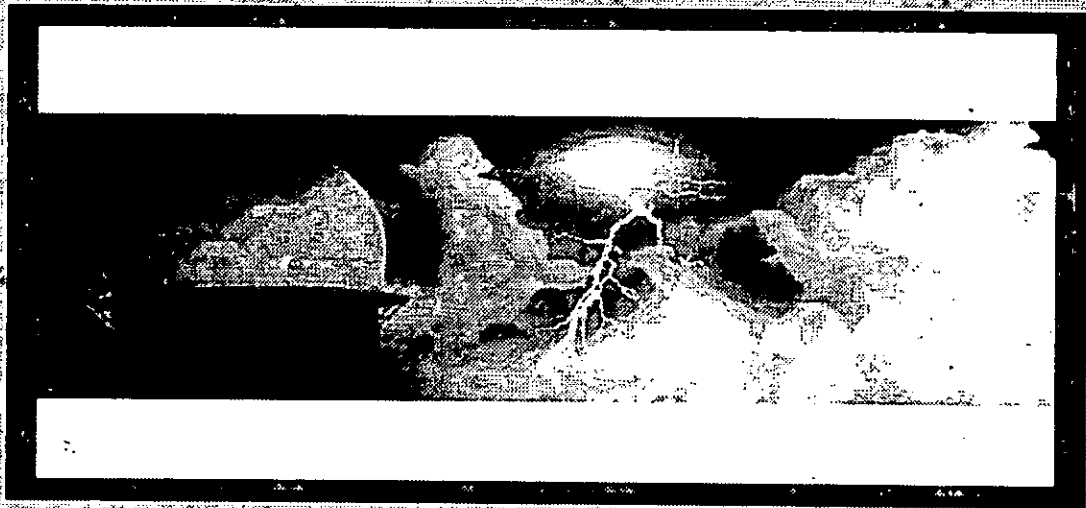




Universidade Eduardo Mondlane
Faculdade de Ciências
Departamento de Física

Trabalho de Licenciatura



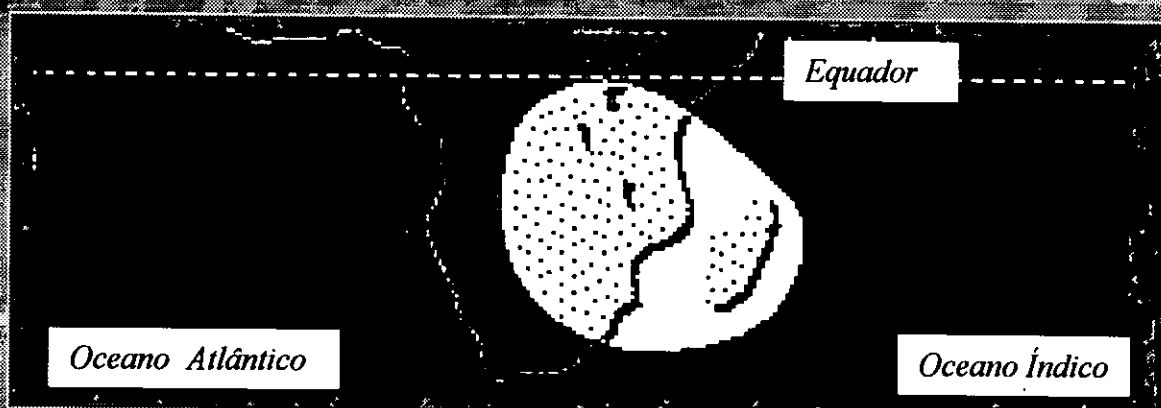
Análise espectral da precipitação do Verão na África Austral e sua relação com o fenómeno El Niño Oscilação Austral

AUTOR: Sinibaldo de Jesus Varela Canhanga

Maputo, Moçambique, Julho de 2000

**Universidade Eduardo Mondlane
Faculdade de Ciências
Departamento de Física**

Trabalho de Licenciatura



*Análise espectral da precipitação do Verão na África Austral e sua relação
com o fenómeno El Niño Oscilação Austral*

AUTOR: Sinibaldo de Jesus Varela Canhanga

**Supervisor: Prof. Doutor Alfredo M. C. Rocha
Co-supervisor: Doutor Herminio Tembe**

Maputo, Julho de 2000

Dedicatória

«Nos projectos da percepção e melhoramento da natureza, todo o homem torna-se uma espécie inacabada entregue a sua própria liberdade a responsabilidade de a completar»

Dedico este pensamento a todos que pela causa da natureza muitas vezes se privam de convivências.

E ainda de maneira muito especial aos meus pais:

*Gregório S. Canhanga
e
Maria E. Varela*

Agradecimentos

Muitas pessoas contribuíram para que esta tese fosse uma realidade.

O suporte e a coragem que fui recebendo de várias pessoas e entidades durante todo o processo deste trabalho, são aqui redigidos com minha sincera e profunda gratidão .

Professor Doutor Alfredo M. C. Rocha, pela disponibilidade e atenção que teve no acompanhamento de todo o trabalho.

Doutor Herminio Tembe, na qualidade de co-supervisor deste trabalho e chefe do departamento de Física.

Todos os docentes que ao longo destes anos transmitiram-me tudo que herdei neste curso.

Todos colegas do curso, que juntos passamos pela amargura e doçura desta longa caminhada.

De igual modo estendo o meu agradecimento a todos *colegas da R-II e estudantes dos cursos de engenharias e ciências da U.E.M*, que juntos partilhamos os momentos mais difíceis da vida estudantil.

A Fundação Calouste Gulbenkian, pela atribuição da bolsa para o meu trabalho de licenciatura.

Os Serviços de Relações Internacionais da Universidade de Aveiro, pelo esforço que fizeram para a continuação do meu trabalho.

A minha família, pela maneira como moralmente me tem apoiado.

A todos colegas e amigos tanto de Portugal como de Moçambique, pela experiência construtiva que deles colhi.

Declaração de honra

As conclusões deste trabalho são evidências dos resultados apresentados ao longo do mesmo.

Pela minha honra declaro assumir a responsabilidade dos resultados apresentados neste trabalho, mostrando a síntese das várias etapas realizado por mim sob a orientação do professor Doutor Alfredo Moreira C. Rocha.

Julho de 2000.

Resumo

A presente tese põe o fim a uma série de trabalhos, iniciado pelo doutor Lobo quando na sua tese de licenciatura procurou encontrar as influências do ENSO na variabilidade climática de Moçambique.

Na segunda parte desta série, elaborada pelo doutor Mavie, investiga-se a relação entre a variabilidade climática interanual de Moçambique e o fenómeno ENSO (El Niño Oscilação Austral), seguindo o estudo detalhado das influências do ENSO, caracterizado pelo SOI, para diferentes avanços.

Ao finalizar esta série de trabalhos, analisam-se longas séries temporais de precipitação da África Austral para procurar detectar e avaliar as anomalias da precipitação não puramente aleatórias na variabilidade climática. Ou por simples palavras, nesta tese procura-se encontrar e avaliar as características da precipitação que sejam significativamente diferentes das que deveriam ser esperadas por ocorrências de precipitação originadas de fenómenos puramente normais ou aleatórios na variabilidade interanual da precipitação, e relacionar com o fenómeno ENSO.

Para tal, dá-se início com uma descrição pormenorizada das principais características da circulação média na África Austral, e da variabilidade anual da precipitação do Verão.

Analisam-se ainda as séries temporais parciais (com períodos de aproximadamente 30 anos), procurando descobrir as características da variância, média e coeficiente de regressão que levem à aceitação estatística da persistência e/ou periodicidade das séries.

Fazem-se testes em relação à hipótese nula do ruído vermelho para as densidades espectrais das anomalias de precipitação e do SOI, garantindo-nos a 95% de intervalo de confiança a existência de ciclos de precipitação e do SOI (indicador do ENSO).

Na análise espectral procura-se identificar e associar os ciclos de precipitação e do SOI considerando para tal períodos de avanço do SOI de 3, 6, e 9 meses, e avanços de 1 ano.

Analisam-se ainda espectros cruzadas de precipitação e do SOI, com os avanços acima citados a fim de investigar o grau da relação entre as duas séries (coerência) e o tempo de desfasamento das séries dos dois fenómenos (SOI e anomalias da precipitação).

Notam-se fortes associações entre a variabilidade da precipitação e o SOI, para ciclos com diferentes períodos, tais que os atrasos da precipitação são em muitos casos coincidentes com a estação do inverno, o que pressupõe para tais ciclos, fraca contribuição na variabilidade da

precipitação total; Entretanto são evidentes as influências do ENSO na precipitação de Verão principalmente aos ciclos correspondentes a períodos de 3 e 2 anos, que podem estar associados aos avanços do SOI de 1 ano e avanços de 3 meses. A variabilidade da precipitação é mais intensa, quando a máxima resposta do ENSO ocorre na estação de Verão.

Lista de símbolos

- df* – Graus de liberdade
djf- Estação de Dezembro a Fevereiro
edf- Graus de liberdade equivalentes
ENSO- El Niño Oscilação Austral
ITCZ- Zona de Convergência intertropical
jja- Estação de Junho a Agosto
mam- Estação de Março a Maio
NOAA- National Oceanic and Atmospheric Administration (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica -USA)
LTI- Invariante de transformação linear
son- Estação de Setembro a Novembro
SOI- Índice de Oscilação Austral.
SST's- Temperaturas da Superfície do Mar

Anexos

- Anexo-I*-Dados de precipitação de Verão
Anexo- II- Dados do Índice de Oscilação Austral (SOI)
Anexo- III- Programa de entrada dos ficheiros de dados de precipitação de Verão.

Índice

	<i>Página</i>
Capítulo I Introdução	10
1.1 Introdução.....	10
1.2 Características da África Austral e circulação média atmosférica.....	13
1.3 Variabilidade interanual da precipitação do Verão.....	14
Capítulo II Dados e técnicas de análise	16
2.1 Dados de precipitação do Verão e do SOI	16
2.2 Análise de séries temporais	17
2.2.1 Estabilidade temporal das séries	17
2.2.2 Análise espectral de séries temporais.....	18
2.2.2.1 Séries harmónicas	20
2.2.2.2 Teoria dos espectros em modelo autorregressivo.....	23
2.3 Análise cruzada de séries temporais	26
Capítulo III Resultados e análise dos resultados	28
3.1 Regionalização da variabilidade da precipitação	28
3.2 Variabilidade Interanual da precipitação.....	29
3.3 Análise das séries temporais da precipitação do Verão.....	30
3.3.1 Estabilidade das séries temporais de precipitação de Verão.....	34
3.3.2 Análise da densidade espectral da precipitação do Verão e do SOI.....	38
3.4 Análise cruzada das séries temporais de precipitação e do SOI.....	42
3.4.1 Coerência quadrada.....	42
3.4.2 Fase do espectro cruzado.....	45

Capitulo IV Conclusão	48
4.1 Conclusões	48
4.2 Conclusões gerais.....	52
4.3 Recomendações.....	53
Referências	54
Anexo –I Dados de precipitação de Verão.....	58
Anexo –II Dados do SOI.....	69
Anexo –III Programa de entrada ao ficheiro de dados de precipitação.....	73

1.Introdução

1.1 Introdução

Já por volta de 1891 se reconheceu a existência de uma contra corrente ao longo da costa da América do sul que surgia alguns anos após o natal.

Na costa peruana, esta corrente era notada periodicamente pelos pescadores locais estando relacionadas a diminuição brutal da quantidade dos peixes no mar, morte maciça das aves marinhas e fortes chuvas que transformavam o deserto local em «esplendorosos jardins», possibilitando para aquela área a prática de agricultura e constituindo estes anos, anos de abundância, (Philander, 1990).

Fenómenos semelhantes já haviam sido reportados pelo conquistador espanhol Francisco Pizarro por volta dos anos 1525; E já em 1920, Gilbert Walker, tentou associar aquele fenómeno oceânico a outros parâmetros atmosféricos.

Graças a J. Bjerknes, hoje sabe-se que o fenómeno do El Niño é uma mudança do sistema oceano-atmosférico do Pacífico-leste provocada pelo aumento anormal da temperatura da superfície das águas do mar nesta região e como na atmosfera não há barreiras, tais mudanças passam a afectar todo o globo terrestre.

Anomalias quentes no Pacífico leste, abrandam o gradiente zonal da temperatura superficial do oceano (SST's) e enfraquecem a circulação de Walker (circulação atmosférica este-oeste sobre a região equatorial), resultando em anomalias negativas da precipitação particularmente na região da Indonésia, e Austrália; E condições húmidas em relação à normal sobre o este do Pacífico e América equatorial.

Associadas a estas mudanças de circulação, diminuem-se os ventos na superfície do oceano e consequentemente um ajusto superficial através de fracas correntes (Wyrski, 1975).

Em suma, mudanças exorbitantes das SST's lideram nas fortes circulações de Walker e anomalias de precipitação em sinais opostos.

Segundo a teoria de Bjerknes, quando isto acontece o gradiente este-oeste da temperatura do nível do mar (Sea Surface Temperature- «SST's»), sobre o Pacífico enfraquece; E já se descrevem as

mudanças da circulação atmosférica envolvendo fraca circulação de Walker e forte circulação de Hadley, terá lugar (Trenberth, 1991).

Este largo conceito de Walker que liga os fenómenos atmosféricos e oceânicos é referido como fenómeno *El Niño Oscilação Austral* (ENSO).

Descobertas as interações atmosféricas oceânicas, anomalias das SST's tem sido investigadas para encontrar possíveis associações com a precipitação em principais áreas, e cada vez mais chega-se a conclusão que são as SST's as principais «preditoras» das características das estações de precipitação mais notáveis em regiões tropicais Jonowiak (1988).

Sugere-se que anomalias das SST's tem uma importância sobre a formação de sistemas sinóticos tropicais que produzem a precipitação.

Por exemplo sugere-se que altas SST's no nordeste do Madagáscar encorajam o desenvolvimento de perturbações na parte oriental dos trópicos sobre o oeste do equador, no oceano Índico; E por tanto resultando em condições secas no interior do sob continente .

SST's elevadas podem aumentar a baroclinidade atmosférica e por tanto a ciclogenises que terá importantes implicações na precipitação da África Austral.

Em fim há uma série de implicações que resultam na alteração do espectro atmosférico em resposta da mudança das principais características dos oceanos, e que estas alterações regem o inicio ou mesmo todo o processo da variabilidade climática.

Nos últimos anos tem-se notado um aumento na intensidade da variabilidade climática, interanual tal que os extremos dos eventos do tempo nestas escalas temporais tem em várias vezes pressionado os principais aspectos da vida humana, na região da África Austral (p.ex.: no que concerne a lugares com regimes de precipitação apropriados a prática de agricultura, prevenção de epidemias devido ao impactos das flutuações climáticas, protecção do meio ambiente, etc.); E nestes aspectos, a precipitação tem sido um dos parâmetros climáticos mais extravagantes e determinante de tais pressões a sociedade.

Se nos apercebemos de algumas teleconecções abordadas em cima (interacções oceano atmosféricas na escala global) elas podem liderar em algumas capacidades de prognóstico por via de cálculos e/ou modelos numéricos.

Em estudos de Ropeleswski & Halpert (1987) em modelos de eventos de precipitação e ENSO notaram que em certas regiões a consistência e magnitude dos eventos do ENSO e precipitação podem servir para prognóstico da precipitação.

Prognóstico da precipitação ajudaria aos países a antecipar e aliviar os efeitos das secas e cheias e tem muita importância no plano agrícola, ambiental, ect.

Os países da África Austral e outros que estão em latitudes com fortes conexões entre El Niño e padrões de tempo, devem usar modelos de previsão para a quase normal, fraca, e fortes condições de El Niño e/ou La Nina; (NOAA, 1998).

Secas tem sido reconhecidas como ocorrências comuns nas regiões tropicais e ^{sub} sob tropicais da África e estas são caracterizadas por uma distribuição temporal e espacial em longas áreas (Nicholson, 1986a e 1986b).

Na África Austral as associações SST's -precipitação são evidentes entretanto uma profunda investigação é requerida antes de se estabelecer um prognóstico de precipitação sazonal; Pois embora hajam evidencias históricas que o ENSO é um dos factores determinantes da variabilidade climática interanual da precipitação, nas baixas latitudes a sua influência sobre a África continua controversa (Nicholson, 1996); (Mavie, 1999).

É em volta de estes e demais aspectos que se insere os objectivos e motivação da realização deste trabalho .

Tendo como principal objectivo, analisar os espectros da precipitação na África Austral e relacioná-las com o ENSO através da análise dos espectros do SOI- «*Southern Oscillation Index*» (índice do fenómeno ENSO), para a melhoria de prognósticos sazonais de precipitação na região.

E objectivos específicos :

- * Definir uma área na África Austral com homogénea variabilidade de precipitação.
- * Determinar a série temporal da média regional da precipitação do Verão.
- * Descobrir a periodicidade das séries temporais de precipitação na África Austral.
- * Analisar os espectros da precipitação e do SOI.
- * Investigar o grau de associação entre as anomalias da precipitação e o ENSO na África Austral.

1.2 Características da África Austral e circulação média atmosférica

A maior parte da África Austral oscila dentro dos trópicos entre os oceanos Atlântico e Índico; A sua fronteira a sul localiza-se a 35 graus.

O sob continente é dominado por elevações maiores que 1000 metros. Regiões de planície, geralmente são encontradas na parte este da África Austral e em redores dos rios Limpopo e Zambeze.

A África Austral é ainda constituída por dois desertos, nomeadamente Kalahari e Namíbia, localizados no sudoeste e sudeste respectivamente.

Localizados no cinturão de alta pressão subtropical do hemisfério sul os anticlones do Atlântico e Índico e seus movimentos sazonais, são importantes características que controlam o tempo na África Austral (Tyson, 1984); (Rocha, 1992).

As altas do oceano Índico representam uma mudança longitudinais de cerca de 24 graus, estando próximas ao sob continente durante o Inverno e deslocando-se para a região da Austrália durante o Verão.

Em contrapartida, o oceano Atlântico apesar de exibir pequenos deslocamentos longitudinais são notórios ciclos semianuais.

