Precipitação Passada e Futura no Rendimento do Milho com base no Modelo CSIRO.

No distrito de Chókwé, e tomando os resultados obtidos pelo modelo CSIRO, constatou-se que a precipitação anual não registou mudanças significativas ($P > 0.05$) no cenário futuro (Tabela 4). Contudo os parâmetros, temperatura máxima, temperatura mínima, evapotranspiração de referência registaram mudanças significativas ($P < 0.05$), aumentando incrementos de 14, 25 e 17 % respectivamente no cenário do futuro.

Tabela 4: Comparação das médias (precipitação, temperatura máxima e mínima e evapotranspiração de referência - ETo), entre o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no modelo CSIRO.

Parâmetros	1981-2000	2081-2100	p-value	Conclusão	(%)
Precipitação (mm)	377.2±87	417 ±76.8	0.11	Não Significativo	10.6
T máxima (°C)	31.9±0.16	36.5±0.28	0	Aumento	14.4
T mínima (°C)	19.0±0.28	23.7±0.45	0	Aumento	24.7
ETo (mm)	3.86±0.05	4.52±0.08	0	Aumento	17.1

No distrito de Chokwé, para o modelo CSIRO o rendimento do milho em solos de textura argilosa registou mudanças significativas no futuro ($P < 0.05$), para os factores de gestão: sem *mulch*, sem fertilizantes e com conservação de água (SM, SF, SC); com *mulch*, sem fertilizantes e com conservação de água (CM, SF, CC); com o aumento de rendimento em cerca de 22 e 32 % respectivamente no futuro (Tabela 5). Porém em relação a solos de textura arenosa constatou-se que, o incremento do *mulch* e conservação de água afectaram significativamente ($P < 0.05$) o rendimento do milho para os factores de gestão: com *mulch*, sem fertilizante e com conservação de água (CM,SF,CC) com aumento do rendimento na ordem dos 31 % no cenário futuro (Tabela 5). Pode-se constatar igualmente efeitos positivos do incremento do *mulch* e conservação de água no rendimento, tanto em solos arenosos assim como em argilosos considerando nos factores de gestão ($P < 0.05$) com *mulch*, sem fertilizante e conservação de água (CM, SF,CC).

Tabela 5: Diferenças médias de rendimento do milho para o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no distrito de Chókwé em solos de textura argilosa e arenosa, recorrendo aos factores de gestão: com *mulch* (CM), sem *mulch* (SM), sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF).

Textura Argilosa	1981-2000	2081-2100	P-value	Conclusão	(%)
SM, SF, SC	1.63±0.42	1.98±0.28	0.012	Aumento	21.5
CM, SF, CC	1.78±0.43	2.34±0.26	0.0004	Aumento	31.5
CM, CF, CC	4.17±1.41	4.96±1.4	0.122	Não significativo	18.9
Textura Arenosa					
SM, SF, SC	1.03±0.51	1.21±0.66	0.43	Não significativo	17.5
CM, SF, CC	1.40±0.52	1.84±0.55	0.0231	Aumento	31.4
CM, CF, CC	1.69±1.26	2.27±1.78	0.26	Não significativo	34.3

Relativamente a textura do solo observou-se que houve diferenças significativas ($P < 0.05$) de rendimento entre solos de textura argilosa e arenosa, registando-se maior rendimento em solos de textura argilosa em todos factores de gestão tanto para o passado assim como para o futuro.

Tabela 6: Comparação das médias de rendimento do milho no distrito de Chókwé entre solos argilosos e arenosos no passado (1981-2000) e futuro (2081-2100), com recurso aos factores de gestão: com *mulch* (CM), sem *mulch* (SM), sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação (CC), com fertilidade (CF).

Cenário	Argiloso	Arenoso	p-value	Conclusão
Passado				
SM, SF, SC	1.63±0.41	1.04±0.28	0.0	Significativo
CM, SF, CC	1.79±0.44	1.4±0.52	0.0005	Significativo
CM, CF, CC	4.17±1.41	1.69±1.26	0.0	Significativo
Futuro				
SM, SF, SC	1.98±0.28	1.21±0.66	0.0001	Significativo
CM, SF, CC	2.34±0.26	1.84±0.55	0.0005	Significativo
CM, CF, CC	4.96±1.4	2.26±1.78	0.0	Significativo

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

Em termos médios as datas de sementeira do passado e do futuro não registaram mudanças significativas p (0.28) (Figura 9). Contudo o mês de outubro, apresentou maiores oportunidades de sementeira de acordo com critério de freire e popov.

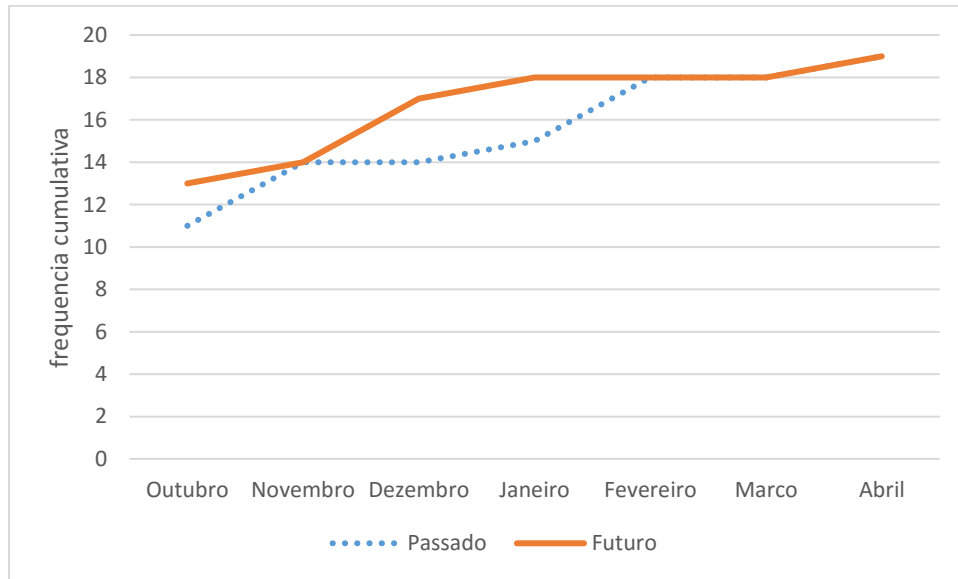


Figura 9: Frequência cumulativa das datas de sementeira no futuro e no passado no distrito de Chokwé

No distrito de Xai-Xai, e tomando os resultados obtidos pelo modelo CSIRO, constatou-se que a precipitação média anual, não registou mudanças significativas ($P > 0.05$) no cenário futuro (Tabela 10). Contudo para os parâmetros, temperatura máxima, temperatura mínima, evapotranspiração de referência registaram mudanças significativas ($P < 0.05$), aumentando incrementos de 14, 23 e 13 % respectivamente no futuro cenário.

Tabela 7: Comparação da média (precipitação, temperatura máxima e mínima e evapotranspiração de referência-ETo), entre o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no modelo CSIRO.

Parâmetros	1981-2000	2081-2100	p-value	Conclusão	(%)
Precipitação (mm)	582.1±105.2	587 ±111	0.88	Não Significativo	0.8
T máxima (°C)	28.9±0.22	32.9±0.49	0	Aumento	13.8
T mínima (°C)	18.3±0.2	22.5±0.43	0	Aumento	23.0
ETo (mm)	3.2±0.05	3.6±0.09	0	Aumento	13.1

No distrito de Xai-Xai para o modelo CSIRO o rendimento do milho em solos de textura argilosa, não registou mudanças significativas ($P < 0.05$), para os factores de gestão: sem *mulch*, sem fertilizante e sem conservação de água (CM,SF,CC); registando-se mudanças significativas ($P > 0.05$), para os factores: com *mulch*, sem fertilizantes e conservação de água (CM,SF,CC) e com *mulch*, com fertilizantes e conservação de água (CM,CF,CC) com aumentos de rendimentos em cerca de 31 e 62 % respectivamente no futuro (Tabela 7).

Em relação a solos arenosos pode se constatar que, registou-se mudanças significativas ($P > 0.05$) no rendimento do milho em todos cenários, com aumentos de rendimentos em cerca de 52.7, 45.9 e 140.8 % respectivamente no cenário futuro.

Tabela 8: Diferenças médias de rendimento do milho, para o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no distrito de Xai-Xai em solos de textura argilosa e arenosa, com recurso aos factores de gestão: com *mulch* (CM), sem *mulch* (SM), sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF).

Textura Argilosa	1981-2000	2081-2100	p-value	Conclusão	(%)
SM, SF, SC	1.78±0.44	2.08±0.77	0.1688	Não Significativo	16.9
CM, SF, CC	1.80±0.44	2.35±0.23	0.0002	Aumento	30.6
CM, CF, CC	4.99±1.65	8.1±1.48	0	Aumento	62.3
Textura Arenosa					
SM, SF, SC	1.31±0.51	2.0±0.54	0.0014	Aumento	52.7
CM, SF, CC	1.59±0.53	2.32±0.26	0.0001	Aumento	45.9
CM, CF, CC	2.62±1.83	6.31±2.57	0.0002	Aumento	140.8

Relativamente a textura de solo observou-se que houve diferenças significativas ($P < 0.05$) de rendimento entre solos de textura argilosa e arenosa, registando-se maior rendimento em solos de textura argilosa com excepção dos factores: sem *mulch*, sem fertilizantes e sem conservação de água (CM, SF, SC) e com *mulch*, sem fertilizantes e com conservação (CM, SF, CC) no cenário futuro.

Tabela 9: Comparação das médias de rendimento do milho, no distrito de Xai-Xai entre solos argilosos e arenosos no passado (1981-2000) e futuro (2081-2100), com recurso aos factores de gestão: com *mulch* (CM), sem *mulch* (SM), sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF).

Passado	Argiloso	Arenoso	p-value	Conclusão
SM, SF, SC	1.78±0.43	1.32±0.5	0	Significativo
CM, SF, CC	1.80±0.44	1.59±0.52	0.0166	Significativo
CM, CF, CC	4.99±1.65	2.62±1.82	0	Significativo
Futuro				
SM, SF, SC	2.08±0.77	2.0±0.54	0.68	Não Significativo
CM, SF, CC	2.35±0.24	2.32±0.26	0.051	Não Significativo
CM, CF, CC	8.1±1.48	6.32±2.57	0.0001	Significativo

Em termos médios as datas de sementeira do passado e do futuro não registaram mudanças significativas p (0.19) (Figura 11). Contudo o mês de outubro, apresentou maiores oportunidades de sementeira de acordo com critério de freire e popov.

