

Artigo

## Variabilidade Espacial e Intranual das Chuvas na Região Sul de Moçambique, África Austral

Dionísio Inocência Uele<sup>1</sup>, Gustavo Bastos Lyra<sup>2</sup>, José Francisco de Oliveira Júnior<sup>3</sup><sup>1</sup>*Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Lúrio, Sanga, Niassa, Moçambique.*<sup>2</sup>*Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brasil.*<sup>3</sup>*Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.*

Recebido em 22 de Setembro de 2016 – Aceito em 17 de Abril de 2017

### Resumo

Estudos sobre a climatologia das chuvas na região Sul de Moçambique (RSM) são essenciais para o planejamento de diversas atividades humanas, com destaque para agricultura. Assim, o diagnóstico das tendências sazonais e mensais das chuvas é necessário, principalmente por se tratar de uma região com irregular distribuição espaço-temporal das chuvas. A variação da chuva mensal e sazonal na RSM foi analisada com base em séries climáticas de 45 anos (1960-2004). Aplicou-se na identificação de regiões com chuvas mensais homogêneas a análise de agrupamento (método de Ward). Com base na análise de agrupamento identificaram-se três grupos de estações com chuvas mensais homogêneas ( $G_1$ ,  $G_2$  e  $G_3$ ) e outras três estações que não foram agrupadas ( $ND_g$ ). As chuvas apresentaram gradiente espacial negativo na direção de  $G_1$  para  $G_3$  (nordeste-sudoeste), e totais entre os maiores nas estações do  $ND_g$  (próximas ao litoral). O período chuvoso mostrou padrão similar, com maior comprimento nas estações do  $G_1$  e  $ND_g$  e, menor nas estações do  $G_3$ . As variabilidades sazonais e mensais das chuvas na RSM são condicionadas pelos Ciclones Tropicais, Sistemas Frontais, e a influência da Corrente Quente do Canal de Moçambique, enquanto as variabilidades espaciais são, principalmente, definidas pela Zona de Convergência Intertropical.

**Palavras-chave:** sistemas meteorológicos, regiões homogêneas, período seco e chuvoso, análise de agrupamento, planejamento agrícola.

## Spatial and Intrannual Variability of Rainfall in South Region of the Mozambique, Southern Africa

### Abstract

Studies on the climatology of rainfall in the South Region of Mozambique (SRM) are essential for the planning of human activities, with emphasis on agriculture. Therefore, the diagnosis of seasonal and monthly trends in rainfall is necessary, mainly because it is a region with an irregular spatial-temporal distribution of rainfall. The variation of the monthly and seasonal rainfall in SRM was analyzed based on long-term rainfall series (45 years, 1960-2004). The cluster analysis (Ward's method) was applied to identify regions with homogeneous monthly rainfall. Based on the cluster analysis, three groups of stations with homogeneous monthly rainfall ( $G_1$ ,  $G_2$ , and  $G_3$ ) and three stations that were not grouped ( $ND_g$ ) were identified. Rainfall showed a negative gradient toward  $G_1$  to  $G_3$  (northeast - southwest), and total among the largest in  $ND_g$  stations (near to coast). The rainy season pattern was similar, with greater length in the seasons of the  $G_1$  and  $ND_g$ , smaller in  $G_3$ . The seasonal and monthly variability of rainfall in SRM is conditioned by Tropical Cyclones, Frontal Systems and warm Current of the Mozambique Channel, while the spatial variability is mainly conditioned by the Intertropical Convergence Zone.

**Keywords:** meteorological systems, homogeneous regions, dry and rainy season, cluster analysis, agricultural planning.

## 1. Introdução

Nos Trópicos, o período chuvoso é caracterizado pela maior intensidade e frequência de ocorrência das chuvas em relação ao período seco, no qual são frequentes estiagens de duração variável (Moraes *et al.*, 2005). Além da variabilidade intranual (mensal e sazonal), a variabilidade climática (interanual e decadal) induz a eventos extremos relacionados à chuva, como por exemplo, inundações, enchentes, secas ou tempestades tropicais (Reason, 2007; Taye *et al.*, 2013; Lyra *et al.*, 2014). Essas variabilidades são preocupantes para as populações e economias dos países da África, particularmente quando parte significativa das atividades humanas na região é vulnerável às alterações do clima (Schowenaars, 1988; Fauchereau *et al.*, 2003; Reason, 2007; Matyas e Silva, 2013).

As prováveis mudanças climáticas esperadas para África Oriental também podem impactar profundamente as populações e economias dessa região. As principais mudanças climáticas esperadas para a África Oriental são relacionadas a alterações na frequência, intensidade e previsibilidade das chuvas e temperatura do ar (Fauchereau *et al.*, 2003; Harrison *et al.*, 2011). Mudanças na distribuição da chuva regional, em última análise, afetam a disponibilidade de água e podem levar à diminuição da produção agrícola e, assim, escassez generalizada de alimentos, principalmente, nos cultivos de subsistência (Michael, 2006).

Nesses cenários, caracterizados pela grande variabilidade das chuvas, é necessário identificar seus padrões temporal (intranual - sazonal e mensal, interanual e decadal) e espacial (regional e grande escala) e os sistemas e, ou fatores fisiográficos (relevo, continentalidade/oceanidade) que os induzem para, assim, subsidiar as atividades humanas (Fauchereau *et al.*, 2003; Lyra *et al.*, 2014), como por exemplo, nas áreas agrícola, florestal e políticas públicas (Schowenaars, 1988; Harrison *et al.*, 2011).

Em Moçambique, a economia é baseada principalmente na agricultura, sendo os cultivos agrícolas no País conduzidos na sua maioria em regime de sequeiro. Assim, a atividade agrícola fica dependente, principalmente, da disponibilidade e distribuição das chuvas ao longo do ciclo vegetativo das culturas. Nessas condições, a ocorrência de secas ou déficit de chuva resulta em perdas consideráveis das safras no País. O excesso da água é também um problema que impacta negativamente a produção agrícola de Moçambique (Reason, 2007; Matyas e Silva, 2013).

Os sistemas meteorológicos determinantes dos totais e padrões das chuvas em Moçambique incluem a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); Altas Subtropicais do Atlântico Sul e Índico; a circulação de Monções, que no verão (inverno) Austral é caracterizada pela formação de um centro de Baixa Pressão (Alta Pressão) termicamente induzido sobre a África Austral, enquanto sobre o oceano Índico se observa um centro de Alta Pressão (Baixa Pressão); Sistemas Frontais (SF); Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), associados às baixas pressões provenientes

do oeste do oceano Índico; Corrente Quente Moçambique-Agulhas (CQMA); Baixas Costeiras (BC) e os Ciclones Tropicais do Canal de Moçambique (CTCM) (Rojas e Amade, 1996; Lobo, 1999; Reason, 2007; Matyas e Silva, 2013; Uele, 2013).

Na Região Sul de Moçambique (RSM), observam-se totais mensais de chuva em torno de 50 a 150 mm, sendo esses valores influenciados pela grande variabilidade interanual das chuvas (Barca e Santos, 1995). Os maiores totais ocorrem entre os meses do verão Austral (dezembro a fevereiro), principalmente, no litoral (em torno de 850 - 1000 mm anual) e diminuem em direção ao continente (aproximadamente 550 mm anual) (Schowenaars, 1988; Reason, 2007). As chuvas intensas ao longo da costa leste e interior adjacente da região sul da África estão associadas à passagem dos CTCM, originados de dois tipos de Zonas de Convergência localizadas no sudeste do Oceano Índico, nomeadamente: (i) Zona de Convergência do Norte do Canal de Moçambique (ZCCM), que passa pelas ilhas Comores e (ii) Zona de Convergência do Nordeste de Madagascar (ZCNM), atuante sobre oceano Índico, na região onde se situam as ilhas Mascarenhas, Almirantes, Seychelles e Agalega (Lobo, 1999).