As duas células movem-se entre 5 a 6 graus de latitude e alcançam suas posições mais a sul durante o Verão.

A onda semianual é presente nos movimentos semianuais dos dois anticlones.

Durante o Inverno quando o sul dos oceanos Índico e Atlântico as altas encontram-se próximas do sob continente, predomina a subsidência na região e a convecção é inibida; O fluxo de ar frio proveniente dos oceanos é impedido de penetrar na Terra devido a inversão da temperatura que geralmente oscila abaixo do nível de «Plateau» (Schulze, 1972).

Céus claros e condições secas prevalecem excepto na ponta do sob continente onde circulam nas médias latitudes as perturbações dos ventos do oeste.

Durante o Verão, com o aparente movimento do sol para o hemisfério sul, uma zona termal de baixa pressão desenvolve-se na África Austral, quebrando o cinturão de alta pressão e o regime dos ventos dos dois hemisférios convergem para esta zona, onde uma banda de actividade convectiva, libertação de calor latente e precipitação determinam a ITCZ (zona de convergência inter tropical).

Durante o Verão esta zona pode alcançar os 15 graus sul; Neste tempo do ano as massas de ar com diferentes características encontram-se sobre a África Austral.

Do nordeste o ar das monções proveniente do anticiclone da Ásia, dependendo do tempo, com um passo de erro este ar pode ser seco ou húmido; Seus rastos anteriores tem sido sobre o este da África, ou oceano Índico respectivamente Rocha (1992).

Do lado este do sul do anticiclone do Atlântico o ar volta-se para a terra para o centro de baixa pressão, adquirindo uma componente do nordeste, esta massa de ar conhecida com massa de Congo ou Zaire é húmida depois da sua trajectória sobre o oceano e florestas equatoriais; Após a subida orográfica do continente alcança o oeste da Zâmbia quase saturada (Torrance, 1972).

Para o sul da ITCZ, intensa humidade do sudeste vindo do oceano Índico é predominante, e Madagáscar actua como uma barreira.

Acima do citado é importante assumir que o oceano Índico é principal fonte de ar húmido para a região (Taljaard, 1986a); (Tyson, 1986), através de massas de ar do nordeste e sudeste.

O oceano Atlântico com a introdução da massa de ar de Zaire pouco contribui para a precipitação na África Austral.

1.3 Variabilidade interanual da precipitação do Verão

Muitos trabalhos de variabilidade interanual de precipitação de Verão, tem sido realizados; Embora estas pesquisas não podem ser generalizadas, elas apresentam uma visão das características da precipitação nas escalas temporais.

Um tipo revelante de circulação para a variabilidade de precipitação em escala temporal anual inclui o fluxo de núcleos de anticlones do sudoeste e a retirada do anticiclone do Índico sul estes jogando o mais importante papel em áreas costeiras.

Shinoda (1990), investigando o comportamento interanual do cinturão de precipitação sobre a África Austral, sugeriu que as anomalias de precipitação negativa que ocorriam entre as bandas de 10 e 20 graus sul dependiam mais da intensidade da ITCZ, e não da sua posição. De qualquer

modo, como ele reportava os dois factores (intensidade e posição) tinham igual importância no controle de precipitação em Verões húmidos.

Durante anos secos, a preferida posição da banda de nuvens mudava do este em direcção ao Madagáscar; Isto estaria ligado com o fenómeno ENSO através das anomalias dos ventos orientais na alta troposfera tropical sobre a região Rocha (1992).

Numa larga escala é preciso considerar os anticiclones sob tropicais do Atlântico e particularmente do Índico, desde que suas posições e forças controlam o fluxo geostrofico na terra, carregando ar húmido abastecido dos oceanos.

Durante últimas décadas pesquisas tem sido feitas, investigando causas não locais das anomalias climáticas na África Austral.

A tenção particular dá-se a interacção oceano atmosférica e suas implicações no clima.

2. Dados e técnicas de análise

2.1 Dados de precipitação do Verão e do SOI

A África Austral é uma região principalmente chuvosa durante o Verão, excepto na ponta do continente ao sul e próximo do equador.

Nesta tese o Verão de cada ano define-se sendo a época começando em Novembro e terminando em Março do ano seguinte.

Esta definição resulta pelo facto de mais de 70% dos totais de precipitação anual serem registados nesta época.

Faz-se o uso de precipitação mensal global em áreas do continente de 1900 a 1996 para o estudo.

O estudo baseia-se em registo de dados de estações individuais, o que pressupõe um largo comportamento estatístico; Para além de que se nota escassez de dados em principais áreas do continente.

Dados mensais da precipitação para todo o globo espaçados a 2.5 graus de latitude e 3.75 graus de longitude aproximadamente, tem sido disponibilizados pelo departamento do ambiente e transportes do Reino Unido para uso em pesquisas científicas. Estes dados são obtidos através das interpolações dos dados das estações originas, mais detalhes podem ser obtidos dos artigos (Hulme, 1992 e 1994). Estes dados tem sido sujeitos a qualidade de controle.

As médias para cada ano de Verão e médias totais do Verão são calculadas e suas anomalias são normalizadas em função do desvio padrão.

Utiliza-se como indicador do ENSO, o SOI de 1899 a 1995 este índice obteve-se do centro de predição climática (USA) apresentando média mensal de pressão entre Tahiti e Darwin Lobo (1998); Mavie (1999)

Cada indicador é calculado de modo que os valores extremos dos números positivos indicam um evento de La Niña e dos números negativos indicam um evento de El Niño.

2.2 Análise de séries temporais

Uma série temporal é um conjunto de observações levadas em especificado intervalo de tempo (geralmente em intervalos de tempos iguais).

Assim, define-se uma série temporal:

$$Y = f(t) \dots\dots\dots (1)$$

E graficamente representa-se por construir o gráfico YXt .

É importante pensar que o gráfico da série temporal é descrito por um ponto que se move com a passagem do tempo de modo análogo a partículas físicas. Entretanto, no lugar de forças físicas o movimento pode ser devido a uma combinação meteorológica de vários factores, e assim obtemos *séries temporais meteorológicas*.

O movimento de uma série temporal pode ser classificado em vários tipos principais, às vezes chamados componentes duma série temporal (p.ex: componentes cíclicas, sazonais, ect.); Uma das principais componentes duma série temporal é o longo termo, (temo secular ou tendência), que define a direcção geral em que a série temporal aparenta apresentar ao longo de um intervalo de tempo relativamente grande, por isso as vezes se chama de tendência; E a sua determinação pode ser feita por via do método dos mínimos quadrados.

O método utilizado nesta tese para a determinação da tendência é o fornecido pelo «módulo» *Basic Statistics*, do software STATISTICA em que a inclinação da recta dos mínimos quadrados, interpreta a regressão da equação para a variável da precipitação.

2.2.1 Estabilidade temporal das séries

Ao considerar-se cada período de 30 anos ou aproximadamente da série temporal como se fossem pequenas amostras da população total (os 96 anos), é possível formular testes de hipóteses e significância usando outras distribuições diferentes da normal, tais como, distribuição t-student, qui-quadrado, F e outras.

A ideia aqui, é testar a significância estatística das diferenças das médias e coeficientes de regressão, uma vez que se exige a significância estatística dos parâmetros estatísticos das amostras antes de qualquer análise espectral.

2.2.1.1 Diferenças das médias

Duas amostras aleatórias de tamanhos n_1 e n_2 extraídas de uma população normal ou aproximada com desvio padrão $\sigma_1=\sigma_2=\sigma$ e sendo \bar{X}_1, S_1 e \bar{X}_2, S_2 respectivamente a média e o desvio padrão da primeira e segunda amostra; Para testar a hipótese que não há diferença significativa entre as médias e que elas provêm da mesma população (isto é, numa série temporal com características uniformes em diferentes sob períodos), usamos a estatística-t tal que:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \dots\dots\dots(2)$$

sendo:

$$\sigma = \sqrt{\frac{n_1.S_1^2 + n_2.S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \dots\dots\dots(3)$$

2.2.1.2 Razões de variância

Sendo \hat{S}_1^2, \hat{S}_2^2 estimadores não tendenciosos de σ_1^2 e σ_2^2 procura-se saber se a razão das variâncias das amostras são estatisticamente significativas.

Neste caso formulam-se as seguintes hipóteses:

$H_0: \sigma_1 = \sigma_2$ Qualquer variabilidade das médias é observada devido ao acaso.

$H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2$ Há uma variabilidade das médias cujas causas não se devem só a casualidade.

Aceita-se a hipótese nula em casos de num teste bilateral; $F_\alpha > F > F_{1-\alpha}$ e rejeita-se caso contrário, sendo :

$$F = \frac{\hat{S}_1^2}{\hat{S}_2^2} \dots \dots \dots (4)$$

e

$$\hat{S}_i^2 = \frac{n_i}{n_i - 1} \sigma_i^2 \dots \dots \dots (5)$$

2.2.1.3 Coeficientes de regressão

Com base nos dados obtidos na equação de regressão da amostra: $Y_i = a_i + b_i x$, se a equação de regressão da série temporal for tal que $y = \alpha + \beta x$, para testar a hipótese que o coeficiente de regressão b_i é apropriado a série temporal total (se a diferença da tendência da amostra não é estatisticamente significativa em relação a tendência da população total) aproveitamos o facto de a estatística-t ter uma distribuição t-student com $N-2$ graus de liberdade; Sendo:

$$t = \frac{b_i - \beta}{S_{y,x}/S_x} \sqrt{N-2} \dots \dots \dots (6)$$

Utiliza-se a expressão (6) para determinar quanto os coeficientes de regressão são estatisticamente significativos ou seja se podemos usar o coeficiente b para a estimativa de β desde que:

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{iest})^2}{n}} \dots\dots\dots (7)$$

seja erro de estimativa do coeficiente de regressão, e:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i - \bar{x}}{n}} \dots\dots\dots (8)$$

é o desvio padrão da variável independente

$$i = 1, 2, 3, 4, \dots\dots\dots N$$

y_{iest} é o y -ésimo valor estimado pela recta de regressão

y_i é o y -ésimo valor real da amostra

2.2.2 Análise espectral das séries temporais

2.2.2.1 Séries harmónicas

Muitas vezes é impossível representar um único evento (uma série temporal) usando uma só harmónica, daí a razão do uso de séries harmónicas.

Uma série de dados constituídos por n observações (ou pontos) pode ser representada por uma função passando em cada ponto tal que o resultado desta função seja soma de $n/2$ funções harmónicas para n par e $(n-1)/2$ para n impar.

Assim, a série harmónica Y_t será representada por :

$$y_t = \bar{y} + \sum_{k=1}^{n/2} C_k \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} kt\right) + \phi_k \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{ou } y = \bar{y} + \sum_{k=1}^{n/2} \left(A_k \cos \frac{2\pi}{T} kt + B_k \text{Sen} \frac{2\pi}{T} kt \right) \dots\dots\dots (10)$$

$k=1,2,3,\dots\dots\dots n/2$

Sendo :

$$\omega_k = \frac{2\pi}{T} k \dots\dots\dots (11)$$

a frequência angular da harmónica k ,

$$\phi_k = \frac{2\pi}{T_k} t \dots\dots\dots (12)$$

a fase angular da harmónica k ; T_k - é o período da harmónica k isto é:

$$T_k = \frac{T}{k} \dots\dots\dots (13)$$

$$C_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \dots\dots\dots (14)$$

C_k é a amplitude da harmónica k ; T é o período das observações totais ;

Sendo ainda definida a frequência como o inverso do período ou seja:

$$f_k = \frac{1}{T_k} \dots\dots\dots (15)$$

\bar{y} é o valor médio da série temporal

$$\phi_k = \begin{cases} \text{arctg}\left(\frac{B_k}{A_k}\right) \\ \text{arctg}\left(\frac{B_k}{A_k}\right) + \pi \\ \pi/2 \end{cases} \dots\dots\dots (16)$$

Onde o 1^o 2^o e 3^o caso se referem a A_k maior ,menor e igual a zero.

$$A_k = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \cdot \text{Cos} \frac{2\pi}{T} kt \dots\dots\dots (17)$$

$$B_k = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \cdot \text{Sen} \frac{2\pi}{T} kt \dots\dots\dots (18)$$

São coeficientes da série temporal.

Os coeficientes A_k e B_k são funções de frequência w_k e logicamente:

$$C_k = C_k(w_k) \dots\dots\dots (19)$$

Deste modo, separadamente podem ser analisadas as contribuições feitas por processos que variam com velocidades diferentes, que são processos operando num espectro de diferentes frequências Panosfsk & Brier (1988).

Uma simples forma de análise espectral consiste em analisar o quadrado das amplitudes como função de frequência; Isto é, analisar a função

$$C_k^2 = C_k^2(w_k) \dots\dots\dots (20).$$

O eixo horizontal consiste em $n/2$ frequências sendo $w_1 = \frac{2\pi}{n}$ a menor frequência, chamada frequência fundamental; A frequência $w_{n/2} = \pi$ é a maior frequência e chama-se frequência de Nyquist (Nyquist frequency).

A importância do gráfico da densidade espectral esta no facto de este claramente mostrar os ciclos principais das n observações.

2.2.2.2 Teoria dos espectros em modelos autorregressivos

Os tipos de dependência temporal produzidos por diferentes modelos autorregressivos criam características espectrais próprias que podem ser abordadas em parâmetros autorregressivos.

Para o caso do modelo autorregressivo da primeira ordem AR(1), em que :

$$x_{t+1} = \mu + \phi(x_t - \mu) + \varepsilon_{t+1} \dots\dots\dots (21).$$

Onde : μ é a média da série temporal

ϕ é o parâmetro da série temporal (para o nosso caso é o coeficiente de autocorrelação)

ε_{t+1} é a regressão residual (correspondente a uma quantidade aleatória)

x_{t+1}, x_t são respectivamente os valores previstos e instantâneos no instante t .

Valores positivos do parâmetro autorregressivo induz à memória que a série é possuidora de poucos termos enfatizando pequenas variações do resíduo; Em termos de espectro estes efeitos levam a maiores densidades em frequências baixas e menores densidades em frequências altas, para além de que estes efeitos são progressivamente maiores para o parâmetro da série próximo da unidade.

Em processos autorregressivos a função teórica de densidade espectral como função de frequências é descrita abaixo :

$$S(f) = \bar{h}(f) \frac{1 - \phi^2}{1 + \phi^2 - 2\phi \cos 2\pi f} \dots\dots\dots (22)$$

A esta função associa-se a densidade espectral de todas as frequências $0 < f < 1/2$ sendo,

$\bar{h}(f)$ a média do periodograma (soma dos quadrados das amplitudes das funções seno e co-seno para frequência f).

A forma da função (22) é determinada pelo denominador, uma vez que o numerador contém termos constantes dando a função numérica valores comparados ao espectro teórico de quadrados da amplitude C_k^2 .

A equação (22) reproduz também fenômenos caracterizados por parâmetros autoregressivos negativos que produziram séries temporais tendendo a oscilar rapidamente em volta da média, e que a densidade espectral é maior nas altas frequências.

AR(1) (autoregressive model-1) com o parâmetro de regressão igual a zero corresponde a uma série com valores não correlacionados, na sua representação espectral, para diversas frequências o espectro torna-se constante por tanto:

$$x_{t+1} = \mu + \epsilon_{t+1} \dots\dots\dots (23).$$

Assumimos que o valor do espectro teórico é a verdadeira magnitude do espectro da população, (para cada frequência) o que implica que os valores correspondem a 50% da distribuição χ^2/df apropriada a nossa amostra estatística (redefinimos a amostra estatística sendo representada agora pelo conjunto dos dados totais de precipitação do período em estudo).

O número de graus de liberdade para a estimativa do espectro da amostra depende do tamanho da série N e da forma e largura da janela temporal M . Assim por exemplo para a janela de T-Hamming que foi o caso usado nesta tese temos:

$$df = 2.5164 \cdot \frac{N}{M} \dots\dots\dots(24)$$

Então os limites de confiança de 95% e 5% do espectro teórico para cada frequência serão calculados pelo valor do espectro teórico, multiplicados por certos valores fixos que podem ser encontrados numa tabela de distribuição χ^2/df ; E eles interpretam a probabilidade equivalente de a 95% de significância ocorrer um pico e um vazio espectral para cada frequência respectivamente.

Uma vez calculados o espectro teórico e os limites de confiança desejados, comparam-se estas novas funções com a função do espectro estimado (espectro da amostra em estudo).

Se o espectro estimado estiver dentro do limite de confiança, então a hipótese nula é aceite, ou seja, a nossa amostra é gerada por um processo autorregressivo de ordem (1) (Markov) do tipo ruído vermelho. No caso contrário a hipótese é rejeitada.

Para a janela de T-Hamming, um valor m relaciona-se com a largura da janela temporal M por:

$$2m \frac{2\pi}{N} = 2.35 \frac{\pi}{M} \dots\dots\dots(25).$$

onde m é um número tal que $2m + 1$ seja igual ao número de pesos no domínio de frequências por alisar usado no módulo *Time Series Analysis do SoftWare* «STATISTICA».

Nesta tese o número de pesos usados foi igual a 5, o que implica que $m = 2$. O membro direito da equação (25) é a medida padrão da largura da banda desta janela.

Assim resulta que:

$$M = 2.35 \frac{N}{4.m} \dots\dots\dots(26)$$

A formula (26) leva-nos finalmente a determinação do número dos graus de liberdade df .

Desde que um dado espectro atmosférico é calculado ele sujeita-se a flutuações.

O coeficiente de Fourier C_k exhibe saltos aleatórios tornando assim cada quadrado de amplitude um «pseudo estimador» da verdadeira amplitude; A solução estatística tem sido aumentar o número dos dados do espectro ou o número das amostras.

Qualquer aumento das observações garante a suavidade e representatividade do espectro resultante, custando assim o decrescimento da resolução da frequência; Pois essencialmente a estabilidade das estimativas dos espectros (da distribuição da densidade espectral) é obtida manchando a informação das bandas de frequências.