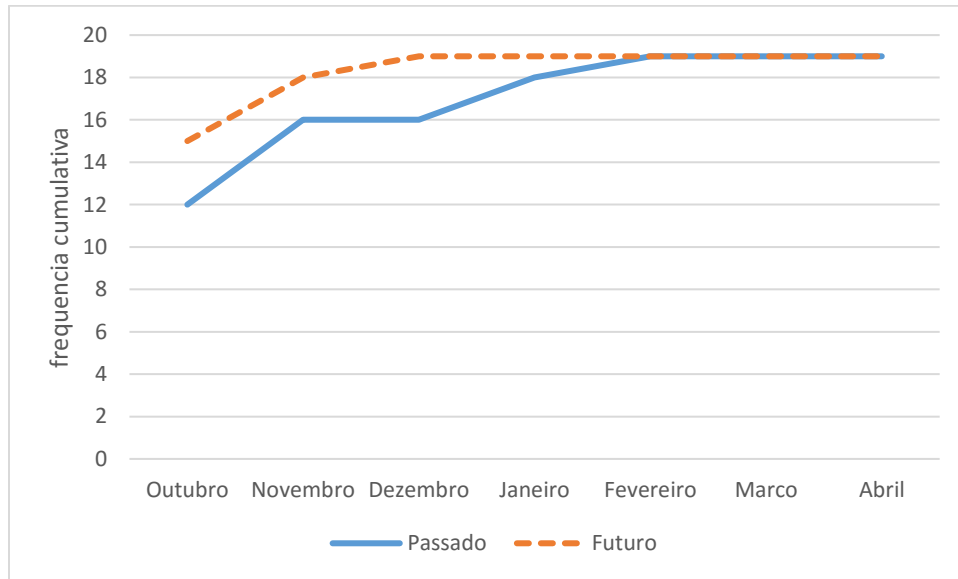


Figura 10 : Frequência cumulativa das datas de sementeira no futuro e passado no distrito de Xai-Xai

4.2- Impacto Precipitação Passada e Futura no Rendimento do Milho com base no Modelo IPSL.

No distrito de Chókwé, e tomando os resultados obtidos pelo modelo IPSL, constatou-se que a temperatura máxima, mínima, evapotranspiração de referência registou mudanças significativas ($P < 0.05$), com o aumento em incrementos de 23, 13, 24 e 13 % respectivamente no cenário futuro (Tabela 10).

Tabela 10: Comparação das médias (precipitação, temperatura máxima e mínima e evapotranspiração de referência- ETo), entre o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no modelo IPSL.

Parâmetros	1981-2000	2081-2100	p-value	Conclusão	(%)
Precipitação (mm)	428.6±110	529±126	0.03	Aumento	23.4
T máxima (°C)	30.5±0.34	34.5±0.34	0.0	Aumento	13.1
T mínima (°C)	18.1±0.24	22.4±0.46	0.0	Aumento	23.8
ETo (mm)	3.62±0.08	4.09±0.08	0.0	Aumento	13.0

No distrito de Chokwé para o modelo IPSL, constatou-se que o rendimento do milho, registou mudanças significativas ($P < 0.05$) com aumentos, para todos os factores de gestão tanto em solos de textura argilosos e assim como para os de textura arenosa (Tabela 11).

Tabela 11: Diferenças médias de rendimento do milho, para o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no distrito de Chókwe em solos de textura argilosa e arenosa, com recursos aos factores de gestão: com mulch (CM), sem mulch (SM), sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF).

Textura Argilosa	1981-2000	2081-2100	p-value	Conclusão	(%)
SM, SF, SC	1.72±0.08	2.17±0.24	0	Aumento	26.2
CM, SF, CC	1.9±0.04	5.86±1.30	0	Aumento	208.4
CM, CF, CC	6.1±1.42	8.6±1.06	0	Aumento	41.0
Textura Arenosa					
SM, SF, SC	1.31±0.38	1.64±0.53	0.044	Aumento	25.2
CM, SF, CC	1.82±0.25	3.6±2.0	0.0012	Aumento	97.8
CM, CF, CC	3.75±1.98	7.6±2.07	0.0002	Aumento	102.7

Relativamente a textura do solo observou-se que houve diferenças significativas ($P < 0.05$) de rendimento entre solos de textura argilosa e arenosa, registando-se maior rendimento em solos de textura argilosa com excepção dos factores: com *mulch*, sem fertilizantes e com conservação de água (CM, SF,CC) no passado.

Tabela 12: Comparação das médias de rendimento do milho, no distrito de Chókwé entre solos argilosos e arenosos no passado (1981-2000) e futuro (2081-2100), com recurso aos factores de gestão: com mulch (SM), sem mulch (SM) sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF).

Passado	Argiloso	Arenoso	p-value	Conclusão
SM, SF, SC	1.72±0.08	1.31±0.38	0.0001	Significativo
CM, SF, CC	1.90±0.04	1.83±0.25	0.235	Não significativo
CM, CF, CC	6.07±1.42	3.75±1.98	0	Significativo
Futuro				
SM, SF, SC	2.17±0.24	1.64±0.53	0	Significativo
CM, SF, CC	5.9±1.29	3.61±2.02	0	Significativo
CM, CF, CC	8.6±1.06	7.6±2.1	0.0097	Significativo

Em termos médios, as datas de sementeiras tanto do passado, assim como do futuro não registaram mudanças significativas p (0.21) (Figura 10). Contudo o mês de Outubro apresentou maiores oportunidades de sementeira de acordo com a norma de freire e popov.

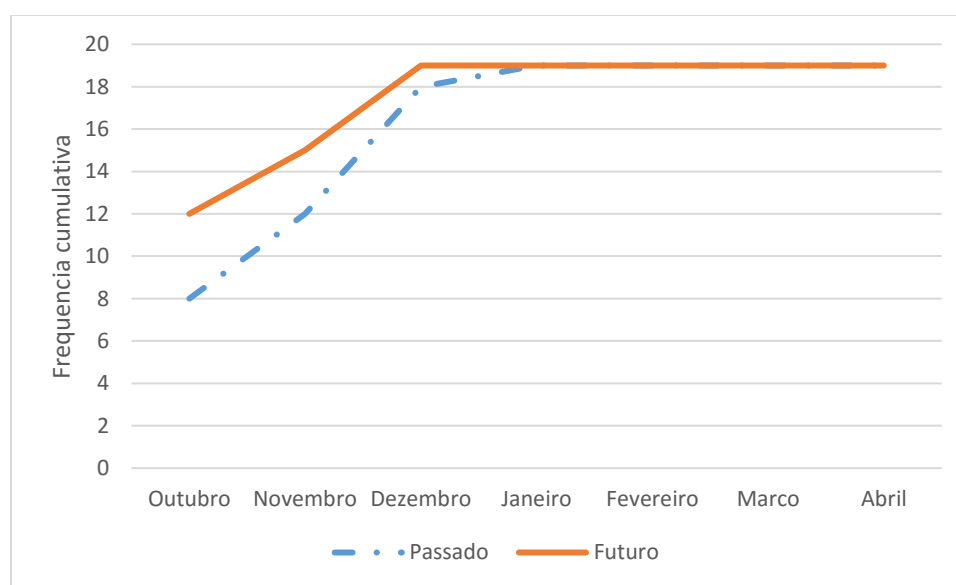


Figura 11: Frequência cumulativa das datas de sementeira no futuro e passado distrito de Chókwé

No distrito de Xai-Xai e tomando os resultados obtidos pelo modelo IPSL, constatou-se que precipitação, temperatura máxima, mínima, evapotranspiração de referência (ETo) registaram mudança significativas ($P < 0.05$), com o aumento de incrementos de 29, 14, 24 e 13 % respectivamente no cenário futuro (Tabela 13).

Tabela 13: Comparação das médias (precipitação, temperatura máxima e mínima e evapotranspiração de referência - ETo), entre o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no modelo IPSL.

Parâmetros	1981-2000	2081-2100	P-value	Conclusão	(%)
Precipitação (mm)	795.48±198	1027 ±222.4	0.011	Aumento	29.1
T máxima (°C)	29±0.24	33±0.54	0.0	Aumento	13.8
T mínima (°C)	18.2±0.19	22.5±0.43	0.0	Aumento	23.6
ETo (mm)	3.2±0.06	3.62±0.09	0.0	Aumento	13.1

No distrito de Xai-Xai para o modelo IPSL o rendimento do milho em solos de textura argilosa registou mudanças significativas ($P < 0.05$), em todos cenários, sem *mulch*, sem fertilizante e sem conservação de água (SM,CF,CC), com *mulch*, sem fertilizante e com conservação de água (CM,SF,CC), com *mulch*, com fertilizante e com conservação de água (CM,SF,CC), com aumentos de rendimentos em cerca de 36, 35 e 24 % respectivamente no futuro (Tabela 14). Porém, em relação aos solos arenosos constatou-se que a ausência não afectou os rendimentos nos seguintes factores de gestão ($P > 0.05$): com *mulch*, com fertilizante e com conservação de água (CM, CF, CC). Efeitos positivos foram observados com aplicação de sem *mulch*, sem fertilizante e sem conservação de água (SM,CF,CC), com *mulch*, sem fertilizante e com conservação de água (CM,SF,CC), com aumentos de rendimentos em cerca de 35 e 36% respectivamente no cenário futuro (Tabela 14).

Tabela 14: Diferenças médias de rendimento do milho, para o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100) no distrito de Xai-Xai em solos de textura argilosa e arenosa, com recursos aos factores de gestão: com mulch (CM), sem mulch (SM), sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF).

Textura Argilosa	1981-2000	2081-2100	P-value	Conclusão	(%)
SM, SF, SC	1.80±0.38	2.44±0.1	0	Aumento	35.6
CM, SF, CC	1.81±0.31	2.44±0.11	0	Aumento	34.8
CM, CF, CC	4.9±0.97	6.07±1.33	0.01	Aumento	23.9
Textura Arenosa					
SM, SF, SC	1.56±0.40	2.11±0.51	0.0034	Aumento	35.3
CM, SF, CC	1.8±0.47	2.45±0.13	0	Aumento	36.1
CM, CF, CC	2.95±1.51	3.6±2.024	0.35	Não Significativo	22.0

Relativamente a textura do solo observou-se que houve diferenças significativas ($P < 0.05$) de rendimento entre solos de textura argilosa e arenosa, registando-se maior rendimento em solos de textura argilosa com excepção dos factores: com mulch, sem fertilizantes e com Conservação de água (CM, SF,CC), no passado (Tabela 15). Não houve diferenças significativas ($P > 0.05$), do rendimento entre solos de textura argilosa e arenosa nos seguintes factores: sem *mulch*, sem fertilizantes e sem conservação de água (SM, SF,SC), com *mulch*, sem fertilizantes e com conservação (CM,SF,CC), no cenário futuro.

Tabela 15: Comparação das médias de rendimento do milho, no distrito de Xai-Xai entre solos argilosos e arenosos no passado (1981-2000) e futuro (2081-2100), com recurso as seguintes factores de gestão: com mulch (CM), sem mulch (SM) sem fertilidade (SF), sem conservação de água (SC), com conservação de água (CC), com fertilidade (CF).

