

# PREVISÃO DE PERÍODO DE SECA PARA O NORDESTE DO BRASIL

São José dos Campos, junho de 2001

# PREVISÃO DE PERÍODO DE SECA PARA O NORDESTE DO BRASIL

AUTORES:

CARLOS GIRARDI

LICENCIADO EM CIÊNCIAS METEOROLÓGICAS  
PELA UNIVERSIDADE DE BUENOS AIRES

ROBERTO DA MOTA GIRARDI

PROFESSOR DOUTOR EM AERODINÂMICA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DA AERONÁUTICA – ITA

## 1 - RESUMO

O problema das secas no nordeste brasileiro continua, e a causa principal é a questão estrutural do nosso planeta.

A região está sob o domínio do Anticiclone Semi Permanente do Atlântico Sul, sabemos que sob a ação subsidente do ar, que é a característica desse fenômeno, a formação de nuvens de chuva fica prejudicada. Como é somente a borda oeste do anticiclone que se projeta sobre o nordeste, sua ação já não é tão drástica como no oceano e, em virtude disso, o regime semi-árido sujeito a secas periódicas, predomina.

Neste estudo procuramos comprovar o sistema ondulatório desses períodos de chuvas escassas e indicar a projeção para o futuro do fenômeno dessas estiagens que afligem a região.

## 2 - INTRODUÇÃO

### 2.1 - HISTÓRICO

Há 23 anos, em 1978, foi feita uma previsão meteorológica para a região setentrional do nordeste do Brasil, pelo INSTITUTO DE ATIVIDADES ESPACIAIS (IAE), pertencente ao CENTRO TÉCNICO AEROESPACIAL o CTA, em São José dos Campos, São Paulo. Esta previsão foi chamada de "PROGNÓSTICO DO TEMPO a LONGO PRAZO, RELATÓRIO TÉCNICO ECA 06-1978" de autoria dos pesquisadores CARLOS GIRARDI E LUIS TEIXEIRA.

Esse prognóstico indicava que a região nordeste passaria por um período com chuvas abaixo da normal entre os anos de 1970 e 1985 e que realmente, prolongou-se até fevereiro de 1984.

Aquele estudo foi baseado em dados de totais anuais de precipitação de Fortaleza - Ceará, cujo acervo, existente no Instituto de Meteorologia da Universidade do Ceará e, que na época abrangia 129 anos (de 1849 a 1977) portanto, uma massa considerável de informações que permitiu e facilitou sobremaneira o prognóstico realizado na ocasião.

### 2.2 - O COMPORTAMENTO DAS CHUVAS DE FORTALEZA SERVIRIA DE PARADIGMA PARA TODO O NORDESTE?

Naturalmente, antes de estender a previsão para todo o nordeste, havia a necessidade da verificação se o comportamento dos dados de Fortaleza se espraiavam para os outros Estados, o que verificou-se usando-se as informações existentes em cidades como Iguatú, Quixeramobim e Limoeiro do Norte no Ceará, assim como nas cidades de Currais Novos no Rio Grande do Norte e Ouricuri em Pernambuco, encontrando-se um coeficiente de correlação de aproximadamente 0,75% (vide fig. 1). Posteriormente, esse estudo abrangeu um número maior de localidades de todos os estados que se presumia envolvidos e conclui-se de que, realmente, o comportamento das chuvas de Fortaleza expandia-se por largas áreas da região (Resumo de Análises sobre a Série de Fortaleza, Relatório Técnico - ECA-02/80) e, com base nestes resultados, reafirmamos nosso parecer de que o comportamento pluviométrico de Fortaleza, tem uma significativa representatividade sobre o este do Piauí, Ceará, e oeste dos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, mas o índice de 0,75% para a região setentrional do nordeste sofre gradativa diminuição à medida que nos afastamos para fora desse limite.