Na prática, um compromisso entre a estabilidade do espectro e a resolução das frequências deve ser estabelecido e é resolvido como um assunto de juízo subjectivo do autor (Jenkins e Walts, 1968).

Para minimizar este efeito muitas vezes utiliza-se a frequência de corte f_c sendo:

$$f_c = \frac{1}{2.\Delta t} \dots\dots\dots(27).$$

Δt é o intervalo de tempo em estudo, para o nosso caso é igual a 1 ano, Então a frequência de corte será $f_c = 0.5$.

Assim o problema acima apresentado é minimizado ao dividir a frequência na equação (22) pela frequência de corte. (justifica-se assim a razão da multiplicação por 2 ao argumento da função cosseno na equação (22)).

2.3 Análise cruzada de séries temporais

O conceito «densidade espectral» de uma série temporal é generalizado ao conceito de densidade cruzada para dois valores complexos de série temporal.

O espectro cruzado é uma medida de correlação espectral entre duas séries temporais; Isto é: O espectro cruzado caracteriza o grau em que duas ou mais séries temporais são descritas por uma transformação linear temporal invariante (linear time invariante transformation «LTI- transformation»)

De facto, a teoria da análise cruzada é originada pelo senhor Arthur Schusters quando tentava caracterizar a combinação linear dos sinais ópticos para o estudo dos fenómenos de interferência Gerdner (1988).

Motivado por este fenómeno físico o conceito é actualmente generalizado para duas séries temporais $X_1(t)$ e $X_2(t)$ tais que dizem-se completamente coerentes se elas as duas são LIT-transformação de única série temporal $Z(t)$; Assim :

$$X_1(t)=g(t).Z(t) \dots\dots\dots(28)$$

e

$$X_2(t)=h(t).Z(t) \dots\dots\dots(28a)$$

Sendo as funções $h(t)$ e $g(t)$ contínuas (não se anulam) em qualquer componente espectral, isto é :

$$G(f) \neq 0 \text{ e } H(f) \neq 0 \dots\dots\dots(29)$$

onde :

$$H(f)= \int_{-\infty}^{+\infty} h(t).e^{-i.2.\pi.f.t} .dt \dots\dots\dots(30)$$

e por analogia da equação (30) define-se $G(f)$.

Mas concretamente, a coerência quadrada exprime o grau em que duas ou mais séries podem ser relacionadas entre elas por uma LIT-transformação.

O módulo *Time Series Analysis do Software* «STATISTICA» determina a coerência quadrada ao normalizar a amplitude, isto é possível ao elevar ao quadrado a amplitude cruzada e dividir pela estimativa da densidade espectral cruzada.

Designa-se $\gamma^2(f_k)$ a coerência particular correspondente a frequência f_k .

Para toda a função o valor limite da coerência será:

$$\beta = 1 - \alpha^{\frac{2}{df-2}} = 1 - \alpha^{\frac{1}{edf-1}} \dots\dots\dots(31)$$

onde:

$$edf = df / 2 \dots\dots\dots(32)$$

determina os equivalentes graus de liberdade.

O número *edf* determina as realizações independentes de análises cruzadas em cada banda de frequência Thomson e Emery, (1997).

Normalmente usam-se intervalos de confiança de 90, 95, e 99% correspondentes a α igual a 0.1, 0.05, e 0.01 respectivamente. Alternativamente, quando usamos janelas de T. Hamming (que foi o caso neste trabalho) o equivalente número de graus de liberdade será $edf = 2.5164$ Thomson e Emery, (1997).

Neste caso, a 90%,95%, e 99% de intervalo de confiança os limites de confiança da coerência quadrada seriam 0.78, 0.86 e 0.95 respectivamente.

Uma outra grandeza importante na análise cruzada é a fase do espectro; Esta é calculada pela arctangente da razão da estimativa da densidade quadrante sobre a estimativa da densidade cruzada e determina o alcance relativo para cada frequência entre as duas séries; Em termos de tempo a fase do espectro cruzado indica a separação da ocorrência dos dois fenômenos.

Dois sinais de frequências f_k dizem-se altamente coerentes e que estão em fase se

$$\beta < \left| \gamma_{1,2}^2(f_k) \right| \cong 1 \dots\dots\dots(33)$$

e

$$\phi_{1,2}(f_k) \cong 0 \dots\dots\dots(34)$$

respectivamente, sendo a fase

$$\phi_{1,2}(f_k) = \phi_2(f_k) - \phi_1(f_k) \dots\dots\dots(34a)$$

3. Resultados e análises dos resultados

3.1 Regionalização da variabilidade da precipitação

As regiões subtropicais da Terra que são afectadas por células semi permanentes de alta pressão, a circulação média atmosférica e o clima são caracterizados por alto grau de variabilidade interanual; E a África Austral não é excepção Tyson (1986). Em particular a precipitação na África Austral é irregular tanto na distribuição espacial como temporal.

Para uma análise compreensiva das séries temporais nestas regiões há necessidade de regionalização das séries temporais de precipitação ou seja identificar áreas com variabilidade espacial da precipitação homogénea.

Nesta tese optou-se por utilizar a regionalização já obtida nos outros estudos, (Nicholson e Entekhabi, 1986); (Ropelewski e Halpert, 1987) e (Rocha, 1992).

Utilizando a análise em componentes principais, vários estudos mostram que numa escala global da variabilidade da precipitação mensal, há maior tendência de condições secas a ocorrerem na região este da África Austral.

A Figura 1 ilustra a área da África Austral correspondente a variabilidade homogénea interanual das anomalias de precipitação (e as estações usadas nesta tese), que se aproximam aos que constam nos estudos de, Nicholson e Entekhabi (1986) e também presentes em estudos de, Ropelewski e Halpert (1987) e Rocha (1992).

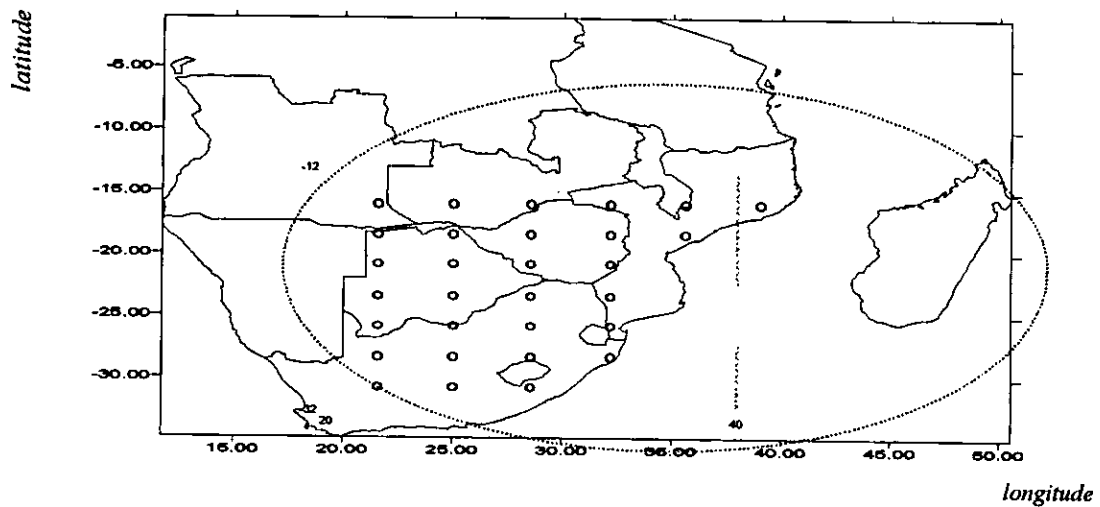


Fig 1: Área de variabilidade homogênea interanual de anomalias negativas de precipitação na África Austral

3.2. Variabilidade interanual da precipitação

Com os dados de precipitação mensal das 30 estações foi possível construir as isolinhas da precipitação para a região em estudo. A Figura 2 mostra as isolinhas da precipitação média do Verão das diversas estações do sudeste da África Austral. Claramente vê-se que durante o Verão a região de maior intensidade de precipitação corresponde a região este das baixas latitudes (entre 12-18 °S) o que coincide com a descrição da influência da ITCZ e do oceano Índico na variabilidade interanual de precipitação.

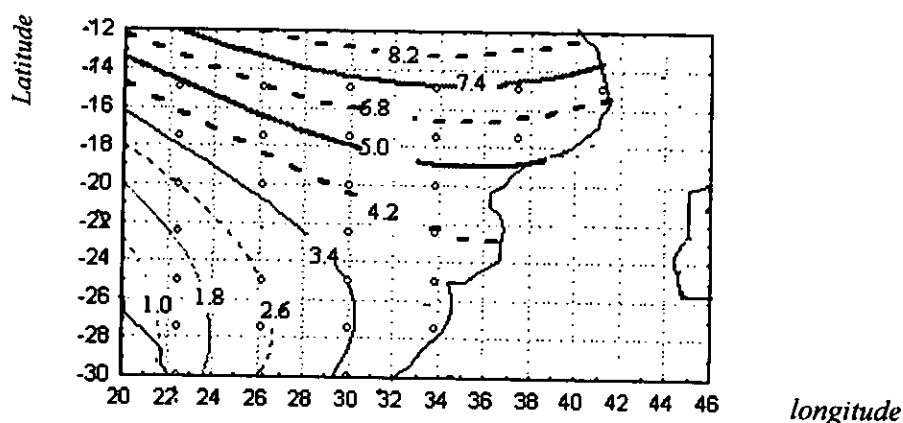


Fig 2: Precipitação média mensal do Verão na África Austral em (mm/dia)

3.3 Análise das séries temporais da precipitação do Verão

As figuras 3 e 4 mostram respectivamente, as séries da precipitação e anomalia normalizada da precipitação média regional da África Austral no Verão.

Os anos referem-se ao calendário anual do início da estação, p.ex:12 significa Verão que começa em Novembro de 1912 e termina em Março de 1913.

Os desvios negativos (precipitação normalizada) indicam a ocorrência de precipitação abaixo da normal e os desvios positivos, acima da normal.

Evidências da responsabilidade do ENSO na precipitação tem sido vistas através da observação de episódios que claramente aparentam modular a precipitação sobre a África Austral.

A análise desta série temporal e dos episódios concordam claramente em alguns casos com o que tem sido reportado por alguns estudos, p.ex:Lindesay (1988b), Van Heerden et al. (1988), Matarira (1990) e Rocha (1992), tal que condições secas tendem a associar-se com eventos do ENSO e condições húmidas com eventos do anti-ENSO.

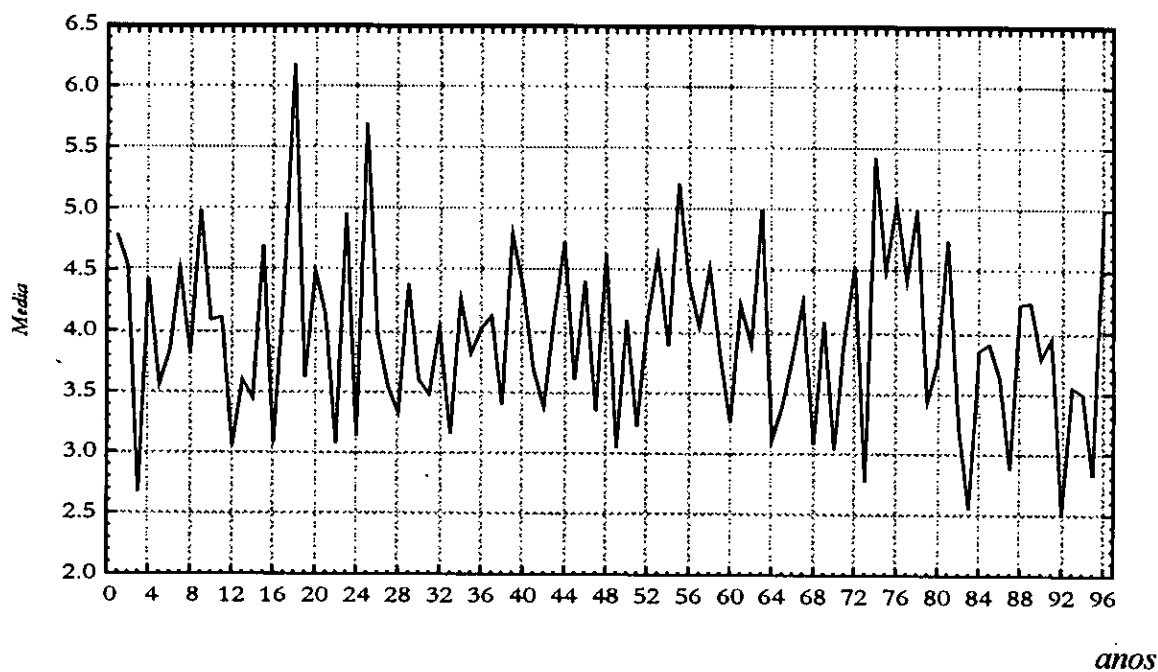


Fig 3: Série temporal de precipitação média de verão

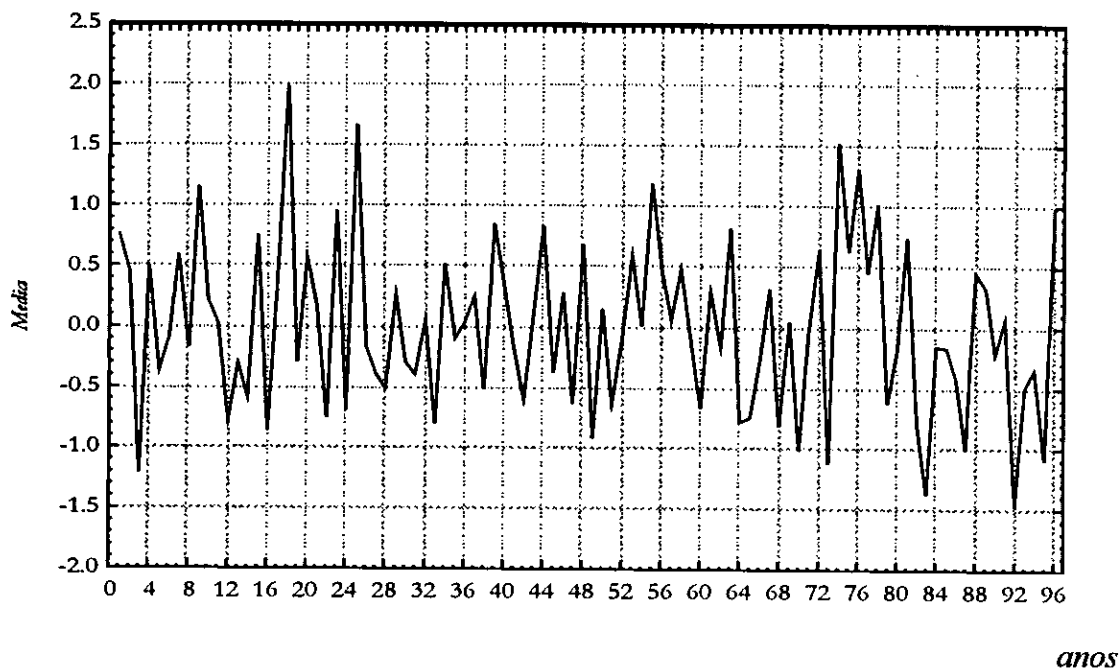


Fig 4: Série temporal das anomalias normalizadas da precipitação de verão

Entretanto, é notório a existência de defasamentos entre as ocorrências dos eventos de ENSO e anti-ENSO e as anomalias de precipitação. A Tabela 1 mostra os anos de ocorrência de Enso e anti-ENSO para o período em estudo segundo a definição de Crackenell e Kondratyev (1998), de 1900-1947; Borris A. Kangan (1995), de 1947-1950; e, Mavie (1999), de 1950-1998.

Dos gráficos das séries temporais nota-se ainda que embora os resultados reflectam os estudos dos autores citados acima, para além da falta de simultaneidade da ocorrência dos fenómenos, existem alguns anos de seca que não ocorrem durante anos de ENSO.

Tabela 1: Anos de ocorrência dos eventos de ENSO e anti-ENSO

<i>Eventos de ENSO</i>	<i>Eventos de anti-ENSO</i>
1902-03	1903-04
1904-05	1906-07
1910-12	
1914-15	1916-17
1917-18	1920-21
1923-24	1924-25
1925-26	1928-29
1930-31	
1932-33	1938-39
1940-42	1942-43
1946-47	
	1949-50
1951-52	
1953-54	1954-55
1957-58	
1963-64	
1965-66	1966-67
1969-70	1970-71
1972-73	1973-74
1976-77	1978-79
1982-83	
1986-87	1988-89
1991-92	1993-94
1997-98	

3.3.1 Estabilidade das séries temporais de precipitação de Verão

Cada conjunto de dados correspondentes ao período dos 30 anos ou aproximados da série temporal total de precipitação são denominados amostras estatísticas de precipitação; Assim a nossa série total é composta por três amostras estatísticas de precipitação, compreendendo os períodos de 1900-1930; 1931-1960; e 1961-1995 respectivamente. Ao conjunto de dados totais da série temporal 1900-1995 denomina-se população estatística da precipitação.

Deseja-se saber, quanto estatisticamente as amostras são significativas. Para tal formulam-se testes de significância estatística da diferença das médias das amostras (t-student), razão de variância (F-test) e testes de significância estatística dos coeficientes de regressão da precipitação em ordem do tempo das amostras de precipitação em relação a população de precipitação (t-student para coeficiente de regressão).

As hipóteses nulas são formuladas tal que a diferença das médias ou a razão da variância não sejam estatisticamente significativas; E a hipótese alternativa é a hipótese contrária da hipótese nula. A aceitação da hipótese nula leva-nos ao pensamento da existência de persistência e/ou periodicidade das séries; O que nos garante, a necessidade da análise da densidade espectral da série de precipitação e do SOI, a fim de descobrir as frequências dos ciclos mais acentuados.

Pela extensão dos cálculos, estes não são aqui apresentados, entretanto, o capítulo 2 apresenta todas as expressões e procedimentos usados para os referidos testes; A Tabela 2 dá-nos os resultados dos valores importantes dos parâmetros estatísticos das amostras e da população de precipitação.

