

GT-67



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE LETRAS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**Espacialização da precipitação actual usando imagem de satélite meteorológico
METEOSAT**

(Moçambique: de 20 de Janeiro a 20 de Março de 2002)

Dissertação apresentada em cumprimento parcial dos requisitos exigidos para obtenção do grau de Licenciatura em Geografia da Universidade Eduardo Mondlane

Mónica Frederico

GT.67

Maputo, 15 de Novembro de 2002

**Espacialização da precipitação actual usando imagem de satélite meteorológico
METEOSAT**

(Moçambique: 20 de Janeiro a 20 de Março de 2002)

Dissertação apresentada em cumprimento parcial dos requisitos exigidos para obtenção do grau de Licenciatura em Geografia da Universidade Eduardo Mondlane por Mónica Frederico.

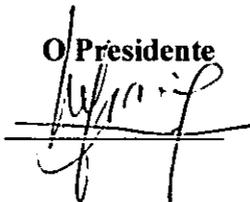
Departamento de Geografia
Faculdade de Letras
Universidade Eduardo Mondlane

Supervisor: dr. José Henrique Lopes Menete

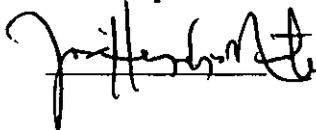
Maputo, 15 de Novembro de 2002

O Júri:

O Presidente



O Supervisor



O Oponente



Data

18.11.02

E. LETRAS D.E.M.

551.508.7

R. E.	29327
DATA	21/11/03
AQUISIÇÃO	Colecta
COTA	57.67

ÍNDICE GERAL.....	Página
Declaração.....	i
Dedicatória.....	ii
Agradecimento.....	iii
Resumo.....	iv
INTRODUÇÃO.....	1
1. Apresentação e fundamentação do tema.....	3
1.1. Objectivos.....	5
1.2. Quadro Teórico.....	6
1.3. Localização geográfica da área de estudo.....	13
2. Aspectos físico-geográficos.....	14
2.1. Relevo.....	14
2.2. Hidrografia.....	15
2.3. Clima.....	17
2.4. Vegetação.....	20
3. Aspectos Sócio-Económicos.....	21
3.1. População.....	21
3.2. Agricultura.....	22
3.3. Infra-estruturas.....	24

4. Metodologia.....	25
4.1. Revisão Bibliográfica.....	25
4.2. Método e modelos de estimativa da precipitação	26
4.3. Método cartográfico	27
4.4. Análise comparativa.....	28
5. Resultados e discussão	29
5.1. Duração da nuvem fria	29
5.2. Intensidade da precipitação	33
5.3. Precipitação estimada.....	37
5.3.1. Distribuição temporal da precipitação.....	37
5.3.2. Distribuição espacial da precipitação	43
5.3.3. Comparação entre P_e e P_n	46
6. Conclusão e Recomendações	50
7 Referências Bibliográficas	53

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1-Método dos Polígonos de Thiessen.....	8
Figura 2-Fluxo grama do modelo INAM.RFE.....	12
Figura 3-Localização geográfica da área de estudo	13
Figura 4- relevo de Moçambique	15
Figura 5 Precipitação média anual em Moçambique.....	18
Figura 6: Distribuição espacial da duração da nuvem fria.....	31
Figura 7: distribuição espacial da intensidade de precipitação	35
Figura 8: Distribuição espacial da Precipitação Estimada.....	43
Figura 9- P_e figura 10 P_n	48

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Tabela 1 - Precipitação registada nas estações sinópticas

Anexo 2: principais estações sinópticas de Moçambique

Anexo 3: imagens de precipitação estimada diária

Anexo 4: imagens de precipitação “decadal”

Anexo 5: gráficos de variação da precipitação com o CCD

Anexo 6: Quadro 1 de comparação entre P_e e P_n

LISTA DE ABREVIATURAS

INAM	- Instituto Nacional de Meteorologia
NOAA	-National Oceanic and Atmospheric Administration
TAMSAT	- Tropical Application of Meteosat SATllite
CCD	- <i>Cold cloud duration</i>
DINA	- Direcção Nacional da Agricultura
INGC	- Instituto Nacional de Gestão as Calamidades naturais
NDVI	- Índice de vegetação de diferenciado normalizada

DECLARAÇÃO

Declaro que esta dissertação nunca foi apresentada para a obtenção de qualquer grau, e que ela constitui o resultado da minha investigação pessoal.

Mónica Frederico

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho as minhas filhas Sheila Junaid e Aila Junaid, ao João Noa, companheiro da vida.

Dedico também aos meus pais, irmãos e tios.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece a todos que directa ou indirectamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço ao meu supervisor dr. José Henrique Lopes Menete que com muita paciência acompanhou-me durante todo o trabalho, fazendo críticas e dando recomendações para o sucesso deste trabalho.

Um agradecimento especial ao Dr. Kwabena Asante pelo apoio prestado em todo material necessário e encorajamento na realização do trabalho. O agradecimento estende-se a todos docentes do Departamento de Letras particularmente ao dr. Inocêncio Pereira e dr. Alexandre Baia.

Ao INAM, agradeço por ter colocado à disposição dados e instalações para a realização do trabalho.

À minha família agradeço a compreensão tida pela minha preocupação como mãe e esposa - estudante.

RESUMO

A estimativa de precipitação depende de dados colhidos nas estações meteorológicas, da existência de radares e de imagem de satélite meteorológicos. A fraca rede de estações, o estado inoperacional de radares e a disponibilidade de imagem de satélite meteorológico constituem a motivação para a realização deste trabalho.

Os fenómenos meteorológicos variam ao longo do ano. Estas variações podem ser monitoradas através da análise da imagem de satélite.

Neste trabalho faz-se a análise dos padrões de distribuição da precipitação actual como forma de contribuir para o conhecimento das condições de precipitação nas áreas onde não existem estações meteorológicas.

As estimativas de precipitação foram obtidas a partir da aplicação do modelo INAM.RFE. Este modelo permite estimar a precipitação através do uso da imagem satélite. Nesse processo, calcula-se a duração da nuvem fria e a intensidade de precipitação. Os resultados desta estimativa são apresentados em tabelas, mapas e gráficos. Para a análise dos resultados foram calculadas medidas estatísticas como: média, desvio padrão, coeficiente de variação e de determinação.

Os resultados mostram que quanto a duração da nuvem fria distinguem-se 5 áreas (área de duração da nuvem fria muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta). A precipitação indica também cinco áreas (área de precipitação muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta). Os factores que contribuem para esta distribuição são: a

influência da CIT, dos anticiclones (depressões térmicas), a continentalidade, a altitude, a distribuição geográfica da rede hidrográfica e da cobertura vegetal no país.

A comparação entre a precipitação actual e a precipitação normal mostra que no período estudado a precipitação esteve muito abaixo do normal em quase todo o território. O défice de precipitação registado pode ser explicado pela presença de uma época ciclónica muito fraca e também a influência do fenómeno El Niño.

INTRODUÇÃO

O interesse do Homem no estudo de fenómenos naturais decorre desde os tempos mais remotos. A complexidade destes fenómenos torna muitas vezes difícil a sua interpretação. Um dos fenómenos mais importantes para o Homem e suas actividades é o clima. Como refere Phlipponneau (1964) fora do interesse prático que representam as previsões do tempo, o conhecimento dos factos climáticos é de grande importância e encontra aplicações múltiplas.

A importância da precipitação deve-se, entre outras, às consequências que dela podem resultar quando ocorrida em excesso ou quando os períodos de estiagem se estendem por vários meses. Para o caso de Moçambique a agricultura e as vias de comunicação, especialmente em terra batida, são os sectores de actividades mais afectados por este fenómeno.

A erosão dos solos, o ravinamento de barreiras, o assoreamento dos rios, são alguns exemplos associados à ocorrência de precipitação em excesso num dado lugar (Calbete et al. s.d; www.cpte.inpe.br). A escassez de água particularmente em períodos de estiagem reflecte-se sobretudo na vida da população e nas suas actividades com realce para produção agrícola.

Esta queda em excesso de precipitação ou escassez é um fenómeno característico de um grande número de países localizados em regiões tropicais, como é o caso de Moçambique, onde a precipitação é um importante indicador da variação sazonal.

A maior parte das catástrofes que se verificam em muitos países, particularmente nos últimos tempos, estão associadas à variação da precipitação. Este facto obriga-nos a reflectir sobre a necessidade de aprofundar conhecimentos e técnicas de estimativa da precipitação e, desta forma, realizar prognósticos válidos para a tomada de decisões mais acertadas a vários níveis de vida sócio-economia da população.

O estudo dos padrões de distribuição espacial e temporal da precipitação em Moçambique, através da aplicação do modelo de estimativa da precipitação (INAM.RFE) constitui mais uma contribuição para os conhecimentos de técnicas de estimativa da precipitação. Para o efeito, o presente trabalho utiliza dados de precipitação obtidos por interpretação radiométrica de imagens satélite e dados colhidos em treze estações meteorológicas das províncias do país, num espaço temporal que se estende de 20 de Janeiro a 20 de Março de 2002.

O trabalho é constituído por 4 partes: A primeira parte trata do enquadramento do trabalho no qual constam a introdução, apresentação do tema, os objectivos, o quadro teórico e ainda a localização da área de estudo. Na segunda parte faz-se a caracterização da área de estudo, destacando os aspectos físico-geográficos e, os aspectos sócio económicos. A metodologia do trabalho é descrita na terceira parte. Por último, a quarta parte, onde se apresentam os resultados e sua análise incluindo as conclusões, as recomendações.

1. Apresentação e fundamentação do tema

O conhecimento do comportamento da precipitação reflecte-se a vários níveis como, por exemplo, na concepção e planificação de projectos de desenvolvimento, ou mesmo na gestão de recursos hídricos. Esta relação é confirmada em parte por Cunha (1992) quando se refere ao papel desempenhado pela precipitação na planificação da exploração agrícola, na projecção da construção de barragens e nos sistemas de drenagem. Com relação a agricultura, o conhecimento da precipitação é fundamental na agricultura de sequeiro pois a sementeira depende da queda pluviométrica. Ainda sobre a importância da precipitação na agricultura Monteiro (1976) mostra como numa grande parte dos estudos agronómicos, se procura relacionar a aptidão climática com o tipo de cultura. O mesmo autor refere-se também às repercussões que o clima pode ter sobre o sistema terrestre de circulação rodoviária e ferroviária e até mesmo aérea, pois as características da distribuição da precipitação anual influenciam o calendário de construção e de conservação das vias de comunicação como até da navegação aérea.

No que respeita a gestão dos recursos hídricos Linacre (1992) reconhece, por exemplo, a necessidade da manipulação de dados pluviométricos para efeitos de controle de caudais e para uma utilização mais racional das águas pluviais especialmente nas áreas de influência das bacias hidrográficas. Facto que poderá ser facilitado através de estimativas de precipitação.

A estimativa de precipitação no âmbito da geografia insere-se nos estudos de climatologia descritiva, que é parte integrante da geofísica¹. Neste contexto, o geógrafo

¹ Geofísica - estuda os fenómenos físicos do globo e da atmosfera terrestre e procura interpretar racionalmente (Cunha, 1972).

procura compreender e interpretar tanto melhor quanto possível a dinâmica espacial dos fenómenos do meio geográfico sensíveis à precipitação.

Em Moçambique a precipitação é estimada através dos seguintes métodos: dos polígonos de Thiessen, de cálculo da média aritmética e o método das isoietas. Estes métodos permitem estimar a precipitação em áreas onde não existem estações meteorológicas, a partir de dados registados nas diversas estações (INAM, 2002). Estes métodos são manuais e a sua aplicação requer muito tempo.

Actualmente, o INAM dispõe de um programa automático para estimar a precipitação, cuja base de funcionamento é idêntica a dos métodos acima descritos.

A realização de estimativa de precipitação depende de uma boa cobertura em estação meteorológicas. Segundo INAM (2002), o grau de cobertura do território moçambicano em estações meteorológicas é bastante deficitário. Das 28 estações ainda em funcionamento, apenas 13 (46%) garantem o fornecimento de dados diário registados nestas mesmas estações. As restantes encontram-se inoperacionais. Os 3 radares meteorológicos instalados em três estações (Maputo, Beira e Nampula) estão inoperacionais.

A fraca cobertura territorial em estações tem trazido implicações na elaboração de prognósticos de produção sobretudo para as diversas entidades do Estado e privadas que solicitam dados de precipitação cada vez mais fiáveis para a planificação das suas actividades nos mais diversos pontos do país. Por exemplo, os dados de precipitação são

solicitados pela DNA, Ara Sul e INGC para a previsão dos caudais dos rios. Como refere McGregor, et. al. (1997) a fraca cobertura da rede de estações meteorológicas nas regiões tropicais torna difícil medir a precipitação porque a maior parte desta precipitação ocorre em áreas de difícil acesso tais como, as florestas e os oceanos. Por outro lado, as condições de manutenção da rede de estações não existem. Assim os investigadores realizam estudos climatológicos baseados em estimativa de precipitação através de imagens de satélite pois, as imagens permitem suprir a grande dificuldade acima referida dado ao seu maior grau de cobertura da superfície.

É neste contexto que o presente trabalho vai aplicar o modelo de estimativa de precipitação INAM.RFE para estimar a precipitação ocorrida no período de 20 de Janeiro a 20 de Março de 2002. Este modelo tem como base os dados de imagem de satélite meteorológico Meteosat.

1.1. Objectivos

- O trabalho pretende analisar os padrões de distribuição espacial e temporal da precipitação através da aplicação do modelo de estimativa de precipitação INAM.RFE tendo como base dados de imagem satélite.

Constituem objectivos específicos deste trabalho:

- Estimar a precipitação com base no modelo INAM.RFE;
- Caracterizar a distribuição espacial e temporal da precipitação;
- Analisar as diferenças espaciais entre a precipitação estimada e a precipitação normal.

1.2. Quadro Teórico

A precipitação atmosférica corresponde às diferentes formas pelas quais o vapor de água chega a superfície após a condensação (Ferreira, et. al., 1990).

O princípio de formação da precipitação baseia-se na condensação de vapor de água em torno de pequenas partículas que servem de núcleos de atracção. Com continuação da condensação, as gotas de água vão aumentando de tamanho e de peso até vencerem a resistência do ar e correntes ascendentes (Monkhouse, 1975).

Distinguem-se duas formas de precipitação: precipitação sólida e precipitação líquida. A precipitação sólida forma-se quando o vapor de água condensa abaixo do ponto de congelamento, passando directamente do estado gasoso para o estado sólido. Enquanto, a precipitação líquida resulta da condensação do vapor de água à temperatura superior a zero graus centígrados (Monkhouse, 1975).

A pluviosidade é o elemento climático de grande variação nas regiões de climas tropicais. As características importantes deste elemento são: a distribuição diurna e sazonal; a intensidade; a duração e frequência da chuva. Estas características demonstram também a variação espacial e temporal deste fenómeno (McGregor, et. al. 1997).

Para analisar as condições actuais da pluviosidade é calculada a média anual da mesma. *Média anual* de pluviosidade é a soma de todos valores de pluviosidade média mensal dividida pelo número de meses correspondentes ao ano. Neste processo a média de

pluviosidade anual é comparados com os *Valores normais*². A comparação permite formular ideias sobre as condições actuais de pluviosidade numa determinada área (Corand, 1950).

A medição da pluviosidade é feita através de instrumentos como udómetros e udógrafos. Assim segundo Monkhouse (1975), a medição da pluviosidade corresponde a espessura que a água precipitada teria se ela fosse depositada sobre uma superfície horizontal impermeável, assumindo que não se perde por evaporação, escorrência ou por percolação. A unidade de medição da pluviosidade é milímetro (mm).

Os valores de pluviosidade medidos nas estações podem ser interpolados para estimar a pluviosidade em áreas onde não existem estações meteorológicas. Os valores da precipitação estimada são aplicados em estudos de balanço hídrico, na previsão de caudais dos rios e, em estudos do NDVI (Herman, 1997).

Os métodos usados para estimar a precipitação são: o cálculo da média aritmética, o método dos polígonos de Thiessen e método das isoietas (Cunha, 1972; Corand, 1950).

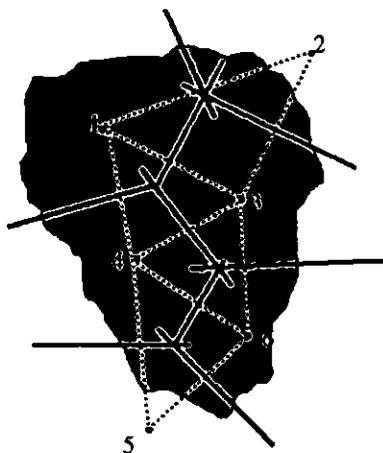
O método da média *aritmética* consiste em somar os valores registados por um determinado número de estações e dividir o resultado pelo número de estações. Assim se obtêm a pluviosidade estimada (Cunha, 1972).

O método dos polígonos de Thiessen consiste na definição da área de influência de 3 estações meteorológicas. Nesse processo traçam-se rectas que unem as três estações

²Normal climatológico- é um valor padrão reconhecido de um elemento meteorológico, considerando a média de sua ocorrência em um determinado local, por um número determinado de anos (INAM, 2002; Corand, 1950).

entre si e as normais entre as mesmas para definir o posto de observação de cada polígonos (vide figura 1).