Passado	Argiloso	Arenoso	p-value	Conclusão
SM, SF, SC	2.43±0.10	2.10±0.51	0.0082	Significativo
CM, SF, CC	1.81±0.31	1.80±0.32	0.5362	Não Significativo
CM, CF, CC	2.94±1.51	4.9±0.97	0	Significativo
Futuro				
SM, SF, SC	2.08±0.77	2.0±0.54	0.68	Não Significativo
CM, SF, CC	2.45±0.11	2.45±0.13	0.8477	Não Significativo
CM, CF, CC	6.1±1.33	3.6±2.02	0	Significativo

Em termos médios as datas de sementeiras do passado assim, como futuro não registaram mudanças significativas p (0.29). (Figura 12). Contudo o mês de outubro, apresenta maiores oportunidades cumulativa de sementeira de acordo com norma de freire popov.

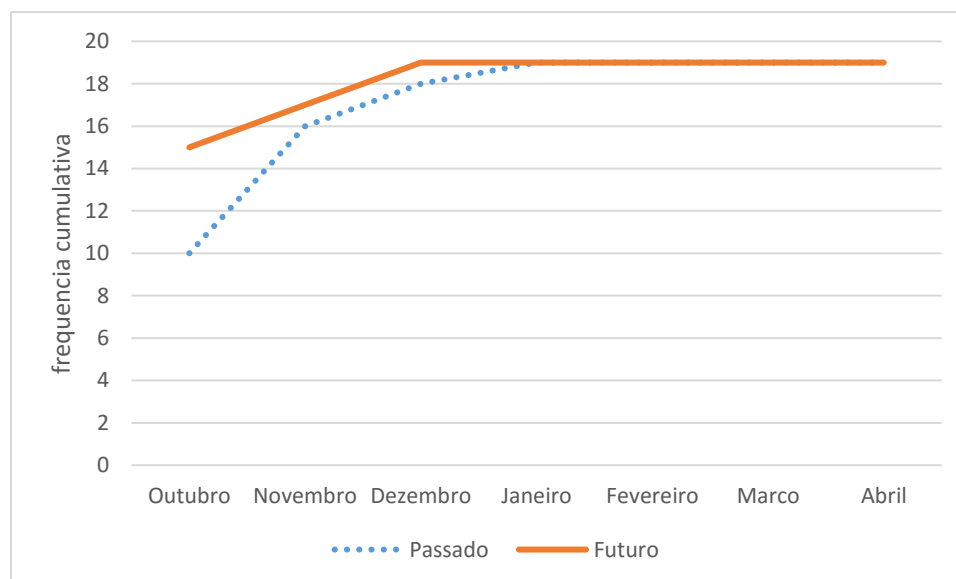


Figura 12: Frequência cumulativa das datas de sementeira no futuro e passado no distrito de Xai-Xai.

V-DISCUSSÃO

5.1- Impacto Precipitação Passada e Futura no Rendimento do Milho com base no Modelo Csiro

Os resultados apresentados, sugerem que a precipitação anual não registou mudanças significativas ($P > 0.05$), tanto para o distrito Chókwé, assim como para o distrito de Xai-Xai. Resultados similares foram reportados por Massuiane (2012), avaliando o *impacto das mudanças climáticas sobre o rendimento do milho em sequeiro na Bacia do Rio Limpopo*, concluiu que o modelo CSIRO, não registou mudanças significativas na precipitação anual para distrito de Chókwé, contudo diferem para o distrito de Xai-Xai, isto deve-se provavelmente ao facto dos período em análise serem diferentes, o presente trabalho avaliou o impacto para o passado (1981-2000) e futuro (2081-2100), enquanto que Massuiane (2012) estudou o passado (1961-2000) e futuro (2046-2065).

No tocante a temperatura máxima, mínima e evapotranspiração de referência, registaram mudanças significativos ($P < 0.05$) com aumentos, tanto para o distrito de Chokwé (14,25 e 17% respectivamente) assim como para o distrito de Xai-Xai (14, 23 e 13% respectivamente). Resultados similares foram reportados pelo Tadross (2009), com recurso aos modelos de circulação global (IPSL, CSIRO, ECHAM, GFDL, GISS, CCCMA, CNRM) prevê que a temperatura aumente entre 5 a 6°C para o período 2080 a 2100, em todo país principalmente nas bacias do Rio Limpopo e Zambeze. Segundo INGC (2009), prevê igualmente aumento na temperatura entre 2.5 a 3°C para o período 2046 a 2065. Estes aumentos da temperatura provavelmente resultarão em maiores necessidades hídricas e no encurtamento do ciclo das culturas (Brito & Holman, 2012).

Das tabelas 5 e 11 simulando-se os rendimentos com os factores de gestão: sem mulch, sem fertilidade, sem conservação de água (SM, SF, SC), pode-se constatar que o distrito de Chókwé não registou mudanças significativas ($P > 0.05$) de rendimentos em solos de textura arenosa mas, entretanto registou mudanças significativas ($P < 0.05$) em solos de textura argilosa. Para o distrito de Xai-Xai, não registou mudanças significativas ($P > 0.05$) de rendimentos em solos de textura argilosa, mas registou mudanças significativas ($P < 0.05$) em solos de textura arenosa. Estes resultados podem ser explicados pelo facto da precipitação não ter registado mudanças significativas ($P > 0.05$), mas observou-se aumentos significativos de rendimentos devem-se provavelmente a distribuição da precipitação ao longo do ciclo da cultura (Sans & Santana, 2000).

Entretanto pode se observar das tabelas 6 e 12, que solos de textura argilosa registaram maior rendimento em comparação aos solos arenosos, isto deve-se ao facto a quantidade de Água Disponível no solo de textura argilosa (210mm) ser maior do que a quantidade em solos de textura arenosa (70mm) (FAO,2006), mostrando que a reserva de água é importante. Como medida de adaptação recomenda-se o cultivo em solos de textura argilosa por estes apresentarem maior capacidade armazenamento de água muito elevada.

Das tabelas 5 e 11, o acréscimo do *mulch* e com conservação de água, sem fertilizante (CM,SF,CC), pode-se observar que os rendimentos do milho em solos de textura argilosa e arenosa, tanto no distrito de Chókwé, assim como Xai-Xai, apresentaram aumentos significativos de rendimentos ($P < 0.05$). Segundo Tilanzer & Bonzi (1997) deve-se provavelmente ao efeito *mulch* e conservação de água diminui as perdas por evaporação e solo mantendo assim a humidade do solo. Lourenço *et al* (2002), constataram que o *mulch* para além de proporcionar a incorporação gradual de nutrientes, assume crucial na redução do impacto da gotas da precipitação. Resultados similares foram reportados por Araújo *et al* (2003) que constataram que uso do *mulch*, quando combinado com a conservação de água proporcionam menores perdas por escoamento superficial, criando condições para que a água se infiltre no solo. Como medida de adaptação recomenda-se o uso de *mulch* e conservação de água por este minimizar as perdas de água por evaporação.

Das tabelas 5,11, acrescentando fertilizante, pode-se observar que os rendimentos do milho em solos de textura argilosa e arenosa no distrito de Chókwé, não apresentaram mudanças significativas ($P > 0.05$), enquanto que o de distrito de Xai-Xai apresentou diferenças significativas ($P < 0.05$), isto deve-se provavelmente a diferença da precipitação anual (Tabela 4,10) e a sua distribuição ao longo do ciclo da cultura. Segundo Rockström (2000), o uso da fertilidade acompanhada de técnicas de conservação de água como o caso do *mulch* aos ambientes em sequeiro os investimentos na prática da gestão de humidade de solo, aumentam o rendimento. Como medida de adaptação recomenda-se a optimização da fertilidade de solo, com a cobertura solo, como forma de melhor a gestão da humidade de solo.

5.2- Impacto da Precipitação Passada e Futura no Rendimento do Milho com base no Modelo IPSL

Os resultados apresentados, sugerem que a precipitação anual, evapotranspiração de referência (ET_o), temperatura máxima e mínima registou mudanças significativas ($P < 0.05$) com aumentos, tanto para o distrito Chókwé (23, 13, 24, 13 % respectivamente) assim como para o distrito de Xai-Xai (29, 14, 24, 13% respectivamente). Resultados similares foram constatados pelo INGC (2009), avaliando *o impacto das mudanças climáticas sobre calamidades em Moçambique*, concluiu que, o modelo IPSL registou mudanças significativas ($P < 0.05$) com aumentos da temperatura na ordem 25 a 35% e da precipitação entre 10-25%. Estes resultados em particular na precipitação provavelmente devem-se ao facto do IPSL, ter sido concebido para as condições húmidas (Tadross 2009).

Doorembos e Kassam (1994) concluíram que o aumento da temperatura e evapotranspiração de referência (ET_o), acompanhadas pelo aumento da precipitação, a cultura terá mais água para suprir as suas necessidades e conseqüentemente maior produção de carbohidratos, matéria seca, resultando assim em maiores rendimentos.

Das tabelas 8 e 14, pode-se observar que, o rendimento do milho registou mudanças significativas ($P > 0.05$), com aumentos de rendimentos tanto para o distrito de Chokwé, assim como o distrito de Xai-Xai, sem *mulch*, sem fertilizante e sem conservação de água (SM, SF, SC) e acrescentando o *mulch*, conservação de água (CM, SF, CC), os rendimentos do milho em solos argilosos e arenosos, tanto no distrito de Chókwé assim como no distrito de Xai-Xai, apresentaram mudanças significativas ($P < 0.05$), acrescentando a fertilidade pode-se observar que os rendimentos do milho registaram mudanças significativas ($P < 0.05$), com aumentos de rendimentos com exceção do distrito de Xai-Xai. Segundo Hudson *et al.*, (1987) e Rockström (2000), o uso da fertilidade acompanhada técnicas de conservação de água como o caso do *mulch* aumentam a quantidade de água armazenada no perfil do solo colhendo a água que cai, estas práticas maximizam os investimentos na gestão de humidade de solo na agricultura de sequeiro. Como medida de adaptação recomenda-se o investimento em pequenas infraestruturas de colheita e conservação da água das chuvas.

5.3- Variabilidades das Datas de Sementeira nos Distritos de Chókwé e Xai-Xai

Os camponeses que praticam a agricultura de sequeiro relacionam o período de sementeiras com o início da estação chuvosa (Reddy, 1984). Sabe-se que sem uma quantidade considerável de humidade no solo e com condições térmicas pouco favoráveis o período de germinação de uma cultura pode sofrer um prolongamento até mesmo ocorrer perda de culturas, para o presente estudo considerou-se que a cultura era semeada no dia seguinte após uma chuva cumulativa de 20 mm durante três dias consecutivos.