Tabela 2: Parâmetros estatísticos das amostras e população estatística de precipitação

<i>Amostra-1</i> 1900-1930	<i>Amostra-2</i> 1931-1960	<i>Amostra-3</i> 1961-1995	<i>População</i> 1900-1995	<i>Parâmetros</i> <i>estatísticos</i>
31	30	35	96	n_i
0.803	0.554	0.759	0.714	S_i
4.052	3.938	3.862	3.960	\bar{X}_i
0.00170	0.01030	-0.01150	-0.00300	b_i
0.776	0.538	0.749	0.705	$S_{y,x}$
8.655	8.655	10.388	27.711	S_x

Onde: $i=1, 2$ e 3 ,

S_i - é o desvio padrão da amostra i

S_x - é o desvio padrão da variável independente da recta de regressão (desvio do tempo)

n_i - é o tamanho da amostra i

\bar{X}_i é média da amostra i

b_i - é o coeficiente de regressão da amostra i (em mm/dia.ano)

3.3.1.1 Diferença das médias

Sendo a hipótese nula - $H_0: \mu_0 = \mu_1$; Qualquer diferença das médias é devido ao acaso; e hipótese alternativa - $H_1: \mu_0 \neq \mu_1$; Qualquer diferença das médias é estatisticamente significativa.

Usando os resultados da tabela acima (Tabela 2) e a estatística t obtemos os seguintes resultados;

Onde:

$$\sigma_{i,j} = \sqrt{\frac{n_i S_i^2 + n_j S_j^2}{n_i + n_j - 2}} \quad \text{e} \quad t_{i,j} = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_j}{\sigma_{i,j} \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}}}$$

Tabela 3: Resultados dos testes de significância das diferenças das médias das amostras

Graus de liberdade (ν)	$t_{0,95}$	$t_{i,j}$	i,j
59	1.65	0.63	1,2
63	1.66	0.41	2,3
64	1.66	1.06	1,3

Que nos leva à aceitação da hipótese nula a 90% de intervalo de confiança em testes bilaterais pois $|t_{0,95}| > t_{i,j}$ para todas as combinações das amostras.

3.3.1.2 Razão de variância

Sendo: $F_{i,j} = \frac{\hat{S}_i^2}{\hat{S}_j^2}$

E usando a estatística F para ν_i e ν_j graus de liberdade do

numerador e do denominador respectivamente obtém-se a seguinte Tabela do teste de significância estatística das razões de variância.

Tabela 4: Resultados dos testes de significância das razões de variâncias

ν_1	ν_2	$F_{0.99}$	F_{ij}	$F_{0.01}$	i,j
30	29	0.42	2.09	2.41	1,2
29	34	0.43	1.87	2.20	2,3
30	34	0.43	1.12	2.20	1,3

Dos resultados da Tabela 4 mais uma vez nos levam a aceitação da hipótese nula de significância razão das variâncias, entre tanto é preciso notar que a 90% de intervalo de confiança são aceites as hipóteses nulas referentes aos testes $F_{1,3}$ e $F_{3,2}$.

3.3.1.3 Testes de coeficiente de regressão

Usando a tabela dos parâmetros estatísticos (Tabela 2) e a estatística t para coeficientes de regressão é possível testar a significância estatística dos coeficientes de regressão das séries das amostras em relação a população estatística, isto é, testar até que ponto a tendência das amostras não é estatisticamente diferente da tendência total da precipitação nos 96 anos.

Os resultados apresentados na Tabela 5 sugerem-nos a aceitação da hipótese nula do teste de coeficientes de regressão.

Onde:

$$t_i = \frac{b_i - \beta}{\frac{S_{y.x}}{S_x} \sqrt{n_i - 2}} \dots \dots \dots (35)$$

Tabela 5: Resultados dos testes de significância de coeficientes de regressão

ν	t_I	$t_{0.95}$	i
29	0.28	1.70	1
28	1.13	1.70	2
33	0.68	1.68	3

Os testes efectuados, levam-nos a aceitação da hipótese nula da diferença das médias, razão da variância e significância da diferença dos coeficientes de regressão entre as amostras e a população.

Os testes da hipótese nula da tendência (não são apresentados no relatório) sugere-nos que não existem tendências estatisticamente significativas ao longo prazo da precipitação que podem claramente ser vistos dos coeficientes de regressão das amostras e da população.

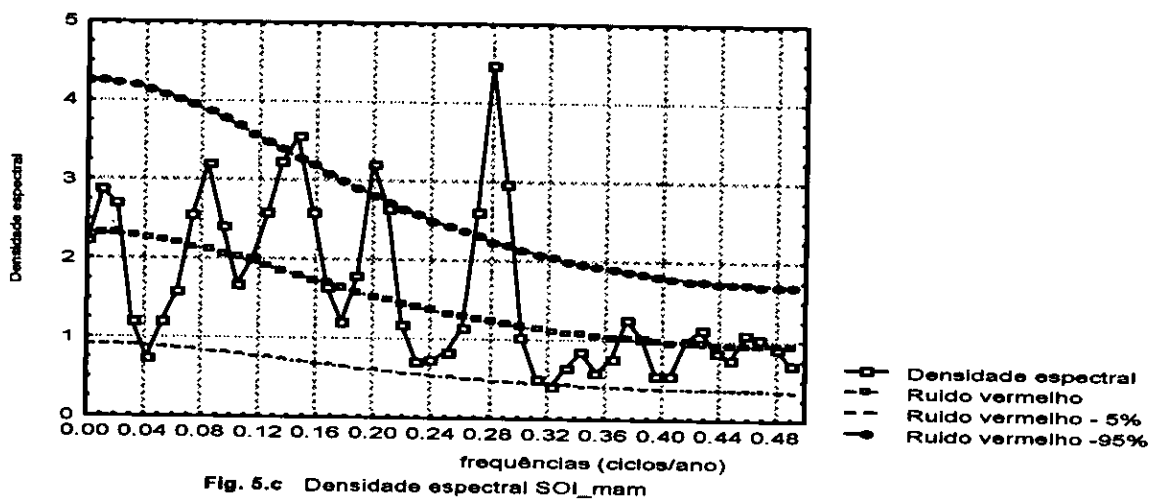
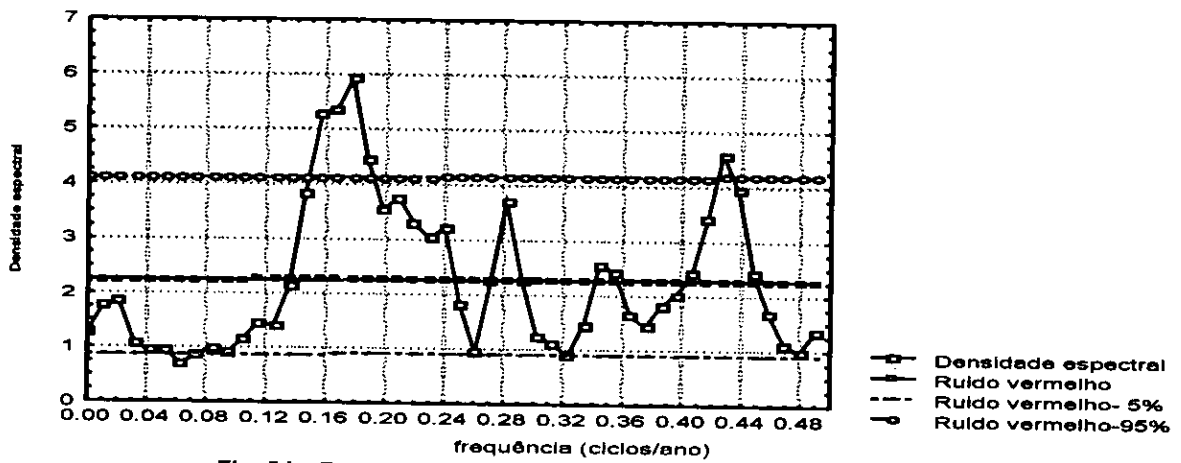
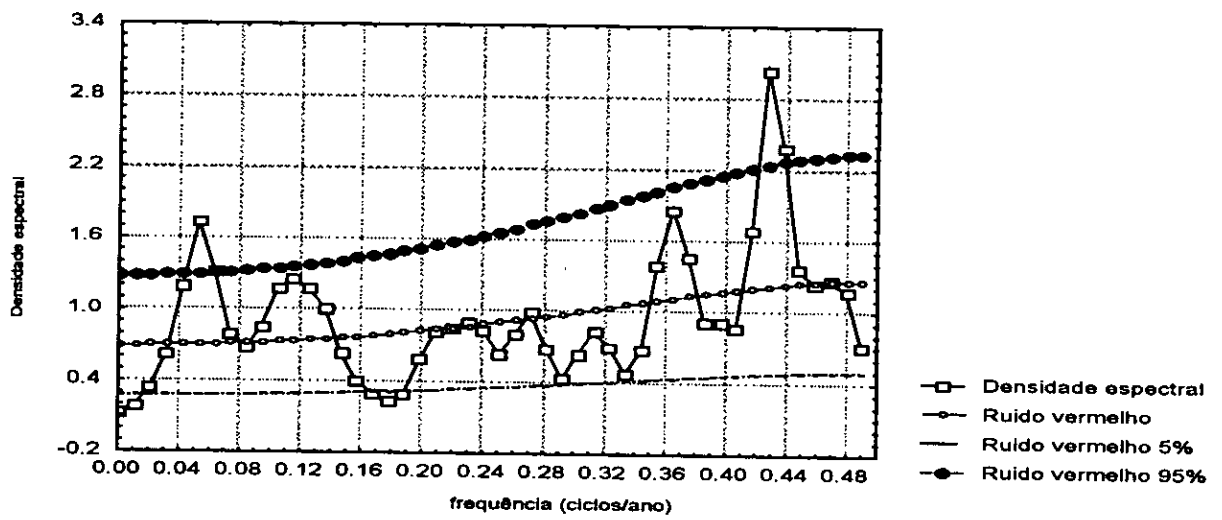
3.3.2 Análise da densidade espectral da precipitação do Verão e do SOI

A aceitação estatística das hipóteses nulas dos testes da estabilidade das séries temporais efectuados conduz-nos a análise das densidades espectrais.

Analisa-se nesta etapa os gráficos das densidades espectrais do Verão normalizado e do SOI, que são versões não dimensionais das anomalias de precipitação e do SOI respectivamente.

A nível de intervalo de confiança de 5% e 95%, fazem-se testes de ruído vermelho, a fim de descobrir os ciclos estatisticamente significativos da precipitação e do SOI; Os valores do periodograma, são calculados como a soma dos quadrados dos coeficientes das funções de seno e cosseno, para cada frequência e eles tem o sentido estatístico de variância dos dados da série (soma dos quadrados das anomalias) em respectivas frequências ou períodos.

Os ciclos mais acentuados vem-se nas Figuras 4, e a Tabela 6 mostra a periodicidade dos ciclos médios da precipitação e do SOI e as respectivas bandas de frequências.



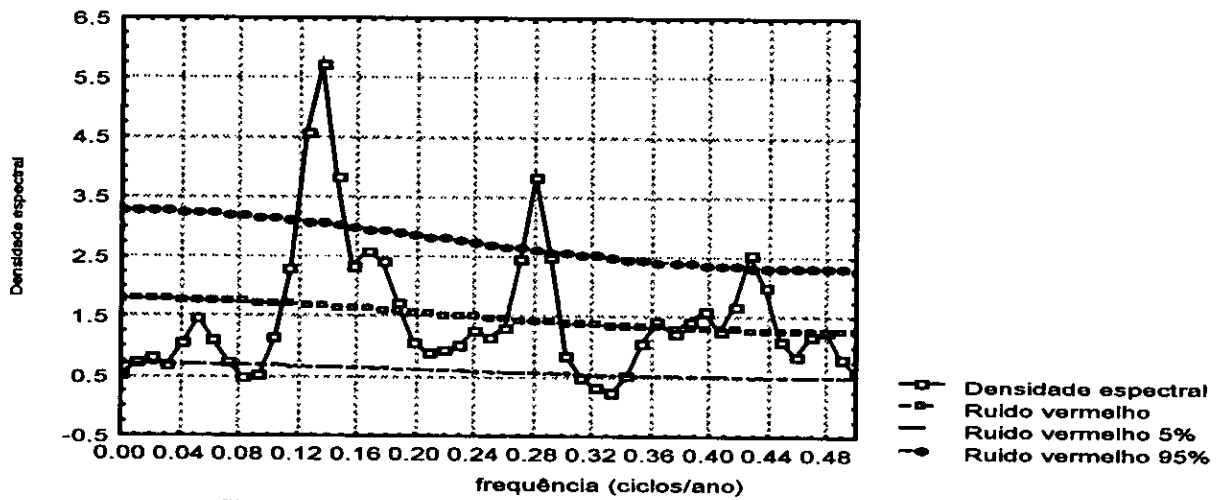


Fig. 5.d Densidade espectral- SOI_JJA

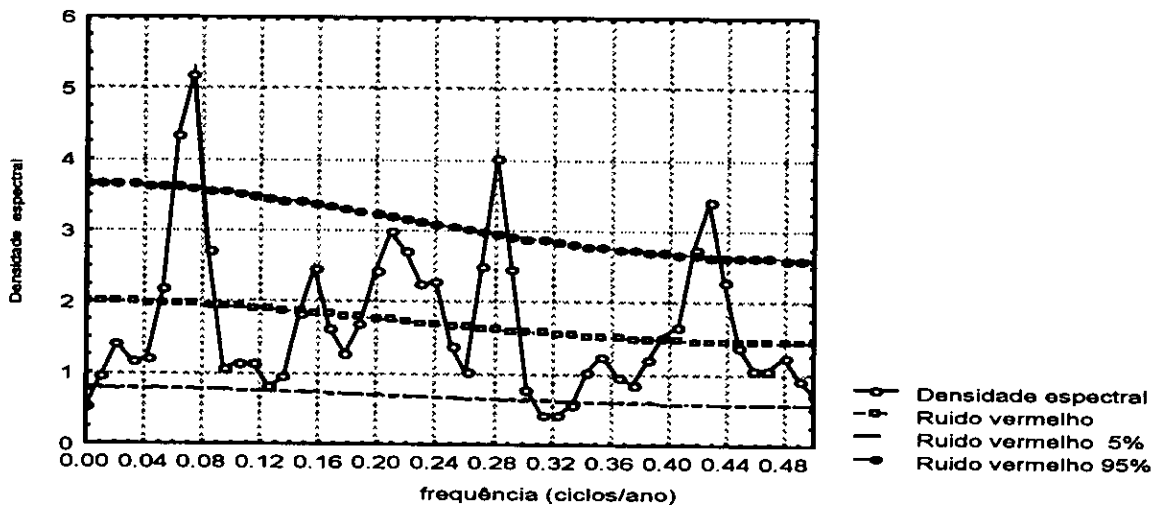


Fig. 5.e Densidade espectral SOI_SON

Tabela 6: Periodicidade média dos ciclos de precipitação e do SOI

<i>Densidade espectral S(f)</i>	<i>Bandas de frequência (ciclos/ano)</i>	<i>Período médio (anos)</i>
Verão normalizado	0.040-0.062	19.2
	0.42-0.44	2.3
SOI_djf	0.15-0.18	5.8
	0.42-0.43	2.3
SOI_mam	0.14-0.15	6.8
	0.19-0.21	5
	0.27-0.30	3.5
SOI_jja	0.12-0.15	7.6
	0.27-0.29	3.6
	0.43	2.3
SOI_son	0.06-0.073	14.2
	0.27-0.28	3.5
	0.41-0.43	2.3

Da Tabela 6 vê-se que exceptuando os ciclos correspondentes a média dos 19 anos (precipitação normalizada) e o dos 14 anos (SOI_son) quase todos os ciclos tanto do SOI como da precipitação oscilam num intervalo médio de 2-7 anos, nota-se uma aproximação do período correspondente aos ciclos da precipitação e do SOI, para diferentes avanços.

3.4 Análise cruzada das séries temporais de precipitação normalizada e SOI

São duas as limitações no estudo da densidade espectral: Primeiro, é que simplifica o sinal do ENSO e da precipitação ao assumir que estes são bem descritos por oscilações entre sinais negativos e positivos; A segunda, e talvez a maior é que em termos quantitativos a densidade espectral não foca a consistência da resposta do ENSO na precipitação. Por esta razão, os resultados apresentados até agora, não reflectem ainda completamente a relativa importância do ENSO nos sistemas de precipitação na África Austral.

Uma aproximação da relativa importância do ENSO na precipitação pode ser obtida, estimando a percentagem da variabilidade da precipitação ligada aos episódios de ENSO (Kin e Nicholson, 1997).

Procurando quantificar o relacionamento entre a precipitação e o ENSO nesta tese, efectuou-se a análise cruzada da precipitação e do SOI, tendo como principal objectivo, a análise das funções coerência quadrada e fase do espectro cruzado, para períodos de avanços do SOI de 1 ano e 9, 6, e 3 meses.

3.4.1 Coerência quadrada

O mais compreensivo estudo da influência do ENSO na precipitação da África Austral, é baseada na coerência espectral Nicholson (1987).

Coerências quadradas superiores a 0.78 são significativas a 90% de intervalo de confiança, que representam a fracção de variabilidade de precipitação atribuível ao SOI (indicador do ENSO), através de um relacionamento linear entre a precipitação e o SOI.

Os resultados da coerência quadrada como função de frequência em espectros cruzados de precipitação de Verão e SOI com avanços de 1 ano e 9, 6, e 3 meses são ilustrados na Tabela 7 a 10% de nível de significância (as mais significativas coerências quadradas e as respectivas frequências); Demonstrando um forte relacionamento entre a precipitação e o ENSO nas escalas temporais de 2; 3; 6; 8-9 e 21 anos. As Figuras 6 ilustram os respectivos gráficos da coerência quadrada como função da frequência.