Figura 1-Método dos Polígonos de Thiessen



Fonte: <http://www.ltid.inpe.br/dsr/vianei/CursoHF/Capitulo4c.htm>

Cada polígono inclui um único posto de observação e qualquer ponto no interior do polígono está mais próximo deste posto. Assim cada polígono traçado define uma área de influência (Calbete et al. www.ltid.inpe.br/dsr/vianei/CursoHF).

O método das isoietas consiste em unir através de uma linha todos pontos de igual valor de precipitação média (Monkhouse, 1975; Pollak et al, 1950). Com este método faz-se a distribuição da precipitação pelo globo e mostra como a precipitação pluvial diminui com o aumento da latitude (Cunha, 1972).

A maior parte dos estudos climatológicos realizados sobre as regiões tropicais utilizam informações sobre precipitação estimada a partir de dados de imagens de satélites (McGregor, et. al. 1997). Neste processo tem sido aplicadas duas técnicas: a técnica de *estimativa indirecta* – que usa informação de nuvens captadas nos canais do visível e do infravermelho (que fornecem informação sobre ondas longas da radiação) como

indicadores do aumento da pluviosidade; a *técnica de estimativa directa* - baseia-se nas observações de efeitos radioactivos de hidrometeoros de precipitação³.

Os vários estudos realizados utilizam estimativa de precipitação calculadas através da técnica de estimativa indirecta. Esta estimativa baseia-se no Índice de precipitação de Goes (GPI) (Mohammedberhan 1998).

Modelo de GPI

A estimativa baseada no GPI foi desenvolvida numa primeira fase para estimar precipitação em toda região tropical, onde as superfícies convectivas são inevitáveis. O desenvolvimento do modelo de estimação da precipitação para o continente africano, visa melhorar o conhecimento sobre as condições de precipitação principalmente, em áreas de difícil acesso (Herman, et. al.199).

Segundo Herman, et. al. (1997) o GPI é um algoritmo desenvolvido para estimativa de precipitação de nuvens convectivas calculada para o período de 10 dias. Na estimativa de precipitação o modelo utiliza dados digitais obtidos através das imagens de satélite geo- estacionário, do canal infravermelho captadas a cada 30 minutos.

O modelo GPI tem como pressupostos: as nuvens convectivas são a principal fonte de precipitação; são auto-precipitáveis se simplesmente atingirem um nível maior de densidade; o aumento da precipitação é directamente proporcional à duração da nuvens convectivas (Mohammedberhan,1998).

³ são partículas de água no estado líquido ou sólido, em precipitação ou suspensas na atmosfera (WMO, 1956).

Em regiões onde a precipitação resulta da influência de acidentes do relevo e as nuvens são relativamente quentes, incorporam-se no modelo os parâmetros que avaliam as características do terreno local, a direcção dos ventos e a humidade relativa (Herman, et. al. 1997).

O modelo foi adoptado por duas instituições que realizam estudos climatológicos, a NOAA e a TAMSAT. No entanto, as duas instituições introduziram alguns procedimentos que os diferenciam no cálculo da estimativa.

Na estimativa de precipitação realizada pela NOAA, O processo da estimativa inicia com o cálculo de precipitação usando algoritmo do GPI (precipitation index Goes). Depois deste cálculo, a correcção é feita através da incorporação de dados medidos nas diferentes estações meteorológicas; o nível de temperatura é uniforme para toda regiões (Herman, et. al.1997; Mohammedberhan, 1998); enquanto, na estimativa de precipitação realizada pela TAMSAT⁴, o modelo é pré-calibrada, a produção de imagem de duração da nuvem fria (CCD, *cold cloud duration*) é feita a diferentes níveis de temperatura e, determina-se o nível óptimo de temperatura para cada zona de calibração (Mohammedberhan, 1998).

Nos dois procedimentos a estimativa envolve a determinação dos parâmetros constantes e cálculo da intensidade através da relação pluviosidade e CCD (Ibdem).

Este tipo de estimativa apresenta algumas limitações, tais como: o modelo não estima a precipitação resultante das nuvens baixas pois foi concebido para estimar precipitação em nuvens convectivas; é contaminado pelas nuvens do tipo *cirrus*. No caso da

⁴ TAMSAT- significa Tropical Application of Meteorological SATellite (Mohammedberhan, 1998)

TAMSAT, a pré-calibração do modelo torna-o Pouco preciso nas estimativas (Mohammedberhan,1998).

Arkin e Andanuy (1989) cit. Herman et. al. (1997) referem que o modelo de GPI em alguns casos subestima; enquanto noutros sobrestima os valores da precipitação. O primeiro caso ocorre em lugares onde as nuvens do tipo *cirrus* são persistentes (nuvem fria mas não espessa); Para o segundo caso é comum em áreas onde a precipitação é originada pelas nuvens quentes (frequente em regiões localizadas ao longo da costa do continente africano) ou resultam da influência do relevo.

Modelo INAM.RFE

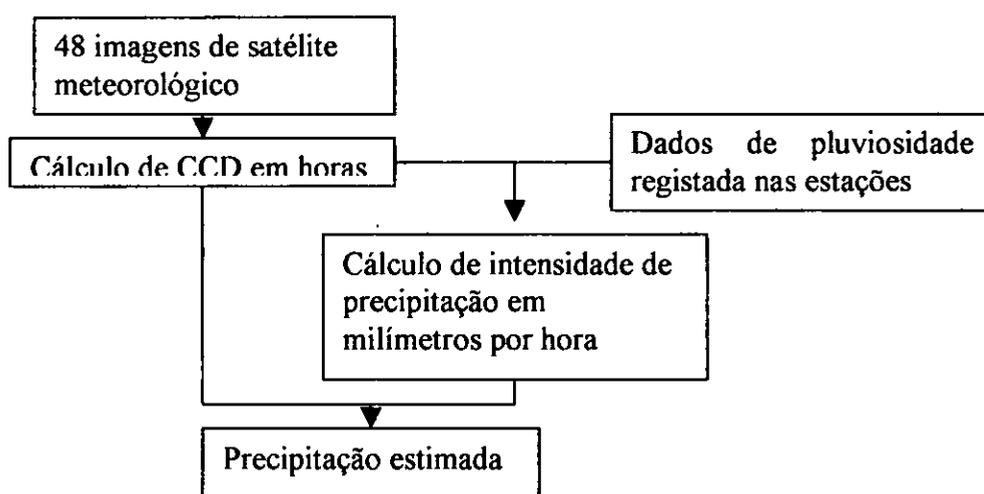
O modelo INAM.RFE foi adaptado por Asante, et. al. (2001) para estimar a precipitação diária em Moçambique, através do uso de imagens de satélite meteorológico Meteosat.

Na primeira fase, o modelo calcula a duração da nuvem fria que é a base para identificar as áreas com precipitação. Para esta fase, são utilizadas imagens de satélite Meteosat, do canal infravermelho correspondentes a 24 horas. Estas imagem são actualizadas a cada 30 minutos (Asante, et.al. 2001). O modelo pressupõe que as imagens de satélite Meteosat contêm dados sobre evaporação e precipitação. O princípio é de que a temperatura da nuvem pode estar associada com a precipitação. Para este modelo foi estabelecida a temperatura de 235 °K. O resultado da imagem é acumulada com imagens subsequentes recebidas em todos trinta minutos para um dia e dá a duração da nuvem fria (CCD). Esta grelha de CCD mostra até que ponto a célula da grelha classificada como "fria" pode ser usada por aproximação para a ocorrência de precipitação e sua intensificação (Nyamhanza, et. al. 2001).

Na segunda fase o modelo permite determinar a intensidade de precipitação. Nesta fase é processada a grelha contendo dados de duração da nuvem fria em horas e a tabela de dados de pluviosidade registada nas estações. O cálculo da intensidade de precipitação serve para minimizar os erros entre os valores de pluviosidade registada nas estações e os valores de precipitação estimada.

Na fase três, o modelo calcula a precipitação estimada usando os valores de intensidade e de duração da nuvem fria. Nesta fase o modelo assume que as grelhas contêm a informação sobre o CCD e dados de pluviosidade medida (Asante, et. al. 2001).

Figura 2-Fluxo grama do modelo INAM.RFE



Fonte: adaptado pela autora a partir do modelo INAM.RFE

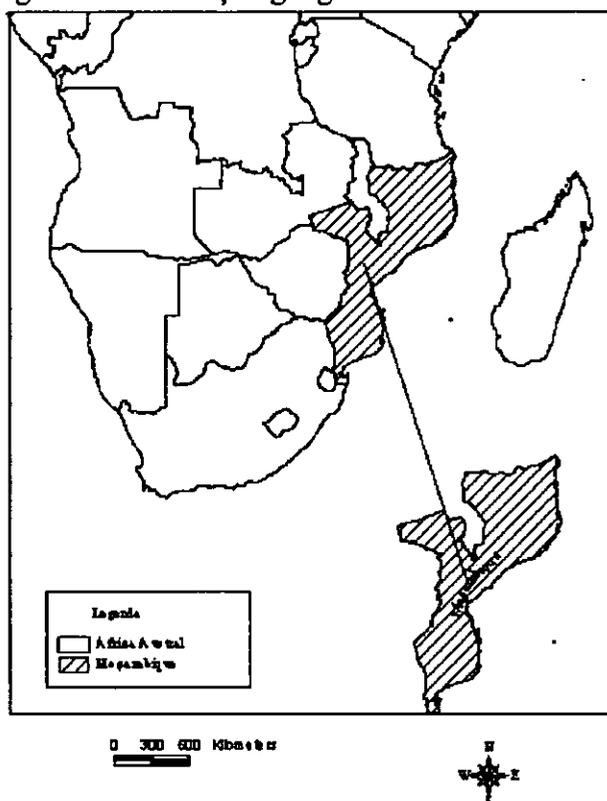
Neste trabalho a estimativa de precipitação foi calculada com base na aplicação do modelo INAM.RFE como forma de obter informação sobre as condições de precipitação actual.

1.3. Localização geográfica da área de estudo

A área de estudo é o território da República de Moçambique. Moçambique situa-se entre os paralelos de 10° 12' e 26° 52' latitude Sul e, ainda entre os meridianos de 30° 12' e 40° 51' longitude Este (Muchangos, 1992).

Pela sua extensão em latitude e pela configuração dos seus limites, que dividem elementos da paisagem geográfica, tais como rios, lagos, montanhas e o oceano, Moçambique faz parte de três grandes regiões naturais de África, nomeadamente a África Oriental, a África central e África Austral (vide figura 3).

Figura 3-Localização geográfica da área de estudo



fonte: adaptado a partir da fonte original da DINAGECA (2000)

2. Aspectos físico-geográficos

2.1. Relevo

O território moçambicano faz parte do sub continente meridional de África, delimitado por linha divisória das águas de Congo-Zambeze (Boléo, 1966). Nele distinguem-se três formas de relevo resultantes da acção conjunta de processos tectónicos e dos processos externos. De Sul ao Norte e da costa para o interior do país distinguem-se Planícies, planaltos e montanhas:

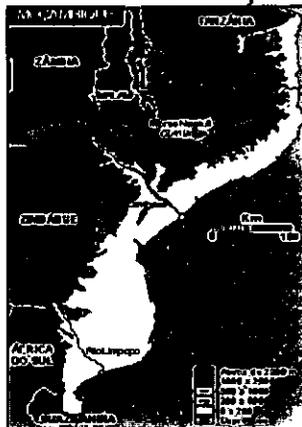
Uma faixa litoral constituída por planície que varia de 0 a 200 m de altitude. Esta área ocupa maior parte do Sul do Save e a área nascente da linha de Búzi-Gorongosa. Este relevo vai cedendo lugar ao relevo de planaltos a medida que se caminha em direcção ao Norte do país (Boléo, 1966; Muchangos, 1992) (vide figura 4).

Na zona de planaltos, distinguem-se os planaltos médios e altiplanaltos. Neste tipo de relevo a altitude varia de 200 a 1000 metros de altitude. Os planaltos ocupam fundamentalmente o Centro e o Norte do país e, ao Sul cobre uma pequena faixa junto à fronteira com a República da África do Sul. No que respeita as altitudes os planaltos subdividem-se em planaltos médios cuja altitude varia de 200 a 500 m e altiplanaltos de 500 a 1000 m altitude (Ibdem).

A zona montanhosa é composta por pequenas manchas dispersas principalmente nas províncias de Manica, Tete, Nampula, Zambézia. Neste conjunto distinguem-se: a escarpa de Manica, a cadeia dos Libombos, altiplanalto de Marávia-Angónia, a cadeia

Chire –Namuli e a cadeia Maniamba –Amaramba. As altitudes são superiores a 1000 metros (vide figura 4) (Ibdem).

Figura 4- relevo de Moçambique



Fonte:www. Animaaaaaal.com

As características do relevo desempenham papel importante na distribuição da precipitação em Moçambique. O relevo de planaltos e de montanhas contribui para a ascensão rápida do ar aquecido à superfície. Ao longo da trajectória o ar expande-se e arrefece adiabaticamente, criando assim condições para a condensação do vapor de água e conseqüente queda de precipitação.

2.2. Hidrografia

Moçambique possui uma rede hidrográfica cuja orientação é de Oeste para Este. Esta orientação deve-se a perda de altitude das formações de relevo a medida que se caminha em direcção ao Oceano Índico.

Os factores climáticos condicionam o regime e as oscilações do caudal dos rios ao longo do ano. Os rios são de alimentação pluvial por isso o seu regime é periódico embora, alguns rios sejam de regime ocasional. Na estação das chuvas estes rios apresentam forte

caudal e, na estação fresca e seca alguns rios encontram-se completamente secos (Muchangos, 1992).

Ao Sul do país, a rede hidrográfica é pouco densa e a medida que se caminha para o Norte, ela vai se tornando mais densa (Boléo, 1966).

Devido as características climáticas que distinguem a região Norte da região Sul, os rios do Norte apresentam-se mais caudalosos que os do Sul. No entanto, o volume de água nos rios depende das estações climáticas em ambas regiões (Muchangos, 1992). Na estação pluviosa são frequentes cheias, em especial de Janeiro a Março que provocam largos prejuízos na produção agrícola, aos aglomerados populacionais, entre outro.

Boléo (1966) distingue 5 bacias hidrográficas: Rovuma, Lúrio, Zambeze, Save e Limpopo. Devido a dependência entre os rios e o clima, as flutuações do clima determinam o seu comportamento ao longo do ano. Assim, tem se registado cheias, principalmente na bacia do Limpopo ao Sul do Save, quando as precipitações são intensas. Quando se verifica a estiagem prolongada, o Limpopo e outras bacias hidrográficas ao Sul do Save não satisfazem as necessidades da população.

A existência de maior densidade da rede hidrográfica ao Norte do país comparativamente ao Sul, contribui para que a quantidade de precipitação seja maior ao Norte pois há maior superfície líquida que evapora aumentando o vapor de água na atmosfera necessário para o fenómeno precipitação.

2.3. Clima

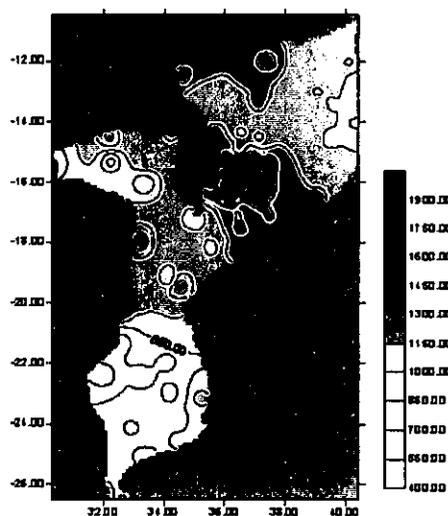
As condições meteorológicas predominantes em Moçambique, cujo o território tem grande extensão latitudinal, são influenciadas por factores tais como, a existência do vale depressionário equatorial, a convergência intertropical (CIT), a depressão de origem térmica sobre a África meridional e os anticlones subtropicais do hemisfério sul. Existem por isso duas zonas climáticas bem diferenciadas: uma a norte do paralelo de 15°S e a outra a sul do paralelo de 21°S, separadas por uma zona central com condições meteorológicas intermédias (Ferreira, 1965; Muchangos, 1992).

A região Norte do país estende-se até ao paralelo 15°S. Esta, encontra-se sob influência da zona de baixas pressões equatoriais, sendo o estado de tempo condicionado pela situação relativa de frente intertropical nas suas deslocações ora para o Sul ora para o Norte. A deslocação periódica da frente intertropical determina na região Norte, uma estação pluviosa e quente, de Novembro a Abril e uma estação seca de temperaturas mais suaves, nos restantes meses. Na Região Sul o estado de tempo é condicionado pela posição dos anticlones. Nesta região, são frequentes os ventos do Sul, com grandes trovoadas e rápida descida de temperatura, na estação chuvosa (Ferreira, 1965; Muchangos, 1992).

No que concerne aos principais elementos de clima, temperatura e pluviosidade, Muchangos (1992) refere que a temperatura média anual é superior a 20 ° centígrados, excepto nas montanhas onde elas são inferiores a 16° centígrados. As temperaturas mais elevadas registam-se de Dezembro a Fevereiro, chegando nesse período a atingir 38° a 40° centígrados. Os meses de Junho e de Julho são os mais frios. Quanto a pluviosidade

e a duração do período de chuvas, decresce de Norte para o Sul. Este período chuvoso que tem início em Outubro é mais curto que o período seco, excepto algumas regiões costeiras onde a duração do período chuvoso é sensivelmente de 6 meses (Muchangos, 1992). Em Moçambique a precipitação média anual encontra-se distribuída segundo mostra a figura 5.