Os ciclones tropicais atingem ocasionalmente as regiões costeiras de Moçambique e sul-africana, e induzem eventos extremos de chuva e, conseqüentemente enchentes em Moçambique, ao norte da África do Sul e no Zimbabué (Reason, 2007; Davis, 2011; Matyas e Silva, 2013). O período com maior atividade ciclônica estende-se de novembro até abril. Cerca de três a cinco ciclones se formam no Canal de Moçambique por ano e duram em média de seis dias a uma semana, às vezes até um mês, desde a sua formação até a dissipação (Reason, 2007). Para a agricultura, dependendo da sua intensidade, os ciclones podem ser favoráveis por proporcionar chuvas, ou desfavoráveis, por provocar enchentes e destruições. Estes sistemas meteorológicos de grande escala variam consideravelmente em cada ano, por vezes resultam em cenários de secas ou enchentes que depende da localização do seu centro e bordas (Rojas e Amade, 1996; Reason, 2007; Matyas e Silva, 2013).

O litoral da RSM é influenciado pela CQMA e pelos SFs. A CQMA, no seu movimento para sul, escoar água quente e ar úmido da zona equatorial, que produz clima quente e úmido e, conseqüentemente condiciona o aumento das chuvas. Os SFs são responsáveis pela maior parte das chuvas que ocorrem no verão na RSM, sobretudo na região litorânea. Elas condicionam a existência da segunda época agrícola na região litorânea. A duração dos SFs, geralmente, é de três a cinco dias, sendo mais frequentes no inverno, contudo devido a menor convecção tropical nessa estação, resultam em menores totais de chuva em relação ao verão (Rojas e Amade, 1996; Uele, 2008).

A maior parte dos estudos sobre o regime de chuvas em Moçambique é baseada em dados mensais e anuais,

principalmente na região em estudo. Ressalta-se a carência de estudos sobre a variabilidade intra e intrannual e características dos regimes da chuva na RSM. Principalmente, estudos relacionados aos padrões espaço-temporal das chuvas e sua relação com os sistemas meteorológicos que as condicionam.

O objetivo principal do presente estudo foi avaliar a variabilidade espacial e intrannual (mensal e sazonal) das chuvas relacionada a influência dos sistemas meteorológicos atuantes na região da África Austral, com enfoque para o sul de Moçambique. Como objetivos específicos, o trabalho buscou: i) Identificar os meses e regiões com precipitações mensais homogêneas; ii) Caracterizar a sazonalidade (período seco e chuvoso) nessas regiões; iii) Relacionar os principais sistemas meteorológicos e, ou fatores fisiográficos que condicionam os padrão intranuais e espaciais da chuva na região sul de Moçambique.

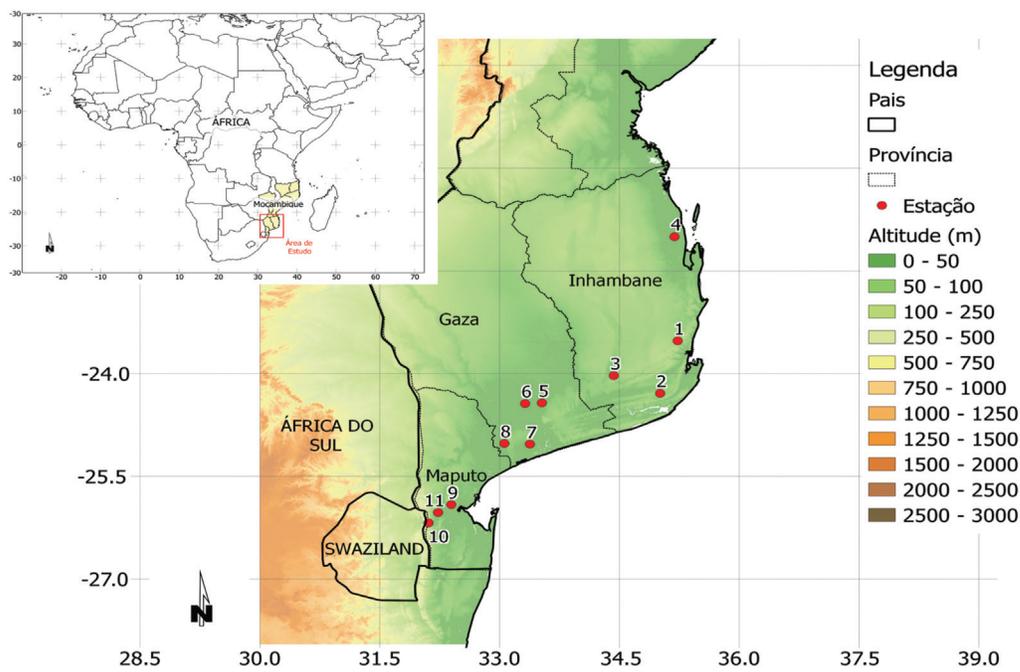
## 2. Material e Métodos

### 2.1. Caracterização da área de estudo

A RSM, também denominada de Moçambique Meridional, situa-se entre os paralelos  $21^{\circ} 05' S$  e  $26^{\circ} 52' S$  e os meridianos  $31^{\circ} 20'$  e  $35^{\circ} 20' E$  (Fig. 1), ao sul do rio Save. Na parte norte (N) faz divisa com as províncias de Manica e Sofala. Na parte sul (S) pela África do Sul, a este (E) faz divisa natural com as águas quentes do oceano Índico e a oeste (W) encontram-se o Zimbabué, África do Sul e o Reino da Suazilândia (Muchangos, 1999; Uele, 2013).

A RSM possui superfície de cerca  $170.682 \text{ km}^2$ , sendo 21% da sua superfície total, na orientação N-S. Estende-se por mais de  $5^{\circ}$  de latitude e é atravessada pelo Trópico de Capricórnio, nas proximidades do paralelo  $23^{\circ}27' S$ . Esta região possui largura máxima de 300 km e mínima de 50 km. O Sul de Moçambique estende-se do rio Save à Ponta de Ouro e engloba as províncias de Maputo, Gaza e Inhambane (Pililão, 1987; Anuário Estatístico, 2006).

Em Moçambique, o clima Tropical é caracterizado por temperaturas do ar elevadas, em média  $20^{\circ} C$ , e com amplitude que não ultrapassa os  $10^{\circ} C$ . Na região do Planalto Noroeste, as temperaturas do ar anual variam entre  $18^{\circ}$  e  $20^{\circ} C$ , em função das maiores altitudes, enquanto na região central do rio Zambezi, Norte, Litoral Centro e Sul (na bacia do Limpopo), que coincidem em parte com as baixadas litorâneas e terras baixas, observam-se as maiores temperaturas anuais ( $24 - 26^{\circ} C$ ) (Micoa, 2007). Os verões são quentes e úmidos e os invernos costumam registrar menores temperaturas e diminuição dos totais de chuvas. Os tipos climáticos são determinados pela localização da ZCIT, das Altas Subtropicais, principalmente do oceano Índico, circulação de Monções e dos SFs. O litoral moçambicano sofre influências da CQMA e dos correspondentes ventos dominantes marítimos de leste. O clima da RSM é do tipo tropical (seco ou úmido) ou, no caso do interior, semiárido, com dois períodos característicos: um período chuvoso e quente, durante o verão (outubro a março) e, outro seco e ameno, que ocorre no inverno (abril a setembro) (Barca e Santos, 1995).



**Figura 1** - Localização das províncias com a respectiva altitude (m) que constituem a região Sul de Moçambique e as estações meteorológicas usadas nas análises.

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, 80% da área do País é classificada como zona de clima tropical de savana (“Aw”) e 15% de clima subúmido. As zonas áridas e úmidas são constituídas, respectivamente, por 2 e 3% da área total de Moçambique (Cambula, 2005). O clima tropical úmido de savana (“Aw” - Maputo) tem período úmido mais prolongado do que o período seco. Clima tropical seco de deserto (“Bw” - Oeste de Pafuri em Gaza) e tropical seco de estepe (“Bs” - Leste de Gaza e Oeste de Inhambane). O total de chuvas do período chuvoso é normalmente inferior a 1.000 mm, concentrado durante o verão (Brito *et al.*, 2006; Pidwirny, 2008).