Tabela 7: Coerências quadradas significativas ao nível de significância de 10% (90% de intervalo de confiança)

$\gamma^2(f)$	Período médio (anos)	Frequências (ciclos/ano)	Funções cruzadas
0.823	21.2	0.047	SOI_djf-verão normalizado
0.816	2.34	0.4273	
0.821	2.23	0.4483	
0.81	8.3±0.5	0.12	SOI_mam-verão normalizado
0.83	2	0.47	
0.81	8.8±0.8	0.11	SOI_jja-verão normalizado
0.85	2	0.44	
0.83	2	0.45	SOI_son-verão normalizado
0.85	3	0.31	
0.79	6	0.18	
0.88	9	0.12	

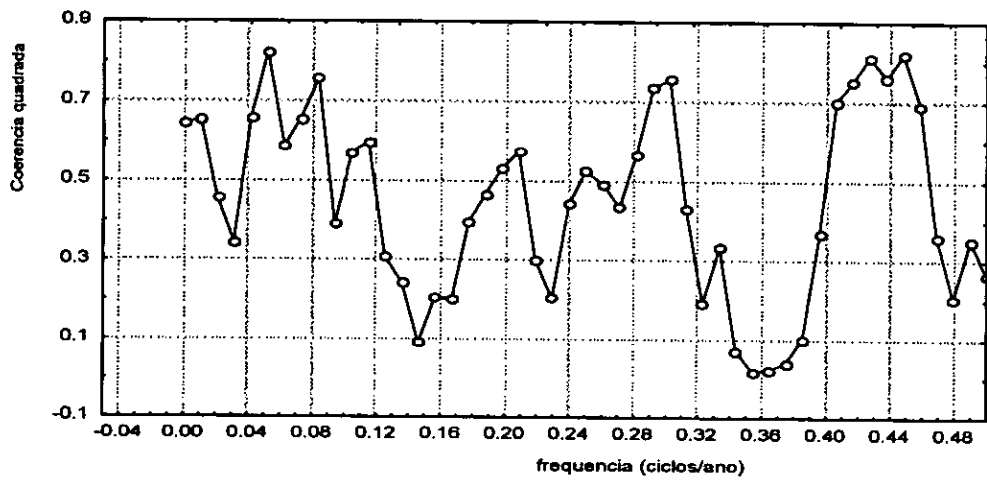


Fig. 6.a Coerência quadrada SOI_djf-Verão normalizado

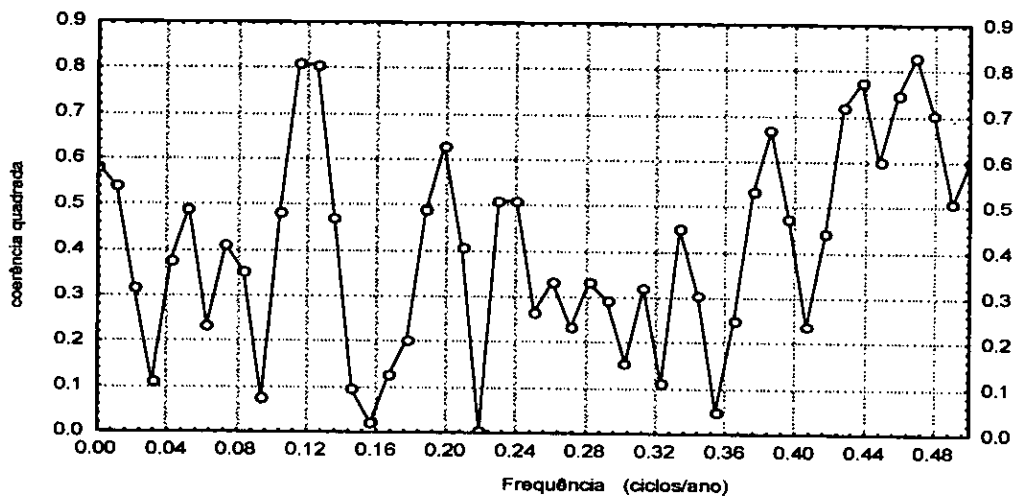


Fig. 6.b-Coerência quadrada SOI_mam-Verão normalizado

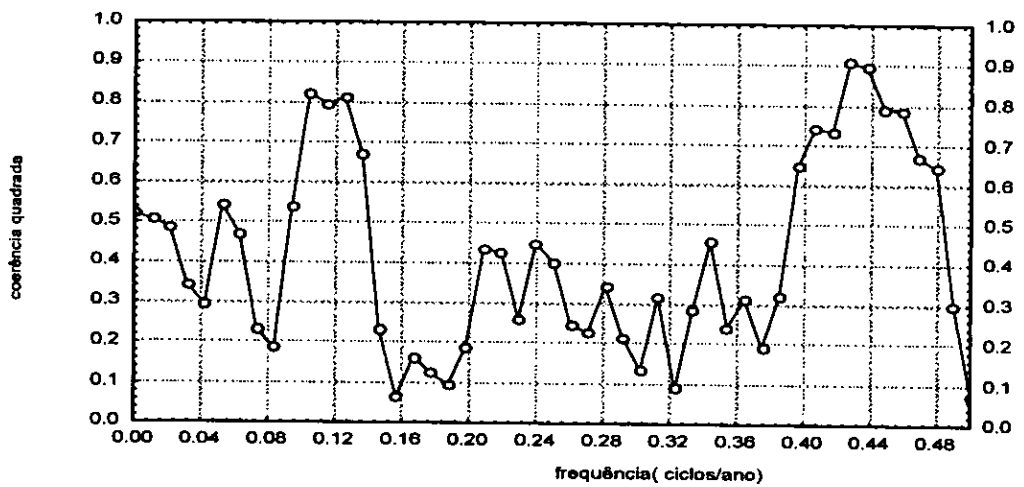


Fig. 6.c -Coerência quadrada SOI_jja-Verão normalizado

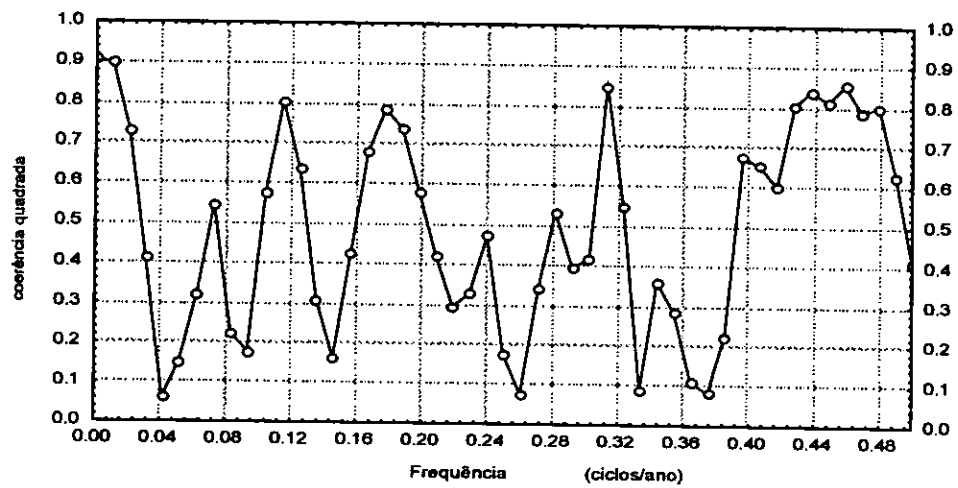


Fig. 6.d Coerência quadrada SOI_son-Verão normalizado

3.4.2 Fase do espectro cruzado

A fase do espectro cruzado em unidades de tempo dá-nos a ideia dos intervalos de separação das oscilações caracterizadas pela frequência f_k .

Analisando os gráficos da fase cruzada da precipitação e do SOI (Figuras 7) e prestando atenção às fases correspondentes das frequências das coerências significativas, obtém-se a Tabela 8. Nesta tabela a fase é convertida em unidades de tempo, indicando-nos para os casos mais «coerentes» o tempo de separação das duas oscilações.

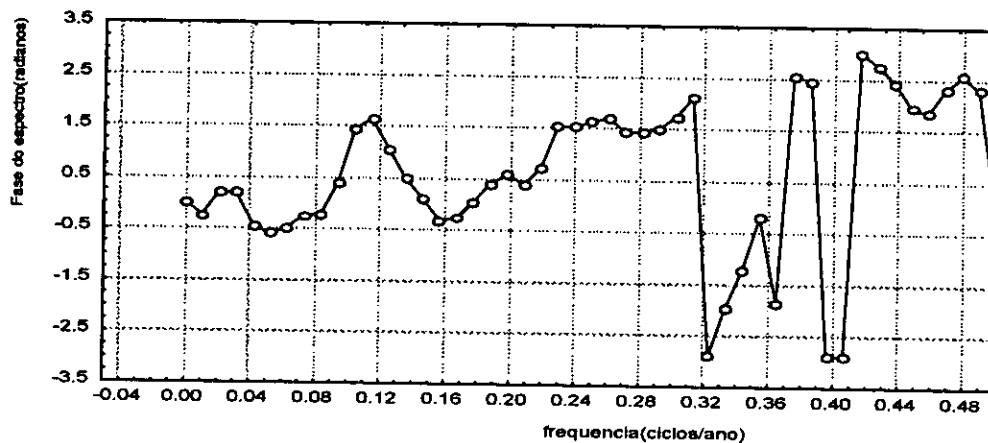


Fig. 7.a Espectro da fase SOI_djf-Verão normalizado

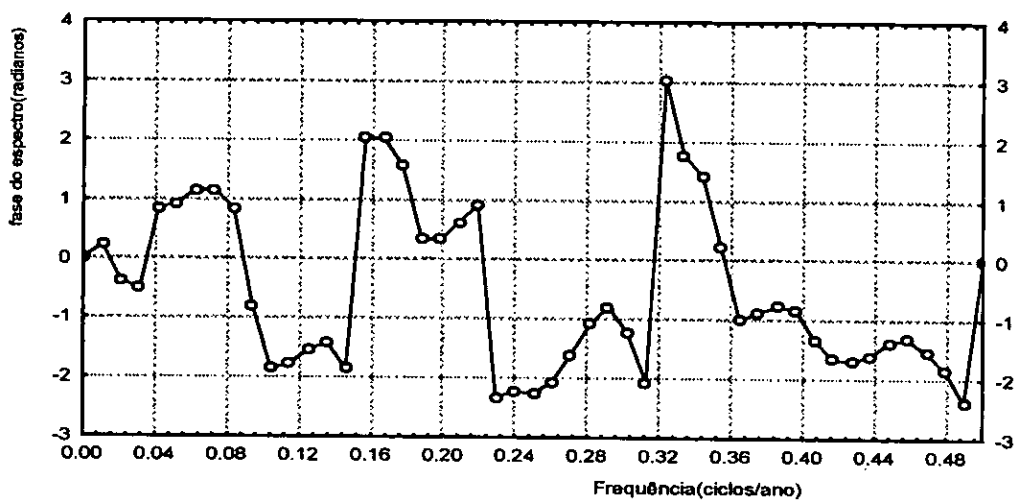


Fig. 7.b -espectro de fase SOI_mam-Verão normalizado

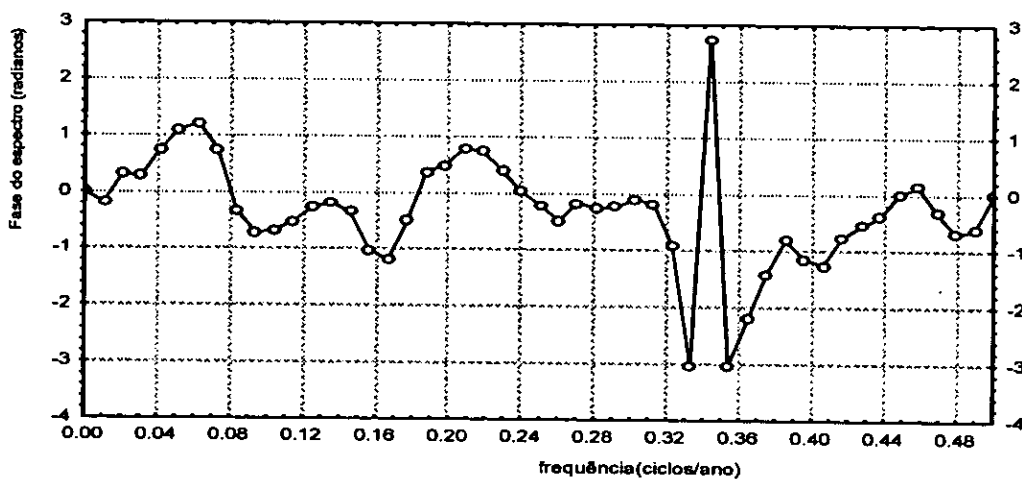


Fig. 7.c -espectro de fase SOI_jja-Verão normalizado

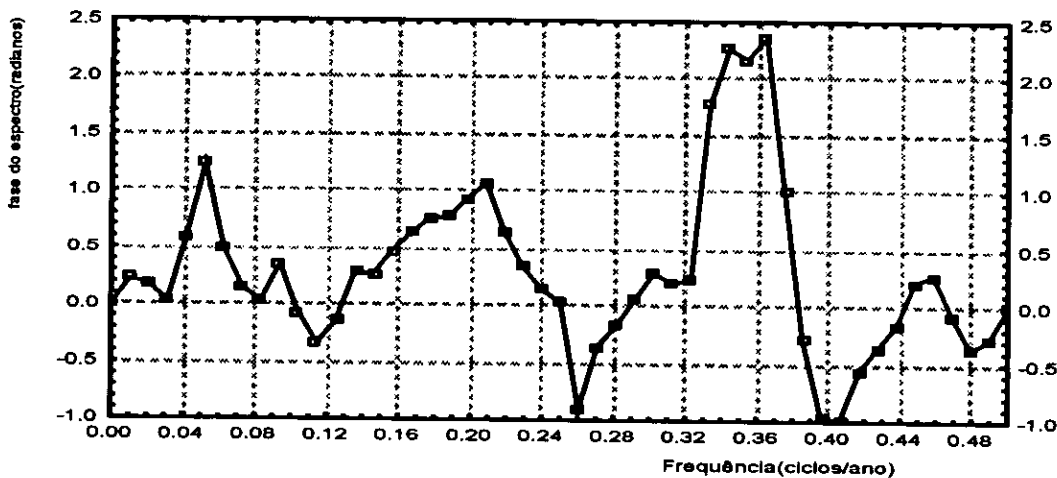


Fig. 7.d -espectro de fase SOI_son-Verão normalizado

Tabela 8: Fase do espectro cruzado como função de frequências- (coluna 4 fase em meses)

Fase(radianos)	Frequência (ciclos/ano)	Período(anos)	Fase(meses)	Funções cruzadas
-0.53	0.0470	21.3	21.5	SOI_djf-Verão normalizado
2.74	0.4273	2.34	12.24	
1.95	0.4483	2.23	8.3	
-1.78	0.114	8.8	18.9	SOI_mam- Verão normalizado
-1.58	0.469	2.1	6.4	
-0.53	0.114	8.8	8.9	SOI_jja-Verão normalizado
-0.38	0.442	2.3	1.6	
-0.33	0.115	8.7	5.4	SOI_son-Verão normalizado
0.75	0.178	5.6	7.9	
0.21	0.313	3.2	1.3	
0.23	0.452	2.2	0.96	

Da tabela 8, vê-se que para avanços de 9 e 6 meses correspondem a fase (em radianos) negativa o que pressupõe o registo de precipitações antes da ocorrência das anomalias das SSTs, ou seja para avanços de 9 e 6 meses há um ligeiro atraso da onda do SOI em relação a onda da precipitação.

Para os restantes avanços do SOI com a excepção do ciclo de 21 anos (avanços do SOI de um ano), as respectivas fases são positivas, o que pressupõe um avanço do SOI em relação a precipitação para as frequências correspondentes.

4. Conclusão

4.1 Conclusões

Esta tese enquadra-se numa série de trabalhos; sendo os dois primeiros realizados pelos doutores Lobo (1998) e Mavie (1999), respectivamente.

O principal objectivo deste trabalho foi encontrar os ciclos de precipitação na África Austral e relacionar com as anomalias da temperatura da superfície do mar (El Niño).

A importância deste estudo é a de procurar entender, até que ponto podemos usar o El Niño para prognóstico da precipitação na África Austral.

Alguns estudos revelam que o ENSO tem importante papel nas predições de sistemas de precipitação na África Austral; eg: Hasterrath (1984); Por isso, para relacionamento precipitação-ENSO utiliza-se nesta tese avanços de SOI de 1 ano e 9, 6 e 3 meses em relação à estação de precipitação de Verão.

Para se atingir o objectivo acima citado seguem-se os passos importantes deste trabalho e as respectivas conclusões:

4.1.1 Análise de séries temporais- Nesta etapa fizeram-se testes de significância entre várias amostras das séries; E analisaram-se séries temporais de precipitação e das anomalias de precipitação bem como os anos de ocorrência de ENSO. Das análises feitas conclui-se que nem todos os anos de seca na África Austral são devido ao ENSO. Entretanto embora se possa atribuir em certos anos a causa da variabilidade de precipitação ao ENSO, há em certos casos uma certa falta de sincronização no que se refere aos instantes de ocorrência dos dois fenómenos.

Conclui-se ainda dos testes de significância que existe certa persistência e/ou periodicidade nas séries de precipitação e das anomalias da precipitação.

As duas primeiras conclusões induz-nos a análise da densidade espectral das anomalias de precipitação e do SOI com avanços acima citados e posteriormente a análise cruzada das séries de anomalias de precipitação e do SOI com os mesmos avanços. Na análise cruzada optou-se por prestar atenção à coerência quadrada (fracção da variabilidade da precipitação atribuível ao SOI), pois por se

só o sinal da coerência cruzada não tem um sentido a se atribuir Thomson & Emiry (1997) e da fase do espectro cruzado (tempo de separação entre as duas oscilações).