Figura 5 Precipitação média anual em Moçambique



Fonte: INAM, 2002

Quanto a característica da precipitação em Moçambique há que diferenciar duas zonas:

A Zona Norte estende-se desde a fronteira Norte de Moçambique até ao paralelo 20°S (Beira). Nesta zona o regime de precipitação é do tipo aguaceiro podendo estar associado a trovoadas. Este tipo de precipitação explica-se pelo fenómeno de instabilidade local (forte aquecimento que pode originar subidas bruscas de massas de ar quente e húmido e pela posição da zona de convergência Intertropical do Trópico que nos meses mais quentes afecta esta área, porque se desloca para Sul. Na fase em estudo a precipitação normal varia de 200 a 1000 milímetros (INAM, 2002).

A Zona sul está situada ao sul do paralelo 20°S (Beira). Nesta zona o regime de precipitação é do tipo chuva ou aguaceiro provocada por massas de ar frio vindas do sul que, no seu movimento para Nordeste, transporta ar quente e húmido (Ferreira 1965; Muchangos, 1992). Nesta fase de estudo o valor da precipitação normal é inferior a 600 milímetros, principalmente no interior das províncias de Gaza e Inhambane (INAM, 2002).

Em muitas regiões tropicais, como é o caso de Moçambique a pluviosidade ocorre durante a estação quente do ano, sendo a outra estação relativamente seca. A distribuição sazonal da pluviosidade tem maior incidência nos trópicos. Nestas latitudes os continentes e os oceanos exercem influência considerável sobre os padrões de distribuição da pluviosidade. As áreas oceânicas não somente recebem mais pluviosidade durante o ano do que as áreas continentais como também a pluviosidade é mais periódica (Ayoade, 1983; McGregor, 1997).

A este conjunto de factores aliam-se outros como o relevo, a densidade da cobertura vegetal e da rede hidrográfica. Segundo Ferreira (1965) e Rojas e Amade (1997) a configuração do relevo numa determinada região facilita o processo de ascensão rápida de massas de ar que com o aumento da altitude a temperatura diminui. A massa de ar ascendente vai baixando de temperatura até atingir o ponto de saturação e precipitar-se. Em Moçambique esta influência é maior no Centro e Norte devido a presença de relevo de planaltos e de montanhas. Ao contrário, no Sul de Save, esta influência é fraca ou mesmo inexistente devido a predominância de relevo de altitude baixa (0 a 200m).

O Norte e Centro do país gozam ainda de uma maior densidade de rede hidrográfica e de

cobertura vegetal. Estes dois factores proporcionam grande conteúdo em vapor de água dada a sua evapotranspiração devido ao maior aquecimento. Ayoade (1983) refere que a evapotranspiração regista valores máximos em regiões onde as superfícies líquidas são abundantes e também onde a cobertura vegetal é muito densa.

Desta forma a maior parte do Território tem chuvas concentradas nos meses de Outubro à Maio e, a sua distribuição indica que os valores máximos se concentram junto ao litoral e nas terras altas do interior (Ferreira, 1965)

2.4. Vegetação

Do ponto de vista de cobertura florestal Moçambique situa-se na região Sudano-Zambeziaca que inclui a Tanzania, Malawi, Zambia, Botswana e Suazilândia. Esta localização condiciona em conjugação com as condições climáticas o desenvolvimento de associações vegetais mesófilas e xerófilas de florestas e savanas arbóreas e arbustivas (Muchangos, 1992). Estas formações apresentam-se em forma de associações mistas ou mosaicos.

As diferenças na distribuição, composição, densidade e variedade de espécies resultam de factores tais como a latitude, a alternância entre as terras altas e as depressões, a continentalidade, a natureza pedológica, as condições de água no solo e grau de intervenção do homem (Ibdem).

Em Moçambique identificam-se duas regiões biogeográficas: A região da floresta de Miombo e a região da Savana.

A região da floresta de Miombo (*Brachystegia*) estende-se principalmente pelo Norte do rio Zambeze. Nas Margens dos principais rios, especialmente na parte Norte do país dissemina-se uma vegetação adaptada as condições edáficas locais que pode tomar o aspecto de floresta Galeria. Sobre as dunas litorais, desenvolve-se a vegetação mista arborea-arbustiva com estratos herbáceos abundantes. Na orla marítima e na foz dos principais rios desenvolve-se a floresta de mangal (Muchangos, 1993).

A vegetação de Savana subdivide-se em arbórea ou arbustiva conforme a predominância dos estratos, mas com estratos herbáceos sempre presentes. Este tipo de cobertura vegetal distribui-se fundamentalmente pela parte meridional de Moçambique, excepto a faixa litoral e das montanhas dos Libombos (Ibdem).

As diferenças na distribuição da cobertura vegetal entre o Norte do rio Save e o Sul do mesmo rio contribui para que a quantidade de precipitação seja maior ao Norte do que ao Sul do país. Como a vegetação das regiões mais a Norte do paralelo 20° é mais densa, a sua contribuição na evapotranspiração é maior devido ao valor relativamente elevado da insolação, como explica (Ayoade, 1983).

3. Aspectos Sócio-Económicos

3.1. População

A população moçambicana é de 17242 milhões de habitantes, cuja densidade é de 22 hab/Km² (INE, 2000). Segundo a projecção de 1997 a 2020 a população de Moçambique será de 27956565 habitantes no ano 2020. A distribuição da população indica que Maputo cidade apresenta maior densidade populacional com 3224 hab/km², seguido de

Nampula com 40 hab/ km², Maputo província com 36 hab/ km² e Zambézia com 32 hab/ km². No que refere a distribuição da população rural, INE (1997) mostra que a densidade de população rural é maior nas províncias da Zambézia e Nampula ambas com 25.8 a 28.2 hab./km².

3.2. Agricultura

Segundo INE (1998) 85% da população moçambicana está empregue no sector primário do qual faz parte a agricultura. Tal como outros países em vias de desenvolvimento maior parte da população de Moçambique desenvolve a agricultura de subsistência. Neste tipo de agricultura as condições naturais tais como a fertilidade do solo e o clima, particularmente a regularidade das chuvas são determinantes (Cunha, 1972). As técnicas empregues tais como as queimadas e o derrubo de árvores contribui para o esgotamento dos solos e o conseqüente abandono destes em busca de outros ainda não utilizados, sendo necessário o desbravamento da mata para a continuação das suas actividades.

A necessidade de aumentar a área agrícola conduz a abertura de novas clareiras. Este processo tem implicações pois, produz mudanças no regime da precipitação local. Geiger (1960) mostra quão é importante a manutenção da vegetação numa área ao afirmar que a mata tem a função de regular o balanço hídrico ao diminuir o escoamento superficial e a intensidade da cheia.

Por outro lado, as alterações que se produzem no regime das precipitações afectam ao homem e suas actividades. Por exemplo, a agricultura é uma actividades dependente de factores naturais entre os quais o clima, no qual a pluviosidade desempenha papel importante para o crescimento das culturas (Ayoade, 1983). A localização de

Moçambique na região tropical, onde a pluviosidade tem um carácter sazonal e grande variabilidade de ano para ano determina os rendimentos de produção desta actividade. McGregor, et al. (1997) mostra a influência que a pluviosidade exerce sobre a actividade agrícola, referindo que os desvios negativos da pluviosidade média podem causar um grande fracasso da safra e, conseqüentemente, a fome. Um exemplo relacionado com o desvio negativo da pluviosidade ocorreu no início dos anos 90, mais concretamente em 1992, em que Moçambique sofreu uma das mais severas secas. A pluviosidade máxima acumulada registou-se na 2ª e 3ª “décadas” de Dezembro (168 e 138 mm, respectivamente e nos restantes meses a pluviosidade não excedeu 35 mm) (INAM, 2002). Devido a esta seca, a campanha agrícola 92/93 nas culturas como milho, arroz teve como produção máxima 533.083 e 65.615 toneladas respectivamente no país (DAPSA⁵, 2002).

Paralelamente a seca, o excesso de água impede circulação de ar dentro do solo e, como resultado formam-se substâncias tóxicas às raízes das plantas. Dada esta flutuação da pluviosidade Monteiro (1976) explica que a sucessão dos tipos de tempo na estação do crescimento das plantas deve guardar um sincronismo compatível com as necessidades do ciclo de desenvolvimento das culturas pois, a falta de sincronismo meteorológico pode gerar eventos de catástrofes para a safra.

A previsão da campanha 2001/02 é um caso recente que demonstra a importância da necessidade de se informar sobre condições de precipitação actual. Segundo DINA (2002) para esta campanha tinha sido prevista maior probabilidade (40 a 50%) de ocorrência de chuvas normais para o país; a probabilidade de ocorrência de chuvas

⁵ DAPSA – Departamento de Aviso Prévio para Segurança Alimentar/DINA/MADER, 2002

abaixo do normal era muito baixa (20 a 25%). Mas no decurso do tempo as condições previstas foram revelando contrárias, verificando-se a falta de precipitação a partir do mês de Fevereiro. Dai, dos 4018 000 ha semeados, foram perdidos 83690 ha devido a falta de chuva dos quais 31320 ha localizam-se na província de Gaza e ficaram afectadas 59900 famílias.

3.3. Infra-estruturas

O desenvolvimento económico de um país requer também a existência de infra estruturas particularmente vias de comunicação que lhe permitam o intercâmbio comercial.

Moçambique possui uma rede de estradas na sua maioria construídas no período colonial. A maior parte destas estradas são terraplanadas ou de terra natural. Do conjunto de 26193 km de estradas classificadas apenas 13.5% encontram-se em bom estado e a restante parte é considerada como razoável, má ou intransitável. A maior parte destas estradas são de terra batida. Por esta razão são vulneráveis aos efeitos da precipitação.

A queda de precipitação ao longo do período chuvoso, dificulta o processo de reabilitação das vias de comunicação. Por esta razão, a construção e reabilitação das vias de comunicação em muitos países tropicais particularmente em Moçambique só é possível no período seco entre Abril e Setembro, como indica Monteiro (1976). Durante o período chuvoso estas regiões tropicais ficam sob domínio de chuvas que agravam o estado desta vias.

Além dos danos em vias de comunicação, outras infra estruturas sofrem pelos efeitos de chuvas intensa. Por exemplo, no ano 2000 Moçambique foi abalado pelas cheias como consequência de precipitação intensa e persistente que teve o seu máximo expoente no dia 7. Neste dia as estações meteorológicas de Mavalane e de Maputo observatório registaram 382.2 mm e 243.6 mm respectivamente (INAM.2000). Como resultado desta chuva intensa, 892 escolas, 5 hospitais, 250000 hectares de culturas ficaram destruídos (Negrão, 2001).

4. Metodologia

4.1. Revisão Bibliográfica

No processo de pesquisa é feito o levantamento de informações de várias fontes. As informações obtidas fornecem não só o conhecimento de base sobre o tema estudado, como também permitem conhecer os factos já estudados e o estágio actual do conhecimento sobre o tema. Assim a revisão bibliográfica permite evitar possíveis duplicações ou mesmo esforços desnecessários e orienta para outras fontes de informação (Lakatos, 1986; Gil, 1996).

Neste contexto, na primeira fase foram feitas leituras de obras de autores que abordam o tema em estudo. Na segunda fase foi feita a consulta documental. Os documentos consultados incluíram boletins meteorológicos, contendo informação sobre a precipitação diária. Com estes documentos foi elaborada uma tabela de valores de pluviosidade registada nas estações sinópticas de Moçambique.

4.2. Método e modelos de estimativa da precipitação

Tradicionalmente a precipitação é estimada através de métodos que usam os dados de precipitação registada nas estações sinópticas. Os métodos já referidos anteriormente (secção 1.2), são o cálculo da média aritmética, o método dos polígonos de Thiessen e o método das isoietas.

Actualmente, estão em desenvolvimento modelos de estimativa de precipitação que usam informação digital de imagem de satélite meteorológico tais como o modelo da NOAA, o modelo de TAMSAT e o modelo INAM.RFE, também referidos na secção 1.2. Para este trabalho, a estimativa de precipitação foi feita através da aplicação do modelo INAM.RFE onde foram efectuadas as seguintes operações: a) cálculo da duração da nuvem fria (CCD); b) cálculo da intensidade de precipitação; c) cálculo da precipitação estimada.

Para estimar a precipitação foram utilizadas 48 imagens de satélite Meteosat, do canal infravermelho correspondentes a 24 horas. O modelo foi concebido para seleccionar as nuvens convectivas a partir de 235°K, que é o nível de temperatura em que as nuvens teriam alta probabilidade de provocar chuva.

Os dados de pluviosidade medida em 13 estações foram usados para corrigir a precipitação de imagem de satélite. Estes dados são referentes ao período de 20 de

Janeiro a 20 de Março de 2002 e, registados nas estações⁶ sinópticas disponíveis no INAM (vide anexo 3).

O processo inicia com a rectificação da imagem permite que estas estejam na mesma projecção que os dados referentes aos mapas da área de estudo. Só com esta rectificação se pode agregar os dois tipos de dados de precipitação registada e da nuvem fria para uma análise geográfica. Depois do cálculo da duração da nuvem fria é possível identificar áreas em que ocorreu a precipitação. Os procedimentos para a determinação da estimativa através deste modelo estão detalhados no anexo.

Os resultados da estimativa foram tratados estatisticamente, calculando medidas de posição e de tendência, nomeadamente a média, o desvio padrão, o coeficiente de variação e de determinação respectivamente, para efeitos de análise. O cálculo das medidas de tendência permite verificar o comportamento anómalo da distribuição da precipitação se considerar que a distribuição deste fenómeno é uniforme ao longo do tempo e do território (Gregory, 1963).

Para efeito ilustrativo foram seleccionados 13 distritos do país. Este número equivale a 10% do total de 132 distritos que compõem o país.

4.3. Método cartográfico

A cartografia ocupa-se da representação dos diversos fenómenos e objectos da superfície terrestre. Em geografia, os estudos apoiam-se neste procedimento para dar expressão espacial aos resultados adquiridos no estudo (Ferreira, et al. 1998).

⁶ As estações referidas são: Pemba, Mocimboa da Praia, Lichinga, Nampula, Quelimane, Tete, Beira, Chimoio, Vilanculos, Inhambane, Xai-Xai, Mavalane, Changalane,

Normalmente a distribuição espacial da precipitação é feita através de linhas que unem lugares com igual valor de precipitação média - as isoietas (CONRAD, 1950). Neste trabalho, foram elaborados mapas temáticos de distribuição espacial de: a) duração da nuvem fria; b) intensidade de precipitação c) precipitação estimada, os quais são apresentados mais adiante. A elaboração destes mapas apoiou-se nas técnicas informáticas do sistema de informação geográfica.

4.4. Análise comparativa

Os resultados do trabalho foram analisados também através do método comparativo. Este método permite formular ideias gerais e distinguir as semelhanças e as diferenças e, ainda as relações que podem existir entre os objectos de estudo (Corand, 1950). Assim neste trabalho foi feita a análise comparativa entre os mapas de distribuição espacial da precipitação normal e distribuição da precipitação estimada para verificar as condições da precipitação actual. No mesmo âmbito, foi analisada a relação existente entre a distribuição espacial da duração da nuvem fria e a distribuição espacial da precipitação para verificar a relação existente entre ambos.

5. Resultados e discussão

Nesta secção apresentam-se os resultados e sua discussão seguindo a seguinte sequência: duração da nuvem fria; intensidade da precipitação e por último os resultados da precipitação estimada. A análise de cada resultado é feita logo após a apresentação do mesmo.

5.1. Duração da nuvem fria

Duração da nuvem fria é o resultado acumulado de imagens subsequentes recebidas a cada 30 minutos por dia. Este resultado acumulado representa o tempo de permanência de nuvem fria numa determinada área e permite identificar a ocorrência e intensificação da precipitação numa área.

Os resultados da interpretação das imagens de satélite através da aplicação do modelo indicam que há uma distribuição irregular da duração da nuvem fria no país. Observando a tabela 2, podem identificar-se “décadas” em que a duração da nuvem fria atingiu valores máximos de 14 horas e valores mínimos de 0.2 horas que indicam quase ausência de nuvens. Estes últimos valores de duração da nuvem fria ocorrem na sua maioria em distritos localizadas ao Centro e Sul do rio Save (vide tabela 2).

Por exemplo no distrito de Palma a duração da nuvem fria atingiu 14 horas; enquanto que no distrito de Muanza a nuvem teve duração quase nula de 0.2 horas na 1ª “década”⁷. Na “década” seguinte, verificou-se também que enquanto no distrito de Majune a nuvem fria permaneceu 12.2 horas, em Mabalane, permaneceu um tempo aproximado a 1 hora (tabela 2). A tabela mostra ainda que em todos distritos localizados

⁷ Para efeitos de trabalho “década” refere-se ao conjunto de 10 dias.

ao Norte do país e em alguns do centro a média de duração da nuvem fria foi superior a 5 horas; enquanto os distritos localizados ao Sul do Save e alguns do Centro do país tais como: Magoe, Muanza, entre outros, o tempo médio de duração da nuvem fria foi inferior a 4 horas.