## 2.2. Séries climáticas de chuva

Neste estudo foram usadas séries diárias, mensais e anuais de chuva obtidas em 11 estações meteorológicas da RSM, no período de 1960 a 2004, o que totalizou séries climáticas de 45 anos. Detalhes das estações são apresentados na Tabela 1. Os dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia de Moçambique (INAM). Com base nas séries diárias, foram determinada as séries mensais de chuva, nas quais foram realizadas a análise de qualidade dos dados e o preenchimento de falhas.

A análise de qualidade foi realizada paralelamente ao preenchimento de falhas das séries. As falhas foram preenchidas pelo método da regressão linear simples (MRLS), proposto por Kite (1977). A análise de qualidade foi aplicada previamente aos dados diários e se baseou na análise exploratória das séries (média, mediana, extremos, primeiro e terceiro quartil e *outliers*) apresentada na forma de *boxplot* (Oliveira Júnior *et al.*, 2012; Lyra *et al.*, 2014).

O MRLS, quando aplicado ao preenchimento de falhas, consiste inicialmente em identificar as estações que apresentam padrões espaço-temporal similares de chuvas. Na identificação dessas estações foi primeiramente elaborada a matriz de correlação (coeficiente de correlação de Pearson -  $r$ ) dos totais mensais de chuva de todas as estações. Além do critério de maior correlação entre as séries de

chuva, considerou-se a proximidade espacial das estações e os grupos de estações com chuvas homogêneas, identificados com auxílio da análise de agrupamento (AA), de forma a garantir maior homogeneidade entre as estações. Identificadas as estações com base nesses critérios, para cada estação ( $Y_i$ ) a ser preenchida as falhas, construiu-se uma série de referência ( $X_i$ ) com a média das chuvas das demais estações do mesmo grupo, mais próximas e com maior  $r$ . Baseado nessas séries ajustou-se uma regressão linear ( $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$ ), em que  $\beta_0$  é o intercepto e  $\beta_1$  é o coeficiente angular da regressão, que foi usada para preencher as falhas. A série de chuva  $X_i$  foi então utilizada para preencher as falhas da série  $Y_i$  (Oliveira Júnior *et al.*, 2012; Lyra *et al.*, 2014). O MRLS foi aplicado desde que o coeficiente de determinação da regressão foi superior a 0,7 e seu coeficiente angular  $0,7 < \beta_1 < 1,3$ , como recomendado por Kite (1977).

## 2.3. Análise de Agrupamento (AA)

No agrupamento das estações com chuvas mensais homogêneas foi aplicada a técnica análise de agrupamento (AA). Na AA considerou-se o método hierárquico aglomerativo proposto por Ward (1963), com a distância Euclidiana ao quadrado como medida de dissimilaridade (Jackson e Weinand, 1995; Lyra *et al.*, 2006; Lyra *et al.*, 2014). O método de Ward é um método de variância derivado de um processo hierárquico e aglomerativo. Este método busca minimizar o quadrado da distância Euclidiana às médias dos grupos (Everitt e Dunn, 1991). A distância Euclidiana é a raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças de valores para cada variável (Lyra *et al.*, 2006; Lyra *et al.*, 2014):

$$d_e = \left[ \sum_{j=1}^n (P_{pj} - P_{kj})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

**Tabela 1** - Identificador (ID), nome e coordenadas geográficas das 11 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia de Moçambique nas três províncias da região Sul de Moçambique e percentagem (%) de dados faltantes nas séries (falhas).

ID	Estações	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Falhas (%)	Províncias
01	Inhambane	-23°52'	35°23'	14,0	8,13	Inhambane
02	Inharrime	-24°29'	35°01'	43,0	9,05	Inhambane
03	Panda	-24°03'	34°43'	150,0	12,12	Inhambane
04	Vilanculos	-22°00'	35°19'	20,0	10,32	Inhambane
05	Manjacaze	-24°43'	33°53'	65,0	15,87	Gaza
06	Maniquenique	-24°44'	33°32'	13,0	14,15	Gaza
07	Xai-xai	-25°03'	33°38'	4,0	7,78	Gaza
08	Vila Macia	-25°02'	33°06'	56,0	26,05	Gaza
09	Maputo Obs	-25°58'	32°36'	60,0	1,48	Maputo
10	Changalane	-26°18'	32°11'	100,0	7,63	Maputo
11	Umbeluzi	-26°03'	32°23'	12,0	0,94	Maputo

em que  $d_e$  é a distância Euclidiana;  $P_{p,j}$  e  $P_{k,j}$  são as variáveis quantitativas dos indivíduos  $e$ , respectivamente.

O método de Ward forma grupos, minimizando a dissimilaridade ou o total das somas de quadrados dentro de grupos, também denominada de soma de quadrados dos desvios (SQD). Em cada passo do procedimento, são formados grupos, de tal maneira que a solução resultante tenha a menor SQD dentro de grupos. Nessas etapas, são considerados os agrupamentos de todos os possíveis pares de grupos e os dois que resultam em menor aumento de SQD são agrupados até que todos os grupos formem um único, que reúne todos os indivíduos (Everitt e Dunn, 1991).

Na definição do corte no dendrograma e, assim, na determinação quantidade de grupos formados, considerou-se o diagrama entre o número de grupos e a medida de dissimilaridade. O corte foi definido quando ocorreu aumento brusco na taxa de variação entre o número de grupos e a dissimilaridade (Lyra *et al.*, 2014).

#### 2.4. Análise espaço-temporal

A análise da variabilidade mensal e espacial da chuva foi realizada baseando-se na homogeneidade, distribuição e localização espacial das estações agrupadas e as não agrupadas da série estudada. Enquanto na análise sazonal foram consideradas as médias mensais com os valores iguais ou superiores a 60 mm, baseado na metodologia proposta por Faria (1965), que considerada o mês como seco, quando o total de chuva é inferior a 60 mm, enquanto o mês chuvoso os valores são superiores a 60 mm (Lyra *et al.*, 2006).

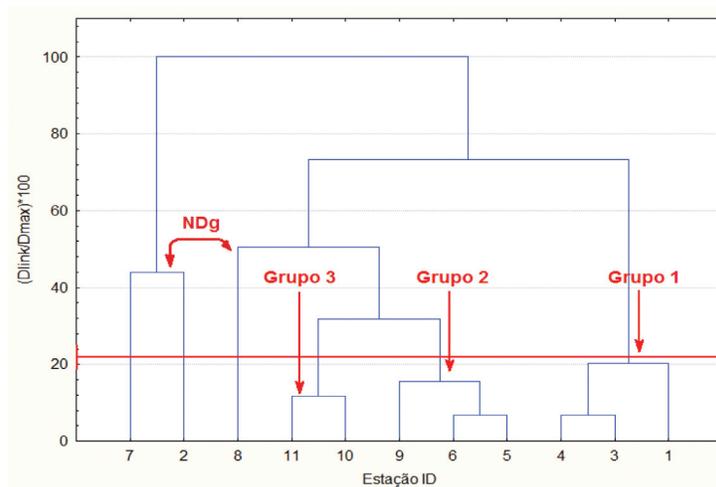
### 3. Resultados e Discussão

Baseados na técnica de AA foram identificados três grupos com chuvas mensais homogêneas (grupo 1 -  $G_1$ , grupo 2 -  $G_2$  e grupo 3 -  $G_3$ ), além desses grupos, três estações não foram agrupadas ( $ND_g$ ) (Fig. 2). Constituíram  $G_1$  todas as estações localizadas na província de Inhambane