A tabela abaixo (Tabela 9) apresenta os valores mais importantes da coerência quadrada e fase do espectro cruzado; Que finalmente leva-nos as seguintes conclusões :

Tabela 9: *Resumo da periodicidade e frequências das funções de coerência quadrada e fase do espectro cruzado da precipitação e o SOI.*

<i>Funções cruzadas</i>	<i>Frequência (ciclos/ano)</i>	<i>Período (anos)</i>	<i>Coerência quadrada $\gamma^2(f_k)$</i>	<i>Fase $\Phi(f_k)$ (mês)</i>	<i>Influência na/da precipitação do verão</i>
SOI_djf-Verão normalizado	0.0470	21.3	0.823	-21.5	**
	0.4273	2.34	0.816	12,24	+
	0.4483	2.23	0.821	8.3	_*
SOI_mam-Verão normalizado	0.1140	8.8	0.810	-18.9	**
	0.4690	2.1	0.830	-6.4	
SOI_jja-Verão normalizado	0.1140	8.8	0.810	-8.9	**
	0.4690	2.3	0.850	-1.6	
SOI_son-Verão normalizado	0.1150	8.7	0.88	5.4	_*
	0.1780	5.6	0.790	7.9	_*
	0.3130	3.2	0.85	1.3	+
	0.4520	2.2	0.83	0.96	+

* O sinal negativo na ultima coluna indica que não há influências do ENSO na precipitação do verão

para os avanços do SOI em causa

** A omissão dos sinais indicam um avanço da precipitação em relação ao SOI.

4.1.2 Densidade espectral- Testes da densidade espectral a 95% de intervalo de confiança tem como objectivo principal, detectar ciclos de precipitação e do SOI. Tanto para o SOI como para a precipitação notam-se a existência de ciclos a nível de confiança de 95% dos testes de ruído vermelho (vê-se nas Figuras 5). A maior parte dos ciclos de precipitação tanto como do SOI oscilam entre os períodos de 2-7 anos (Tabela 6).

Analisando o gráfico da densidade espectral das anomalias da precipitação do Verão, vê-se que os ciclos mais intensos das anomalias da precipitação correspondem aos períodos médios de 3 e 2 anos.

4.1.3 Coerência quadrada- Nesta etapa analisou-se quanto em termos de percentagem a variabilidade de precipitação é atribuível ao SOI (em relacionamentos lineares) destas análises conclui-se que existem fortes «coerências» entre a precipitação e o SOI (para todos os avanços do SOI, e períodos de precipitação) entretanto, vê-se claramente que nem toda a variabilidade das anomalias de precipitação se atribuem aos ciclos anómalos do SOI. Para certas frequências rejeitou-se a hipótese nula do ruído vermelho para a densidade espectral da precipitação e (para mesma frequência) aceitou-se a hipótese nula para a densidade do SOI; O que significa que existem ciclos do SOI dentro do intervalo de confiança dos testes do ruído vermelho, que contribuem fortemente para a variabilidade das anomalias da precipitação, por tanto pressupomos que não só existem relacionamentos lineares SOI-precipitação, ou ainda que nem todos os anos de seca são devido ao ENSO.

4.1.4 Fase do espectro- O estudo do comportamento da fase do espectro cruzado como função da frequência constitui a última parte deste trabalho, e procura-se saber em termos de tempo qual será a separação no deslocamento das duas «ondas», para frequências cujas coerências quadradas são estatisticamente significativas.

A primeira atenção vai para os avanços do SOI de 9 e 6 meses; para estes avanços a fase correspondente é negativa; o que sugere um ligeiro avanço da precipitação em relação ao SOI, o mesmo acontece para o ciclo de 21 anos com «avanços» do SOI de 1 ano. Os resultados obtidos sugere-nos que de facto existe um desfasamento entre a precipitação e o SOI, principalmente para os avanços de 9 e 6 meses.

Seguidamente presta-se atenção a fases positivas.

Para os avanços de 1 ano e avanços de 3 meses do SOI, existem desfasamentos do SOI- precipitação tais que o ENSO influencia a precipitação do Inverno, causando fraca contribuição na variabilidade da precipitação total embora seja maior a responsabilidade do ENSO atribuível a variabilidade da precipitação. No entanto existem ciclos de 2 ; 2 e 3 anos (para avanços do SOI de 1 ano e avanços de 3 meses respectivamente) que estando ou não em fase as influências do SOI na precipitação do Verão são evidentes (os atrasos da precipitação, em relação ao SOI são tais que coincidem com a época do Verão, de acordo com a definição do Verão neste trabalho); Estes ciclos poderão explicar melhor a variabilidade da precipitação no Verão atribuível ao ENSO.

Voltando a analisar a densidade espectral das anomalias do Verão e as funções de fase do espectro cruzado vê-se que: Primeiro os ciclos intensos das anomalias de precipitação correspondem aos períodos de 2 e 3 anos, correspondendo as anomalias de precipitação aproximadamente iguais a 1.7 e 1.2 vezes menores ou maiores em relação a precipitação média (ver Figura 5a). E finalmente vê-se que os desfasamentos entre os dois fenómenos (a precipitação e o SOI) é tal que só para os ciclos de 2 e 3 anos correspondem a resposta da influência do ENSO na precipitação do Verão. Esta análise final sugere que a variabilidade de precipitação na África Austral intensifica-se quando, a resposta do ENSO na precipitação afecta a estação de precipitação do Verão.

4.2 Conclusões gerais

Notam-se fortes associações entre a variabilidade da precipitação e do SOI, para diferentes ciclos, tais que os atrasos da precipitação são em muitos casos coincidentes com a estação do inverno, o que pressupõe fraca contribuição na variabilidade da precipitação do Verão e por consequência, na precipitação total; Entretanto são evidentes as influências do ENSO na precipitação de Verão principalmente aos ciclos correspondentes a períodos de 3 e 2 anos, que podem estar associados aos ciclos de SOI, com avanços de 1 ano e avanços de 3 meses.

A variabilidade da precipitação na África Austral intensifica-se, quando a máxima resposta do ENSO ocorre na «estação» da precipitação de Verão.

4.3 Recomendações

A continuação de estudos nesta área, poderá de certo modo ajudar na melhoria de prognósticos de ocorrências de precipitação na África Austral, e aliviar os impactos negativos dos extremos da variabilidade da precipitação na região.

6. Referências

- Anderson, D.L.T. e J. Willobrand (1985): Large Scale of Transport process in Ocean and Atmosphere; 375-pp .D. Reidel publishing company, Holland.
- Crackenell, A.P. e K.Ya. Kondratyev (1998): Observing Global Climate Change 533pp, Springer –verlag Berlin Heidelberg, German.
- Gerdner, W.A.(1988) Statistical Spectral Analysis a Now Probabilistic Theory 535 pp, Prentice-Hall, Inc 500 sansome street, California a division of Simon and Schuster Englewood cliffs, New Jersey.
- Hulme, M.(1992) A 1951-80 Global Land Precipitation Climatology for the Evaluation of General Circulation Models, Climate Dynamics, vol 7 pp 57-72.
- Hulme, M. (1992) Validation of Large Scale Precipitation Fields. In General Circulation Model, pp387-406 in Global Precipitation and Climatic Change (eds.)
- Desbois, M. and Desalmand, F., NATO ASI Series , Springer-Verlag, Berlin, 466pp.
- Janowiak, J. E. (1988) An Investigation of Interannual Rainfall Variability in Africa; Journal of Climatology, vol. 1 pp 240-255
- Jenkins, G. M. (1976): Time Series Analysis forecasting and Control 559 pp, Holder-day Inc, 500-sansome street, California.
- Jenkins, G. M. and Walts, D.G (1968) Spectral Analysis and its Applications; Holder Day, San Francisco, 523pp.
- Julian, P.R. (10.74 e 11.74) Comments on the Determination of Significance Level of Coherence Statistics .In: International journal of climatology.
- Kangan, B.A. (1995) Ocean –Atmosphere Interaction and Climate Modelling 373pp, University press.
- Lindesday, J. A. (1988a) South African Rainfall, the Southern Oscillation and Southern Hemisphere Semi-annual Cycles; Journal of Climatology, vol. 8, pp17-30.
- Mavie, A. (1999) Variabilidade Climática Interanual de Moçambique e a Relação com o Fenómeno ENSO; Tese para o grau de licenciatura.
- Matarira, C.H. (1990) Drought Over Zimbabwe in a Regional And Global Context; International Journal of Climatology, vol. 10, pp609-625.

Mason S.J. (1994) Sea Surface Temperature –Southern African Rainfall Association; vol. 15 pp 119-135, In: International Journal of Climatology.

Murteia B.J.F. (1993) Analise de Sucessões Cronológicas 301pp, Mc Graw-Hill de Portugal Ltd.

Navara A. (1965) Beyond El-niño: Decadal and Interdecadal Climate Variability 371pp Springer verlag Berlin Heidelberg, German.

Nicholson, S.E. (1986) Predicting Southern Hemisphere Climate Anomalies and Impacts with the Southern Oscillation, Second Interannual Conference on Southern Hemisphere and Meteorology, American Meteorological Society pp422-26

Nicholson, S.E. (1986a) The Spatial Coherence of African Rainfall Anomalies Interhemispheric Teleconnections; Journal of Climatology, Appl, Meteorol, 25.

Nicholson S.E. (1996) Areview of Climatic Dynamics and Climate Variability in Eastern Africa; in press.

Nicholson S.E. and D. Entekhabi (1986) The quasi-Periodic Behaviour of Rainfall Variability in Africa and its Relationships to the Southern Oscillation; Arch. Meteorology, Geophys. Bioclimatolog.; ser. t,34 pp 561-578.

Nicholson E.S and Y. G. Kin. (1997) The Relationship of the El-Niño-Southern-Oscillation to African Rainfall; vol. 17 pp 119-135, In: International Journal of Climatology. Royal meteorological society.

Nicholson S.E. and I. Palao (1992) Analyse of Sahel Rainfall in the Context of Global Tropics; Proceeding of Sixteenthannual Climate Diagnostic Workshops, Lake Arrowhead, NOAA, pp 274-279

Nicholson S.E. (1986b) The Nature of Rainfall Vaiability in Africa South of Equator; Interannual Journal of Climatology.

NOAA, (1998), Understanding ENSO and Forecasting Drought, Reports to the climatic prediction center; A publication of University Corporation for Atmospheric Research, 6pp.

Philander S.G. (1990) El-Niño, La Niña and Southern Oscillation, 291pp; Academic press limited, California 92101.

Ropelewski, C.F. and M.S. Halpert, (1987), Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with the El Niño Southern Oscillation, Monthly weather review, 115 pp 1606-26

Rocha A.M. (1992) The Influence Of Global Sea Surface Temperature on Southern Africa Summer Climate; PhD Thesis 250 pp Melbourne, University of Melbourne

Rocha A.M (1999) Low frequency Variability of Seasonal Rainfall over the Iberian Peninsula and ENSO, In: International Journal of climatology, vol 19, pp 889-901.

Schulze B.R. (1988) South Africa World Survey of Climatology, Climate of Africa, ed, J. F. Griffiths, Elsevier, Amsterdam vol. 10, pp 501-586.

Shinoda, M. (1990) Long-term Variability of Tropical Rainfall, Rainbelt and its Relation to Rainfall in Sahel and Northern Kalahari; Journal of Meteorology, vol. 68, pp 19-35

Spiegel, R.M (1977) Probabilidade e Estatística, Schowus Outline Series Mc Graw-Hill

Spiegel, R.M. (1988) Theory and Problems of Statistics, 5ª edição, 539pp; Schowus Outline Series Mc Graw-Hill.

SPSS(1995), Statistica for Windows StatSoft, Inc, vol I, II, III, 2ª edição.

Taljaard, J.J (1986a) Change of Rainfall Distribution and Circulation Patterns Over Southern Africa in Summer; Journal of Climatology vol. 6 pp 579-592.

Thiebaut, H.J. (1994) Statistical Data Analysis for Ocean and Atmospheric Sciences 239pp; Academic press limited.

Thomson, R.E. e W.J. Emery (1997) Data Analysis Methods in Physical Oceanography 537pp 1ª edição Graw publishing Tunbridge Well, Kent.

Torrance, J.D. (1972) Malawi, Rodezian and Zambia World Survey of Climatology; Climate of Africa vol. 10, ed J.F.Griffiths, Elsevier, Amsterdam pp 409-460.

Trenberth, K.E. (1991) General characteristics of El Niño –Southern Oscillation. Teleconection Linking Worldwide Climate anomalies Ed M. H. Glantz R. W.Katz, and Nicholson; Cambridge – Melbourne-New York –Port-Chester-Sydney pp 13-42.

Tyson, P.D. (1984) Atmospheric Modulation of Extended Wet and Dry Spells over South Africa, 1958-78 Journal of Climatology vol. 4 pp 621-635.

Tyson P.D.(1986) Climatic Change and Variability in Southern Africa; Oxford University Press,Cape Town, 220pp.

Van Heerden, J.D.E. Terblanche and G.C. Schulze (1998) The Southern Oscillation and South African Summer Rainfall; Journal of Climatology, pp 577-597.

Walker, N.D. (1989) Sea Surface Temperature –Rainfall Relationships and associated Ocean Atmosphere Coupling Mechanism in Southern Africa Region. CSIR Research Report 683;Stellenbosch, South Africa 173pp

Warrick, R.A.; E.M Barrow. and T.M.L Wigley. (1993) Climate and Sea Level Change: Observation and Implication, 424pp Cambridge University Press.

Wilh, D.S (1998) Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, vol. 59 403pp; Academic press New York.

Wyrski, K. (1975) El Niño -Thermodynamic Response of Equatorial Pacific Ocean to Atmospheric Forcing; *Journal of Phys. Oceanography*, vol5 pp 572-584.

Anexo 1 :Dados de precipitação média de Verão.

(este da África austral)

	LONG	LAT	A_1900	A_1901	A1902	A_1903							
A_1904	A_1905	A_1906	A_1907	A_1908	A_1909	A_1910							
	A_1911	A_1912	A_1913	A_1914	A_1915	A_1916							
A_1917	A_1918	A_1919	A_1920	A_1921	A_1922	A_1923							
	A_1924	A_1925	A_1926	A_1927	A_1928	A_1929							
A_1930	A_1931	A_1932	A_1933	A_1934	A_1935	A_1936							
	A_1937	A_1938	A_1939	A_1940	A_1941	A_1942							
A_1943	A_1944	A_1945	A_1946	A_1947	A_1948	A_1949							
	A_1950	A_1951	A_1952	A_1953	A_1954	A_1955							
A_1956	A_1957	A_1958	A_1959	A_1960	A_1961	A_1962							
	A_1963	A_1964	A_1965	A_1966	A_1967	A_1968							
A_1969	A_1970	A_1971	A_1972	A_1973	A_1974	A_1975							
	A_1976	A_1977	A_1978	A_1979	A_1980	A_1981							
A_1982	A_1983	A_1984	A_1985	A_1986	A_1987	A_1988							
	A_1989	A_1990	A_1991	A_1992	A_1993	A_1994							
A_1995	MEAN	SD											
1	22.50	-30.00	1.33	.64	.41	1.11	.72	.81	1.46	.55	1.56	.96	1.00
	.80	1.20	.53	.88	.45	1.51	1.53	.49	1.67	1.16	.61	1.02	.90
	1.45	.33	.34	1.21	.55	.55	.75	.71	.33	1.46	1.20	.87	1.00

	1.17	.113	.98	1.53	.56	.64	1.49	.64	.71	.54	1.50	.46	1.11
	.72	.72	.69	1.30	.72	1.46	1.01	.99	.98	.65	1.35	.63	1.33
	.76	.64	.59	.94	.76	.59	.44	.96	1.25	.96	3.02	1.23	3.27
	.98	1.29	.56	.86	1.07	.46	.50	.89	.69	1.20	.34	1.79	1.88
	.81	1.37	.53	.40	1.60	.77	1.27	.976	.494				
2	26.20	-30.00	2.92	2.35	1.56	2.49	2.06	2.14	3.35	2.02	3.36	2.68	2.07
	1.83	2.24	1.20	2.71	1.90	2.62	2.57	1.50	3.28	2.07	1.90	2.93	2.62
	3.60	1.83	2.35	2.15	2.17	2.35	1.98	2.19	1.17	3.68	2.48	1.99	3.05
	2.09	2.59	2.14	2.75	1.88	2.36	3.03	1.49	2.14	1.45	3.41	1.31	2.45
	2.36	1.54	2.05	2.69	2.80	2.92	2.56	2.42	2.62	2.49	2.34	2.98	3.39
	2.01	1.56	2.15	2.66	1.29	2.12	.95	2.39	3.14	1.30	4.50	2.50	4.47
	2.24	2.47	1.72	1.81	3.13	1.82	1.28	1.74	1.81	2.23	1.64	4.07	2.88
	2.14	3.07	1.46	1.80	3.06	1.54	2.76	2.347	.699				
3	30.00	-30.00	3.80	4.01	2.86	4.58	3.80	3.65	4.28	4.00	3.90	4.74	3.64
	3.37	5.80	3.12	4.26	3.67	3.77	5.37	3.46	4.75	3.72	4.49	4.38	3.27
	5.77	3.23	4.20	3.57	3.81	3.67	3.65	3.71	3.18	4.93	4.15	3.42	4.43
	3.87	4.61	3.21	3.60	3.95	5.09	4.17	3.69	2.97	4.23	4.67	3.23	4.21
	3.72	3.13	4.27	3.46	4.41	3.95	4.84	3.95	3.68	3.46	4.35	3.91	4.86
	4.27	2.53	3.21	4.46	3.22	3.16	2.54	3.61	3.64	3.39	4.52	4.11	6.16
	3.89	4.40	3.41	2.72	3.49	3.34	2.26	4.84	3.79	3.65	3.55	4.40	3.98
	4.20	3.80	2.67	2.62	3.71	2.96	5.66	3.896	.735				
7	22.50	-27.50	2.04	1.21	.81	1.94	1.73	1.45	2.23	.71	2.51	1.57	1.44
	1.44	1.36	.77	1.42	.92	2.25	2.08	.98	2.36	1.43	.78	1.65	1.48
	2.33	.79	1.29	2.05	1.58	.89	1.05	1.71	.41	2.43	1.26	1.11	1.37
	1.19	2.46	1.46	2.03	.93	1.30	2.52	1.04	1.19	.94	1.88	.82	1.85
	1.79	1.03	1.43	1.89	2.34	3.11	1.00	1.53	1.42	1.15	1.72	1.62	2.06
	.98	.80	1.17	1.43	1.15	1.48	.72	1.93	2.18	1.20	4.60	2.50	3.71