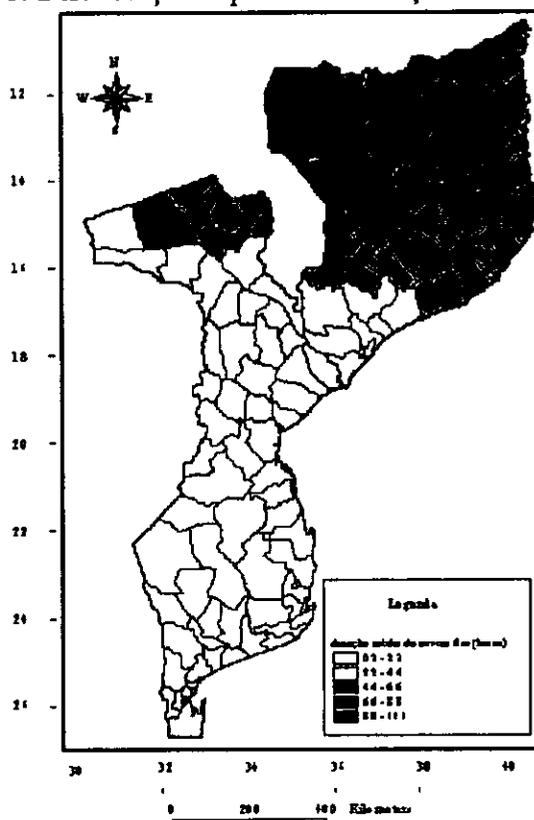
A comparação dos valores que indicam o tempo de duração da nuvem fria por “década” indica grande dispersão da sua distribuição em todos distritos. Por este facto, os coeficientes de variação são superiores a 40% em quase todos distritos. Mas a maior dispersão ocorreu nos distritos de Gorongosa e Muanza em quase 100% (vide tabela 2). Esta dispersão indica que há grande tendência para os valores extremos com “décadas” quase sem nuvens e décadas com maior tempo de duração da nuvem fria. Esta grande variabilidade justifica a variabilidade da precipitação.

Tabela 2- duração da nuvem fria (horas) nos distritos seleccionados

Distritos	“Décadas”						Medidas avaliadas		
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Média	Desvio	C.v
Palma	14.3	1.0	13.1	7.7	8.3	7.4	8.6	4.3	0.5
Nangade	14.1	2.2	13.9	7.6	9.3	7.5	9.1	4.1	0.5
Montepuez	12.7	5.3	13.8	6.1	5.3	4.5	8.0	3.8	0.5
Majune	12.0	12.2	12.4	8.3	6.0	4.8	9.3	3.0	0.3
Ribaue	7.3	10.1	9.7	7.5	3.6	2.4	6.8	2.9	0.4
Gilé	4.9	10.3	6.6	4.3	2.7	1.8	5.1	2.8	0.5
Tsagano	9.8	10.5	5.4	2.5	5.1	5.4	6.5	2.8	0.4
Magoe	6.6	6.9	1.4	0.3	2.6	3.9	3.6	2.5	0.7
Gorongosa	1.1	4.1	1.1	0.2	0.3	2.9	1.6	1.4	0.9
Muanza	0.2	4.5	2.0	0.2	0.5	2.3	1.6	1.5	1.0
Machaze	0.3	0.6	0.9	0.3	0.5	0.2	0.5	0.2	0.5
Mabalane	1.0	0.9	0.1	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.7
Moamba	4.9	2.8	1.3	0.8	1.3	1.1	2.0	1.4	0.7

Analisando a distribuição espacial de duração da nuvem fria, distinguem-se 5 áreas (vide Figura.6): i) área de Tccd⁸ muito baixa de 0.2 a 2.2 horas; ii) área de Tccd baixa de 2.2 a 4.4 horas; iii) área de Tccd. moderada de 4.4 a 6.6 horas; iv) área de Tccd. alta de 6.6 a 8.8 horas; v) área de Tccd. Muito alta de 8.8 a 11.1 horas.

Figura 6: Distribuição espacial da duração da nuvem fria



⁸ Tccd. Refere-se ao Tempo de duração da nuvem fria, do inglês CCD- cold cloud duration.

Tccd i-abrange áreas de províncias de Manica, Sofala, Inhambane, Gaza e uma parte da província de Maputo; Tccd ii)- estende-se de Zumbo ao Chinde, ocupando todos distritos localizados ao longo do vale do rio Zambeze. Abrange também os distritos de Matutuine, Boane e Namacha, na província do Maputo; Tccd.iii)-abrange a parte Norte de Tete (Tsangamo, Chuita, Macanga, Chifunde, Marávia), Norte da província da Zambézia e alguns distritos ao Sul da província de Nampula. Tccd iv)-abrange toda província de Cabo delgado, a parte Este de Niassa e alguns distritos ao Norte de Nampula. Tccd v)- abrange a parte Noroeste de Niassa, cobrindo 5 distritos, nomeadamente Majune, Lichinga, Muembe, Sanga e Lago.

A análise mostra que ao longo do período estudado, nos distritos localizadas ao Sul do rio Save e uma parte do Centro, o tempo de duração da nuvem fria foi muito baixo; enquanto, alguns distritos do Centro e todo Norte do país apresentaram maior tempo de presença deste tipo de nuvens.

A ocorrência de nuvens depende das condições de tempo num dado lugar. Onde as correntes convectivas são mais intensas ocorrem com maior frequência as nuvens convectivas. Isto é, em áreas de maior aquecimento e de influência da CIT há maior ocorrência das nuvens devido as baixas pressões e fluxo de convergência que contribuem para a elevação do ar aquecido à superfície nesta região (Cunha,1992).

As áreas iv) e v) pela sua localização ao Norte do país encontra-se sob influencia da forte actividade convectiva que dá origem a formação de cúmulos e cumulo nimbos. Esta convecção é resultado do maior aquecimento do ar que se verifica nestas áreas. Por outro lado, a existência de relevo de altitude nesta mesma área, contribui para que a ascensão do ar aquecido seja contínua ditando o maior tempo de permanência de nuvens. O facto de as áreas iv) e v) localizadas ao Norte do país serem ricas em rede hidrográfica e em vegetação, concorre para que haja alimentação da humidade atmosférica.

Na área i) o tempo de duração da nuvem fria é muito baixa devido a influência dos anticlones, principalmente no interior das províncias do Sul do Save. Estes anticlones provocam a subsidência das massas de ar no interior e, diminuem assim a probabilidade de formação de nuvem.

Na distribuição espacial da nuvem fria conclui-se que a influência da CIT, o relevo, os anticlones, a distribuição desigual da rede hidrográfica e da cobertura vegetal

determinam a distribuição desigual da duração da nuvem fria. Nesta distribuição sobressaem os distritos de localizados ao Norte do rio Zambeze como os que apresentam maior tempo de duração da nuvem fria, com mais de 6 horas de permanência deste tipo de nuvens.

5.2. Intensidade da precipitação

Intensidade da precipitação refere-se a relação entre a quantidade total de precipitação e tempo de duração dessa mesma precipitação em milímetros por hora (Pollak, 1950). Isto é: $I = p/h$

onde *I é intensidade*, *p é a precipitação* e *h são horas de duração da precipitação*

Neste trabalho a intensidade de precipitação foi obtida através da divisão entre os valores de pluviosidade registada e os valores da duração da nuvem fria, aplicando o modelo. Os resultados desta operação indicam que a intensidade de precipitação foi irregular.

No período estudado, há “décadas” em que a intensidade de precipitação atingiu valores superiores a 3.4 mm por dia e, “década” em que a intensidade de precipitação foi inferior a 1 mm. Esta distribuição irregular da intensidade de precipitação é ilustrada na tabela 3 onde estão representados alguns distritos seleccionados.

Tabela 3- Intensidade de precipitação nos distritos seleccionados

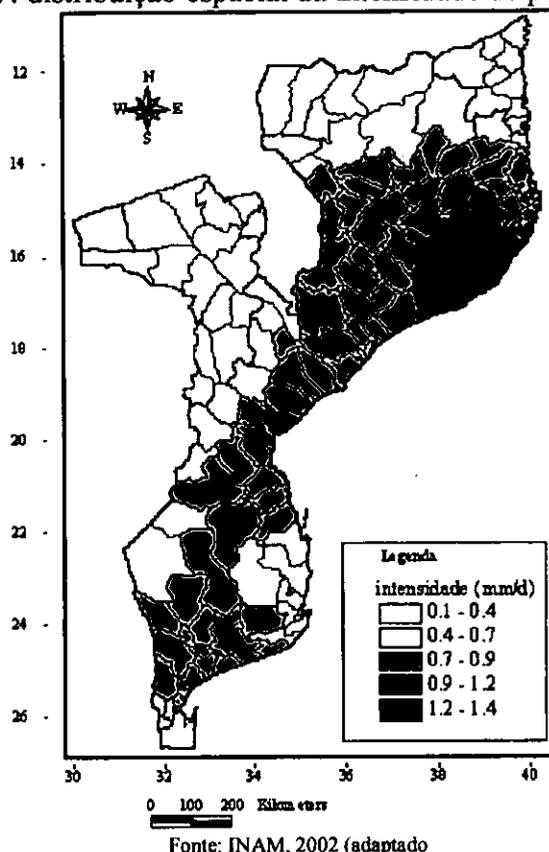
Distritos	"Décadas"						Medidas avaliadas		
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Média	Desvio	C.v
Palma	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.7
Nangade	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.3
Montepuez	0.8	0.6	0.9	0.5	0.2	1.2	0.7	0.3	0.5
Majune	1.1	1.0	1.1	0.6	0.4	1.0	0.9	0.3	0.3
Ribaue	1.4	1.1	1.6	1.5	0.8	3.0	1.6	0.7	0.4
Gilé	1.5	1.1	1.5	1.5	1.2	2.8	1.6	0.6	0.3
Tsagano	0.7	0.7	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.1	0.4
Magoé	0.7	1.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	1.0
Gorongosa	1.6	1.4	0.4	0.1	0.2	1.1	0.8	0.6	0.7
Muanza	3.4	1.3	0.8	0.2	0.6	2.2	1.4	1.1	0.8
Machaze	1.2	1.7	0.2	0.0	1.9	0.5	0.9	0.7	0.7
Mabalane	1.1	2.0	0.8	0.2	2.2	0.1	1.1	0.8	0.7
Moamba	2.8	1.0	0.1	0.6	1.1	0.0	0.9	0.9	1.0

Segundo a tabela, nos distritos de Muanza, Moamba, Mabalane, Ribaue e Gilé a intensidade de precipitação atingiu valor superior a 2mm/dia em pelo menos uma das 6 "décadas". Em distritos como Palma, Montepuez e Nangade, a intensidade de precipitação não excedeu 0.8 mm/dia durante o período.

A média da intensidade de precipitação do período foi inferior a 1mm em quase todos distritos excepto Ribaue, Gilé, Muanza e Mabalane. Nestes distritos a intensidade de precipitação atingiu valores superiores a 1 mas inferiores a 1.7mm/dia. A diferença da intensidade de precipitação ao longo do período é maior razão pela qual os coeficientes atingem valores de superiores a 30%. Os casos extremos de variação da intensidade de precipitação ocorreram nos distritos de Magoé, Gorongosa, Muanza, Mabalane e Moamba onde os coeficientes mostram uma variação superior a 70%.

Analisando a distribuição espacial da intensidade de precipitação durante o período de referência, individualizam-se 5 áreas (vide figura 7): i) a área I_e^9 de 0.1 a 0.4 mm/dia; ii) área de I_e de 0.4 a 0.7 mm/dia; iii) área de I_e de 0.7 a 0.9 mm/dia; iv) área de I_e de 0.9 a 1.2 mm/dia; v) área de I_e de 1.2 a 1.4 mm/dia.

Figura 7: distribuição espacial da intensidade de precipitação



A figura 7 dá imagem sobre a distribuição espacial da intensidade de precipitação no país. Nesta, identificam-se áreas de maior e de menor intensidade de precipitação.

⁹ I_e representa a intensidade estimada. I_e i)-abrange a parte nordeste da província Cabo delgado e Tete; I_e ii)-abrange alguns distritos de Manica, noroeste Niassa, faixa costeira de Inhambane que se estende desde Vilanculos a Jangamo; I_e iii)-abrange alguns distritos de Niassa, Zambézia e quase todo interior do Sul do save. I_e iv)abrange os distritos do Norte Maputo e os do Sul de Gaza, do Rio Save até Nampula. Esta área circunda a área de I_e v). I_e v) abrange alguns distritos da província de Sofala. E grande parte da província de Nampula.

Em áreas onde a intensidade foi menor, a precipitação esteve quase ausente. Nestas áreas os índices de precipitação diária eram de zero milímetros e a duração da nuvem fria era quase nula na maior parte do período. A distribuição espacial de intensidade é explicada pela lei de dispersão. Segundo esta lei “num determinado local uma precipitação dada tem uma frequência de ocorrência menor quanto maior for a sua intensidade”. “uma precipitação que ocorre com uma dada frequência tem uma intensidade tanto maior quanto mais curta é a sua duração” (Cunha 1972). A ideia é reforçada por Ayoade (1983) ao referir que a intensidade média para um período de curta duração é geralmente muito maior do que para os intervalos mais longos.

A intensidade de precipitação é importante em estudos climatológicos para o conhecimento do regime da precipitação de cada região. Isto é a forma como se distribui a precipitação num dado local. Tem importância também para estudos relacionados com a hidrologia, geomorfologia e agrometeorologia. Os estudos que se relacionam com escorrência superficial, a percolação da água no solo, a erosão e controlo das cheias são alguns exemplos da importância do conhecimento da intensidade (Pollak, 1950; Monkhouse, 1975).

Como exemplifica a tabela 3, a Intensidade apresenta grande variação ao nível do território. Esta variação é explicada pelos seguintes factores: maior convecção das massas de ar devido a influência da CIT; influência do relevo que favorece a rápida ascensão do ar aquecido à superfície resultando na condensação, seguida de precipitação ao Norte do paralelo de 20° S.

5.3. Precipitação estimada

Neste subtítulo constam: primeiro, os resultados em tabela; segundo, faz-se a relação entre a duração da nuvem fria e a precipitação estimada; terceiro, apresentam-se a distribuição espacial da precipitação e, por último são discutidos os resultados deste subtítulo.

5.3.1. Distribuição temporal da precipitação

Precipitação estimada corresponde aos valores resultantes do processo de calibração da precipitação de imagem de satélite a partir de dados de pluviosidade registada nas estações meteorológicas. A estimativa é útil para a realização de prognósticos de caudais dos rios, da produção agrícola e outras áreas de interesse (Cunha, 1972).

Os resultados do trabalho indicam que houve distribuição irregular da precipitação no país durante o período de referência. Ao observar os dados de precipitação estimada apresentados na tabela 4 verifica-se que na 1ª “década” a precipitação acumulada atingiu valores altos de 168.2 milímetros em Majune; enquanto, em Palma a precipitação máxima acumulada foi de 7.7 milímetros na mesma “década”. Outro exemplo que mostra esta irregular distribuição ocorreu na 4ª “década”. Nesta, Ribaué apresentou precipitação de 110 milímetros; enquanto que os distritos de Majune, Muanza e Mabalane não tinham precipitação. Como exemplo elucidativo a tabela 4 apresenta alguns distritos seleccionados em diferentes pontos do país.

Tabela 4- precipitação estimada nos distritos seleccionados

Distritos	"Décadas"						Medidas avaliadas		
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Média	Desvio	C.v
Palma	7.7	0.2	37.7	6.1	5.9	17.3	12.5	2.2	120.6
Nangade	22.8	2.1	9.0	6.5	9.7	20.3	11.7	5.3	49.5
Montepuez	110.1	30.3	79.9	31.8	17.8	39.4	51.6	23.9	47.4
Majune	168.2	119.5	124.1	44.8	39.9	37.6	89.0	38.1	57.6
Ribaue	121.9	116.5	134.5	110.0	26.9	47.1	92.8	37.7	42.2
Gilé	75.3	137.7	89.6	74.4	34.4	16.7	71.4	44.7	62.5
Tsagano	92.7	67.9	27.6	6.5	14.1	19.1	38.0	27.4	72.0
Magoe	25.2	21.0	0.1	0.0	4.2	9.3	10.0	9.9	98.5
Gorongosa	17.6	65.4	19.5	0.1	1.4	15.1	19.9	21.8	109.6
Machaze	3.5	9.2	8.8	0	3.3	3.6	4.7	6.1	130.2
Muanza	12.9	68.6	75.1	0.0	0.9	29.2	31.1	30.5	97.9
Mabalane	17.0	1.3	0.1	0.0	0.4	0.0	3.1	4.3	140.6
Moamba	92.8	3.4	0.5	0.1	0.7	0.0	16.3	22.5	135.3

Este período foi caracterizado por índices de precipitação inferior a 0.2 milímetros, sendo o índice mais frequente de 0 milímetros em quase todo país.

De acordo com os resultados, os distritos de Moamba, Pemba, Mabalane e Gorongosa, a apresentaram grande oscilação da precipitação no período referido. Os seus coeficientes de variação de precipitação são superiores a 100%. Estes distritos estão localizados na área cuja precipitação estimada foi muito baixa e baixa (vide figura 8). Nos restantes distritos os coeficientes de variação são inferiores a 100% (vide tabela 4).