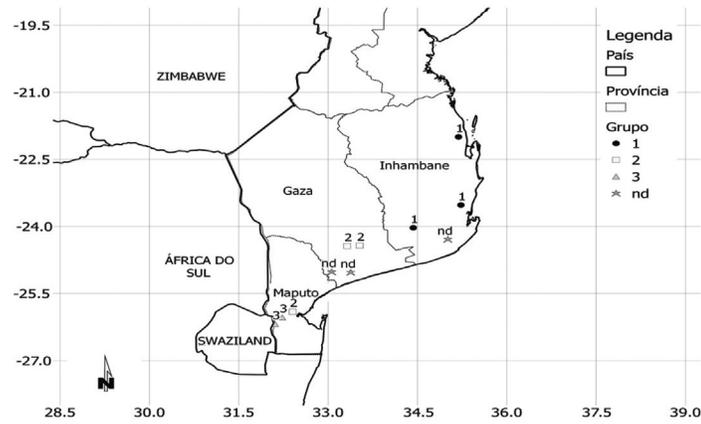
(ID1 - Inhambane, ID3 - Panda e ID4 - Vilanculos). ID1 e ID4 localizam-se próximas ao litoral, enquanto ID3 se encontra na parte interior do continente em relação às duas primeiras (Fig. 3). Formaram o  $G_2$  as estações ID5 - Manjacaze, ID6 - Maniquenique, na parte intermediária e ID9 - Maputo Obs. no litoral. As estações ID5 e ID6 localizadas na província de Gaza, enquanto ID9 situa-se em Maputo. As estações ID10 - Changalane, na parte do interior, e ID11 - Umbeluzi, na parte do litoral, localizadas ao sul de Maputo, foram agrupadas no  $G_3$ . E, por fim, as estações de  $ND_g$  (ID2 - Inharrime, ID7 - Xai-xai e ID8 - Vila Macia), todas próximas ao litoral. As estações (ID2, ID7 e ID8) não foram incluídas em nenhum dos grupos das estações avaliadas por não apresentarem características homogêneas de chuva com base na análise de agrupamento (Schulze, 1988), sendo denominadas  $ND_g$ . Contudo, as estações ID2 e ID7 mostraram menores medidas de dissimilaridade entre si em relação às demais estações, enquanto ID8 teve medida de dissimilaridade próxima das estações do  $G_2$  e  $G_3$ .

As estações ( $G_1$ -ID1 e ID4) localizam-se ao longo da faixa litorânea no sentido N-S e ( $G_1$ -ID3) no sentido leste-oeste (E-W). As médias anuais registradas nessas estações foram de  $718 \pm 226$  mm (ID3 - Panda) a  $894 \pm 265$  mm (ID1 - Inhambane), sendo de  $799 \pm 251$  mm em ID4 (Vilanculos). Na faixa litorânea, entre a cidade de Inhambane e o distrito de Inharrime, registram-se valores anuais de chuva entre 1.000 a 1.400 mm (Barca e Santos, 1995). As estações (ID1 e ID4) estão localizadas na área do litoral, onde os valores médios anuais estão entre 800 a 1.200 mm e a ID3 no interior, inserida na faixa de valores médios anuais que variam entre 600 a 800 mm (Barca e Santos, 1995).

O período chuvoso no  $G_1$  apresentou comprimento variado, em função da localização das estações. Na ID1 (Inhambane) e ID3 (Panda), o período chuvoso iniciou em novembro, enquanto na ID4 (Vilanculos) o início foi em dezembro. O final do período chuvoso na ID4 ocorreu em



**Figura 2** - Dendrograma com distância Euclidiana ao quadrado padronizada  $[(D_{link}/D_{max}) \cdot 100]$  para as 11 estações meteorológicas da região sul de Moçambique, no período de 1960 a 2004, obtidos pelo método de Ward com base nas chuvas mensais.

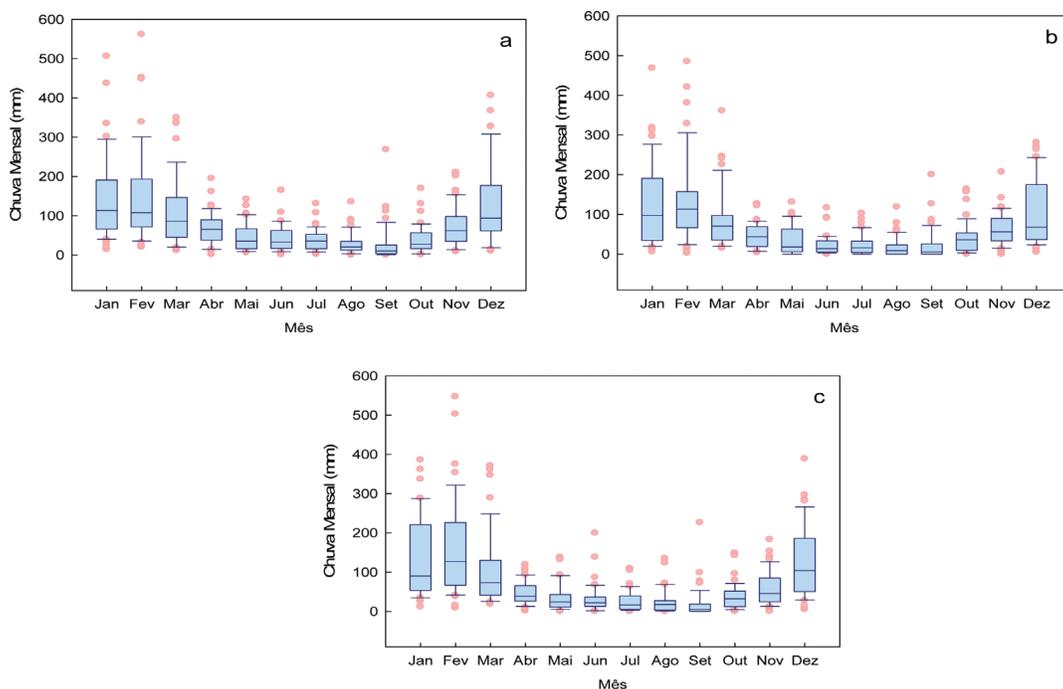


**Figura 3** - Distribuição das estações dos grupos de chuvas mensais homogêneas ( $G_1$ ,  $G_2$  e  $G_3$ ) e das estações não agrupadas ( $ND_e$ ) da região Sul de Moçambique.

março e na ID1 em abril. Verificaram-se diferenças de dois a três meses em relação aos estudos realizados anteriormente por alguns autores (Faria e Gonçalves, 1968; Vaz, 1997; Cumbe, 2007; Uele, 2008). Assim, o período seco foi de seis a oito meses, em função da localização da estação.

Os acumulados mensais registrados no  $G_1$  no período chuvoso variaram de  $512 \pm 27$  mm (ID3 - NDJFM) a  $670 \pm 32$  mm (ID1 - NDJFMA) (Fig. 4). O maior acumulado no período chuvoso foi registrado na estação ID1 e correspondeu a 74,8% do total anual, enquanto o menor correspondeu a 64,9% (ID4) do total anual. Na ID3 registrou-se em quatro meses (DJFM) um total de  $518 \pm 15$  mm, que correspondeu a 71,2% do total anual. O período seco na

ID1 compreendeu seis meses (maio-outubro) e seus totais de chuva corresponderam a 25,2% do total anual. Na ID3, o período seco abrangeu sete meses (abril-outubro) e contribuiu com 28,8% da chuva anual. Na ID4, o comprimento do período seco foi de oito meses (abril-novembro) e os totais de chuva nesse período representaram 35,1% do total anual. O maior e mais extenso período seco de todas as estações foi observado na estação ID4 ( $G_1$ ). Essa estação apresenta menor distância ao ambiente costeiro e situa-se mais ao norte da RSM em relação as demais estudadas. Na estação ID1, próxima ao litoral, ID3, no interior do continente, os períodos secos diminuíram em termos de extensão em relação à ID4 (Tabela 2).



**Figura 4** - Boxplot da chuva mensal (mm) (box - mediana, primeiro e terceiro quartil; barras verticais - extremo superior e inferior e circunferências - outliers) homogênea das estações: a) Inhambane, b) Panda e c) Vilanculos do grupo  $G_1$  na região Sul de Moçambique, no período de 1960-2004.