	2.29	1.79	1.20	1.30	1.81	1.44	.58	1.33	.88	1.16	.83	2.53	2.31
	1.12	2.55	.76	.97	2.08	1.27	1.94	1.568	.682				
8	26.20	-27.50	3.04	2.42	1.69	2.85	2.40	2.63	3.30	2.47	3.78	2.76	1.97
	2.77	2.43	1.37	2.94	2.25	2.68	3.27	1.97	3.11	2.38	2.78	3.08	2.26
	3.64	1.71	2.66	2.49	2.58	2.87	2.56	2.52	1.70	3.74	2.92	3.03	3.37
	2.13	2.65	2.30	2.59	2.28	2.68	3.69	2.58	2.53	2.00	3.10	1.82	2.80
	2.46	1.67	2.82	2.78	3.17	3.10	2.80	2.37	2.04	2.57	2.29	2.78	2.68
	2.15	1.68	2.26	3.38	1.76	1.95	1.66	2.55	3.24	2.11	3.57	3.95	4.46
	2.74	2.79	1.70	2.20	3.47	2.31	1.51	2.21	2.22	2.04	2.49	3.82	3.33
	2.49	2.77	1.04	2.28	2.76	2.26	3.44	2.601	.620				
9	30.00	-27.50	4.22	3.94	2.42	4.05	3.49	3.54	4.68	3.47	5.39	4.64	3.47
	3.46	3.92	2.71	5.11	3.70	3.56	6.14	3.42	4.12	3.64	4.34	4.33	3.63
	5.75	3.08	3.88	3.18	3.70	3.77	3.47	3.66	3.04	5.00	4.07	3.67	5.28
	3.67	4.90	3.85	4.20	3.85	4.12	4.65	3.41	3.96	4.07	4.25	3.79	3.96
	2.92	2.61	3.96	3.65	4.43	4.28	4.16	3.35	3.58	3.68	3.91	3.72	3.74
	3.36	2.97	3.11	4.80	3.28	3.67	3.05	3.15	4.49	3.35	3.91	5.20	4.63
	4.47	4.06	2.56	3.40	4.04	2.69	2.08	5.35	3.06	3.31	3.30	3.91	3.82
	3.81	4.22	2.70	3.35	3.94	2.89	5.42	3.843	.746				
10	33.80	-27.50	5.65	4.62	2.18	4.41	3.67	3.93	5.09	3.51	5.58	5.76	3.68
	3.45	5.10	3.26	6.05	3.68	3.52	7.40	4.09	5.63	4.17	4.14	5.21	3.87
	7.62	2.85	3.03	2.58	4.45	3.64	2.96	3.76	3.49	4.25	2.86	3.54	5.07
	3.87	5.29	4.79	3.33	3.86	5.38	3.88	4.72	3.28	3.86	3.89	4.30	4.01
	2.56	3.04	4.01	3.70	5.02	4.25	5.32	4.28	2.35	2.45	6.13	3.44	4.57
	3.39	2.46	4.27	3.82	3.50	3.94	2.34	4.20	7.04	3.44	4.59	5.41	6.28
	5.80	4.64	2.63	2.42	4.57	3.05	2.73	8.60	3.72	2.61	3.03	4.23	4.33
	5.67	4.92	2.40	3.56	2.88	2.68	5.50	4.146	1.248				

13	22.50	-25.00	1.91	1.47	1.16	2.40	1.65	1.68	2.18	1.24	2.69	1.93	1.37
	1.81	1.30	1.36	1.24	.98	2.71	2.27	1.23	1.89	1.82	1.03	2.03	1.36
	2.14	.98	1.23	1.75	1.41	1.24	1.62	1.19	.79	3.03	1.76	1.68	1.44
	1.44	2.77	1.76	1.54	1.23	1.48	2.56	1.23	1.26	1.03	1.66	1.10	2.43
	1.63	1.10	1.62	2.07	1.99	2.47	1.13	2.03	1.16	1.41	2.04	1.40	1.91
	1.02	.84	1.78	2.12	1.45	1.31	.82	1.37	2.29	1.34	3.51	2.14	4.08
	1.89	2.21	1.07	2.14	1.71	1.11	1.33	1.31	1.00	1.43	1.28	2.81	1.90
	1.14	1.97	.59	.49	1.58	.91	1.78	1.647	.609				
14	26.20	-25.00	3.37	2.67	2.12	3.60	2.41	3.14	3.61	2.57	4.69	3.10	2.52
	2.55	2.52	1.82	3.97	2.34	3.30	4.76	2.72	2.98	3.20	2.67	3.52	2.65
	3.98	2.15	2.74	3.02	2.69	3.18	2.61	2.75	1.90	4.33	3.19	3.10	3.20
	2.51	3.94	3.10	3.10	2.91	3.34	3.87	2.77	3.16	2.82	2.48	2.29	2.81
	2.87	1.98	3.27	2.76	4.01	3.48	3.09	3.06	2.84	2.28	3.71	2.12	2.28
	2.12	1.68	2.18	4.14	2.50	2.27	2.18	2.91	3.62	2.14	3.64	4.11	4.59
	3.65	3.72	1.73	3.51	4.31	2.39	1.82	2.17	1.79	1.81	3.08	3.74	2.82
	2.85	3.09	1.51	2.32	2.92	2.61	3.99	2.942	.729				
15	30.00	-25.00	4.21	3.78	2.27	3.98	3.04	3.48	4.96	3.00	5.38	4.59	3.50
	2.83	3.48	2.87	5.35	3.08	3.40	5.91	3.47	4.05	3.88	3.58	4.49	3.76
	5.27	2.78	2.80	2.92	3.51	3.83	3.34	3.20	3.18	3.86	3.01	2.82	4.84
	2.77	5.15	3.98	3.77	3.43	3.24	3.92	2.89	4.02	3.77	4.49	3.22	3.69
	2.70	2.40	4.46	4.03	4.75	4.11	3.25	3.23	3.72	3.73	3.67	2.93	3.55
	2.79	2.79	2.93	3.75	2.89	3.58	2.60	3.33	4.57	2.52	3.68	3.91	4.82
	3.36	4.32	2.94	3.87	4.46	2.77	2.74	4.12	3.51	2.71	3.40	3.32	2.81
	3.97	3.96	2.48	3.25	3.65	3.09	6.08	3.620	.784				
16	33.80	-25.00	4.73	4.02	2.15	3.21	2.98	3.50	4.58	3.00	5.20	4.60	3.67
	1.87	2.67	3.86	5.32	2.94	3.19	9.54	2.90	5.25	2.89	2.54	6.58	2.72
	6.04	3.51	2.06	3.09	3.80	4.20	2.72	3.74	3.27	3.15	3.17	3.80	4.34
	1.81	5.05	3.12	2.99	4.00	5.38	3.71	2.91	3.45	3.03	4.31	2.45	5.42

	2.48	2.53	3.78	2.21	5.46	4.43	2.85	3.37	3.20	2.87	3.78	2.57	4.49
	2.93	3.62	5.61	5.53	2.41	3.86	2.02	2.65	5.34	2.40	4.49	4.18	4.89
	5.72	6.03	2.75	3.35	4.36	3.48	1.88	5.40	4.35	3.25	2.41	2.23	2.51
	4.11	3.68	3.10	4.04	3.04	2.64	5.55	3.711	1.265				
19	22.50	-22.50	2.60	2.51	1.96	3.61	2.10	2.39	2.84	1.87	4.50	2.97	1.42
	2.76	1.62	2.67	2.80	1.69	4.40	2.97	2.20	2.33	2.74	1.82	3.18	1.36
	3.14	1.19	3.25	3.11	1.63	2.36	3.90	2.41	.79	4.29	3.23	1.95	1.41
	1.83	2.36	3.60	1.67	1.90	2.36	3.70	.73	4.23	1.30	3.05	1.65	2.73
	2.51	2.46	2.77	2.86	3.07	2.47	1.56	2.61	2.08	1.34	1.80	1.74	3.55
	2.40	1.02	1.66	3.60	2.74	1.83	1.22	2.01	3.01	1.95	4.78	2.45	3.50
	2.32	3.91	1.37	3.09	2.43	1.96	1.32	1.78	1.87	1.58	1.34	2.78	3.61
	1.62	3.25	1.32	1.69	2.00	1.04	1.94	2.399	.891				
20	26.20	-22.50	2.87	2.50	1.75	2.75	2.08	2.55	3.02	2.23	3.59	2.75	2.38
	1.82	1.75	1.54	3.58	1.72	2.15	4.24	2.72	2.70	2.77	2.10	3.99	2.23
	3.50	1.10	1.98	1.74	2.39	2.48	2.06	2.20	1.24	3.03	1.66	2.67	2.80
	1.39	3.36	2.86	3.23	1.66	1.88	4.04	2.01	3.41	1.32	3.34	2.54	1.96
	2.09	1.44	3.66	2.81	5.20	3.17	2.42	2.33	2.49	1.58	3.29	1.80	1.73
	1.59	1.33	1.99	3.26	1.31	2.92	1.29	2.41	3.09	1.15	2.71	3.41	3.42
	3.61	2.96	1.54	2.69	3.07	1.87	1.35	2.35	1.47	1.32	1.72	5.82	2.18
	1.77	2.35	1.18	1.52	2.30	2.11	3.93	2.444	.890				
21	30.00	-22.50	2.72	2.55	1.60	2.46	1.96	2.33	2.86	2.08	3.21	2.58	2.49
	1.57	1.89	1.74	3.61	1.49	2.05	4.13	2.53	2.64	2.22	1.79	4.47	2.19
	5.04	2.19	1.33	1.77	2.51	2.49	2.27	2.67	2.51	2.45	1.94	2.34	2.26
	1.61	2.91	2.43	2.04	1.91	2.00	2.59	2.00	2.86	1.09	3.03	2.08	1.65
	1.84	1.70	3.69	2.51	3.39	2.57	2.08	3.73	2.06	1.79	2.85	1.76	1.69
	1.32	1.33	1.61	2.49	.80	3.20	1.49	2.41	4.06	1.12	2.76	2.87	3.73

	3.72	3.34	2.14	1.98	3.38	1.55	.51	1.57	2.89	1.15	1.78	2.61	1.48
	1.93	2.44	.80	2.03	2.23	1.83	3.75	2.324	.821				
22	33.80	-22.50	4.77	3.98	2.08	3.83	3.19	3.69	4.84	3.02	4.34	4.12	3.83
	2.27	2.96	3.92	5.24	2.63	3.21	8.12	3.41	4.22	3.18	2.28	5.68	2.73
	6.26	3.98	2.31	3.21	4.47	3.86	3.13	3.51	4.15	3.80	2.75	3.02	3.20
	2.39	4.00	2.76	2.85	2.87	3.72	5.94	2.30	3.68	3.01	4.26	3.15	3.92
	1.95	3.71	5.23	1.83	6.06	4.54	3.32	3.50	3.21	3.20	4.04	3.97	5.59
	2.43	2.50	2.95	5.22	2.52	3.53	2.43	2.83	5.04	2.15	4.71	4.46	4.79
	5.32	4.94	2.81	3.24	4.50	2.99	1.97	3.90	4.11	3.10	2.35	3.57	3.02
	3.64	3.88	2.31	3.67	3.00	2.64	5.70	3.650	1.122				
24	41.20	-22.50	4.70	4.07	2.39	2.33	2.34	1.65	3.51	1.40	1.38	6.10	1.06
	4.54	2.87	3.64	3.34	7.92	3.25	4.88	1.18	1.84	6.03	1.89	1.88	2.89
	2.13	4.43	1.31	2.40	3.55	2.99	2.74	1.57	2.68	3.25	2.95	2.45	2.64
	2.85	1.83			3.28								
				3.003	1.463								
25	22.50	-20.00	3.35	3.25	2.28	3.65	2.35	3.05	3.22	2.70	4.65	3.21	2.52
	2.67	1.92	2.66	3.92	1.85	3.55	4.09	3.24	3.03	3.41	3.01	3.01	2.04
	4.76	1.71	1.53	1.59	2.25	1.69	2.62	3.71	1.24	3.01	1.68	3.55	2.49
	1.75	3.64	2.72	1.78	2.10	1.69	3.87	1.97	4.08	1.83	4.30	1.95	3.07
	2.41	2.45	3.85	3.56	5.54	2.43	2.51	3.76	2.69	1.48	3.29	1.73	3.46
	3.11	1.30	3.17	3.07	3.11	3.17	1.54	2.43	4.33	1.45	6.95	3.55	2.43
	3.00	4.43	1.79	3.23	3.23	1.23	1.66	2.13	1.85	1.99	1.51	2.11	3.36
	1.87	3.35	1.63	1.87	2.29	1.34	2.39	2.753	1.015				
26	26.20	-20.00	3.12	2.90	1.90	2.63	2.17	2.77	2.96	2.51	3.67	2.61	2.61
	1.84	1.51	1.50	4.45	1.49	2.56	4.11	2.97	3.10	3.36	1.86	3.54	1.87
	4.56	2.71	2.05	2.21	3.64	2.46	2.05	3.29	1.60	2.84	2.12	2.38	2.70
	2.07	3.50	3.07	2.37	1.82	2.01	4.85	2.01	3.20	1.41	2.96	2.26	1.88

	2.42	2.21	3.53	2.79	4.45	2.58	2.83	2.72	2.58	1.60	3.38	1.85	3.18
	2.12	1.72	2.80	3.29	1.74	2.79	1.76	2.47	4.14	1.79	4.09	3.68	3.41
	2.90	3.80	2.23	2.77	3.98	1.33	1.86	1.52	2.26	1.31	1.72	4.94	2.27
	2.04	2.53	.88	1.68	2.22	1.86	3.49	2.620	.863				
27	30.00	-20.00	4.25	4.60	2.77	4.04	3.26	3.79	4.41	3.71	4.25	3.46	4.33
	2.66	2.88	2.55	6.50	1.98	2.63	7.28	4.17	4.43	3.88	2.34	5.00	2.50
	7.26	3.98	2.64	2.83	5.51	3.22	3.54	3.60	3.53	3.17	3.57	3.59	4.08
	3.09	5.68	3.46	3.66	2.85	3.56	4.09	3.32	4.35	1.74	4.41	2.99	2.29
	3.05	4.14	5.94	3.44	6.61	4.26	4.28	4.11	3.52	2.35	4.04	2.84	4.48
	2.43	3.14	3.11	4.44	1.67	4.42	2.14	3.03	4.54	1.68	5.56	5.73	4.01
	4.75	5.75	2.93	3.66	5.11	2.12	1.44	2.50	4.48	2.75	1.78	4.54	2.59
	3.25	3.52	1.89	3.34	3.34	2.57	5.22	3.689	1.218				
28	33.80	-20.00	8.28	7.95	4.01	7.47	5.89	6.50	7.65	4.96	7.35	6.73	7.98
	3.59	5.12	6.83	7.47	3.44	7.96	14.81	6.32	8.02	5.17	3.58	10.06	5.59
	9.63	9.81	5.67	6.57	9.34	5.52	6.12	6.28	6.03	4.55	6.65	4.66	5.01
	5.20	8.70	5.83	4.34	6.58	8.38	7.32	5.49	5.88	4.61	5.73	6.45	4.88
	4.56	8.62	7.09	5.61	10.65	6.55	5.59	9.56	6.23	5.48	6.82	6.94	10.70
	4.28	4.22	6.28	7.53	3.55	6.55	5.60	5.00	6.95	3.90	9.18	7.90	8.89
	7.89	6.99	6.53	4.43	7.55	5.72	3.80	5.69	7.10	6.08	4.58	7.86	5.50
	6.68	5.43	3.76	6.05	5.38	4.83	9.12	6.491	1.907				
31	22.50	-17.50	4.63	4.88	3.33	5.30	3.06	4.08	4.23	3.95	6.37	4.30	3.46
	3.80	2.64	4.27	4.80	2.60	5.51	5.25	4.52	3.84	4.62	3.03	4.55	2.35
	6.12	3.37	3.60	3.93	3.46	3.15	2.62	3.65	2.19	4.82	2.76	4.29	3.79
	3.06	4.59	4.52	3.36	2.78	2.92	5.62	2.54	4.47	2.65	5.38	2.41	3.87
	3.63	4.38	4.12	4.56	6.32	3.92	4.21	5.89	3.74	3.24	3.63	3.10	4.04
	2.35	1.93	4.05	3.39	3.91	3.28	2.42	3.76	5.43	2.70	6.48	4.02	3.36