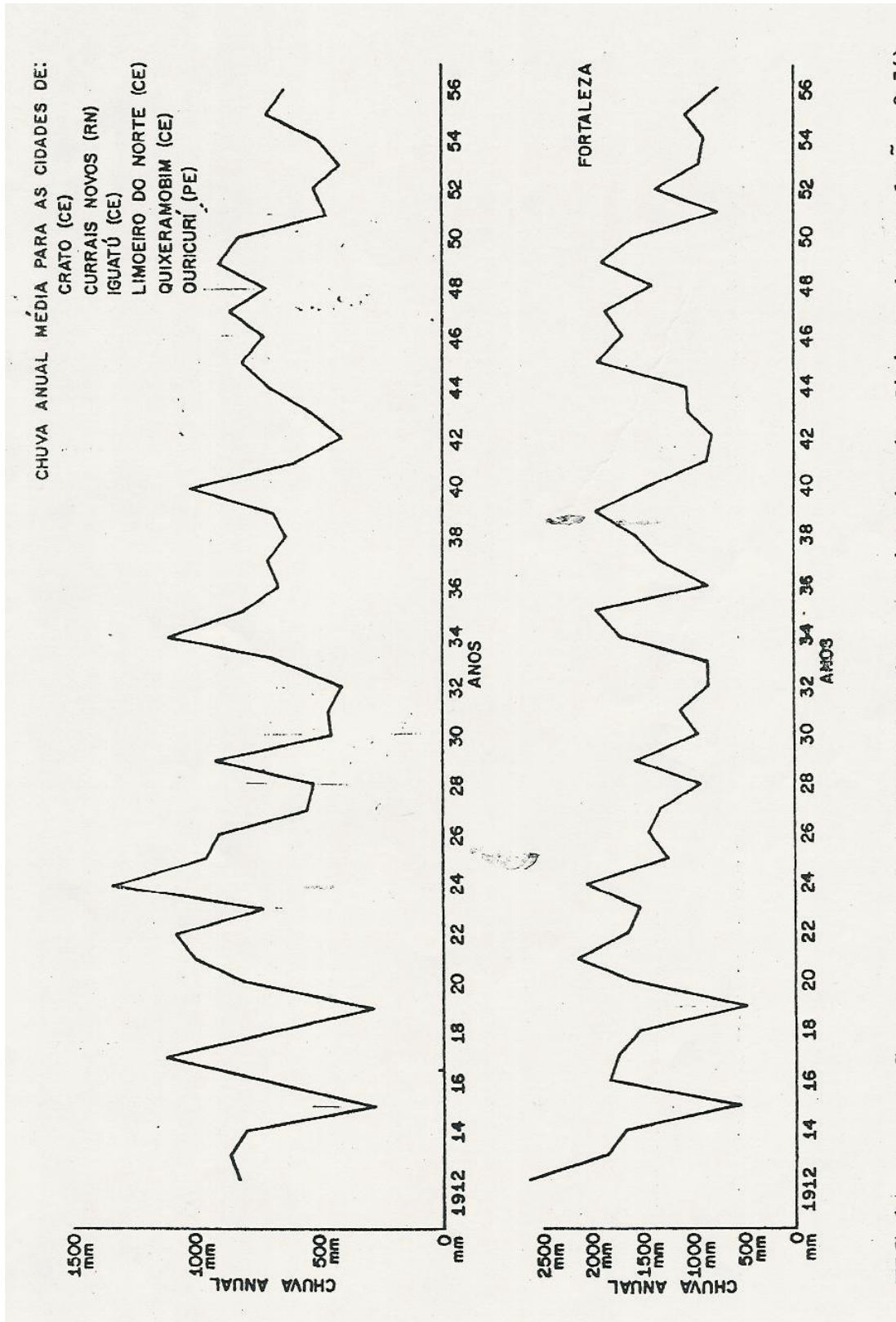


Fig. 1 - Comparação entre a pluviosidade de Fortaleza e o interior (coeficiente de correlação: 0,74)

### 2.3 - A BUSCA DE POSSÍVEIS PERIODICIDADES NOS DADOS DE FORTALEZA.

Após exaustiva busca de prioridades através de modelos gráficos, evidenciou-se a característica ondulatória da amostra, exibindo ciclos de 13 e 26 anos os quais foram encontrados por CHARLES G. MARKHAM, em 1974, no seu trabalho usando o “MÉTODO ESTATÍSTICO DE CORRELAÇÃO” em seguida, em face dessas evidências, tornou-se necessária uma confirmação matemática dessas periodicidades. Sobre a massa de dados foi aplicada a série matemática de Fourier que, realmente, confirmou os ciclos de 25.6 e 12.8 anos, portanto, bem próximos dos 13 e 26 anos encontrados graficamente. No espectro de frequência a dominância dos ciclos de 25.6 e 12.8 anos é evidente (vide fig. 2). Outros ciclos de menor amplitude aparecem no espectro próximo de 64, 18, 9 e 5 anos. Somando-se trigonometricamente esses ciclos, obtêm uma curva que é a suavização ou a tendência da série original e é sobre essa curva de tendência que se pode antecipar os prognósticos com anos de antecedência.

Posteriormente, outros autores, usando métodos diferentes chegaram à mesma conclusão, isto é, da existência de periodicidades na série pluviométrica de Fortaleza. Dentre eles podemos citar Douglas Mac Gregor Dore Strang, com seu estudo: “ESTATÍSTICA SOBRE OS CICLOS HIDROLÓGICOS” 1979, e o processo “AUTO REGRESSIVO DE PREVISÃO” de KANTOR, I.J., 1982.