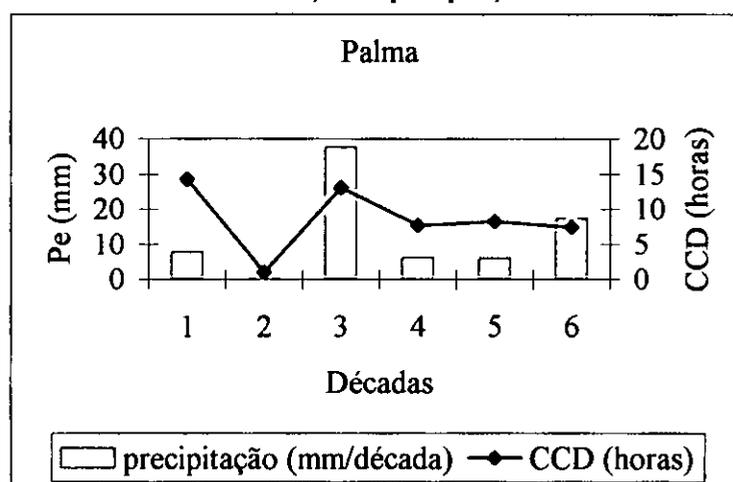
Estes coeficientes mostram que houve grande dispersão da precipitação estimada em todos distritos seleccionados. Isto significa que durante o período em referência a precipitação assumiu comportamento irregular com tendência para uma maior diferenciação de "décadas" com muita precipitação e "décadas" sem precipitação estimada. O máximo desvio de precipitação foi registado no distrito de Majune e Gilé

com 38.1 e 38.9 milímetros respectivamente em relação a média. O mínimo, foi de 2.2 milímetros ocorridos no distrito de Palma.

A ocorrência de precipitação inferior a 0.25 milímetros, numa sequência de 29 dias indica que no período em referência ocorria uma seca parcial, segundo refere (Monkhouse, 1975).

Os gráficos que se seguem mostram o comportamento da precipitação em relação a presença de nuvens de grande probabilidade de precipitar em alguns distritos seleccionados. Os restantes gráficos podem ser vistos no anexo.

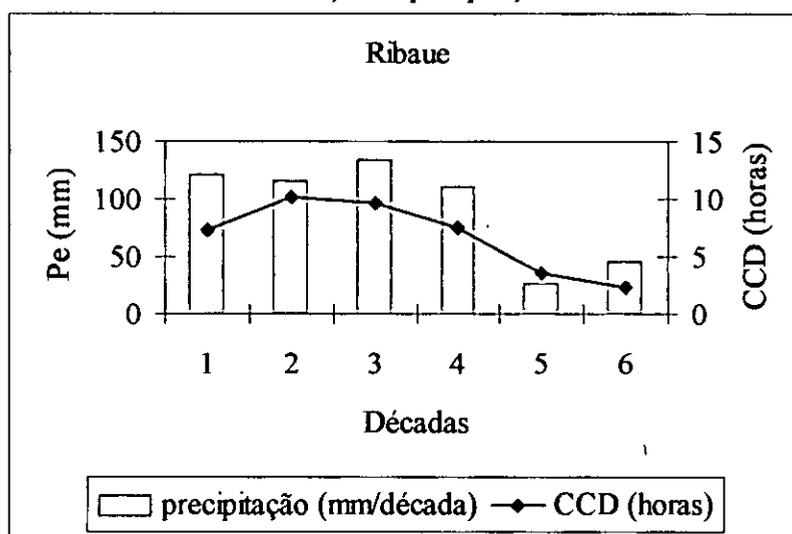
Gráfico 1 – Variação da precipitação com CCD



A análise da relação entre a duração da nuvem fria e a precipitação para o distrito de Palma indica que a maior quantidade de precipitação ocorreu na 3ª “década”. Nesta “década” a nuvem fria teve duração 13.1 horas, tempo de permanência maior comparativamente ao das “décadas” 2, 4, 5 e 6. Na 2ª “década”, a precipitação foi muito baixa como consequência da menor presença das nuvens frias (vide gráfico 1).

A equação $Y= 1.6086x-1.4042$ mostra que durante o período de referência a precipitação era inferior a 1.4 milímetros. Esta quantidade aumentava em média 1.6 milímetros em cada meia hora de duração da nuvem fria. O coeficiente de determinação indica que apenas 31.8% da precipitação depende do tempo de permanência da nuvem fria e os restantes 68.2% dependem de outros factores.

Gráfico 2 Variação da precipitação com CCD

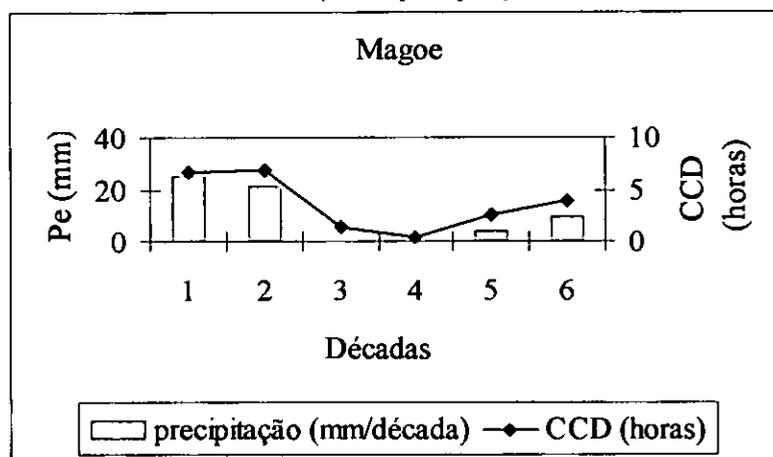


O gráfico de Ribaué indica que a precipitação distribuiu-se de forma regular da 1ª a 4ª “década”. Além de ter sido regular a precipitação estimada nestes distritos foi superior a 60 milímetros. Nas “décadas” 5 e 6 a precipitação reduziu para quantidades inferiores de 26.9 e 47 milímetros. Isto indica uma redução de 85 e 53 milímetros comparativamente as “década” anterior. Nas “décadas” em que a precipitação foi alta, a duração da nuvem fria também era maior o que mostra maior relação entre estes dois elementos neste distrito (vide gráfico 2).

A equação $Y= 12.848x+5.878$ mostra que durante o período de referência a precipitação era superior a 5.9 milímetros. Esta quantidade aumentava em média 12.8 milímetros em

cada meia hora de duração da nuvem fria. O coeficiente de determinação indica que 82% da precipitação depende do tempo de permanência da nuvem fria.

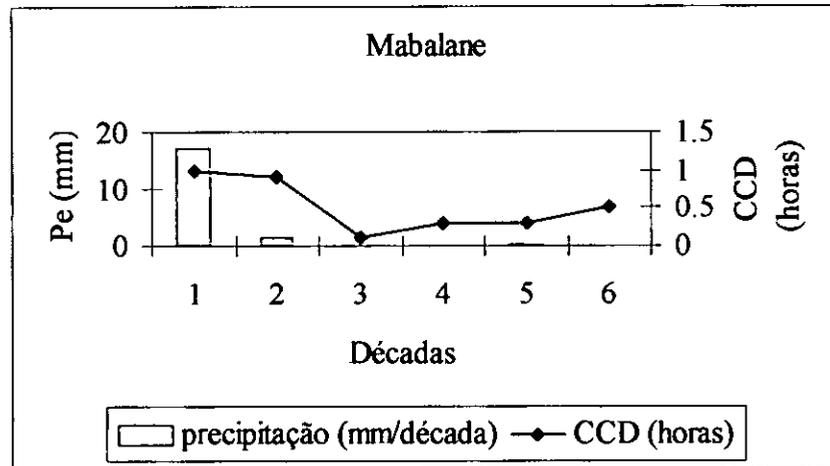
Gráfico 3 Variação da precipitação com CCD



O gráfico 3 mostra a distribuição irregular da nuvem fria que se repercute na distribuição irregular da precipitação. Como indica o gráfico durante as “décadas” 1 e 2 o tempo de permanência da nuvem fria foi maior e, conseqüentemente, a precipitação acumulada também foi maior comparativamente às restantes “décadas”.

A equação $Y=3.8758x-4.0507$ mostra que durante o período de referência a precipitação era inferior a 4.1 milímetros. Esta quantidade aumentava em média 3.8 milímetros em cada meia hora de duração da nuvem fria. O coeficiente de determinação indica que 94.3% da precipitação depende do tempo de permanência da nuvem fria

Gráfico 4 Variação da precipitação com CCD



Quanto ao distrito de Mabalane o gráfico mostra que a medida que a nuvem permanece mais tempo como o caso da 1ª “década” a quantidade de precipitação aumenta.

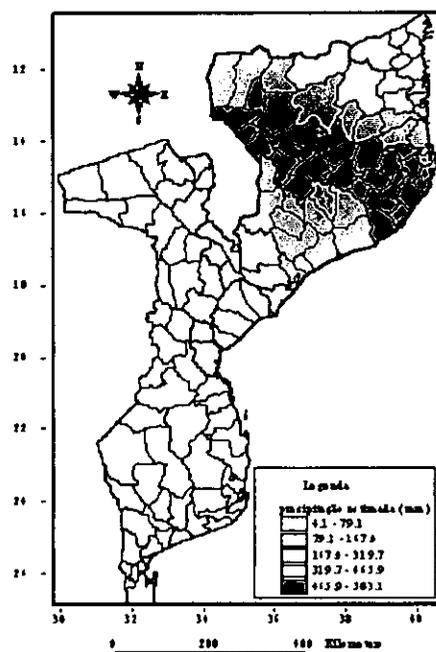
A equação $Y=13.244x-3.7095$ mostra que durante o período de referência a precipitação era inferior a 3.7 milímetros. Esta quantidade aumentava em média 13.2 milímetros em cada meia hora de duração da nuvem fria. O coeficiente de determinação indica que 49% da precipitação depende do tempo de permanência da nuvem fria. Os restantes 51% encontram explicação em outras combinações locais.

Os gráficos indicam que a relação entre a duração da nuvem fria e a precipitação nem sempre significa ocorrência de precipitação pois, existem outros factores que podem concorrer para que não ocorra precipitação.

5.3.2. Distribuição espacial da precipitação

A análise da distribuição espacial da precipitação permitem distinguir cinco áreas (vide figura 8): i) área de P_e^{10} muito baixa de 4.1 a 79.1 milímetros; ii) área P_e baixa de 79.1 a 167.4 milímetros; iii) área de P_e moderado de 167.4 a 319.7 milímetros; iv) área de P_e alto de 319.7 a 465.9 milímetros e v) área de P_e muito alto de 465.9 a 583.1 milímetros.

Figura 8: Distribuição espacial da Precipitação Estimada



Fonte: INAM, 2002 (adaptado)

A figura indica regiões de maior e menor quantidade de precipitação estimada

¹⁰ P_e corresponde a precipitação estimada. P_e i) estende-se de do Centro ao Sul, ocupando a província de Manica, Sul de Tete, o extremo Nordeste de Cabo Delgado, Gaza, Inhambane e Maputo. P_e ii) cobre o Norte da província de Tete e de Manica, nos distritos de Goru, Tambara, Macossa. Em Sofala, ocupa Gorongosa, Maringue, Chibabava e Machanga. Em cabo Delgado, caracteriza os distritos de Mueda, Muidumbe e Macomia. Ao Sul do Save, caracteriza os distritos de Zavala, Jangamo (Inhambane), Matutine, Namaacha, Manhiça, Marracuene (Maputo). P_e iii) Caracteriza alguns distritos de Sofala, cobrindo a parte Central e Norte desta província. Em Tete, caracteriza o distritos de Mutarara, Tsangano e Angónia. Em Cabo Delgado, ocupa Montepuez, Meluco, Ancuabe, Quissanga, Pemba e Mecufi. P_e iv) estende-se pelas províncias do Norte, ocupando a parte Norte do planalto de Lichinga, Marrupa em Niassa. Em Cabo Delgado, caracteriza os distritos de Balama, Namuno, Chiure. Na província de Nampula, caracteriza os distritos de Erati, Nacaroa, Nacala Velha e toda província da Zambézia. P_e v) esta característica observa-se nas províncias de Nampula e de Niassa.

Nas áreas identificadas estão inclusos os distritos acima descritas. Como foi mostrado na tabela 4, alguns distritos apresentam ausência de precipitação em quase todas as “décadas”. Por exemplo, o distrito de Mabalane teve precipitação muito baixa, inferior a 20 mm durante o período em referência.

As diferenças de distribuição da precipitação que se identificam na figura 8, resultam da influência de factores como: a existência do vale depressionário equatorial, a convergência intertropical, a depressão de origem térmica sobre a África meridional e os anticiclones subtropicais do hemisfério sul. A estes factores aliam-se outros como o relevo, a cobertura vegetal e a densidade rede hidrográficas.

As áreas de maior precipitação estimada tais como as iv) e v) são áreas que estão sob influência da convergência intertropical, que no período referido a sua influência faz-se sentir até ao paralelo 20° Sul. Segundo Ferreira (1965) e Rojas e Amade (1997) a CIT cria nuvens de desenvolvimento vertical que provocam grandes precipitações nas regiões tropicais devido a convergência de massas de ar. Estas áreas coincidem com as maiores elevações de relevo do país, com a maior densidade de rede hidrográfica e a grande cobertura vegetal. Esta combinação de factores cria condições para que a precipitação seja mais abundante nestas áreas pois, o relevo serve de trampolim para ascensão rápida do ar aquecido à superfície; enquanto, as plantas e os rios fornecem o vapor através da sua evapotranspiração, enriquecendo assim o conteúdo de humidade atmosférica.

As áreas cuja precipitação foi muito baixa, nomeadamente i) e ii) encontram-se em áreas onde os factores determinantes são afastamento do mar, a influência dos anticiclones subtropicais (depressões térmicas), a corrente quente do canal e a baixa altitude.

Excluindo a corrente quente do canal de Moçambique, este conjunto de factores contribui para a redução da precipitação uma vez que a localização de um lugar no interior tem pouca ou nenhuma influência das massas de ar húmidas provenientes do oceano como é o caso dos distritos de Mabalane, Magoe e Machaze. Nos distritos abrangidos por estas áreas o relevo é de baixo altitude. Por esta razão a sua influência não é suficiente para anular a acção da continentalidade e permitir a ascensão do ar. Estas áreas encontram-se também sob influência dos anticiclones (depressões térmicas) devido a localização de altas pressões. Estes anticiclones criam condições para a subsidência do ar aquecido e provocam o aumento da temperatura e afastamento das condições de saturação das nuvens porque transportam massas de ar quentes e secas. Por estas razões, dentro destas áreas a faixa dos Libombos, a faixa junto a baía de Inhambane e Xai-Xai são as únicas que normalmente apresentam maior quantidade de precipitação devido a influência da altitude (montes Libombos) e a influência do mar (baía de Inhambane e Xai-Xai). Estas mesmas áreas de precipitação muito baixa localizam-se em zonas onde a densidade em cobertura vegetal (maior parte composta de Savanas herbáceas e arbóreas) e rede de bacias hidrográficas é fraca. Por isso a contribuição em vapor de água para o enriquecimento da humidade na atmosfera desta área é baixo comparativamente as áreas localizadas ao Norte do país.

A ocorrência de baixa precipitação ao longo da costa de Cabo Delgado, Rojas e Amade (1997) relacionam -a com o facto de por vezes haver fraca influência da CIT ao Norte de

Cabo Delgado. Este facto determina a menor presença de nuvens e consequentemente a falta de precipitação nesta área.

As áreas identificadas como as que mais se ressentem da falta de precipitação são consideradas em Rojas e Amade (1997) como áreas de grande probabilidade de risco de seca e também como sendo as mais afectadas pela seca na campanha agrícola de 72/73 e 91/92. Isto significa que estas áreas poderão ter sofrido perdas na campanha agrícola do presente ano dada a fraca precipitação segundo a estimativa.

A comparação dos mapas de distribuição espacial da nuvem fria e o mapa da distribuição da precipitação, revela uma relação directa entre ambas. A área i) em que T_{cod} foi menor, corresponde a área i) de precipitação muito baixa inferior a 80 milímetros. As áreas iv) e v) de T_{cod} maior, correspondem as áreas de precipitação estimada alta e muito alta iv) e v) com quantidade superior a 318 milímetros.

5.3.3. Comparação entre P_e e P_n ¹¹

A precipitação estimada foi comparada com os valores normais de pluviosidade correspondentes as estações aplicadas para o estudo. Em primeiro lugar foi feita a comparação através da diferença entre a precipitação actual e a precipitação normal entre estações e depois foram elaborados mapas que mostram diferenças espaciais desta precipitação.

¹¹ P_n - Corresponde aos valores normais de pluviosidade definidos a partir de estatísticas de 30 anos

Varição da P_e e P_n nas estações

O período em referência foi caracterizado por um défice de precipitação comparativamente aos valores normais (anexo 6).

As estações de Lichinga e Nampula, localizadas na área v) de precipitação muito alta são as únicas em que a precipitação estimada actual esteve acima dos valores normais em algumas “décadas”. As “décadas” em referência são 1, 2 e 3 e, as “décadas” 2, 3 e 4 respectivamente. Por exemplo, a precipitação estimada nestas “décadas” indica ter acumulado 20% de precipitação acima do valor normal em Lichinga. Em Nampula, houve mais de 50% precipitação acima do valor normal nas referidas “décadas”. As estações localizadas nas restantes áreas apresentam uma situação de défice precipitação em quase todas “décadas”.