	5.48	6.51	2.85	3.42	5.20	2.89	2.57	3.44	3.52	3.29	2.27	3.28	4.71
	2.79	3.12	2.94	3.60	3.85	2.32	2.98	3.835	1.074				
32	26.20	-17.50	5.31	5.48	3.12	4.70	3.64	4.26	4.33	5.13	5.70	4.34	4.88
	3.05	3.14	3.94	6.46	2.55	3.72	6.65	5.15	5.07	5.19	3.40	5.49	2.79
	7.28	4.43	4.18	3.41	4.82	4.60	3.24	5.32	3.69	4.30	4.29	4.98	4.88
	3.70	5.94	5.14	5.12	3.79	4.18	6.04	3.45	5.35	3.11	5.45	3.39	3.96
	3.59	5.76	5.48	4.93	6.00	4.81	4.19	7.24	4.15	3.58	5.17	3.83	6.38
	3.52	3.60	4.29	3.57	3.55	4.77	3.92	4.83	5.15	2.85	6.52	5.32	4.67
	3.85	5.33	4.02	4.05	5.29	2.08	2.72	3.34	4.36	3.92	2.45	3.95	4.17
	3.75	3.65	2.88	3.93	3.45	2.69	4.52	4.392	1.081				
33	30.00	-17.50	6.01	5.92	3.04	4.85	4.51	4.43	5.11	4.88	5.63	4.50	5.26
	3.62	4.37	3.70	6.26	3.23	4.19	7.71	5.54	5.63	5.42	3.18	6.74	2.85
	7.67	5.94	4.73	3.93	6.08	4.42	4.23	5.13	4.72	4.14	5.37	4.50	4.45
	4.02	7.80	5.78	5.06	3.72	6.04	5.83	4.59	5.57	3.23	5.47	3.21	4.41
	3.60	5.43	6.63	5.23	6.62	5.78	4.96	5.66	4.37	3.71	5.05	4.92	6.06
	3.54	4.31	4.32	4.80	2.98	5.43	3.66	4.77	5.15	2.77	7.14	5.31	5.23
	5.17	6.63	3.74	4.63	6.57	3.52	3.11	3.64	6.05	4.62	3.22	5.25	5.39
	4.95	4.50	2.67	4.67	4.08	3.20	6.09	4.852	1.158				
34	33.80	-17.50	9.62	9.52	5.02	8.32	6.99	7.57	8.88	7.39	8.69	6.93	9.19
	4.90	7.44	6.16	10.23	4.70	7.57	14.93	8.51	8.82	7.78	4.46	11.25	5.05
	13.05	10.47	6.82	6.18	10.98	7.41	6.88	7.71	5.95	7.44	9.06	8.00	6.58
	6.63	9.54	10.56	6.99	5.34	8.87	8.61	7.78	8.73	6.90	8.09	5.70	7.75
	5.61	9.57	9.98	7.59	8.16	8.31	8.74	8.87	7.60	5.37	7.41	7.89	9.52
	5.86	7.81	7.27	9.02	3.70	8.31	6.43	7.94	9.04	5.37	11.85	8.02	9.97
	7.21	11.72	6.43	5.83	10.18	6.27	4.79	5.71	8.93	7.88	4.26	5.88	6.30
	8.25	7.21	4.13	7.12	6.38	5.40	10.21	7.742	2.000				

35	37.50	-17.50	8.34	8.40	4.25	7.61	6.23	6.33	7.61	8.90	6.85	3.51	11.00
	4.30	6.71	6.23	3.82	5.90	11.78	8.41	1.26	6.62	6.66	6.32	5.84	3.99
	8.75	5.01	7.13	4.15	8.48	4.10	4.29	7.26	2.70	6.14	5.23	9.94	6.34
	7.17	6.77	5.37	5.36	6.50	4.15	7.27	6.86	14.29	7.71	8.87	4.83	7.94
	3.86	7.34	6.48	5.45	7.05	7.41	6.45	5.42	6.05	6.78	5.27	9.76	12.83
	3.98	11.73	7.42	5.48	5.89	6.20	7.23	8.81	4.34	5.35	7.19	4.25	5.25
	6.00	4.02	8.43	7.90	7.85	8.97	3.93	8.52	5.78	8.99	5.47	5.35	9.30
	5.91	6.63	5.29	5.66	5.22	4.95	8.79	6.622	2.159				
37	22.50	-15.00	6.94	7.27	4.68	7.23	4.27	5.27	5.26	5.52	7.98	5.92	5.46
	5.24	4.94	5.76	6.12	4.37	6.90	7.11	6.07	5.62	6.89	4.93	6.86	4.27
	7.77	5.88	5.32	5.65	5.49	5.39	4.52	6.38	4.30	6.43	5.04	6.48	6.08
	5.26	6.99	6.59	5.29	4.72	4.85	7.11	5.06	5.43	4.83	6.94	4.06	5.84
	5.19	7.14	6.89	5.49	6.52	6.22	7.58	8.61	6.90	5.15	6.27	5.70	7.33
	5.02	4.20	6.21	4.39	5.45	7.99	4.81	5.01	5.94	3.42	5.88	7.05	6.21
	6.40	6.45	5.23	6.22	6.53	3.45	4.66	4.45	4.39	4.09	4.40	4.50	6.23
	5.00	5.31	4.31	5.90	5.13	3.87	4.77	5.692	1.095				
38	26.20	-15.00	6.80	6.99	4.02	6.12	5.10	4.80	5.34	5.42	7.13	5.27	5.55
	4.25	4.33	5.30	6.09	4.01	5.56	7.03	5.74	6.25	6.51	4.21	6.28	3.42
	7.07	6.81	5.23	5.26	5.79	4.92	4.47	7.00	5.15	5.40	5.94	6.03	4.45
	5.06	5.93	7.29	5.54	4.02	6.13	5.64	4.87	5.49	4.33	6.50	4.04	5.75
	4.58	6.61	6.87	5.76	5.99	5.28	5.04	7.05	7.31	5.61	6.60	5.89	6.98
	4.55	4.47	6.03	5.01	4.48	7.02	4.79	5.32	4.93	2.99	6.75	6.84	6.14
	5.61	7.16	4.53	5.20	6.58	4.48	3.62	5.53	4.99	4.26	3.62	5.00	6.51
	4.81	4.54	3.38	5.94	4.85	3.46	5.10	5.455	1.047				

39	30.00	-15.00	6.45	6.42	3.42	5.35	4.95	4.82	5.44	5.32	6.16	4.79	5.62
	3.98	5.10	4.42	6.16	3.56	5.14	7.49	5.21	5.65	5.39	4.08	5.86	3.52
	7.20	7.02	4.37	4.62	6.25	4.41	4.58	5.16	5.91	4.85	6.13	5.01	4.85
	4.83	6.69	6.49	5.36	4.02	6.06	5.50	5.34	4.78	4.92	5.48	3.56	5.82
	3.69	6.10	6.75	4.78	5.45	5.49	5.29	6.43	5.96	5.17	5.89	5.85	6.76
	4.22	4.44	4.84	5.20	4.16	6.13	3.75	5.58	4.18	3.73	6.02	5.03	5.56
	4.62	6.74	4.70	5.23	6.13	4.71	5.11	3.93	6.30	5.66	4.07	4.85	6.27
	5.24	4.97	3.18	5.59	4.13	3.40	5.46	5.211	.945				
40	33.80	-15.00	6.23	6.23	3.57	5.58	5.22	5.14	5.53	5.88	6.28	4.75	5.76
	3.63	5.72	4.35	5.07	3.80	5.94	7.68	5.14	5.98	4.97	3.82	6.30	4.63
	6.55	6.83	5.19	3.94	5.79	4.68	4.72	5.37	5.00	5.27	4.80	5.48	4.55
	5.57	5.68	6.34	4.37	4.15	4.86	4.81	6.67	5.55	5.97	6.48	3.09	7.36
	4.91	6.90	5.56	4.54	6.47	5.04	6.17	4.64	5.02	4.29	6.17	5.68	7.27
	4.66	5.88	4.68	5.76	3.72	6.23	4.76	6.17	4.98	4.31	6.04	4.97	6.23
	5.30	7.06	5.52	5.25	5.27	5.07	3.80	5.33	6.13	6.49	4.43	5.16	6.65
	5.12	4.86	3.51	5.15	4.27	4.04	6.42	5.335	.948				
41	37.50	-15.00	8.00	7.90	4.37	8.26	7.34	7.56	7.24	8.24	7.24	5.93	8.13
	4.43	7.11	6.77	6.38	6.33	8.04	8.47	5.97	7.95	6.41	4.50	8.27	6.09
	7.10	7.61	8.47	4.95	7.15	5.69	6.14	7.99	6.29	7.62	8.20	7.00	11.16
	5.53	7.02	8.19	5.33	7.38	7.78	6.32	7.98	6.74	6.24	8.34	4.06	7.96
	6.06	8.19	7.88	6.01	8.18	7.98	6.66	7.87	6.28	4.64	6.01	8.43	8.67
	5.46	7.51	6.67	6.38	6.87	7.16	6.63	7.40	6.32	5.28	7.97	6.21	7.58
	7.18	8.40	7.70	6.62	7.67	6.71	5.27	6.73	7.97	8.37	5.60	7.03	8.49
	7.00	6.63	5.06	6.75	5.42	5.34	9.15	6.985	1.222				

42	41.20	-15.00	6.04	5.98	3.49	6.58	5.64	5.79	5.67	6.44	5.65	4.64	6.29
	3.44	5.50	5.87	4.14	4.01	6.07	5.39	3.81	6.21	5.02	3.66	6.39	6.14
	4.09	5.11	5.90	3.73	6.11	5.34	7.03	5.32	5.41	5.51	4.80	7.11	6.70
	5.66	5.06	6.68	5.30	4.26	6.83	5.39	6.03	5.69	6.42	5.54	4.93	5.15
	4.75	6.65	3.91	6.28	5.61	5.65	5.32	5.11	5.27	4.44	4.31	5.11	4.84
	4.62	7.57	4.61	4.50	6.01	3.81	5.72	7.32	4.98	4.94	6.17	4.71	5.83
	5.40	6.26	6.28	5.34	5.73	5.25	4.30	5.43	5.94	6.58	4.37	5.55	6.57
	5.57	5.06	4.42	5.30	4.18	4.15	7.17	5.415	.927				

Anexo 2: dados do SOI_1900-1995

	ANO	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1	1900	-.83	-1.73	1.17	-1.50	-.75
2	1901	-.23	.47	1.23	-1.73	-.03
3	1902	.50	.90	-.23	-1.10	.01
4	1903	-1.10	1.33	.07	.43	.37
5	1904	1.87	1.37	-.60	-.60	.37
6	1905	-1.20	-3.30	-1.83	-1.13	-2.03
7	1906	-1.23	.50	1.53	.54	
8	1907					
9	1908			.93	.50	
10	1909	-.50	-.43	1.13	.27	.23
11	1910	1.00	.57	1.53	1.37	1.23
12	1911	.73	-.10	-1.23	-1.07	-.61
13	1912	-1.40	-1.30	-.60	-.40	-.99
14	1913	-.83	-.43	-.57	-1.13	-.73
15	1914	-.50	1.00		-.90	-.10
16	1915			-1.60	-.30	
17	1916	.33	-.20	1.47	.57	.59
18	1917	1.20	1.80	2.50	2.20	2.01
19	1918	2.17	.63	-.83	-.50	.06
20	1919	-1.63	-.87	-.90	-.97	-1.11
21	1920	-.57	-.33	.47	-.03	.08
22	1921	1.07		-.30	.67	.55
23	1922	.90	-.13	.00	.57	.37
24	1923	.73	.53	-1.13	-1.23	-.36

25	1924	-.17	-.03	.73	.83	.36
26	1925	.93	.80	-1.03	-1.07	-.22
27	1926	-2.07	-1.83	-1.63	-.93	-1.56
28	1927	-.03	1.03		-.50	.31
29	1928	.27	.73	.07	.67	.48
30	1929	1.87	-.07	.10	.53	.54
31	1930	.97	-.03	-.50	-.07	.01
32	1931	-.50	.80	1.10		.50
33	1932				-.77	-.53
34	1933	-.33	.13	-.13	.33	.06
35	1934	.53	-.07	-.50	.23	-.06
36	1935	-.10	.40	-.03	.50	.18
37	1936	-.33	.30	-.33	-.47	-.17
38	1937	.07	.20	-.10	-.30	.03
39	1938	.60	.27	1.37	.73	.83
40	1939	1.50	.57	.10	-1.27	-.01
41	1940	-.70	-1.07	-1.73	-1.60	-1.39
42	1941	-2.07	-.97	-1.73	-1.40	-1.43
43	1942	-1.23	-.27	.17	.33	-.02
44	1943	1.33	.50	.03	.50	.36
45	1944	-.67	-.00	-.37	-.50	-.26
46	1945	.53	.30	.60	.17	.43
47	1946	.23	-.67	-.87	-1.17	-.75
48	1947	-.80	-.10	.50	.53	.15
49	1948	-.17	-.07	-.37	-.07	-.28
50	1949	-.63	.03	-.60	-.07	-.18
51	1950	1.10	1.23	1.70	1.10	1.45
52	1951	1.67	-.80	-.80	-1.23	-.60
53	1952	-1.10	.03	.17	-.10	-.30
54	1953	-.80	-1.03	-.77	-.70	-.75
55	1954	-.27	.13	.27	.13	.25

56	1955	.87	.17	1.33	1.43	.91
57	1956	1.30	.97	.93	.67	.97
58	1957	.37	-.47	-.37	-.83	-.45
59	1958	-1.27	-.37	.23	-.40	-.48
60	1959	-1.37	.47	-.57	.43	-.12
61	1960	.17	.50	.20	.37	.31
62	1961	.37	-.63	-.13	.00	-.03
63	1962	1.03	.20	.20	.57	.37
64	1963	.50	.47	-.60	-1.10	-.32
65	1964	-.80	.53	.70	.90	.42
66	1965	-.33	-.23	-1.47	-1.50	-.84
67	1966	-.80	-.97	.07	-.27	-.54
68	1967	.97	.07	.27	-.07	.29
69	1968	.23	.13	.47	-.37	.18
70	1969	-1.03	-.43	-.50	-.90	-.69
71	1970	-.90	-.10	.10	1.30	.25
72	1971	1.43	1.50	.50	1.27	1.00
73	1972	.40	-.80	-1.33	-1.10	-.84
74	1973	-1.37	.07	.80	1.63	.58
75	1974	2.23	1.30	.60	.60	1.02
76	1975	-.07	.93	1.70	1.80	1.28
77	1976	1.80	.53	-.87	-.17	.08
78	1977	-.07	-1.00	-1.43	-1.33	-1.03
79	1978	-1.77	-.03	.23	-.27	-.37
80	1979	-.07	-.20	.37	-.30	-.11
81	1980	-.23	-.83	-.20	-.47	-.38
82	1981	-.23	-.60	.73	-.07	.02
83	1982	.57	-.27	-2.00	-2.47	-1.32
84	1983	-3.87	-1.40	-.43	.37	-1.11
85	1984	.20	-.23	-.27	-.10	-.13
86	1985	.03	.47	-.17	-.33	.04

87	1986	-.20	-.13	-.07	-.53	-.39
88	1987	-1.53	-1.87	-1.63	-.67	-1.33
89	1988	-.60	.27	.77	1.80	.73
90	1989	1.37	1.13	.17	.27	.57
91	1990	-1.10	-.03	-.03	-.47	-.39
92	1991	.00	-1.30	-.53	-1.37	-.95
93	1992	-2.37	-1.47	-.67	-.93	-1.24
94	1993	-1.13	-1.10	-1.33	-.83	-1.03
95	1994	-.13	-1.40	-1.50	-1.37	-1.23
96	1995	-.90	-.53	-.00	0.00	-.29
97	1996	.03				

Anexo 3: Programa de ficheiro de entrada de dados de precipitação

program verao

c este programa soma as precipitações do verao das estações da africa Austral

c*****+

c usa os seguintes arrays

parameter (ixmax=100,iymax=100,kmax=12)

dimension data1(ixmax,iymax,kmax),data2(ixmax,iymax,kmax)

dimension precipitver(ixmax,iymax)

dimension along(ixmax),alat(iymax)

character*80 head1,head2

character*20 file1,file2

character*2 ano(97)

data ano/'00','01','02','03','04','05','06','07','08','09',

* '10','11','12','13','14','15','16','17','18','19',

* '20','21','22','23','24','25','26','27','28','29',

* '30','31','32','33','34','35','36','37','38','39',

* '40','41','42','43','44','45','46','47','48','49',

* '50','51','52','53','54','55','56','57','58','59',

* '60','61','62','63','64','65','66','67','68','69',

* '70','71','72','73','74','75','76','77','78','79',

* '80','81','82','83','84','85','86','87','88','89',

* '90','91','92','93','94','95','96/

c

c*****

c abre os ficheiros com os dados da precipitação

```
c
file1='prcp_HULME_1900.tp11'
file2='prcp_HULME_1900.tp11'
nlat1=7
nlong1=6
c
c
c Comeca LOOP
c
open(unit=3,file='veraomes03_1900-1996.data',form='formatted')
rewind 3
c
c
write(6,400)
400 format('Introduza numero do mes que quer, jan=1 ..dez=12')
write(6,410)
410 format('Se quer verao=13')
read(5,*)mes
do 200 kk=1,96
file1(14:15)=ano(kk)
file2(14:15)=ano(kk+1)
write(6,*)file1

write(6,*)file2
open(unit=1,file=file1,form='unformatted')
open(unit=2,file=file2,form='unformatted')
rewind 1
rewind 2
c
c leitura dos dados
c
```

```
do 100 k=1,kmax
read(1)nlat
read(2)nlat
read(1)(alat(i),i=1,nlat)
read(2)(alat(i),i=1,nlat)
read(1)nlong
read(2)nlong
read(1)(along(i),i=1,nlong)
read(2)(along(i),i=1,nlong)
read(1)head1
read(2)head2
read(1)((data1(i,j,k),i=1,nlong),j=1,nlat)
read(2)((data2(i,j,k),i=1,nlong),j=1,nlat)
100 continue
close(unit=1)

close(unit=2)
c*****
c
c calculo das precipitações do verao
c
c*****
do 50 j=24,30
do 60 i=7,12
if(mes.eq.13) then
if(data1(i,j,11).eq.99999.9.or.data1(i,j,12).eq.99999.9.or.
*data2(i,j,1).eq.99999.9.or.data2(i,j,2).eq.99999.9.or.
*data2(i,j,3).eq.99999.9.or.data2(i,j,4).eq.99999.9) then
precipitver(i,j)=-9.9
else
precipitver(i,j)=(data1(i,j,11)+data1(i,j,12)+data2(i,j,1)
```

```
* +data2(i,j,2)+data2(i,j,3))/5.00
endif
else if (data1(i,j,mes).eq.99999.9) then
  precipitver(i,j)=-9.9
else
  precipitver(i,j)=data1(i,j,mes)
endif
60 continue
.
50 continue
  write(3,300)((precipitver(i,j),i=7,12),j=24,30)
200 continue
  if(mes.ne.13) then
    do 51 j=24,30
    do 61 i=7,12
    if (data2(i,j,mes).eq.99999.9) then
      precipitver(i,j)=-9.9
    else
      precipitver(i,j)=data2(i,j,mes)
    endif
61 continue
51 continue
  write(3,300)((precipitver(i,j),i=7,12),j=24,30)
endif
300 format(42f6.2)
stop
end
```