Das figuras (9,10,11,12), pode-se observar que em termos médios tanto no modelo CSIRO e IPSL, assim como distritos de Chókwé e Xai-Xai, não houve diferenças significativas ($P > 0.05$) nas datas de sementeiras, contudo o mês de Outubro apresentou maior oportunidades de sementeira. Resultados similares foram reportados no passado por Schouwenaars (1991), avaliando as *estratégias de sementeiras do milho em sequeiro na zona sul de Moçambique* e por FAEF(2004), tendo concluído que o período ideal para sementeira em regime de sequeiro, é o início das primeiras chuvas, isto é o primeiras semanas de Outubro. Estes resultados diferem dos estudos realizados por Deixa (2014) *avaliando o rendimento e período de sementeira da cultura do milho em sequeiro usando o modelo Apsim* e por Cambaza (2006) *estudando as datas de sementeira para reduzir o risco de falha da cultura na agricultura de sequeiro no distrito de Chokwé usando o modelo Cropwat*. Os respectivos estudos consistiam em fixar a data sementeira em cada década, enquanto o presente estudo a data de sementeira foi escolhida de acordo com início do ano hidrológico (Outubro) semeando a cultura dia seguinte após a queda de 20 mm, critérios usados por Almeida (2005) *estudando o efeito da Capacidade de Armazenamento da Água dos Solos no Rendimento do Milho em Sequeiro na Região de Chókwé* e por Camba (2006) *estudando estratégias de conservação de água no solo para a produção do milho em regime de sequeiro no distrito de Chokwé*. Assim sendo como não houve diferenças significativas ($P > 0.05$) nas datas de sementeiras entre o passado (1981-2000) e o futuro (2081-2100), estudos realizados por Schouwenaars (1991), FAEF (2004), Almeida (2005), Camba (2006) podem se traduzir no futuro. Como medida de adaptação adopção de estratégias para diminuição do risco de falha de sementeira tais como: **i)** sementeira após queda de 20 mm, 25mm, 30mm dependendo do tipo de solo, **ii)** semear em zonas diferentes, semear várias vezes durante mesma época.

VI-CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1- Conclusões

No distrito de Chókwé para o modelo IPSL estimou aumentos significativos da precipitação anual (23%), temperatura mínima (13%), temperatura máxima (24%) e evapotranspiração de referência (13%), registaram aumentos significativos.

Registaram-se também mudanças significativas de rendimentos em todos factores de gestão nomeadamente: sem *mulch*, sem fertilizante e sem conservação de água (SM,SF,SC), com *mulch*, sem fertilizante e com conservação de água (CM,SF,CC), com *mulch*, com fertilizante e com conservação de água (CM,CF,CC), tanto em solos de textura argilosa, assim como de textura arenosa.

No modelo CSIRO, o distrito de Chókwé a precipitação anual não registou mudanças significativas, registando mudanças significativas, com aumentos na temperatura mínima (14%), temperatura máxima (25%), evapotranspiração de referência (17%).

No modelo Csiro, o distrito de Chókwé apresentou mudanças significativas de rendimento em solos de textura argilosa para os factores de gestão: sem *mulch*, sem fertilizante e sem conservação de água (SM,SF,SC), com *mulch*, sem fertilizante e com conservação de água (CM,SF,CC); Em relação aos solos de textura arenosa apenas os factores: com *mulch*, sem fertilizante e com conservação de água (CM,SF,CC), registaram mudanças significativas de rendimento.

No distrito de Xai-Xai para o modelo IPSL registou mudanças significativas com aumentos da precipitação anual (29%), temperatura mínima (14%), temperatura máxima (24%) evapotranspiração de referência (13%).

Registaram-se também mudanças significativas, todos factores de gestão com aumentos de rendimentos tanto em solos de textura argilosa e como em solos de textura arenosa com a excepção dos factores: com *mulch*, com fertilizante e com conservação de água (CM,SF,CC).

No modelo CSIRO, o distrito de Xai-Xai, a precipitação anual não registou mudanças significativas, registando mudanças significativas para a temperatura mínima (14%), temperatura máxima (23%), evapotranspiração de referência (13%).

No modelo Csiro, o distrito de Xai-Xai apresentou mudanças significativas com aumento do rendimento do milho, em solos de textura argilosos assim como em solos de textura arenosa, com a excepção dos factores de gestão: sem *mulch*, sem fertilizante e sem conservação de água (SM,SF,SC) em solos de textura argilosos.

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

Relativamente as datas de sementeiras, tanto no modelo Csiro bem como no modelo IPSL nos dois distritos (Xai-Xai e Chókwé) não houve mudanças significativas das datas de sementeiras, contudo o mês de Outubro maior frequência de sementeira.

6.2- Recomendações

Os rendimentos do milho em regime de sequeiro é dependente de factores climáticos (precipitação, temperatura, concentração de dióxido de carbono), com as mudanças climáticas espera-se aumento das temperaturas, mudanças nos padrões da chuva (frequência, intensidade, abrangência, duração e período de ocorrência) para melhor aproveitamento da água das chuvas é necessário estratégias de adaptação:

- Recomenda-se o uso de mulch por este minimizar as perdas por evaporação do solo.
- Cultivo do milho em solos argilosos, por estes apresentarem maiores rendimentos que solos arenosos e apresenta capacidade de armazenamento de água muito elevada.
- Optimização da fertilidade de solo, com a cobertura solo e conservação de água como forma de melhor a gestão da humidade de solo e maximizar os rendimentos (análise económica)
- Investimento em pequenas infraestruturas de captação e conservação de água
- Estudo de estratégias para a diminuição do risco de falha de sementeira, como sementeira após queda de 20 mm, 25mm, 30mm dependendo do tipo de solo, semear em zonas diferentes, semear várias vezes durante mesma época.
- Ensaio em campo para calibração e validação do modelo Aquacrop e outros modelos de crescimentos como forma de maximizar as simulações.

VI-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acot, P. (2003) *Histoire du climat*. Paris, Éditions Perrin, 309p
- Almeida, Edson Herculano dos Anjos (2005) *Análise do Efeito da Capacidade de Armazenamento da Água dos Solos no Rendimento do Milho em Sequeiro na Região de Chokwé*.
- Assis, Simone Vieira De, (2004), *Agrometeorologia, Temperatura do solo*, Departamento de Meteorologia, Universidade Federal de Pilotas.
- Brito, R. (ed.) & Holman, E.H.A. 2012. *Respondendo as mudanças climáticas em Moçambique: Tema 6: Agricultura*. Maputo: INGC.
- Brito, R.; Famba, S; Munguambe, P.; Ibraimo, N. Julaia, C (2009) *Profile of the Limpopo Basin in Mozambique. Integrated Water Resource Management for Improved Rural Livelihoods: Managing risk, mitigating drought and improving water productivity in the water scarce Limpopo Basin.*”
- Camba, M.O.M (2007) *Estratégias de Conservação de Água no Solo para a Produção de Milho em Regime de Sequeiro no Distrito do Chokwé*.
- Cambaza, Cesario M (2006) *Estudo das Datas de Sementeiras para Reduzir o Risco de Falha do Milho na Agricultura no Distrito de Chokwé*
- Chilundo, M. N. G. (2007) *Design of a Water Quality Monitoring Network for the Limpopo River Basin in Mozambique*. Master Thesis.
- Deixa, V.S. (2014) *Avaliação do Rendimento e Período de Sementeira da Cultura de Milho em Sequeiro Usando o Modelo APSIM: Estudo de Caso no Distrito de Sussudenga*.
- DNA, (1996) *Monografia hidrográfica da bacia do rio Limpopo – Texto*. Ministério das Obras Públicas e Habitação. República de Moçambique.
- Evans, Erv, (2000), *Mulching trees and shrubs*, NC State University
- Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, UEM (2001). *Programa Competir*. Região agrícola de Chókwè. Diagnóstico da fileira agrícola
- Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, (2004). *Apontamentos de Culturas Alimentares e Industriais*, Departamento de Produção e Protecção Vegetal (PPV) – FAEF – Universidade Eduardo Mondlane, Maputo
- FAO (2004), *Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin*. A situation analysis.

- FAO (2006), *Guidelines For Computing Crop Water Requirements*, Irrigation and Drainage Paper No. 56
- FAO (2012), *Adaptation to Climate Change in Semi-Arid Environments*. Experiences and Lessons from Mozambique.
- FAO (2013) *Gender And Climate Change Research In Agriculture And Food Security For Rural Development*.
- FAO-SAFR (2004). *Drought Impact Mitigation and Prevention in the Limpopo River Basin – A Situation Analysis*. Sub-Regional Office for Southern Africa/Harare.Rome.
- IIAM. (2006) *Soil physics characterization of agricultural wetlands*
- INGC. 2009. Synthesis report. INGC Climate Change Report: *Study on the impact of climate change on disaster risk in Mozambique*. [van Logchem B and Brito R (ed.)]. INGC, Mozambique.
- IPCC. Climate Change, (2007) *the Science of Climate Change*; contribution of Working Group I to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK.
- Jackson, I. J., (1996). *Climate, Water & Agriculture in the Tropics*. 2nd edition.
- Jamine (2007) *Quantificação do Rendimento do Amendoim em Sequeiro no chokwé*.
- Jeevananda, S. R. (1986) *Informação Agro-climática de Moçambique para Agricultura de Sequeiro*. Série Terra e Água – Comunicação n° 47 – INIA. Maputo.
- Hsiao, T.C., Lee H., Steduto, B., Basilio, R.L., Raes, D. & Fereres, E. (2009). *Aquacrop - The FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for maize*. *Agronomy Journal*.
- Hsiao, T.C. & Xu, L.K. (2000) *Sensitivity of growth of roots vs. leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport*. *Journal of Experimental Botany*.
- Dorrembos, J. ; Kassam, A. H. (1979). *Yield response to water*. Roma: FAO – Irrigation and Drainage. Paper 33
- Kassam, A. H. & Doorembos, J. (1994). *Rendimento e água, Irrigação e Drenagem*, FAO 33, Série 4.
- Lacombe, G., Hoanh, C.T., Smakhtin, V., (2011) *Multi-year variability or unidirectional trends? Mapping long-term precipitation and temperature changes in continental Southeast Asia using PRECIS regional climate model*.

- Lafta, Abbas M. and Lorenzen. James H., (1995) *Effect of High Temperature on Plant Growth and Carbohydrate Metabolism in Potato*.
- Lourenço, R. S.; Medrado, M. J.S; Nietsche, K; Filho, F. E.S, (2002), *Influência da cobertura morta na produtividade da erva-mate, Brasil*
- MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL (2005). *Perfil do distrito de Chókwè: Província de Gaza*. Série: perfis de distritos.
- MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL (2005). *Perfil do distrito de Xai-Xai: Província de Gaza*. Série: perfis de distritos.
- Makhado, Johannes (1996). *Potential effects of climate change on corn production in Zimbabwe*
- Marengo, J. A.; Ambrizzi, T.; Rocha, R. P.; Alves, L. M.; Cuadra, S. V.; Valverde, M.; Ferraz, S. E. T.; Torres, R. R.; Santos, D. C.(2010) *Future change of climate in South America in the late XXI century: intercomparison of scenarios from three regional climate models*. **Climate Dynamics**.
- Massiuane J. R. (2012) *Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento da Cultura de Milho (Zea Mays L.) na Bacia do Rio Limpopo*.
- McSweeney, C., New, M. Lizcano, G, (2004). *UNDP Climate Change Country Profiles – Mozambique*. <http://country-profiles>.
- MINISTERIO PARA A COORDENAÇÃO DA ACÇÃO AMBIENTAL (2005). *Avaliação da vulnerabilidade as mudanças climáticas e estratégias de adaptação*.
- MINISTERIO PARA A COORDENAÇÃO DA ACÇÃO AMBIENTAL (2007) Programa Nacional de Adaptação as mudanças climáticas
- Mudaca, J.D (2005) *Determinação do Volume de Água Complementar A Irrigação Para Agricultura de Sequeiro na Regiao de Chokwé*
- Nobre, C. A., Assad, E. D. e Oyama, M. D. (2005) *Mudança Ambiental no Brasil – O impacto do aquecimento global nos ecossistemas da Amazônia e na agricultura*.
- Notiço, D. N (2010) *Análise da Disponibilidade de Água para Implementação de Projectos de Irrigação* (Estudo de Caso: Bacia do Rio Limpopo - Moçambique), Tese de Licenciatura, UEM-FAEF.