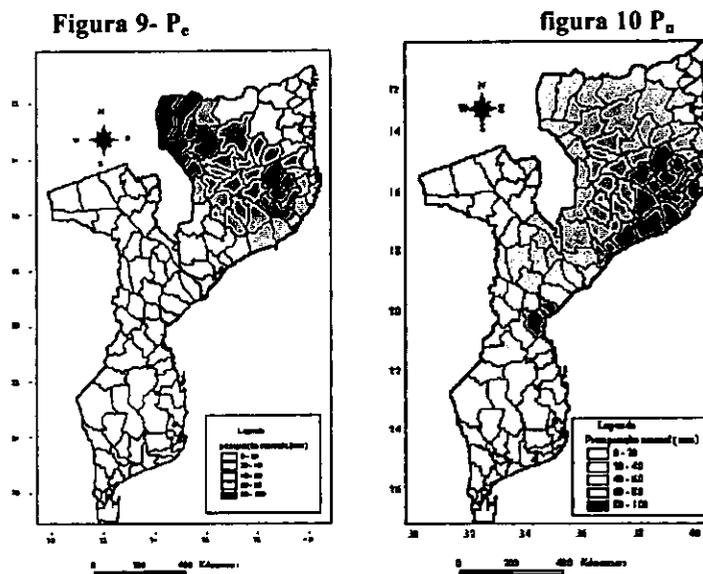
Varição de P_e e P_n no país

A análise comparativa entre a precipitação estimada e a precipitação pluvial normal no país mostra que a houve défice de precipitação no período de referência.

Ao nível dos distritos localizados a Oeste da província de Niassa, a precipitação esteve acima do valor normal cuja quantidade de precipitação oscilou de 80 a 100 milímetro (vide fg's 9 e 10). Os Distritos interiores de Nampula apresentam variação de 80 a 100 mm, a mesma variação indicada pela precipitação pluvial normal desse mesmo período.

Da província da Zambezia ao Sul do Save, com excepção da costa da Zambezia, a precipitação actual estimada indica valores abaixo da precipitação pluvial normal. A este conjunto, incluem-se também os distritos localizados a Nordeste de Cabo Delgado. O

conjunto apresenta grande déficit de precipitação com casos em que a precipitação foi inferior a 80 milímetros (ao Sul do Save e Manica). As figuras abaixo comparam a precipitação estimada com a precipitação normal.



Fonte: INAM, 2002 (adaptado)
 P_e.Precipitação estimada; p_n. precipitação pluvial normal nas estações

A ocorrência de precipitação abaixo do Normal que se verificou pode estar aliada a ocorrência do fenómeno El Niño¹² e uma época ciclónica fraca. Segundo [www.bhnet.com.br/ut/el niño](http://www.bhnet.com.br/ut/el_niño) e Rojas e Amade (1997), o fenómeno El Niño está associado a eventos extremos de precipitação (seca/cheia). No caso da África Austral, Os autores referem que a fase negativa deste fenómeno determina a falta precipitação nesta região. Porém, o impacto final de El Niño depende das condições regionais como a temperatura das águas do oceano. A ocorrência de precipitação baixa aliada a este fenómeno verifica-se quando a diferença de pressão (IOS) é baixa negativa, contribuindo para a seca na África Austral em particularmente Moçambique devido a subsidência do ar.

¹² El Niño é um fenómeno que consiste no enfraquecimento dos ventos alísios e no aquecimento das águas da superfície do oceano pacífico ao longo do equador (Rojas e Amade, 1997).



Durante o período de referência, não foi registada acção ciclónica na costa moçambicana. Os ciclones Hary e Kesiny anunciados durante a segunda metade da época ciclónica¹³ 2002/02 não atingiram a costa. Este facto contribui para que a precipitação actual fosse fraca e muito abaixo do normal. A sua acção contribuiria para o aumento da precipitação em quase toda faixa costeira e particularmente para as províncias do Norte do rio Zambeze durante o período em discussão pois, durante o seu movimento os ciclones transportam massas de ar húmidas e quentes importante para a precipitação (Cunha, (1972); Rojas e Amade, 1997).

A comparação entre os valores de precipitação normal e os valores de precipitação estimada levam a concluir devido a uma época ciclónica fraca, a influência do fenómeno El Niño contribuíram para uma fraca ocorrência de precipitação em Moçambique no período em referência.

¹³ - época ciclónica estende -se de Novembro a Abril (Rojas e Amade, 1997).

6. Conclusão e Recomendações

A interpretação de imagens de satélite através do modelo INAM.RFE para estimar a precipitação demonstrou ser útil para o estudo da distribuição espacial e temporal da precipitação. Este instrumento contribui para o melhoramento de prognósticos em áreas onde a disponibilidade de informação é fraca.

Durante o período de 20 de Janeiro a 20 de Março de 2002, a precipitação foi marcada por uma distribuição irregular. Esta distribuição irregular é evidenciada através dos coeficientes de variação da precipitação que são superiores a 100% em todas estações assim como em distritos seleccionados.

Enquanto as áreas de maior precipitação são as que se localizam em regiões de influência de relevo de grandes altitudes e de grande actividade convectiva (iv e v), As áreas de menor precipitação estão associadas ao efeito dos anticiclones e do afastamento do mar. Estas áreas de menor precipitação apresentam uma rede hidrográfica e uma cobertura vegetal pouco desenvolvida. As áreas abrangidas são i), ii) e iii).

A comparação dos mapas de distribuição espacial da nuvem fria e o mapa da distribuição da precipitação mostra que precipitação esteve concentradas em áreas onde a nuvem fria levou mais tempo.

A comparação de P_e e P_n , mostra que o período de referência apresentou grande défice de precipitação pois, em quase todo país os valores de precipitação estimada foram inferiores a precipitação pluvial normal, com maior destaque para as áreas localizadas ao Sul do rio Save, para as províncias de Manica, Sofala e Nordeste da província de Cabo

Delgado. Este déficit pode ser explicado pela influência do fenómeno El Niño e ausência da acção dos ciclones.

O cálculo da duração da nuvem fria mostrou que durante o período estudado, a mesma permaneceu mais tempo em iv) e v) que são áreas sob influência da altitude, da convergência intertropical, onde a actividade convectiva é maior. As áreas de i) e ii) apresentam menor duração da nuvem fria devido a fraca influência do mar, dos anticiclones (depressões térmicas). Nestas áreas existe também uma cobertura vegetal e rede hidrográfica fraca.

Com a análise da distribuição espacial da duração da nuvem fria, foram identificadas 5 áreas quanto a duração da nuvem fria. A área de muito baixa duração i) cuja nuvem fria permaneceu de 0.2 a 2.2 horas; a área de baixa duração ii) com duração da nuvem fria de 2.2 a 4.4 horas; a área de moderada duração iii) cujo tempo foi de 4.4 a 6.6 horas; a área de alta duração iv) com tempo de 6.6 a 8.8 horas; e a área de muito alta duração v) com o tempo mais longo 8 a 11 horas. Estas áreas mostram que houve mais precipitação ao Norte, comparativamente ao Sul do país.

Quanto a distribuição da intensidade, distinguem-se, também 5 áreas: a área de intensidade de precipitação muito baixa i); a área ii); área iii) área iv) e área v) de intensidade muito alta. As áreas mostram a frequência com que a precipitação ocorreu durante o período de referência ao longo do território nacional.

A distribuição irregular da intensidade da precipitação revelada no processo, indica não ser adequada a aplicação do valor de 3 mm/30 minutos, como valor padrão para a estimativa (valor estabelecido pelo CPC como padrão para a África Sub Sahariana). Por

esta razão é necessário aplicar a interpolação da intensidade de forma a minimizar os erros entre a precipitação pluvial e a precipitação estimada.

Devido a grande variação espacial da intensidade de precipitação, recomenda-se que a realização da estimativa de precipitação deve ser feita através da interpolação dos valores de intensidade de forma a reduzir a margem de erro.

A fraca rede de estações meteorológicas não permite que se obtenham resultados de estimativa de precipitação de melhor qualidade. Por isso, recomenda-se a ampliação da rede de estações meteorológicas por forma a garantir uma cobertura nacional razoável.

Dada a importância de que se revestem as estimativas de precipitação e o facto dos resultados poderem ser aplicados para vários estudos recomenda-se também que se estimule a realização deste tipo de estimativas.

7 Bibliográficas

1. ADEJUWON, Jo, (1996); *An Introduction to the Geography of the Tropic*; Editor Nelson Africa; Nigeria.
2. ALLIX, André, (1960); *Manual de Geografia General Física, Humana y Económica*, Edicions RIALP, s. A; Madrid.
3. AYODE; J.O. (1983); *Introdução A Climatologia Para Os Trópicos*; 3ª EDIÇÃO , Bertrand Brasil S.A; Rio De Janeiro.
4. CALBETE, Nuri O.; CALBETE, Sergio R.; ROZANTE, J. Roberto; LEMOS,C. Fernando; *precipitações Intensas Ocorridas no Período de 1986 a 1996 no Brasil*; Brasil (s.d); ([www. Cpte.inpe.br](http://www.Cpte.inpe.br)).
5. CHOTGUIS, José, (2002); *Guide for Writing a Funding proposal*; Versão em português; Universidade Federal do Paraná; Departamento de economia Rural e Extensão; Curitiba; PR-Brasil, (chotguis@msu.edu); (yahoo.com/educação/ensino-superior).
6. CONRAD, V.; POLLAK, L.W. (1950); *Methods in Climatology*, Second Edition, Editor Harvard University Press; London.
7. CUNHA, F. Reis, (1972); *Meteorologia Geral e Agricola 1ª parte (lições da cadeira de Mesologia e Meteorologia agricola)*; Universidade de Lourenço Marques; Lourenço Marques.
8. FERREIRA, Arlinda; CRUZ M..M. Pereira (1990); *Geografia Física*, 1ª edição , Editora ASA; Lisboa.
9. FERREIRA, H. Amorim, 1965.; *Climatologia Dinâmica da África Meridional*; lisboa.
10. FRÈRE, M. Y Popov, G. F.(1986); *Prognóstico Agrometeorológico del Rendimiento de los Cultivos; Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion*; Roma.
11. GIL, António C. (1996); *Como Elaborar um projecto de Pesquisa*; 3ª edição Editora Atlas; São Paulo.
12. GREGORY, S. (1963); *Statistical Methods and the Geográfies for advanced Study*; Third edition, Editor LONGMAN; London.

13. GRENYEN, Neville (1985); *Investigation Physical Geographu*; London.
14. GRIFFITHS; John F. (1978); *Applied Climatology; An Introduction*; Second Edition, Texas A & M University; Oxford.
15. HERMAN, Alan; Kumar, Vadlamani B.; ARKIN, Phillip A.; KOUSKY, Jamie V.; *Objectively Determined 10 day African Aainfall Estmates Created for Famine Early Warning Systems*, version 1.0(www.fews.net, 2002).
16. INE (1997); *Moçambique em números*; Maputo
17. INE (2000) *Anuário estatístico de Moçambique*, Maputo.
18. KENDREW, W.G (1949); *Climatolog, Treated Mainly in Relation to Distribution in time and Place*; third edition, at the clarendon Press; Oxford.
19. LINACRE, Edwardo, (1992); *Climate Data and Resoureces; A Reference and Guide* ; London and New York.
20. LOISEL, J.; COULOMB, J. (1949).; *La Física de las Nubes*; editora Espasa-Calpe S.A.; Argentina.
21. MCGREGOR, Glenn R.; NIEUWOLT, Simon (1997); *Topical Climatology; An Introduction to the Climates of the Low Latitud*; Second Edition, Editor Jhon Wiley & Sons; New York.
22. MOHAMMEDBERHAN, Nurahmed, (1998); *Satelate Based Rainfall Estimation Over Eritrea; A dissertation submitted in fulfilment of the requirements for the degree of science in Applied and Agricultural Meteorology*; University of Reading, Department of Meteorology; USD.
23. MONKHOUSE, F.J. (1975); *Principles of Physical Geography*; Editor Hodder & Stoughton ; London.
24. MUCHANGOS. Aniceto, (1992); *Geografia Física de Moçambique*; Instituto Superior Pedagógico; Faculdade de Ciências Sociais; Departamento de Geografia; Maputo.
25. OLADIPO, Emanuel, (1997); *World Meteorological Organization/ Office to combat Desertification and Drought (UNSO)- UNDP*; Geneva, 1997.
26. PEEL, Ronald; Chisholm, MICHAEL; Haggett (1975); *Processes in Physical and Human Geography*; London.

27. PHILIPPONNEAU, Michel. (1964); *Geografia e Acção; Introdução à geografia aplicada*; Faculdade de Letras e Ciências Humanas de Rennes; Editora Cosmos; Lisboa.
28. SCOFIELD, Roderick A. (1981); *Analises of Rainfall from Flash Flood Producing Thunderstorms Using Goes Data; Nowcasting: Mesoscale Observations and short-rang prediction*; Editora Esa sp-165; França.
29. STRAHLER, Alan; STRAHLER, Arthur, (1994); *Introducing physical Geography*; Editor John Wiley & Sons, INC; New York.
30. TARBELL, Terry C. (1981); WOLCOTT, stephen W.; WARNER, Thomas T.; *The Intialization of a Mesoscale Weather Prediction Model using Satellite and Precipitation Data; Nowcasting: Mesoscale Observations and short-rang prediction*; Editora Esa sp-165; França.
31. VALADÃO, C. E.de Avila (1998); SANTOS S. Rodrigues; *Precip:Uum Sistema para Realizar Estimativas de Precipitação via Satélite*; PUC-Rio, Departamento de informática; Brasil, 1998; (slan, cat@puc-rio.br); (ww.comp.leeds.ac.ok).
32. VICENTE , Gilberto A.; *estimativa de Precipitação via Satélite sobre a Amazônia em Tempo Real Com Alta Resolução espectral e Temporal*; NASA/Goddard space Flight center (GSFC); USD, (s.d); (vicente@daac.gsfc.nasa.gov); (iba-hydromet.gsfc.nasa.gov).
33. WMO (1970); *Satellite and Computer Applications to Synoptic Meteorology*; Geneva-Switzerland.
34. WMO,(1983); *Guide to Instruments and Methods of Observation*; fifth edition; editor ISBN; Geneva – Switzerland.
35. Zullo, Jurandir Jr. (1996); *Caderno de Informações Georreferenciadas; pré-processamento de imagens*; Volume 1-Nº 1- Artigo 7; pesquisador, cepagri/UNICAMP-cidade Universidade Zeferino Vaz; Brasil, 1996 (jurandir@cpa.unicamp.br).

Anexo

Anexo 1

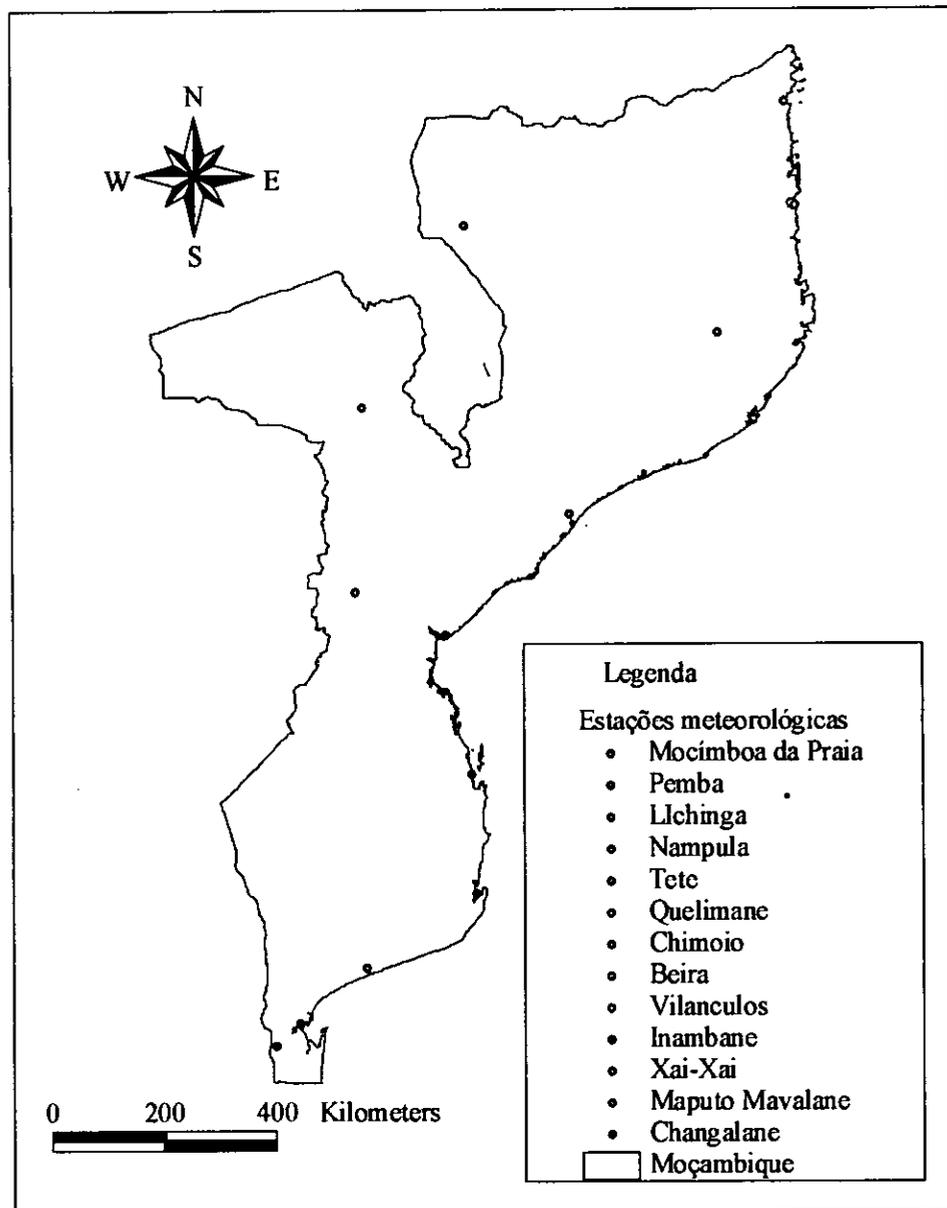
Tabela1 precipitação Registrada nas estações
Período de 20 de Janeiro a 20 de Março de 2002