**Tabela 2** - Início, fim e duração do período chuvoso e seco nas estações dos grupos de chuvas mensais homogêneas (G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> e G<sub>3</sub>) e nas estações não agrupadas (ND<sub>g</sub>) e acumulado e desvio padrão das chuvas (mm) no período chuvoso e contribuição das chuvas do período chuvoso (%) em relação a chuva anual.

Grupos	Estação <sup>†</sup>	Duração do período						Período chuvoso	
		Chuvoso			Seco			Acumulado e desvio da chuva (mm)	Contribuição (%)
		Início	Fim	Nº de meses	Início	Fim	Nº de meses		
G <sub>1</sub>	ID1	NOV	ABR	6	MAI	OUT	6	669,5 ± 32	74,8
	ID3	NOV	MAR	5	ABR	OUT	7	518,2 ± 15	71,2
	ID4	DEZ	MAR	4	<b>ABR</b>	<b>NOV**</b>	<b>8</b>	511,8 ± 27	64,9
G <sub>2</sub>	ID5	NOV	ABR	6	MAI	OUT	6	632,4 ± 35	78,6
	ID6	NOV	ABR	6	MAI	OUT	6	567,4 ± 17	73,3
	ID9	OUT	MAR	6	ABR	SET	6	578,1 ± 20	73,7
G <sub>3</sub>	ID10	NOV	MAR	5	ABR	OUT	7	518 ± 25	72,0
	ID11	NOV	MAR	5	ABR	OUT	7	507,9 ± 24	72,3
ND <sub>g</sub>	ID2	NOV	ABR	6	MAI	OUT	6	638,3 ± 30	70,4
	ID7	<b>OUT</b>	<b>JUN*</b>	<b>9</b>	JUL	SET	3	851 ± 22	87,9
	ID8	NOV	ABR	6	MAI	OUT	6	653,8 ± 21	71,5

(<sup>†</sup>) identificadores das estações conforme Tabela 1, (\*) período chuvoso mais longo e (\*\*) período seco mais longo.

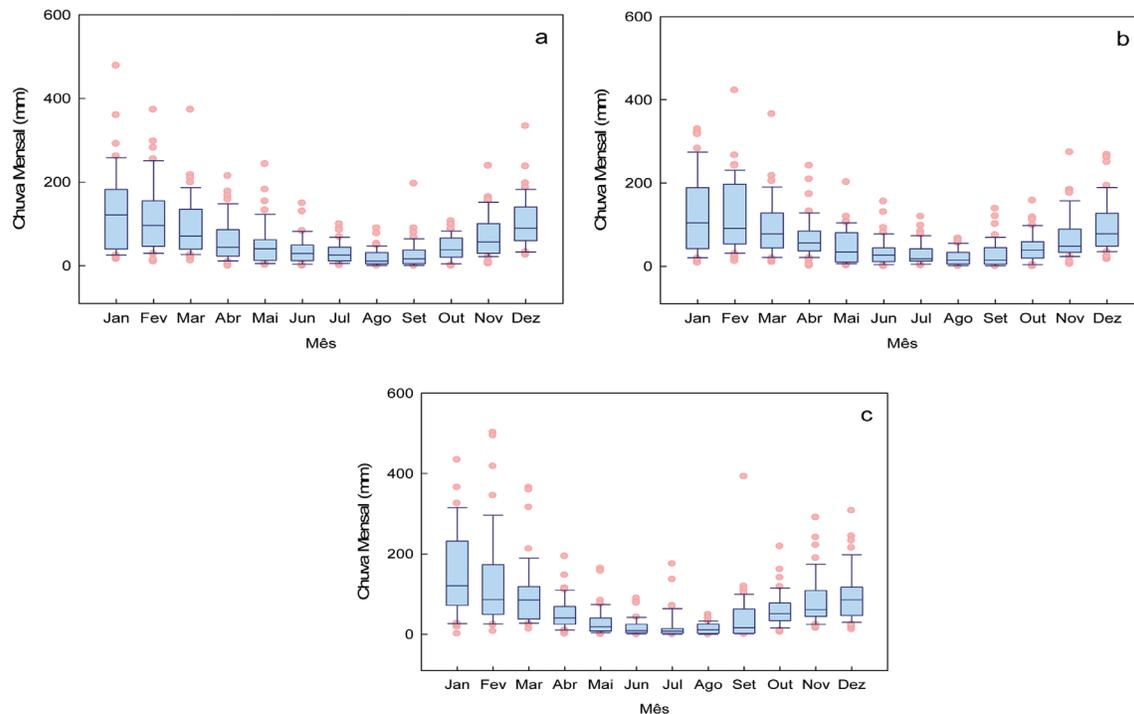
As estações do G<sub>2</sub> (ID5, ID6 e ID9) se localizaram na parte interna do continente (ID5 e ID6) e uma próxima ao ambiente costeiro (ID9). Nessas estações, os totais anuais da chuva variaram de 774 ± 227 mm (ID6 - Maniquenique) a 805 ± 273 mm (ID9 - Maputo Obs.). A ID5 (Manjacaze) apresentou acumulado anual de 784 ± 235 mm. As estações ID5 e ID6 fazem parte da faixa de totais anuais de chuva entre 800 a 1.000 mm. Enquanto a estação ID9 está localizada junto ao litoral, próxima à Baía de Maputo e encontra-se inserida na faixa das médias anuais entre 600 a 800 mm (Barca e Santos, 1995).

Na estação ID9, o período chuvoso durou seis meses (outubro-março), igual período de duração foi observado nas estações ID5 e ID6, contudo com início e término um mês depois (novembro-abril). Os valores mensais registrados no G<sub>2</sub> durante o período chuvoso variaram de 567 ± 17 mm (ID6), que correspondeu a 73,3% do total anual, a 632 ± 35 mm (ID9), que representou 78,6% do total anual (Fig. 5). Os valores de 578 ± 20 (ID5) e na (ID6) 567 ± 17 mm, corresponderam a 73,7 e 73,3% do total anual. De acordo com Cumbe (2007), o período chuvoso em algumas regiões do litoral é aproximadamente de seis meses. Na província de Gaza (G<sub>2</sub>-ID5 e ID6) e Maputo (G<sub>2</sub>-ID9), o período chuvoso aumenta gradualmente de quatro meses no interior do continente para oito meses no litoral (Faria e Gonçalves, 1968; Vaz, 1997). O período seco foi de seis meses em todas as estações do G<sub>2</sub>, sendo de abril a setembro na ID9 e de maio a outubro nas ID5 e ID6. Nas estações ID5 e ID6, o período seco correspondeu a 26,3 e 26,7% do total anual, respectivamente, enquanto na ID9 o período seco correspondeu a 21,4% do total anual.

Similar ao G<sub>1</sub>, a maior (menor) contribuição do período chuvoso (seco) para os totais anuais foram observados nas estações próximas ao litoral em relação às estações do interior do continente. Contudo, as estações do G<sub>2</sub> para a região do continente e costa mostraram maior (menor) contribuição do período chuvoso (seco) no total anual em relação às estações do G<sub>1</sub> em regiões similares, além de maior (menor) duração dos períodos chuvoso (seco). A exceção foi Inhambane, onde a extensão dos períodos coincidiu com Maputo.

As análises realizadas neste estudo corroboram com os estudos realizados pelos autores citados anteriormente, pois se constatou sazonalidade similar, embora tenha se diferenciado em um a dois meses, em função das diferenças entre os métodos considerados para definição dos períodos chuvoso e seco, assim como os sistemas meteorológicos que influenciam na sazonalidade da chuva nesta região. Porém, observou-se uma exceção na região do interior de Gaza (Pafúri, Chicualacuala e Massingir), onde a duração do período das chuvas foi de apenas dois meses (Faria e Gonçalves, 1968), com valores médios anuais de chuva entre 0 e 400 mm, os menores de Moçambique (Barca e Santos, 1995).