- Nicholson, S.E., B. Someand B. Kone. (2000) *Annalysis of recent rainfall conditions in West Africa, including the rainy season of the 1997 El Niño and the 1998 LaNiña years.*
- Queface, A. and Tadross, M. (2009). Main report: *INGC Climate Change Report: Study on the impact of climate change on disaster risk in Mozambique.* [Asante, K., Brito, R., Brundrit, G., Epstein, P., Fernandes, A., Marques, M.R., Mavume, A , Metzger, M., Patt, A., Queface, A., Sanchez del Valle, R., Tadross, M., Brito, R. (eds.)]. INGC, Mozambique.
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T.C., & Fereres, E. (2009). *Aquacrop - The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description.* *Agronomy Journal.*
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T.C. & Fereres, E. (2011). *Aquacrop – Reference Manual.* Available at: <http://www.fao.org/nr/water/aquacrop.html>
- Reddy, S.J., (1984). *General Climate of Mozambique.* Serie Terra e Água do INIA, Comunicação no 19a. Maputo, Moçambique.
- Reddy, S.J. (1986). *Agroclimate of Mozambique as relevant to dry-land agriculture.* Serie Terra e Água do Instituto Nacional de Investigação Agronómica, Comunicação no 47. Maputo Moçambique.
- Rockström, J. 2000. *Water Resources Management in Smallholder Farms in Eastern and Southern Africa: an overview*
- Sans, L & Santana, D. (2000) *Clima e Solo.* Embrapa
- Siqueira, O. J., (2001). *Efeitos Potenciais das Mudanças Climáticas na Agricultura Brasileira e Estratégias Adaptativas para Algumas Culturas.*
- Schouwenars, J. (1991). Problem-oriented studies on plant-soil-water relations: *Sowing strategies for maize in rated agriculture in southern Mozambique, Water management in bog relicts in the Netherlands,* Doctorial thesis, Agricultural University Wageningen, The Netherlands
- UNESCO (2008) *Mudanças Climáticas e Mudanças Socioambientais Globais: Reflexões sobre Alternativas do Futuro.*
- Tadross, M. (2009). *Climate change modelling and analyses for Mozambique in Main report: INGC Climate Change Report: Study on the impact of climate change on disaster risk in Mozambique.* [Asante, K., Brito, R., Brundrit, G., Epstein, P., Fernandes, A., Marques,

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

M.R., Mavume, A , Metzger, M., Patt, A., Queface, A., Sanchez del Valle, R., Tadross, M., Brito, R. (eds.)]. INGC, Mozambique.

Todorovic, M; Albrizio, R; Zivotovic, L; Steduto, P. (2009) *Assesment of AquaCrop, CropSyst, and WOFOST models in the simulation of Sunflower growth under different water regimes.*

Zauza, Edival Ângelo Valverde (1999), *Utilização de cobertura morta na agricultura, Brasil.*

Zolho. R (2010) *Mudanças Climáticas e Florestas em Moçambique*

ANEXOS

Anexo 1

Dados Climáticos (precipitação anual, temperaturas médias máximas e mínimas anuais e evapotranspiração de referência) no Distrito de Xai-Xai (modelo CSIRO)

Ano	Prec	Tmax	Tmin	Eto (mm/dia)
1981-82	426.9	31.6	19.24	3.8
1982-83	532.9	31.84	19.19	3.8
1983-84	339.16	31.83	18.86	3.9
1984-85	379.41	32.09	18.99	3.9
1985-86	454.17	31.67	18.78	3.8
1986-87	287.06	31.66	18.85	3.9
1987-88	367.98	31.8	19.21	3.8
1988-89	426.82	31.8	18.94	3.8
1989-90	305.22	31.86	18.7	3.9
1990-91	248.3	32.09	18.88	3.9
1991-92	221.82	31.62	18.52	3.9
1992-93	384.07	31.92	18.94	3.9
1993-94	368.1	32.1	19.68	3.9
1994-95	463.5	32	19.14	3.9
1995-96	396.77	31.8	19	3.8
1996-97	446.15	31.81	19.11	3.8
1997-98	490.15	32	19.36	3.9
1998-99	236.28	31.91	18.79	3.9
1999-00	391.68	32.02	19.42	3.8
2081-82	549.62	36.27	23.16	4.5
2082-83	444.34	36.26	23.39	4.5
2083-84	356.09	36.59	23.61	4.6
2084-85	438.15	35.99	23.29	4.4
2085-86	469.6	36.5	23.54	4.5
2086-87	295.39	36.03	23.17	4.4
2087-88	458.7	36.16	23.23	4.5
2088-89	575.3	36.41	24.03	4.4
2089-90	509.71	36.57	23.81	4.5
2090-91	397.8	36.43	23.69	4.5
2091-92	419.1	36.37	23.23	4.6
2092-93	310.2	36.99	24.42	4.6
2093-94	419.1	36.37	23.23	4.6
2094-95	310.2	37	24.42	4.6
2095-96	456.82	36.53	24	4.4
2096-97	362	36.48	24.47	4.5
2097-98	401.9	36.69	24.06	4.6
2098-99	395.65	36.49	23.56	4.5

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

2099-100 369.44 36.91 23.93 4.6

Anexos 2

Dados Climáticos (precipitação anual, temperaturas médias máximas e mínimas anuais e evapotranspiração de referência) no Distrito de Xai-Xai (modelo IPSL)

Ano	Prec	Tmax	Tmin	Eto (mm/dia)
2081-82	1144.4	32.69	22.14	3.6
2082-83	927.9	32.89	22.49	3.6
2083-84	1259.58	33.64	23.22	3.7
2084-85	889.31	32.69	21.98	3.6
2085-86	1082.98	32.32	22.41	3.4
2086-87	844.29	32.83	22.54	3.6
2087-88	931.95	33.42	23	3.7
2088-89	908.74	34.41	22	3.5
2089-90	1289.1	33.2	22.63	3.7
2090-91	757.1	33.53	22.65	3.7
2091-92	1463.61	32.9	22.71	3.6
2092-93	956.35	32.65	22.42	3.6
2093-94	1443.45	32.95	22.87	3.6
2094-95	811.6	33.45	22.67	3.7
2095-96	787.32	32	21.28	3.6
2096-97	1206.3	32.44	22.3	3.5
2097-98	811.4	32.79	22.68	3.8
2098-99	859.1	33.12	22.74	3.7
2099-2100	1141.84	32.9	22.75	3.6
1981-82	658.66	28.95	17.95	3.2
1982-83	573.3	29.36	17.77	3.3
1983-84	744.04	28.99	18.33	3.2
1984-85	670.75	29.06	18	3.2
1985-86	949.1	28.78	17.88	3.2
1986-87	973.25	28.68	18.25	3.1
1987-88	889.59	28.71	18.2	3.1
1988-89	948.21	28.89	18.3	3.2
1989-90	637.63	29.13	18.31	3.2
1990-91	1353.91	28.97	18.55	3.1
1991-92	726.51	28.63	18	3.1
1992-93	620.5	29.12	18.16	3.2
1993-94	634.21	28.9	18.15	3.2
1994-95	769.1	29	17.99	3.2
1995-96	1103.6	28.84	18.35	3.1
1996-97	808.4	28.87	18.25	3.1
1997-98	747.1	29.49	18.38	3.3

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

1998-99	680	28.98	18	3.2
1999-00	626.27	29.52	18.22	3.3

Anexos 3

Dados Climáticos (precipitação anual, temperaturas médias máximas e mínimas anuais e evapotranspiração de referência) no Distrito de Chokwé (modelo IPSL)

Ano	Prec	Tmax	Tmin	Eto (mm/dia)
2081-82	605.7	34.52	21.97	4.2
2082-83	490.7	34.29	22.57	4
2083-84	623.8	34.84	22.98	4.1
2084-85	458.2	34.37	21.9	4.2
2085-86	426.88	34.58	22.59	4.1
2086-87	337.27	34.52	22.57	4
2087-88	557.84	34.8	22.98	4.1
2088-89	618.94	34.07	21.87	4
2089-90	697.93	34.28	22.27	4
2090-91	449.9	34.66	22.6	4.1
2091-92	798.84	34.48	22.55	4.1
2092-93	623	34.56	22.37	4.1
2093-94	634	34.7	22.86	4
2094-95	409.6	34.73	22.67	4.2
2095-96	334.5	33.5	21.07	4.1
2096-97	546	34.11	22.09	4
2097-98	490.5	35	22.63	4.2
2098-99	373.8	34.7	22.63	4.1
2099-2100	578	34.7	22.4	4.2
1981-82	484.4	30.47	18	3.6
1982-83	326	30	17.62	3.6
1983-84	435	31.1	18.53	3.7
1984-85	575.7	29.92	17.64	3.5
1985-86	344	30.61	18.04	3.7
1986-87	253.7	30.56	18.33	3.6
1987-88	422.92	29.99	18	3.5
1988-89	487	30.96	18.26	3.7
1989-90	284	30.74	18.2	3.7
1990-91	678	30.29	18.32	3.5
1991-92	395.6	30.08	18.08	3.5
1992-93	318	30.51	18.15	3.6
1993-94	338	30.61	18.4	3.6
1994-95	516	30.52	18.04	3.6
1995-96	543	30.72	18.35	3.6
1996-97	405	31	18.35	3.7
1997-98	549	30.67	18.15	3.6

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

1998-99	397	30.43	18.17	3.7
1999-00	391	30.47	17.96	3.7

Anexos 4

Dados Climáticos (precipitação anual, temperaturas médias máximas e mínimas anuais e evapotranspiração de referência) no Distrito de Chokwé (modelo Csiro)