Nº E	67205	67215	67217	67237	67261	67283	67295	67297	67315	67323	67335	67341	67346
Data													
20.1.02	0	0.1	0	0.5	26	28.4	0	1.5	0	0	0	0	0
21.1.02	0	0	0	0	16.5	7.4	0	0	0	0	0	0	0
22.1.02	0	0	93.9	8.4	0.8	1.2	0	0	0	0	0	0	0
23.1.02	0	39.5	0	10.6	0	10.2	0	0	0	0	0	0	0
24.1.02	0	12.3	0.8	0	0	0	3.5	0	0	0.6	13.1	1.1	3.3
25.1.02	0	0	0	0	0	2.4	0	3.8	0	11.6	1	53.5	5.3
26.1.02	0	0	0	1.8	0.2	9.8	0	2.8	0.9	5.6	0	0	1.8
27.1.02	0	0	0	0	0	0	0	24.6	0	0	0	0	0
28.1.02	8.3	0.1	15.8	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
29.1.02	0	0	21.4	10.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8
30.1.02	0	4.6	11.6	0	0	19.9	0	0	0	0	3.4	0	60.3
31.1.02	0	48.8	28.2	4	3.4	5	0	0	0	0	21.7	32	25.5
1.2.02	0	16.4	0	4.9	30.5	0	0	0	0	9.7	0	0	0
2.2.02	0	0	82.2	17.8	4	59.8	32.2	0	0	0	0	0	0
3.2.02	0	0	0	7.2	4.4	43.2	0	40.8	0	0	0	0	0
4.2.02	0	0	0	0	0	30.6	0	0.1	0	0	0	0	0
5.2.02	0	0	0	22.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.2.02	0	0	0.8	4.6	0	0	0	0	0	0	4.6	1.4	0.7
7.2.02	0	0	4.7	65.2	0	5.6	0	13.2	0	2.2	12.8	0	1.9
8.2.02	0	0	0	0	0	23.1	0	9.5	3.8	28.5	0	0.3	0
9.2.02	0	0.2	26.8	0	0	11.7	0	0	0	0	5	0	0
10.2.02	0	0	55.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.2.02	0	0	1.8	3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.2.02	0	39.1	0	26.7	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0
13.2.02	4	5.2	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.2.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.2.02	0	1.2	0.4	3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.2.02	1	0	8.4	30.1	0	9.9	0	0.1	0	11.2	0	0.1	0
17.2.02	0	0	9.8	0.8	1.6	8.8	0	103.2	4.3	0	0.3	3.6	0
18.2.02	0	17.2	15.7	39.3	0	34.8	1.8	0	0	0	0	0.5	0
19.2.02	0	7.4	88.8	19.9	0	0	0	7.4	0	11	0	0	0
20.2.02	0	41.2	0.3	0.1	0	0	0	1.5	0	0.1	0	0	0
21.2.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.2.02	0	0	1.5	22.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.2.02	0	0	0	66.9	0	1.3	0	0	0	1.5	0	0	0
24.2.02	0	0	7.2	13.6	0	2.8	0	0	0	0	0	0	0
25.2.02	0	0	4.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.2.02	0	8.9	0	21.1	0	10.7	0	0	0	0	0	0	0
27.2.02	4.6	2.3	19.6	1.1	0	9.9	0	0	0	0	0	0	0
28.2.02	0	0	0.1	1.7	0	6.5	0	0	0	0	0	0.4	5.4
1.3.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3.02	3.9	9.2	0	7.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3.02	0	0	0	0	0	7.7	0	0	0	0.9	0	4.4	0

Tabela 1 Precipitação registrada - continuação

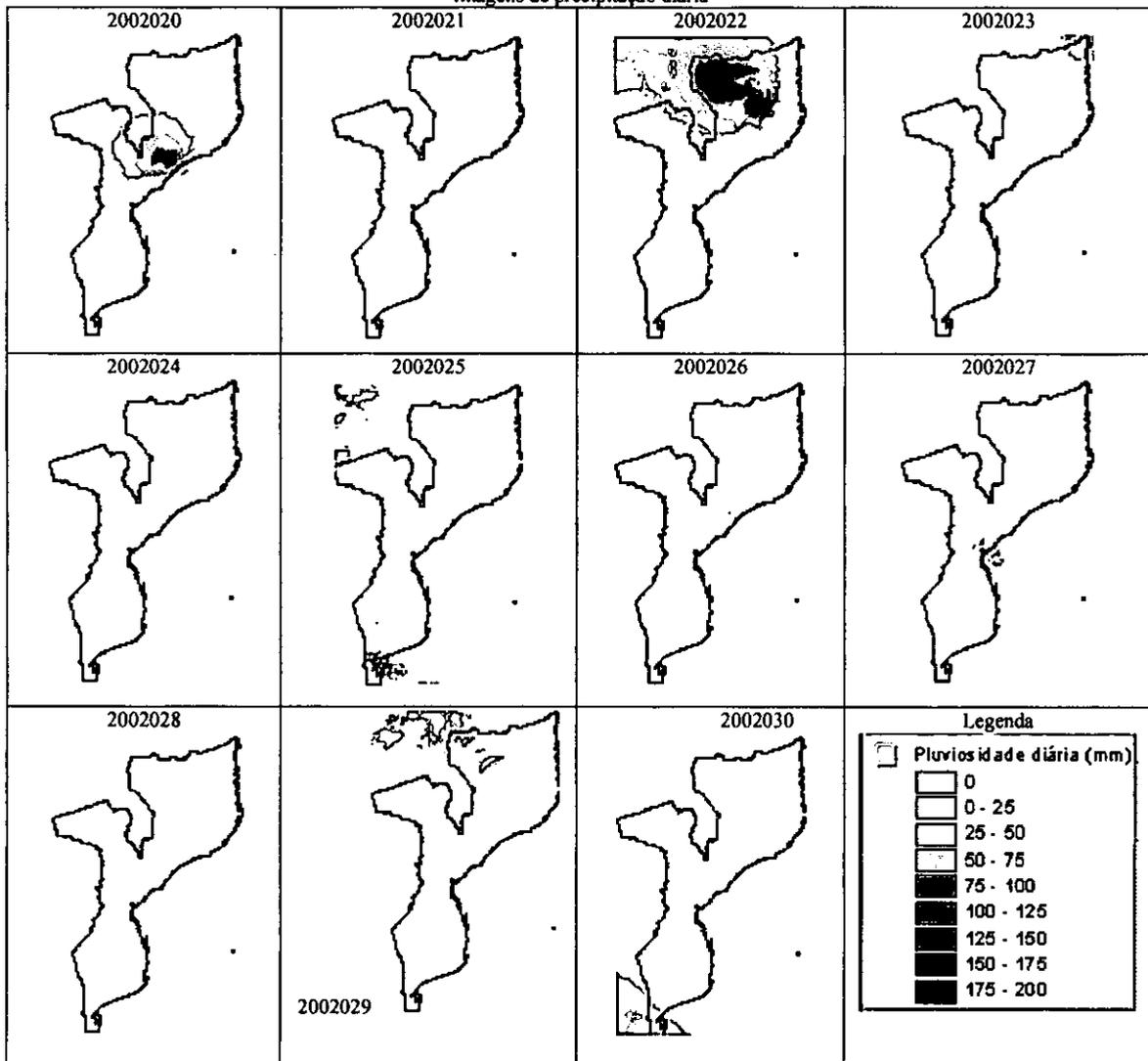
Nº E	67205	67215	67217	67237	67261	67283	67295	67297	67315	67323	67335	67341	67346
Data													
4.3.02	0	0	3	6.6	0	1.6	0	0	0	1.2	1.8	0.4	0
5.3.02	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.1	0
6.3.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.3.02	0	0	14.8	0.5	0	0	0	0	0	0	26.2	0.5	0
8.3.02	0	0	32.2	0.4	0.1	0.4	0	7.6	27.8	2.3	0	0	0
9.3.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.3.02	0	0	0	0.2	0	12.8	0	0.9	2.6	1.9	0	0	0
11.3.02	0	0	0	0	0	3.3	0	0	0.1	0	0	0	0
12.3.02	0	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.3.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.3.02	4.6	6.3	8.3	0	0	0	0	16.4	0	0	0	0	0
15.3.02	0	1	21	19.8	0	2.9	0	14.1	17.8	0.7	0	0	0
16.3.02	0	0	0	95.1	0	1.4	0	43.1	30.4	2.8	0	0	0
17.3.02	0	1	7	0	0	0.4	3.5	0	56.6	0	0	0	0
18.3.02	0	0	0.3	0	0	0.3	0	0.8	0	0	0	0	0
19.3.02	12.1	29.7	0.8	2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.3.02	0	0	1.7	0	0	1.2	0	2.6	0	0	0	0	0

Anexo 2
Principais estações sinópticas de
Moçambique



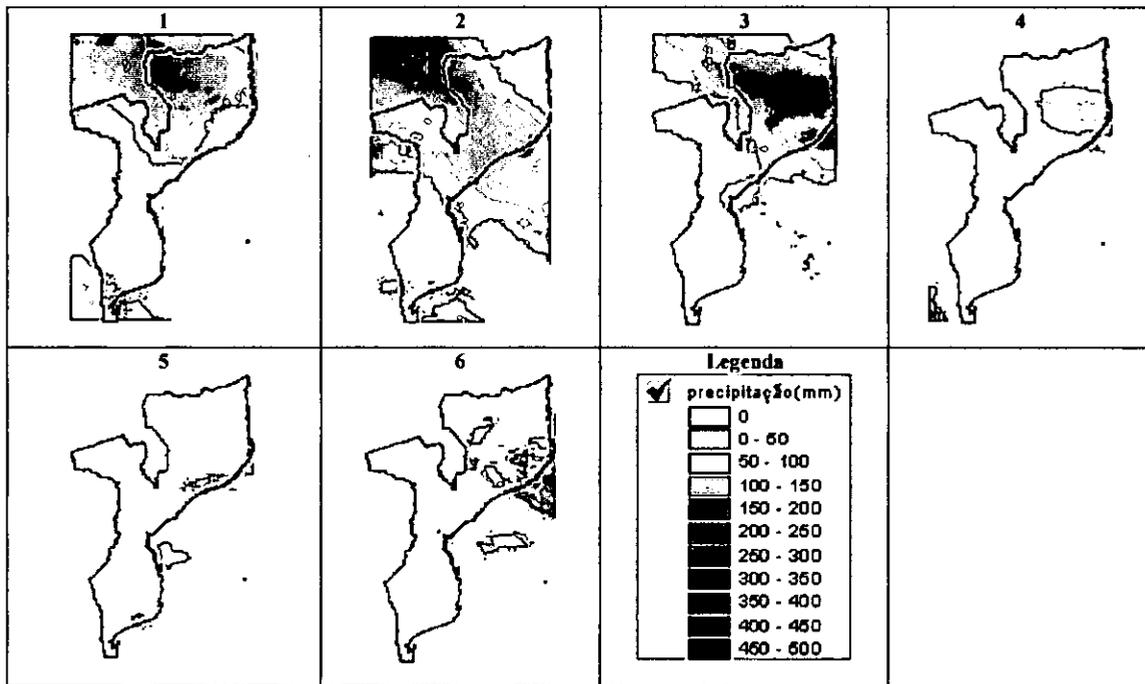
Anexo 3
Distribuição espacial da precipitação estimada

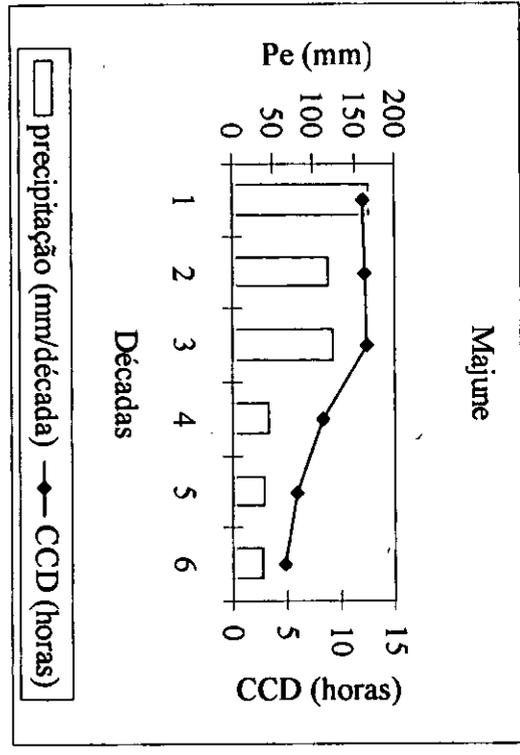
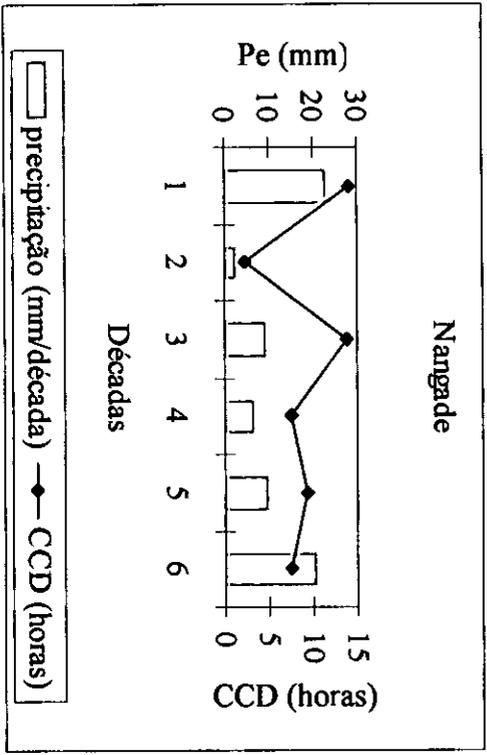
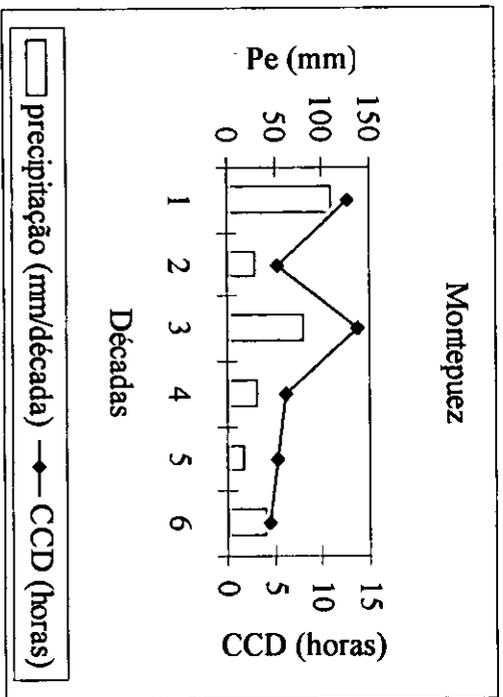
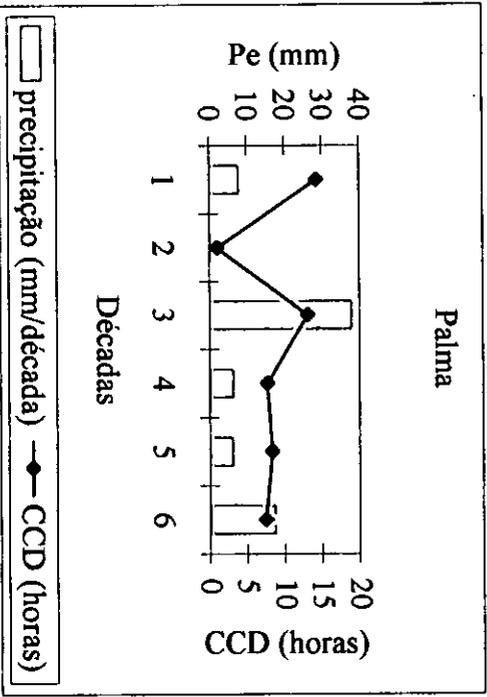
Imagens de precipitação diária