As estações do G<sub>3</sub> apresentaram distribuição espacial no sentido NE-SW (ID11 e ID10), e coincidiram com a direção litoral-interior. Neste grupo, os valores anuais registrados nas estações variaram de 702 ± 229 mm (ID11 - Umbeluzi) a 720 ± 212 mm (ID10 - Changalane). Os totais anuais das estações do G<sub>3</sub> foram inferiores aos das estações do G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub>, com exceção de ID3 (G<sub>1</sub>), que foi próxima aos totais de ID10 (G<sub>3</sub>). A ID11 está localizada próximo do litoral, junto ao rio Umbeluzi. A ID10 se localiza na região



**Figura 5** - Boxplot da chuva mensal (mm) (box - mediana, primeiro e terceiro quartil; barras verticais - extremo superior e inferior e circunferências - *outliers*): a) Manjacaze, b) Maniquenique e c) Maputo Observatório do grupo G<sub>2</sub> na região Sul de Moçambique, no período de 1960-2004.

do interior, a SW da cidade de Maputo e a sul do paralelo 26° S. Uma particularidade das estações do G<sub>3</sub>, é que ambas estão inseridas na faixa das médias anuais em torno dos 600 a 800 mm, de acordo com a distribuição de Barca e Santos (1995).

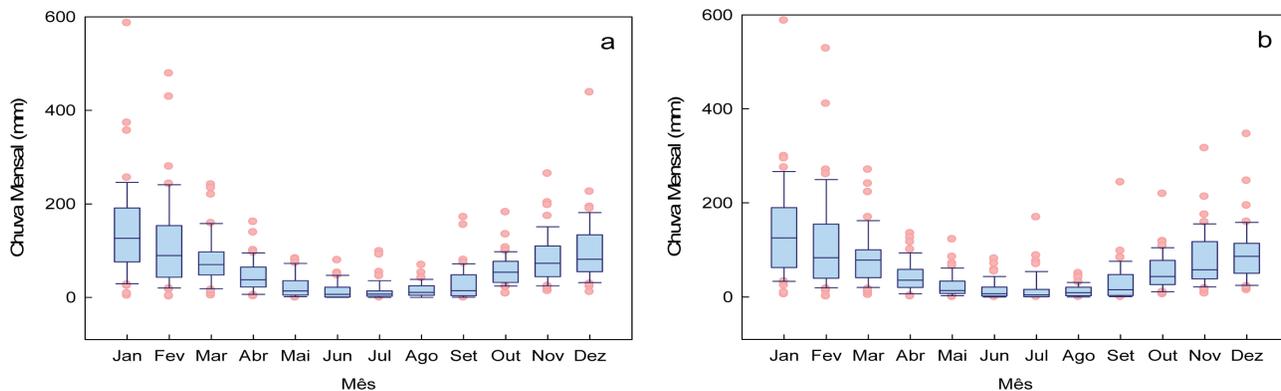
As estações ID10 e ID11 registraram cinco meses de período chuvoso (novembro-março). O período chuvoso do G<sub>3</sub> foi caracterizado por acumulados mensais que variaram de  $508 \pm 24$  mm (ID11), correspondente a 72,3% do total anual, a  $518 \pm 25$  mm (ID10), que representou 72% do total anual (Fig. 6). O período seco foi de sete meses para ambas as estações (abril-outubro), que representou 28 e 27,7% dos totais anuais para ID10 e ID11, respectivamente.

As estações não agrupadas (ND<sub>g</sub>: ID2 - Inharrime, ID7 - Xai-xai e ID8 - Vila Macia) estão dispostas ao longo da costa, na orientação NE-SW, (ID2 e ID7) e na orientação E-W (ID8), em relação às duas primeiras. Os valores médios anuais de chuva variaram entre  $906 \pm 256$  (ID2) a  $967 \pm 285$  mm (ID7), enquanto na ID8 o total anual foi de  $914 \pm 242$  mm. As estações ID2 e ID7 estão inseridas na faixa das médias anuais, que varia entre 1.000 a 1.400 mm, com exceção da ID8, que se encontra na zona costeira, onde os totais variam entre 800 a 1.000 mm (Barca e Santos, 1995). As estações não agrupadas pela técnica de AA apresentaram os maiores totais anuais de chuva em relação a todas as estações da RSM avaliadas no presente estudo, com exceção de Inhambane com total anual similar a ID2 e ID8.

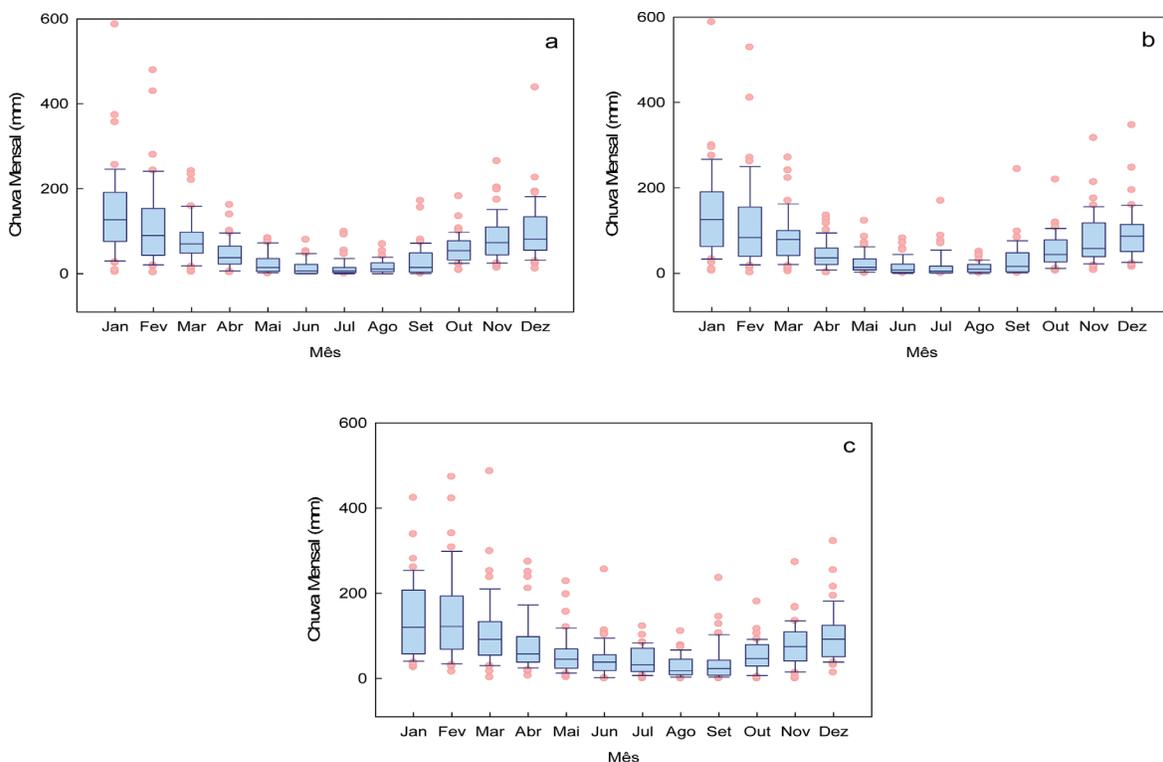
Os valores mensais registrados durante o período chuvoso no ND<sub>g</sub> variaram entre  $638 \pm 30$  (ID2) e  $851 \pm 22$  mm (ID7) (Fig. 7). O valor registrado na ID2 no período chuvoso correspondeu a 70,4% do total anual, enquanto o observado na ID7 representou 87,9% do total anual. Na ID7, o período chuvoso foi de nove meses consecutivos (outubro-junho). Este fato pode estar associado com o aporte de umidade proveniente da bacia do rio Limpopo, onde está inserida a ID7. Nessa região, especificamente na extensão do Baixo Limpopo, entre o distrito de Chokwè e Xai-xai, os totais anuais de chuva dessa região variam entre 750 a 800 mm. Nas estações ID2 e ID8, o período chuvoso ocorreu durante seis meses (novembro-abril), nos quais foram registrados totais de chuva de  $638 \pm 30$  e  $654 \pm 21$  mm, respectivamente, que corresponderam a 70,4 e 71,5% do total anual.