Ano	Prec	Tmax	Tmin	Eto (mm/dia)
2081-82	549.62	36.27	23.16	4.5
2082-83	444.34	36.26	23.39	4.5
2083-84	356.09	36.59	23.61	4.6
2084-85	438.15	35.99	23.29	4.4
2085-86	469.6	36.5	23.54	4.5
2086-87	295.39	36.03	23.17	4.4
2087-88	458.7	36.16	23.23	4.5
2088-89	575.3	36.41	24.03	4.4
2089-90	509.71	36.57	23.81	4.5
2090-91	397.8	36.43	23.69	4.5
2091-92	419.1	36.37	23.23	4.6
2092-93	310.2	36.99	24.42	4.6
2093-94	419.1	36.37	23.23	4.6
2094-95	310.2	37	24.42	4.6
2095-96	456.82	36.53	24	4.4
2096-97	362	36.48	24.47	4.5
2097-98	401.9	36.69	24.06	4.6
2098-99	395.65	36.49	23.56	4.5
2099-100	369.44	36.91	23.93	4.6
1981-82	426.9	31.6	19.24	3.8
1982-83	532.9	31.84	19.19	3.8
1983-84	339.16	31.83	18.86	3.9
1984-85	379.41	32.09	18.99	3.9
1985-86	454.17	31.67	18.78	3.8
1986-87	287.06	31.66	18.85	3.9
1987-88	367.98	31.8	19.21	3.8
1988-89	426.82	31.8	18.94	3.8
1989-90	305.22	31.86	18.7	3.9
1990-91	248.3	32.09	18.88	3.9
1991-92	221.82	31.62	18.52	3.9
1992-93	384.07	31.92	18.94	3.9
1993-94	368.1	32.1	19.68	3.9
1994-95	463.5	32	19.14	3.9
1995-96	396.77	31.8	19	3.8

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

1996-97	446.15	31.81	19.11	3.8
1997-98	490.15	32	19.36	3.9
1998-99	236.28	31.91	18.79	3.9
1999-00	391.68	32.02	19.42	3.8

Anexo 5

Rendimentos modelo Csiro distrito de Chokwé passado (1981-2000) e Futuro (2081-2100) em solos arenosos (1) – sem cobertura, sem fertilizante, sem conservação de água , (2)- sem cobertura , com fertilizante e sem conservação de água (3) –com cobertura, sem fertilizante e sem conservação de água (4)- com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (5)- sem cobertura, sem fertilizante, com conservação de água (6) - sem cobertura, com fertilizante, com conservação de água (7) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (8)- com cobertura, com fertilizante e com conservação de água

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8
2081-82	1.95	2.791	2.472	4.018	1.963	2.791	4.018	2.472
2082-83	1.713	2.012	2.399	3.695	1.713	2.012	3.695	2.399
2083-84	2.282	2.346	2.462	3.641	2.282	2.346	3.641	2.462
2084-85	1.083	0.458	2.224	2.922	1.083	0.458	2.922	2.224
2085-86	0.63	1.942	2.367	3.366	0.63	1.942	3.366	2.367
2086-87	0.168	0.333	2.068	0.617	1.574	0.333	0.617	2.068
2087-88	1.843	1.717	2.201	2.728	1.897	1.717	2.728	2.201
2088-89	1.897	7.053	1.899	7.1	1.898	7.053	7.1	1.899
2089-90	0.691	0.211	1.313	0.847	0.684	0.211	0.847	1.313
2090-91	0.802	0.805	1.342	1.521	0.805	0.805	1.521	1.342
2091-92	1.784	1.823	2.255	3.095	1.866	1.823	3.095	2.255
2092-93	1.581	0.015	1.75	0.12	1.606	0.015	0.12	1.75
2093-94	0.866	0.161	1.748	0.505	0.875	0.161	0.505	1.748
2094-95	0.772	0	1.075	0.719	0.733	0	0.719	1.075
2095-96	1.329	1.375	1.985	2.666	1.329	1.375	2.666	1.985
2096-97	0.941	0.13	0.992	0.049	0.953	0.13	0.049	0.992
2097-98	1.915	2.209	2.321	3.25	2.006	2.209	3.25	2.321
2098-99	0	0.121	0.729	0.837	1.029	0.121	0.837	0.729

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

2099-00	0.754	0.398	1.375	1.419	0.847	0.398	1.419	1.375
1981-82	0.584	0.224	0.762	1.403	0.762	0.584	0.224	1.403
1982-83	0.623	0.034	0.403	0.995	0.403	0.623	0.034	0.995
1983-84	0.435	0.027	0.035	0.828	0.035	0.435	0.027	0.828
1984-85	1.491	1.891	2.44	1.783	2.44	1.491	1.891	1.783
1985-86	0.716	0.336	1.05	1.458	1.05	0.716	0.336	1.458
1986-87	1.846	2.65	3.892	1.874	3.892	1.846	2.65	1.874
1987-88	0.841	0.587	1.447	1.319	1.447	0.841	0.587	1.319
1988-89	1.672	2.764	4.004	1.908	4.004	1.672	2.764	1.908
1989-90	1.05	1.272	2.524	1.84	2.524	1.05	1.272	1.84
1990-91	0.988	0.451	1.198	1.779	1.198	0.988	0.451	1.779
1991-92	1.322	1.767	2.892	1.8	2.892	1.322	1.767	1.8
1992-93	1.379	0.548	1.702	1.767	1.702	1.379	0.548	1.767
1993-94	0	0	0	0	0	0	0	0
1994-95	1.968	0.724	1.13	0.576	1.13	1.968	0.724	0.576
1995-96	1.044	0.08	0.318	1.361	0.318	1.044	0.08	1.361
1996-97	1.019	0.764	2.611	1.834	2.611	1.019	0.764	1.834
1997-98	0.659	0.401	0.803	1.075	0.803	0.659	0.401	1.075
1998-99	0.685	0.077	1.503	1.085	1.503	0.685	0.077	1.085
1999-00	1.435	0.17	3.428	1.873	3.428	1.435	0.17	1.873

Anexo 6

Rendimentos modelo Csiro distrito de Chokwé passado (1981-2000) e Futuro (2081-2100) em solos argilosos (1) – sem cobertura, sem fertilizante, sem conservação de água, (2) - sem cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (3) – com cobertura, sem fertilizante e sem conservação de água (4) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (5) - sem cobertura, sem fertilizante, com conservação de água (6) - sem cobertura, com fertilizante, com conservação de água (7) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (8) - com cobertura, com fertilizante e com conservação de água.

Anos	1	2	3	4	5	6	7	8
------	---	---	---	---	---	---	---	---

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

2081-82	2.197	3.951	2.486	6.233	2.197	3.951	6.233	2.486
2082-83	2.136	3.249	2.488	5.879	2.136	3.249	5.879	2.488
2083-84	2.273	3.989	2.492	5.955	2.273	3.989	5.955	2.492
2084-85	2.15	2.788	2.494	5.843	2.15	2.788	5.843	2.494
2085-86	2.47	6.072	2.484	6.86	2.47	6.072	6.86	2.484
2086-87	2.142	3.807	2.292	6.161	2.142	3.807	6.161	2.292
2087-88	2.083	2.294	2.505	5.103	2.083	2.294	5.103	2.505
2088-89	1.758	7.479	1.784	7.48	1.758	7.479	7.48	1.784
2089-90	1.459	1.141	1.893	3.357	1.459	1.141	3.357	1.893
2090-91	1.423	1.996	1.847	3.093	1.423	1.996	3.093	1.847
2091-92	1.933	2.886	2.365	4.454	1.933	2.886	4.454	2.365
2092-93	2.138	3.597	2.505	5.741	2.138	3.597	5.741	2.505
2093-94	1.983	2.458	2.526	4.835	1.983	2.458	4.835	2.526
2094-95	1.965	1.856	2.467	3.535	1.965	1.856	3.535	2.467
2095-96	2.035	2.251	2.525	4.382	2.035	2.251	4.382	2.525
2096-97	1.88	1.449	2.425	2.566	1.88	1.449	2.566	2.425
2097-98	2.094	2.401	2.544	5.118	2.094	2.401	5.118	2.544
2098-99	1.945	2.606	2.454	4.897	1.945	2.606	4.897	2.454
2099-100	1.514	2.028	1.918	2.728	1.514	2.028	2.728	1.918
1981-82	1.654	2.67	1.837	3.829	2.67	1.654	3.829	1.836
1982-83	1.563	1.634	1.831	3.349	1.634	1.563	3.348	1.836
1983-84	1.544	1.359	1.794	2.92	1.359	1.544	2.919	1.816
1984-85	1.628	2.56	1.859	4.145	2.56	1.628	4.145	1.859
1985-86	1.708	2.86	1.868	4.004	2.86	1.708	3.987	1.839
1986-87	1.87	4.786	1.874	5.587	4.786	1.87	5.584	1.871
1987-88	1.507	2.278	1.891	3.303	2.278	1.507	3.303	1.868
1988-89	1.879	4.609	1.895	5.651	4.609	1.879	5.653	1.895
1989-90	1.855	4.463	1.902	5.492	4.463	1.855	5.536	1.899
1990-91	1.809	3.417	1.908	4.643	3.417	1.809	4.643	1.908
1991-92	1.863	4.082	1.914	5.106	4.082	1.863	5.105	1.91

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

1992-93	1.906	4.64	1.918	5.308	4.64	1.906	5.307	1.911
1993-94	0	0	0	0	0	0	0	0
1994-95	1.535	1.663	1.933	3.184	1.663	1.535	3.184	1.909
1995-96	1.58	2.463	1.946	3.874	2.463	1.58	3.874	1.946
1996-97	1.791	3.633	1.95	4.834	3.633	1.791	4.834	1.95
1997-98	1.797	2.884	1.943	3.982	2.884	1.797	3.982	1.96
1998-99	1.671	2.022	1.968	3.582	2.022	1.671	3.583	1.962
1999-00	1.866	5.017	1.983	6.212	5.017	1.866	6.42	1.983

Anexo 7

Rendimentos modelo Ipsi distrito de Chokwé passado (1981-2000) e Futuro (2081-2100) em solos argilosos (1) – sem cobertura, sem fertilizante, sem conservação de água, (2) - sem cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (3) – com cobertura, sem fertilizante e sem conservação de água (4) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (5) - sem cobertura, sem fertilizante, com conservação de água (6) - sem cobertura, com fertilizante, com conservação de água (7) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (8) - com cobertura, com fertilizante e com conservação de água.