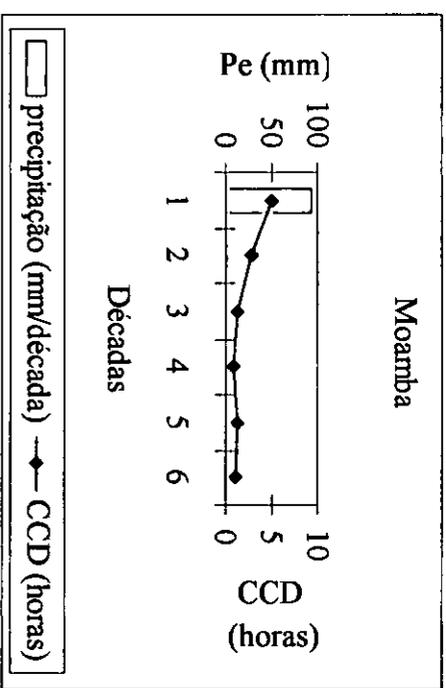
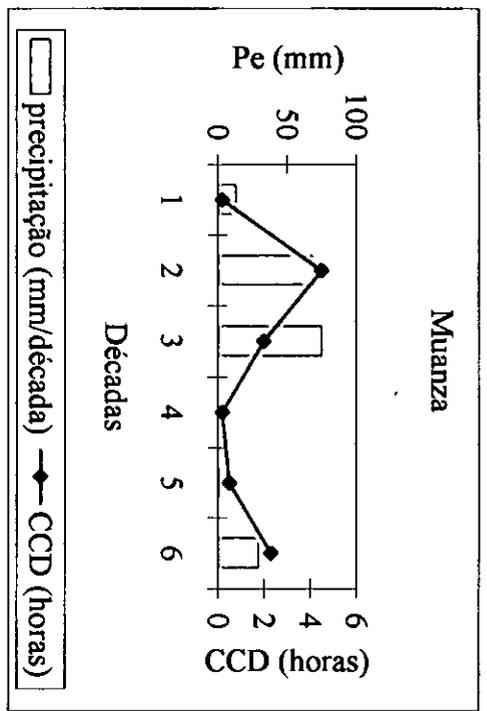
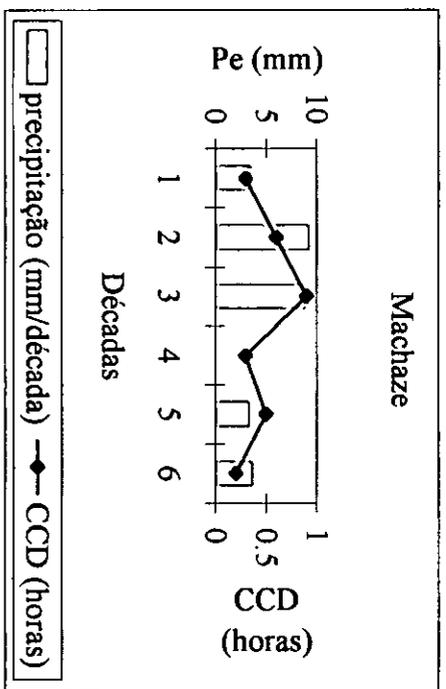
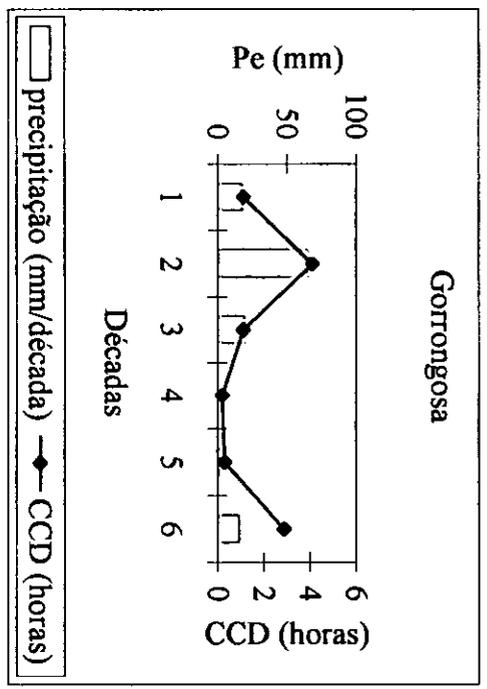


Distribuição precipitação diária do dia 20 de Janeiro a 31 de Janeiro

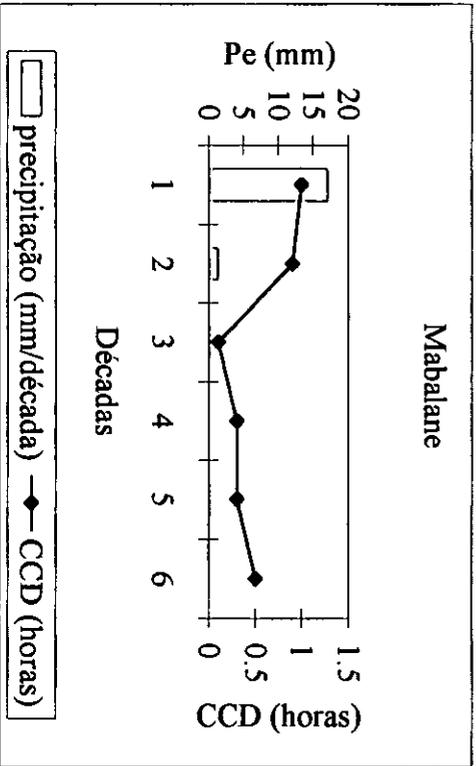
Anexo - 4
Distribuição da precipitação acumulada por "décadas"







Anexo-5 -
Gráficos de variação da precipitação com o CCD - continuação



Anexo 6

Quadro 1- comparação entre a P_e e P_n

Áreas	Nomes	Estimado	Normal	$\Delta P_e P_n$	Áreas	Nomes	Estimado	Normal	$\Delta P_e P_n$
A	Nampula	39.3	123.3	-84	C	Tete	46	51.8	-5.8
		117.9	81.4	36.5			38	70.8	-32.8
		108	84.5	23.5			2	70.4	-68.4
		125.3	64.3	61			4.8	42.6	-37.8
		15	98.5	-83.5			1.6	29.9	-28.3
		126.5	75.6	50.9			0.3	23.1	-22.8
			0					0	
	Lichinga	170.3	98.5	71.8		Changalane	88	66.1	21.9
		163.2	91.7	71.5			2.9	52.5	-49.6
		125.6	77.3	48.3			0.5	45.5	-45
		35.3	68.3	-33			0	26.2	-26.2
		47.6	46.4	1.2			0.8	30.8	-30
38.4		68.4	-30	0	34.6		-34.6		
		0				0			
B	Quelimane	73.3	98.2	-24.9	Maputo	111.8	66.1	45.7	
		135.8	83.4	52.4		1.8	52.5	-50.7	
		59.9	76.8	-16.9		3.3	45.5	-42.2	
		13.6	98.2	-84.6		0	26.2	-26.2	
		4.7	33.2	-28.5		2	30.8	-28.8	
		5.9	98.1	-92.2		0	34.6	-34.6	
		0				0			
C	Pemba	104.9	44.7	60.2	Chimoio	0	71.2	-71.2	
		16.5	52.2	-35.7		65.8	86.1	-20.3	
		73.8	59.6	14.2		2.8	61.9	-59.1	
		11.7	45	-33.3		0	57.7	-57.7	
		9.7	64.3	-54.6		0.2	25.5	-25.3	
		44.9	64	-19.1		6.4	61.3	-54.9	
			0				0		
	Beira	31.4	121.5	-90.1	Vilanculos	0	49.6	-49.6	
		63.1	98.2	-35.1		6.4	68.3	-61.9	
		102.1	59.3	42.8		0	35.8	-35.8	
		0	71.9	-71.9		0	35.8	-35.8	
		7.8	95.2	-87.4		27.7	18	9.7	
49.9		91.1	-41.2	0.1		50.1	-50		
		0				0			
				Inhambane	5.6	52	-46.4		
					37.2	34.7	2.5		
					4.3	26.9	-22.6		
					0	34.7	-34.7		
					3.1	82.4	-79.3		
					0	37.6	-37.6		
						0			

Tabela Pe e Pn- continuação

Áreas	Nomes	Estimado	Normal		Áreas	Nomes	Estimado	Normal	$P_e - P_n$		
					E	Xai-Xai	35.7	34.5	1.2		
									18	76.3	-58.3
									0.2	24.8	-24.6
									0	30.8	-30.8
									27.1	38	-10.9
									0	32.5	-32.5

Fonte: INAM(2002)

A tabela mostra valores de precipitação estimada acumulada por "década" do período estudado. Estes valores são comparados com os valores normais calculados através de observações de 30 anos.

Para estação de Mocimboa da praia não houve informação

ANEXO 6: MODELO INAM.RFE

Principais etapas para a estimativa de precipitação

Introdução

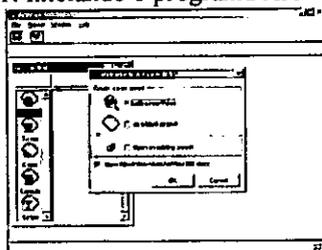
O modelo está instalado dentro do pacote de GIS ArcView (ESRI / Av_GIS30/ ArcView/extensão 32) como uma das extensões do GIS.

As imagens de satélite deverão estar gravadas em directório próprio (exemplo: d:\ tif image)

1 – A fim de chamar as imagens de satélite

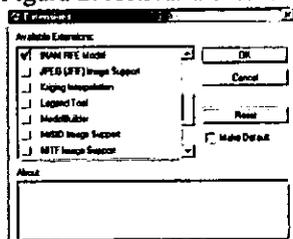
- a) Active o programa Arcview GIS;
- b) clique o icon ArcView para cria um projecto novo.

Figura 1: Iniciando o programa Arc view GIS



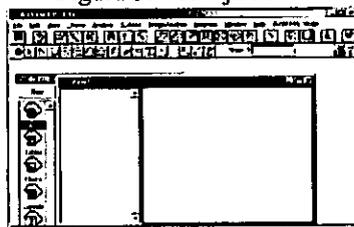
c) Active a extensão INAM.RFE Model

Figura 2: Activar a extensão



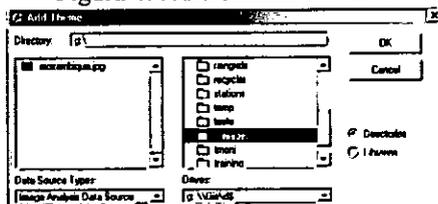
Como se trata de um novo projecto, a nova vista representada neste caso pela view 2, aparece automaticamente quando responde a pergunta "novo projecto?". Em ocasiões seguintes, esta aparece fazendo a adição da nova vista (view) através do new (fig.3).

Figura 3: View já aberta



d) clique  para chamar as 48 imagens que se encontram no directório.

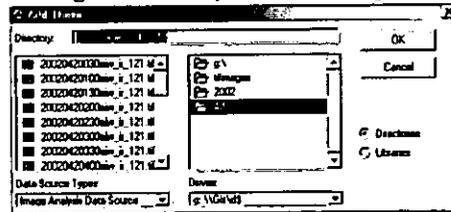
Figura 4: Adicionando um tema



No directório estão 48 imagens do dia. Estas imagens de satélite são depois analisadas através do GIS. É importante que no painel "data source types" se escolha "image analysis data source" para obter as imagens do tipo Tiff (figura 5). Feita esta escolha todas as imagens destinadas serão visíveis.

e) Seleccione todas imagens através do mouse destacando-as e depois clique "Ok".

Figura 5: Seleção das 48 imagens



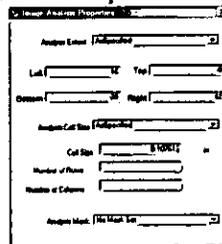
Assim estão chamadas as 48 imagem de um dia.

2 – A fim de calcular a duração da nuvem fria é necessário proceder a rectificar as imagens.

a) Lance as coordenadas referentes a área de estudo.

As coordenadas são lançadas no menu principal, utilizando o “image analysis”. A partir deste ponto abre-se o painel de propriedades da imagem. Nos espaços em branco preencha as coordenadas referentes a área desejada e o tamanho das células. (fig.6).

Figura 6: Delimitação da área de estudo



b) Rectifique as imagem satélite.

A rectificação da imagem consiste em transformar as coordenadas das imagens da projecção Meteosat para a projecção geográfica. É um procedimento feito a partir do modelo, activando-o e seleccionando a função “rectify meteosat image” (fig.7).

Figura 7: Rectificação de imagem

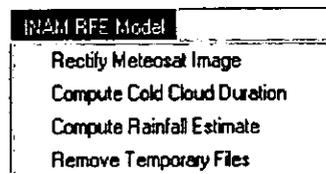
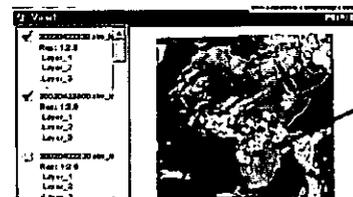


Figura 8: A imagem rectificada



A rectificação da imagem é automática.

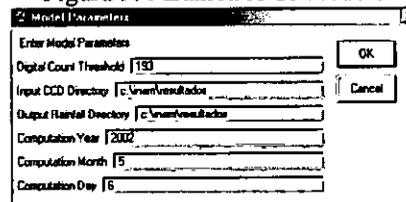
c) calcule a duração da nuvem fria.

Active o modelo e seleccione a função “compute cold cloud duration”; aplique a temperatura mínima de 235° k para proceder a selecção de nuvens capazes de gerar precipitação (Fig.10);

Na janela que se segue indique a data da imagem (fig.9)

Neste painel está identificado o “threshold” dos “digital count” definido em 193, clique “OK” (Fig.9). O “threshold” corresponde ao nível a partir do qual seleccionam-se as nuvens mais densas.

Figura 9: Parâmetros do modelo



Os “digitais Count” constituem um “input” para que se produzam as grelhas de CCD e o índice de precipitação em milímetros. A transformação dos “counts digitais” em horas de chuva é feito através do

processo de análise espacial das imagens na qual são seleccionadas as imagens que apresentam o "threshold" maior que 193 ou a temperatura menor que 235°K. Depois deste preenchimento da data o modelo informa a situação encontrada nas imagens. Neste caso, indica que o número de imagens avaliadas é inferior a 48 para este dia (Fig.10).

Figura 10: Informação sobre as imagens



Esta informação indica que no processo do cálculo da nuvem fria deve ser aplicado um coeficiente de ajustamento das horas de duração pois, as imagens encontradas não correspondem a 24 horas. Isto é: $N^{\circ} h = (48/42) * x$.

Onde $N^{\circ} h$ representa a duração da nuvem fria nesse dia

x é o valor em cada célula;

48 são as imagens correspondentes a um dia;

42 número de imagens seleccionadas

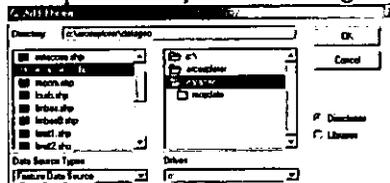
A figura 11 é a imagem resultado do cálculo da duração da nuvem fria (CCD/hora), em resposta à etapa mostrada pela figura 10. Esta figura 11 representa a conversão dos dados da imagem satélite (manchas de nuvens), em horas de chuva numa região. Por exemplo pode observar-se que nas partes mais claras, as nuvens permaneceram apenas 0 a 2.5 horas.

Figura 11: Nuvem fria em horas



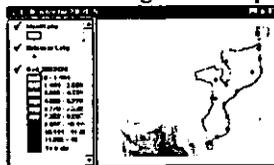
Depois de calculada a duração da nuvem fria, adicionam-se os mapas das estações meteorológicas e de Moçambique. A figura 12, mostra o processo de selecção do "shapefile" das estações e do mapa de Moçambique, através do Add.Theme.

Figura 12: Adição de mapas de estações meteorológicas e de Moçambique



A figura 13 mostra as estações e o mapa de Moçambique já inseridos na "view" que contém a grelhas de CCD (duração de nuvem fria), anteriormente calculado. O mapa de Moçambique e as estações são necessárias porque dão acesso a tabela que contém nomes, coordenadas dos pontos e dados de precipitação registada. Em conjunto com a grelha de CCD servem de inputs fundamentais para produzir a grelha de precipitação estimada.

Figura 13: Estações meteorológicas e mapa de Moçambique



3 – Estimativa da precipitação

a) seleccione no menu do modelo (fig.7), a opção "kriging interpolating".

Com esta função faça a interpolação dos dados de precipitação registada nas diferentes estações para produzir a grelha de intensidade.

b) indique o dia e o tipo de interpolação. active a opção superficies e confirme através de "ok"

especifique que os outputs são o mapa de Moçambique e a grelha de CCD, respectivamente e confirme com "Ok" para execução da operação.

Figura 14: Selecção da data

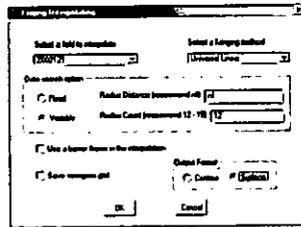


Figura 15: Especificação das grelhas

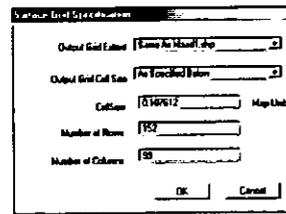
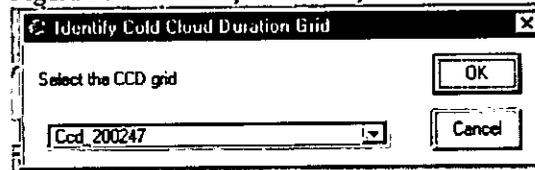
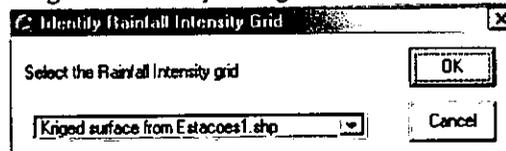


Figura 16: Identificação da duração da nuvem fria



c) seleccione a grelha da intensidade da precipitação (fig. 17).

Figura 17: Selecção da grelha de intensidade

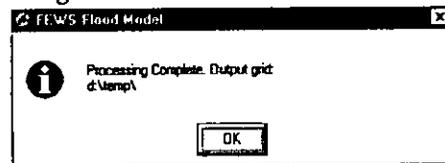


A imagem de precipitação é resultante da seguinte operação:

$p(\text{mm}) = \text{int}(\text{mm/h}) * \text{CCD}(\text{h})$, onde:

Int: intensidade; e ela resulta da P(mm) registada/CCD duração da nuvem fria.

Figura 18: Processamento concluído



A figura 19 mostra o resultado da estimativa feita.

Figura 19: Imagem de precipitação estimada