O período chuvoso em ND<sub>g</sub> variou entre os meses de outubro a junho, isto é, nove meses chuvosos, sendo o mais longo período observado nas estações avaliadas. Nessas estações, o período chuvoso se diferenciou entre um e cinco meses com os estudos dos autores anteriormente citados. Nas estações ID2 e ID8, o período seco compreendeu seis meses (maio-outubro), que correspondeu a 29,6 e 28,5% do total anual, respectivamente. Para a ID7, o período seco foi de três meses, que representou cerca de 12,1% do total anual. Destaca-se que ID7 foi a estação que apresentou o mais longo (curto) período chuvoso (seco).

Os máximos valores da chuva, tanto anuais ( $968 \pm 285$  mm) como os acumulados no período chuvoso ( $851 \pm$



**Figura 6** - Boxplot da chuva mensal (mm) (box - mediana, primeiro e terceiro quartil; barras verticais - extremo superior e inferior e circunferências - outliers): a) Changalane e b) Umbeluzi do grupo G<sub>3</sub> na região Sul de Moçambique, no período de 1960-2004.



**Figura 7** - Boxplot da chuva mensal (mm) (box - mediana, primeiro e terceiro quartil; barras verticais - extremo superior e inferior e circunferências - outliers): a) Inharrime, b) Xai-xai e c) Vila Macia do ND<sub>g</sub> na região Sul de Moçambique, no período de 1960-2004.

22 mm) ao nível dos grupos, registraram-se na estação ID7 - ND<sub>g</sub>. O valor mínimo da chuva anual registrado foi de 702 ± 229 mm e o valor mínimo do período chuvoso foi de 508 ± 24 mm (ID11). Quanto à periodicidade da época chuvosa, em ND<sub>g</sub> registrou-se o maior período chuvoso (nove meses), tendo variado entre outubro e junho (ID7). O período seco mais longo ocorreu no G<sub>1</sub> - ID4, em oito meses consecutivos (abril a novembro), com total de chuva correspondente a 35,1% do acumulado anual, enquanto o mais curto ocorreu na ID7, em três meses (JAS) que correspondeu a 12,1% do total anual.

Os totais de chuva média anual no litoral, da foz do rio Save até ao extremo sul, variam em torno de 800 e 1.000 mm. Na área do litoral a norte da cidade de Inhambane, entre esta e Inharrime, e mais a sul, na área que cerca a cidade de Xai-xai, encontram-se as faixas de 1.000 e 1.400 mm. Nesta região as chuvas geralmente são torrenciais e ocorrem mais a norte que a sul, com maior frequência de tempestades tropicais durante a época úmida (Cumbe, 2007). A chuva é mais intensa entre os meses de dezembro e fevereiro, principalmente no litoral. Na RSM, observa-se em torno de 50 a 150 mm de chuva por mês, apesar desta descrição da distribuição pluviométrica, des-

taca-se que normalmente as chuvas são irregulares em cada ano, particularmente na RSM (Barca e Santos, 1995).

Os resultados discutidos neste estudo resultaram da análise da variabilidade temporal (sazonal e mensal) e espacial da chuva, em função da distribuição e localização dos grupos de estações homogêneas e as não agrupadas formadas na AA. Cada grupo apresentou resultados diferenciados, mas com alguma similaridade, considerando que se encontram inseridas numa região com características similares, apenas com algumas particularidades decorrentes da atuação de outros sistemas meteorológicos e fatores locais (*e.g.* relevo, continentalidade/maritimidade, sistemas de brisa marítima/terrestre). Baseando-se nos resultados deste estudo, concebeu-se um calendário de acompanhamento e/ou monitoria do início e fim dos períodos chuvosos e secos para a região de estudo (Tabela 2), que pode auxiliar em diversas atividades agrícolas, como por exemplo, na definição de épocas de plantio e colheita, na elaboração de projetos de irrigação e drenagem.

A distribuição espacial da chuva na RSM é similar, de forma geral, a da África Austral, com diminuição gradual dos totais da chuva na direção oriente-ocidente, de modo que as regiões centrais e do interior do continente (algumas áreas do ocidente da RSM), se tornem semiáridas com menores e mais variáveis chuvas. A ZCIT é um dos principais sistemas meteorológicos a ser considerado, que contribui para a variabilidade temporal e espacial da chuva da RSM. Naturalmente, na região da África Austral observam-se maiores quantidades de chuva anual durante os meses de novembro até março, à medida que a ZCIT se desloca para o sul. Quanto mais a sul esta se desloca, maior é a probabilidade de ocorrência da chuva no norte da RSM. Ressalta-se que o período chuvoso ocorre quando a ZCIT se move para o sul, e assim, induz as chuvas e, o período seco ocorre quando esta se afasta em direção ao norte (Allaby e Allaby, 1999).

Esta variabilidade da chuva provocada pelo deslocamento da ZCIT pode ser explicada com base na sua migração N-S e S-N. Durante a sua passagem em direção ao sul, em outubro-dezembro ela atua nas regiões Norte e Centro de Moçambique, onde um período de aproximadamente quatro meses alcança o extremo inferior sul e, no seu retorno tem outro período correspondente ao primeiro até alcançar o extremo superior norte, completando assim seu ciclo em oito a nove meses. O deslocamento da ZCIT favorece maior extensão do período chuvoso nas regiões Centro e Norte de Moçambique, enquanto na RSM favorece a menor extensão do período chuvoso (Rojas e Amade, 1996; Lobo, 1999; Uele, 2013).

Toda a extensão da área litorânea da RSM é atingida com maior frequência por CTCM e SF durante o verão (DJF). Os CTCM geralmente dissipam-se na área do litoral e raramente alcançam o interior. Estes sistemas contribuem para ocorrência de chuvas intensas e geralmente, condicionam a existência da segunda época agrícola (Rojas e

Amade, 1996). Esta área ainda é influenciada pela CQMA, que no seu movimento a sul traz água quente e ar úmido da zona equatorial, e assim, contribuem e condicionam o aumento da chuva. Portanto, a variabilidade sazonal e intranual da chuva na RSM, são condicionadas pela atuação e intensidade dos sistemas meteorológicos mencionados, enquanto a variabilidade espacial na escala local e regional é, principalmente, condicionada pelo deslocamento da ZCIT.

#### 4. Conclusões

Da análise de agrupamento identificaram-se estatisticamente três grupos de chuvas homogêneas, denominados  $G_1$ ,  $G_2$  e  $G_3$ . Os grupos se distribuem com orientação NE-SW na sequência  $G_1$  (província Inhambane),  $G_2$  (províncias de Gaza e Maputo) e  $G_3$  (província de Maputo). Outras três estações não apresentam características homogêneas em termos de variação intranual das chuvas com as demais ( $ND_g$ ). A elevada variabilidade das chuvas na região próxima ao litoral e a localização na transição da região de domínio de  $G_1$  para  $G_2$  contribui para a não homogeneidade dessas estações em relação às demais na região Sul de Moçambique.

Os grupos são caracterizados por diferentes totais anuais e mensais e comprimentos dos períodos secos e chuvosos. O comprimento do período chuvoso (seco) e os totais dessas estações aumenta (diminui) do interior para as estações próximas a costa ( $ND_g$ ) e de  $G_1$  para  $G_2$  (NE - SE) e depois voltam a diminuir em  $G_3$ .

Os Ciclones Tropicais do Canal de Moçambique e os Sistemas Frontais contribuem, embora com curta duração em relação à Zona de Convergência Intertropical, para a variabilidade espacial da chuva na região costeira. Estes sistemas meteorológicos, geralmente condicionam a existência da segunda época agrícola na Região Sul de Moçambique.