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8
2081-82	2.188	6.78	2.484	4.15	2.161	4.15	6.786	2.484
2082-83	2.325	6.807	2.488	4.635	2.313	4.635	6.808	2.488
2083-84	2.281	7.258	2.495	4.623	2.281	4.643	7.308	2.495
2084-85	2.018	4.372	2.462	1.699	1.99	1.699	4.37	2.462
2085-86	2.29	6.42	2.497	3.935	2.159	3.935	6.832	2.497
2086-87	2.188	5.607	2.506	3.529	2.1	3.535	5.416	2.506
2087-88	2.311	6.773	2.489	3.829	2.216	2.216	6.15	2.489
2088-89	1.819	4.831	1.895	3.767	1.81	3.767	4.834	1.895
2089-90	1.895	6.135	1.899	5.178	1.874	1.813	6.257	1.899
2090-91	1.686	4.658	1.864	2.59	1.539	1.539	4.17	1.864
2091-92	2.488	8.197	2.511	6.409	2.456	2.456	8.223	2.511

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

2092-93	2.353	6.644	2.506	4.509	2.235	2.235	6.419	2.506
2093-94	2.447	8.599	2.525	5.342	2.419	2.419	8.643	2.525
2094-95	2.18	5.357	2.528	2.292	2.18	2.18	5.357	2.528
2095-96	2.109	5.377	2.461	3.295	1.962	1.962	4.577	2.461
2096-97	2.443	7.232	2.532	5.855	2.44	2.443	7.309	2.532
2097-98	2.304	6.176	2.543	3.887	2.296	2.296	6.187	2.543
2098-99	2.29	6.798	2.477	3.817	2.098	2.098	5.886	2.477
2099-00	1.724	3.891	2.065	1.792	1.688	1.688	3.873	2.065
1981-82	1.716	4.563	1.836	3.683	3.684	1.815	4.568	1.835
1982-83	1.755	4.625	1.843	3.281	3.283	1.844	4.625	1.843
1983-84	1.697	4.431	1.851	3.262	3.262	1.813	4.432	1.85
1984-85	1.737	4.409	1.859	3.261	3.261	1.819	4.409	1.859
1985-86	1.66	4.879	1.866	3.56	3.56	1.66	4.881	1.866
1986-87	1.622	4.887	1.874	3.015	3.015	1.622	4.887	1.874
1987-88	1.823	6.853	1.885	4.437	4.484	1.823	6.956	1.883
1988-89	1.766	5.437	1.886	3.794	3.794	1.766	5.438	1.886
1989-90	1.541	4.09	1.902	2.3	2.3	1.541	4.09	1.902
1990-91	1.896	6.511	1.908	5.057	5.132	1.896	6.609	1.904
1991-92	1.754	4.866	1.915	3.252	3.252	1.754	4.87	1.915
1992-93	1.707	4.349	1.918	2.876	2.876	1.707	4.349	1.918
1993-94	1.751	5.243	1.926	3.619	3.619	1.751	5.247	1.925
1994-95	1.759	5.582	1.916	3.967	3.967	1.759	5.594	1.916
1995-96	1.786	6.028	1.922	4.796	4.796	1.786	6.028	1.921
1996-97	1.758	4.655	1.95	2.898	2.898	1.758	4.655	1.95
1997-98	1.694	4.444	1.961	3.29	3.608	1.773	3.471	1.961
1998-99	1.585	2.96	1.937	1.455	1.445	1.669	2.918	1.937
1999-00	1.697	4.63	1.98	3.784	3.784	1.771	5.035	1.98

Anexo 8

Rendimentos modelo Ipson distrito de Chokwé passado (1981-2000) e Futuro (2081-2100) em solos arenosos (1) – sem cobertura, sem fertilizante, sem conservação de água, (2) - sem cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (3) – com cobertura, sem fertilizante e sem conservação de água (4) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (5) - sem cobertura, sem fertilizante, com conservação de água (6) - sem cobertura, com fertilizante, com conservação de água (7) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (8) - com cobertura, com fertilizante e com conservação de água

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8
2081-82	1.825	4.34	2.438	2.321	2.321	1.789	4.34	4.34
2082-83	2.034	4.649	2.472	2.556	2.556	2.034	4.649	4.649
2083-84	1.794	4.369	2.216	3.018	3.018	1.974	4.369	4.369
2084-85	0.478	0.127	1.167	0	0	0.478	0.127	0.127
2085-86	1.529	3.423	2.31	0.569	0.57	1.529	3.425	3.423
2086-87	1.384	0	1.726	0	0	1.431	0	0
2087-88	2.081	3.859	2.442	2.406	2.406	2.081	4.041	3.859
2088-89	1.87	3.409	1.893	1.923	1.943	1.693	3.446	3.409
2089-90	1.78	5.316	1.893	4.677	4.711	1.78	5.314	5.136
2090-91	0.997	2.138	1.614	1.179	1.182	0.997	2.138	2.138
2091-92	2.455	7.769	2.515	5.762	5.762	2.455	7.767	7.767
2092-93	2.089	4.368	2.512	2.765	2.766	2.089	4.359	4.368
2093-94	2.236	6.492	2.506	4.251	4.327	2.236	6.583	6.492
2094-95	1.148	1.596	2.2	0.701	0.701	1.148	1.596	1.596
2095-96	1.287	2.262	2.021	1.251	1.251	1.287	2.262	2.262
2096-97	2.233	5.553	2.49	3.743	3.743	2.233	5.533	5.533
2097-98	1.632	3.419	2.115	2.095	2.095	1.632	3.419	3.419
2098-99	1.77	3.775	2.313	1.93	1.93	1.77	3.775	3.775
2099-100	0.668	1.414	1.738	0.911	0.911	0.668	1.414	1.414
1981-82	1.413	2.028	1.643	0.5	1.413	0.501	2.028	1.836
1982-83	1.439	2.629	1.8	1.896	1.439	1.896	2.817	1.843
1983-84	0.775	1.635	1.738	0.599	0.775	0.599	1.635	1.851
1984-85	0.779	1.078	1.713	0.21	0.779	0.21	1.037	1.859
1985-86	0.553	3.167	1.783	1.246	0.534	1.249	3.167	1.866
1986-87	1.533	3.226	1.852	1.959	1.533	1.959	3.226	1.874
1987-88	1.575	4.164	1.809	2.515	1.575	2.515	4.164	1.885
1988-89	1.785	3.786	1.895	2.909	1.785	2.909	3.786	1.895
1989-90	1.278	2.166	1.636	0.337	1.278	0.337	2.166	1.904
1990-91	1.735	5.915	1.908	4.671	1.735	4.67	5.91	1.908
1991-92	1.155	1.599	1.531	0.124	1.155	0.124	1.599	1.916
1992-93	1.181	0.571	1.453	0.224	1.181	0.224	0.571	1.918
1993-94	1.372	0.916	1.813	0.376	1.372	0.376	0.916	1.928
1994-95	1.615	3.616	1.941	2.461	1.615	2.461	3.616	1.933
1995-96	1.846	4.349	1.946	3.385	1.846	3.478	4.384	1.943
1996-97	1.433	2.446	1.834	1.083	1.433	1.083	2.446	1.95
1997-98	1.352	2.494	1.96	1.243	1.352	1.154	4.847	1.878
1998-99	0.633	0.057	1.917	0.043	0.633	0.043	2.535	0.812
1999-00	1.511	2.868	1.98	1.588	1.511	1.588	5.19	1.723

Anexo 9

Rendimentos modelo Ipsy distrito de Xai-xai passado (1981-2000) e Futuro (2081-2100) em solos arenosos (1) – sem cobertura, sem fertilizante, sem conservação de água, (2) - sem cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (3) – com cobertura, sem fertilizante e sem conservação de água (4) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (5) - sem cobertura, sem fertilizante, com conservação de água (6) - sem cobertura, com fertilizante, com conservação de água (7) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (8) - com cobertura, com fertilizante e com conservação de água

Anos	1	2	3	4	5	6	7	8
2081-82	2.419	8.43	2.486	8.225	8.24	2.42	2.486	8.43
2082-83	2.39	8.169	2.489	7.412	7.412	2.39	2.489	8.169
2083-84	2.119	5.562	2.302	1.749	1.749	2.119	2.302	5.562
2084-85	0.679	5.159	2.492	3.127	3.112	0.68	2.492	5.159
2085-86	2.366	8.209	2.496	7.452	7.452	2.367	2.496	9.444
2086-87	1.919	2.716	2.145	0.047	0.047	1.919	2.145	2.716
2087-88	2.109	6.509	2.476	3.616	3.619	2.155	2.476	6.509
2088-89	2.179	6.704	2.503	5.273	5.273	2.179	2.503	6.704
2089-90	2.249	8.161	2.437	6.547	6.553	2.256	2.437	9.759
2090-91	0.763	3.865	2.512	1.59	1.59	0.764	2.512	4.614
2091-92	2.395	9.832	2.513	9.408	9.407	2.48	2.513	9.672
2092-93	2.34	5.205	2.519	3.691	3.709	2.415	2.519	6.929
2093-94	2.379	9.571	2.52	8.139	8.139	2.399	2.52	9.853
2094-95	2.304	5.581	2.528	3.69	3.69	2.304	2.528	6.754
2095-96	2.201	7.939	2.539	5.512	5.545	2.201	2.539	9.437
2096-97	2.444	9.313	2.537	7.691	7.691	2.444	2.537	9.734
2097-98	2.24	4.822	2.457	4.196	4.736	2.285	2.457	7.669
2098-99	2.541	8.951	2.548	8.206	8.206	2.541	2.548	9.814
2099-00	1.99	7.198	2.068	5.459	5.459	1.99	2.068	7.557
1981-82	1.422	4.028	0.334	1.571	1.22	1.223	1.571	0.877
1982-83	1.664	3.147	1.823	1.801	1.812	1.673	1.823	3.147
1983-84	1.638	3.987	1.853	3.154	3.157	1.638	1.853	3.987
1984-85	1.691	4.488	1.859	3.59	3.589	1.717	1.859	4.488
1985-86	1.763	6.594	1.865	5.363	5.363	1.763	1.865	6.594
1986-87	1.681	5.219	1.886	4.739	4.739	1.874	1.886	7.057
1987-88	1.86	7.158	1.885	7.173	7.173	1.865	1.885	7.173
1988-89	1.823	5.628	1.893	3.82	3.825	1.681	1.893	3.825

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

1989-90	1.671	4.513	1.902	2.943	2.943	1.671	1.902	2.943
1990-91	1.763	7.574	1.906	6.118	6.142	1.762	1.906	6.142
1991-92	1.707	5.218	1.917	4.271	4.271	1.707	1.917	4.271
1992-93	0.472	3.567	1.877	1.714	1.785	0.472	1.877	1.785
1993-94	1.776	4.339	1.926	3.128	3.128	1.782	1.926	3.128
1994-95	1.764	5.367	1.929	3.926	3.927	1.764	1.929	3.927
1995-96	1.592	5.602	1.942	3.78	3.778	1.594	1.942	3.778
1996-97	1.712	4.291	1.949	2.935	3.016	1.712	1.949	3.016
1997-98	0.496	1.136	0.496	1.135	1.136	0.496	0.496	1.136
1998-99	1.425	2.079	1.768	0.232	0.232	1.425	1.768	0.232
1999-00	1.756	4.754	1.965	3.659	3.754	1.756	1.965	3.754

Anexo 10

Dados de rendimentos modelo Ipsl distrito de xai-xai passado (1981-2000) e Futuro (2081-2100) em solos argilosos (1) – sem cobertura, sem fertilizante, sem conservação de água, (2) - sem cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (3) – com cobertura, sem fertilizante e sem conservação de água (4) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (5) - sem cobertura, sem fertilizante, com conservação de água (6) - sem cobertura, com fertilizante, com conservação de água (7) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (8) - com cobertura, com fertilizante e com conservação de água