A Zona de Convergência Intertropical contribui para a variabilidade temporal e espacial da chuva no litoral e interior desta região, durante os seus movimentos migratórios N-S e S-N. Seu efeito ocorre, embora não com maior intensidade, na região compreendida entre o rio Save e o Trópico de Capricórnio e o litoral de Inhambane e Gaza, geralmente, para o início normal e tardio da época chuvosa. O deslocamento da Zona de Convergência Intertropical favorece a maior extensão do período chuvoso nas regiões Centro e Norte de Moçambique (aproximadamente oito a nove meses), e na região Sul de Moçambique favorece menor extensão do período chuvoso (aproximadamente quatro a seis meses).

#### Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Meteorologia de Moçambique (INAM), por ceder gentilmente à série temporal de dados pluviométricos. O primeiro autor agradece à Fundação MacArthur, Rede Global de Mestrados em Práticas em

Desenvolvimento Sustentável (*The Global Master's in Development Practice Programs Network*), pelo auxílio financeiro na forma de bolsa de estudo que permitiu desenvolver o presente trabalho, como parte da sua dissertação de mestrado.

## Referências

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO: **Divisão político-administrativa, rios, orografia e países limítrofes** - Instituto Nacional de Estatística (INE), pp. 8-9, Maputo, Moçambique, 2006.
- ALLABY, A.; ALLABY, M. **Dictionary of Earth Sciences**, 2nd Edition, Oxford University Press, Landon, 1999.
- BARCA, A; dos SANTOS, T. **Geografia de Moçambique - Física e Económica**. 10ª Classe, 3ª Edição, DINAME, República de Moçambique - Maputo, 1995.
- BRITO, R; FAMBA, S; MUNGUAMBE, P; IBRAIMO, N; JULAIA, C. **Profile of the Limpopo Basin in Mozambique a contribution to the Challenge Program on Water and Food Project 17**, Secção de Uso de Terra e Água, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Universidade Eduardo Mondlane, pp. 14-16, Maputo, Moçambique, 2006.
- CAMBULA, B.I. **Relação entre a Variabilidade da Precipitação, Temperatura, Altitude e Casos de Cólera em Moçambique**. 17 p. Monografia (Licenciatura em Física). Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique, 2005.
- CUMBE, A.N.F. **O Património Geológico de Moçambique: Proposta de Metodologia de Inventariação, Caracterização e Avaliação**. 273 p. Dissertação (Mestrado em Património Geológico e Geoconservação). Universidade do Minho, Braga, 2007.
- DAVIS, C.L. **Risco Climático e Vulnerabilidade: Manual para a África Austral, Conselho para a Investigação Científica e Industrial (CSIR)**, Pretória, África do Sul, p. 92, 2011.
- EVERITT, B.S. DUNN, G. **Applied multivariate analysis**. Edward Arnold, London, p. 400. 1991.
- FARIA, J.M. **Condições Climáticas em Moçambique**, Serviço Meteorológico de Moçambique. p. 68, Lourenço Marques, 1965.
- FARIA, J.M; GONÇALVES, C.A. **Cartas de Isopletas de Valores Médios de Alguns Elementos Climáticos e da Classificação de Köppen em Moçambique**, Serviço Meteorológico de Moçambique. 3 pp. Lourenço Marques, 1968.
- FAUCHEREAU, N.; TRZASKA, S.; ROUAULT, M.; RICHARD; Y. Rainfall Variability and Changes in Southern Africa during the 20th Century in the Global Warming Context. **Natural Hazards**, v. 29, p. 139-154, 2003.
- HARRISON, L.; MICHAELSEN, J.; FUNK, C.; HUSAK, G. Effects of temperature changes on maize production in Mozambique. **Climate Research**, v. 46, p. 211-222, 2011.
- JACKSON, I.J., WEINAND, H. Classification of tropical rainfall stations: A comparison of clustering techniques. **International Journal of Climatology**, v. 15, n. 9, p. 985-994, 1995.
- KITE, G.W. **Frequency and Risk Analyses in Hydrology**: Water Resources Publications, Fort Collins, 1977.
- LOBO, J.J. **Contribuição para o Estudo da Variabilidade Climática em Moçambique**: A Influência do ENSO. Trabalho de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Ciências, Departamento de Física, pp. 4-7, Maputo, Moçambique, 1999.
- LYRA, G.B.; GARCIA, B.I.L.; PIEDADE, S.M.S.; SEDIYAMA, G.C., SENTELHAS, P.C. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no Estado de Táchira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p. 205-215, 2006.
- LYRA, G.B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; ZERI, M. Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, Northeast of Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 13, p. 3546-3558, 2014.
- MATYAS, C.J.; SILVA, J.A. Extreme weather and economic well-being in rural Mozambique. **Natural Hazards**, v. 66, p. 31-49, 2013.
- MICHAEL C. **WWF (World Wide Fund) For Nature Climate Change Scientist**, Gland, Switzerland. 2006.
- MICOA (Ministry for the Co-ordination of Environmental Affairs) **National adaptation programme of action: Mozambique**. Ministry for the Coordination of Environmental Affairs, Maputo. 2007.
- MORAES, B.C.; da COSTA, J.M.N.; da COSTA, A.C.L. e COSTA, M.H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 207-214, 2005.
- MUCHANGOS, A. **Moçambique, Paisagens e Regiões Naturais**, edição do autor, pp. 1-42. República de Moçambique - Maputo, 1999.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; LYRA, G.B.; GOIS, G.; BRITO, T.T.; MOURA, N.S.H. Análise de homogeneidade de séries pluviométricas para determinação do índice de seca IPP no estado de Alagoas. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 2, p. 101-112, 2012.
- PILILÃO, F.R. **Evolução da Toponímia e da Divisão Territorial (1974-1987)**. pp. 7-8. DINAGECA - Maputo, 1987.
- PIDWIRNY, M. **Fundamentals of Physical Geography**, 2nd Edition, p. 310. 2008; Acesso em 28/06/2015; Disponível em <http://www.e-booksdirectory.com/details.php?ebook = 1628>.
- REASON, C.J.C. Tropical cyclone Dera, the unusual 2000/01 tropical cyclone season in the southwest Indian Ocean and associated rainfall anomalies over Southern Africa. **Meteorol Atmos Phys**, v. 97, p. 181-188, 2007.
- ROJAS, O.; AMADE, J. **Estudo Agroclimático da Precipitação e sua Aplicação na Segurança Alimentar**, 27 p. Maputo, 1996.
- SCHOUWENAARS, J.M. Rainfall Irregularity and Sowing Strategies in Southern Mozambique. **Agricultural Water Management**, v, 13, p.49-64, 1988.
- SCHULZE, B.R. **South Africa World Survey of Climatology**: Climate of Africa, ed, J. F. Griffiths, Elsevier, vol. 10, pp. 501-586, Amsterdam, 1988.
- TAYE, M.; ZEWDU, F.; AYALEW, D. Characterizing the climate system of Western Amhara, Ethiopia: a GIS approach. **American Journal of Research Communication**, v. 1, n. 10, p. 319-355, 2013.
- UELE, D.I. **Variação Temporal e Espacial da Precipitação, sua Relação com o Calendário Agrícola na Região Sul de Moçambique**. Monografia (Licenciatura em Meteorologia). Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 2008.

UELE, D.I. **Impactos dos modos de variabilidade climática no cultivo do milho em regime de sequeiro: uma abordagem de aplicação de sustentabilidade agrícola na região sul de Moçambique**. 155 p. Dissertação (Mestrado em Práticas em Desenvolvimento Sustentável). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013.

VAZ, C. **Manual de Hidrologia**. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Rural -

Universidade Eduardo Mondlane (UEM), Maputo, 215 p., 1997.

WARD, J.H. **Hierarchical grouping to optimize an objective function**. *Journal of the American Statistical Association*, v.58, p.236-244, 1963.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.