Anos	1	2	3	4	5	6	7	8
2081-82	2.47	9	2.463	8.24	2.455	8.297	2.437	9.443
2082-83	2.485	8.586	2.455	7.759	2.481	7.759	2.444	9.244
2083-84	2.419	7.6	2.48	6.24	2.419	6.29	2.479	8.855
2084-85	2.464	7.33	2.447	6.676	2.466	6.676	2.434	7.713
2085-86	2.444	8.518	2.481	7.29	2.444	7.951	2.475	9.27
2086-87	2.392	5.917	2.499	5.021	2.379	5.027	2.499	7.353
2087-88	2.393	7.971	2.47	6.628	2.393	6.753	2.42	9.431
2088-89	2.509	8.313	2.478	7.597	2.509	7.597	2.466	8.749
2089-90	2.467	8.486	2.504	7.654	2.466	7.811	2.492	9.057
2090-91	2.326	5.337	2.511	4.122	2.297	4.122	2.51	6.742
2091-92	2.5	9.671	2.331	9.646	2.49	9.661	2.269	9.637
2092-93	2.452	6.81	2.509	6	2.386	6	2.507	7.233
2093-94	2.494	9.72	2.418	9.858	2.437	9.865	2.403	9.717
2094-95	2.448	6.56	2.529	5.489	2.446	5.489	2.529	7.556
2095-96	2.452	8.875	2.527	8.03	2.305	8.045	2.527	9.308
2096-97	2.531	9.481	2.451	9.209	2.531	9.209	2.449	9.759

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

2097-98	2.483	6.933	2.542	6.169	2.484	6.201	2.535	7.482
2098-99	2.545	9.794	2.534	9.424	2.374	9.424	2.528	9.785
2099-00	2.07	6.66	2.063	6.398	2.07	6.399	2.062	7.139
1981-82	1.827	5.753	1.724	4.761	1.841	1.836	3.922	4.763
1982-83	1.838	5.084	1.836	3.923	1.854	1.839	4.789	5.726
1983-84	1.854	5.669	1.841	4.774	1.824	1.829	5.383	6.05
1984-85	1.856	5.4	1.857	5.383	1.86	1.851	5.307	6.294
1985-86	1.86	6.487	1.856	5.307	1.86	1.85	6.771	7.146
1986-87	1.875	7.125	1.817	6.771	1.84	1.804	6.908	7.212
1987-88	1.883	7.252	1.776	6.908	1.764	1.747	7.493	7.464
1988-89	1.895	6.696	1.895	7.493	1.885	1.895	5.498	6.322
1989-90	1.893	5.296	1.9	5.498	1.885	1.9	4.812	5.895
1990-91	1.902	6.914	1.762	4.513	1.671	1.904	6.765	7.33
1991-92	1.916	6.399	1.707	4.812	1.762	1.911	6.21	6.88
1992-93	1.896	5.419	1.904	6.765	1.903	1.915	4.686	5.638
1993-94	1.916	5.358	1.911	6.21	1.915	1.922	5.06	6.037
1994-95	1.932	6.036	1.923	5.06	1.906	1.932	5.703	6.662
1995-96	1.931	6.784	1.933	5.703	1.926	1.907	6.358	7.167
1996-97	1.949	6.682	1.917	6.358	1.931	1.949	5.213	6.049
1997-98	0.226	1.12	0.522	0.973	0.224	0.522	0.973	1.055
1998-99	1.923	4.892	1.961	4.488	1.923	1.961	4.487	5.239
1999-00	1.969	6.092	1.978	5.468	1.924	1.976	5.468	6.411

Anexo 11

Dados de rendimentos modelo Csiro distrito de Xai-xai passado (1981-2000) e Futuro (2081-2100) em solos argilosos (1) – sem cobertura, sem fertilizante, sem conservação de água, (2) - sem cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (3) – com cobertura, sem fertilizante e sem conservação de água (4) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (5) - sem cobertura, sem fertilizante, com conservação de água (6) - sem cobertura, com fertilizante, com

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

conservação de água (7) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (8) - com cobertura, com fertilizante e com conservação de água

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8
2081-82	2.476	8.252	2.464	9.463	2.463	8.308	2.442	9.508
2082-83	2.485	7.759	2.455	9.244	2.481	7.761	2.444	9.251
2083-84	2.419	6.239	2.48	8.852	2.419	6.289	2.479	8.906
2084-85	2.466	6.672	2.447	7.712	2.466	6.672	2.435	7.696
2085-86	0	9.406	2.476	9.618	2.497	9.431	2.467	9.616
2086-87	2.379	5.021	2.499	7.353	2.379	5.027	2.499	7.365
2087-88	2.421	6.625	2.471	9.431	2.393	6.749	2.42	9.628
2088-89	1.898	5.56	1.875	6.392	1.896	5.56	1.866	6.413
2089-90	1.862	5.475	1.9	6.747	1.861	5.59	1.894	6.849
2090-91	1.724	2.841	1.909	4.977	1.704	2.841	1.908	4.977
2091-92	2.5	9.646	2.33	9.637	2.49	9.661	2.268	9.543
2092-93	2.448	5.935	2.509	7.198	2.399	5.935	2.507	7.197
2093-94	2.494	9.854	2.416	9.717	2.437	9.861	2.394	9.717
2094-95	2.448	5.492	2.529	7.55	2.446	5.492	2.529	7.552
2095-96	2.452	8.04	2.527	9.312	2.305	8.055	2.527	9.343
2096-97	2.532	9.216	2.451	9.759	2.531	9.216	2.448	9.757
2097-98	2.495	6.163	2.542	7.478	2.484	6.194	2.535	7.51
2098-99	0	3.984	2.544	5.898	2.269	3.984	2.534	5.946
2099-2100	2.07	6.396	2.063	7.139	2.07	6.398	2.062	7.153
1981-82	1.839	5.934	1.834	5.123	5.123	1.839	5.935	1.834
1982-83	1.734	4.327	1.843	2.989	2.989	1.717	4.327	1.843
1983-84	1.84	4.889	1.849	4.104	4.104	1.822	4.905	1.849
1984-85	1.826	4.976	1.859	2.56	2.56	1.628	4.145	1.859
1985-86	1.743	4.289	1.84	2.86	2.86	1.709	3.987	1.84
1986-87	1.87	5.587	1.873	4.786	4.786	1.87	5.584	1.873
1987-88	1.891	7.255	1.876	7.127	7.127	1.846	7.269	1.876
1988-89	1.89	5.656	1.895	3.199	3.199	1.729	4.49	1.895
1989-90	1.89	5.497	1.887	2.595	2.595	1.596	4.169	1.887
1990-91	1.818	4.656	1.912	5.556	5.556	1.766	6.397	1.912
1991-92	1.863	5.106	1.916	1.93	1.93	1.63	3.517	1.916
1992-93	1.905	5.309	1.914	3.074	3.074	1.754	4.103	1.914
1993-94	0	0	0	0	0	0	0	0
1994-95	1.914	5.472	1.928	4.57	4.57	1.904	5.473	1.928
1995-96	1.912	5.654	1.941	4.454	4.454	1.89	5.669	1.941
1996-97	1.952	6.038	1.953	4.981	4.981	1.953	6.038	1.953
1997-98	1.943	5.389	1.941	4.529	4.529	1.945	5.389	1.941
1998-99	1.956	5.897	1.973	5.027	5.027	1.956	5.897	1.973
1999-00	1.983	7.636	1.98	6.623	6.623	1.898	7.635	1.98

Anexo 12

Dados de rendimentos modelo Ciro distrito de Xai-xai passado (1981-2000) e Futuro (2081-2100) em solos arenosos (1) – sem cobertura, sem fertilizante, sem conservação de água, (2) - sem cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (3) – com cobertura, sem fertilizante e sem conservação de água (4) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (5) - sem cobertura, sem fertilizante, com conservação de água (6) - sem cobertura, com fertilizante, com conservação de água (7) - com cobertura, com fertilizante e sem conservação de água (8) - com cobertura, com fertilizante e com conservação de água

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8
2081-82	2.452	8.225	2.486	8.465	2.452	8.225	2.486	8.465
2082-83	2.389	7.415	2.489	8.167	2.389	7.415	2.489	8.167
2083-84	2.119	1.748	2.301	5.562	2.119	1.748	2.301	5.562
2084-85	0.68	3.16	2.492	5.155	0.68	3.16	2.492	5.155
2085-86	2.483	9.429	2.497	9.474	2.483	9.429	2.497	9.474
2086-87	1.92	0.047	2.146	2.717	1.92	0.047	2.146	2.717
2087-88	2.154	3.61	2.476	6.503	2.154	3.61	2.476	6.503
2088-89	1.601	3.74	1.893	4.826	1.601	3.74	1.893	4.826
2089-90	1.695	4.776	1.836	6.007	1.695	4.776	1.836	6.007
2090-91	1.179	1.118	1.88	2.798	1.179	1.118	1.88	2.798
2091-92	2.48	9.409	2.513	9.832	2.48	9.409	2.513	9.832
2092-93	2.381	3.624	2.519	5.121	2.381	3.624	2.519	5.121
2093-94	2.399	8.135	2.52	9.565	2.399	8.135	2.52	9.565
2094-95	2.304	3.689	2.528	5.578	2.304	3.689	2.528	5.578
2095-96	2.202	5.529	2.539	7.95	2.202	5.529	2.539	7.95
2096-97	2.445	7.706	2.537	9.323	2.445	7.706	2.537	9.323
2097-98	2.284	4.192	2.456	5.254	2.284	4.192	2.456	5.254
2098-99	0.959	0.915	1.953	0.55	0.959	0.915	1.953	0.55
2099-00	1.99	5.463	2.068	7.199	1.99	5.463	2.068	7.199
1981-82	1.52	4.427	1.847	2.973	2.986	1.52	4.467	1.847
1982-83	0.669	0.455	1.463	0.054	0.054	0.699	0.455	1.463
1983-84	1.374	1.466	0.465	0.418	0.41	1.374	1.453	0.465
1984-85	1.196	2.49	1.783	1.891	1.891	1.491	2.44	1.783
1985-86	0.994	0.755	1.458	0.336	0.336	0.716	1.049	1.458

Impacto das Mudanças Climáticas Sobre o Rendimento do Milho em Sequeiro na Bacia do Rio Limpopo

1986-87	1.846	3.892	1.874	2.65	2.65	1.846	3.892	1.874
1987-88	1.883	6.324	1.891	5.484	5.491	1.883	6.327	1.891
1988-89	1.865	4.004	1.771	0.856	0.862	0.638	1.481	1.771
1989-90	1.047	2.524	1.642	0.373	0.374	0.693	1.25	1.642
1990-91	0.988	1.198	1.896	0.956	0.956	1.674	1.991	1.896
1991-92	1.322	2.892	1.303	0.567	0.567	0.901	1.183	1.303
1992-93	1.379	1.702	1.37	0.093	0.093	0.631	0.233	1.37
1993-94	0	0	0	0	0	0	0	0
1994-95	0.647	3.379	1.939	1.784	1.784	0.6477	3.386	1.939
1995-96	1.665	3.901	1.932	1.608	1.608	1.665	3.901	1.932
1996-97	1.347	2.769	1.869	0.525	0.525	1.347	2.768	1.869
1997-98	1.707	3.852	1.899	2.419	2.42	1.707	3.852	1.899
1998-99	1.554	4.098	1.85	1.418	1.418	1.554	4.099	1.85
1999-00	1.996	5.591	1.983	4.508	4.493	1.996	5.583	1.983