### 2.4 - ANÁLISE HARMÔNICA

Somando-se trigonometricamente os ciclos de 64, 25.6, 18.3, 12.8, 9, 14 e 4.9 anos, obtemos duas curvas: a superior, usando os ciclos de 25.6 e 12.8 anos, representa a tendência mais geral e predominante da precipitação. A segunda, com maior riqueza de detalhes, enquadra-se melhor aos dados disponíveis, principalmente quando suavizada pela média móvel de 3 anos, o que era o esperado, como pode ser visto na figura 3. Para melhor avaliação da curva escolhida, a mesma foi plotada em confronto com a curva dos dados e duas outras com medidas móveis de 3 e 7 anos respectivamente, figura 4. Verifica-se na curva com os dados originais oscilações de curto período que dificultam um pouco a identificação de periodicidades, porém, observando-se detidamente, são mostradas concentrações de valores abaixo e acima da média, de aproximadamente de 1427 mm, correspondendo respectivamente aos mínimos e máximos da curva de tendência. As correspondências se acentuam quando comparadas com as médias móveis de 3 e 7 anos.

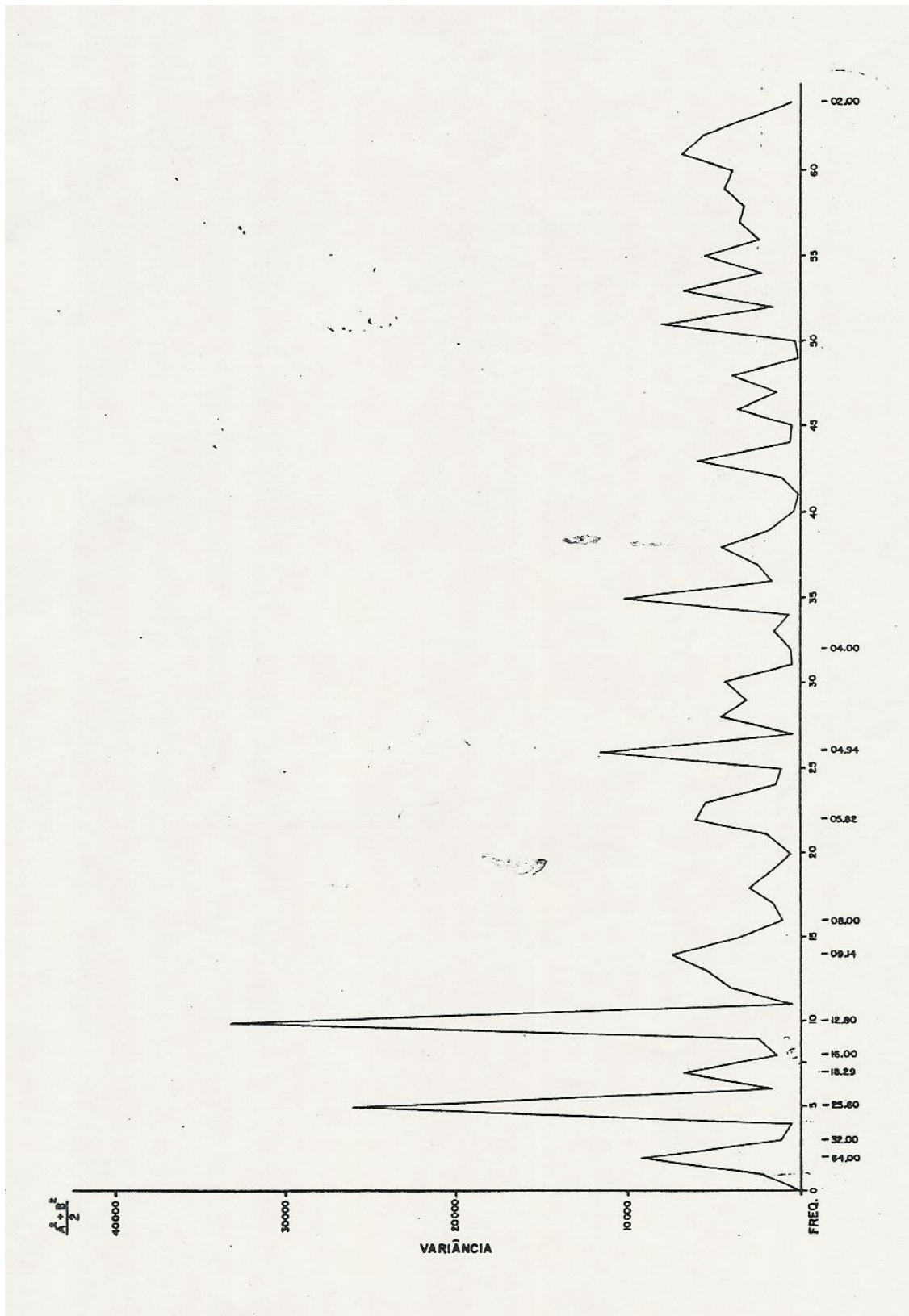


Fig. 2 – Espectro de freqüência



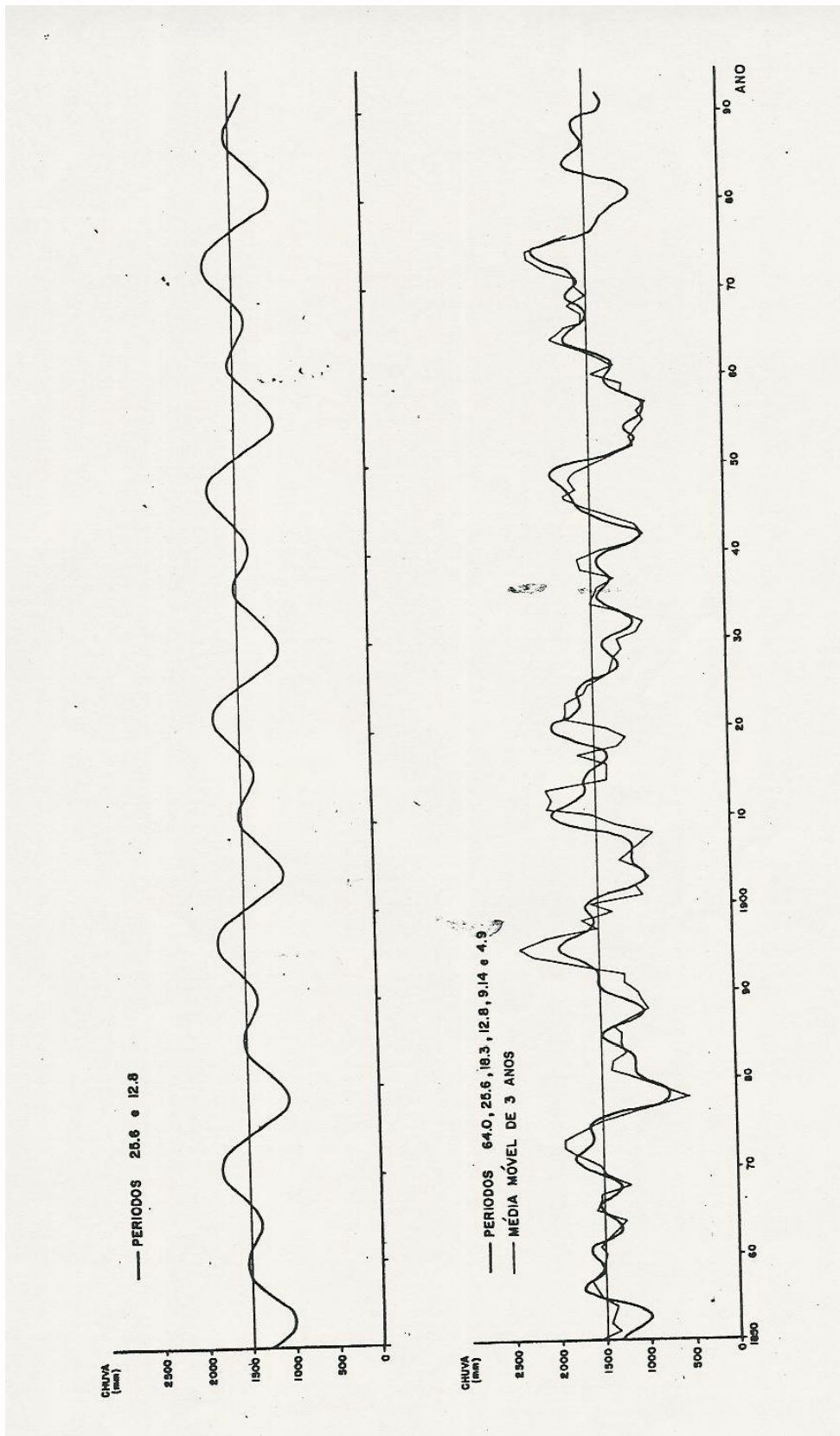


Fig. 3 – Curvas de tendência



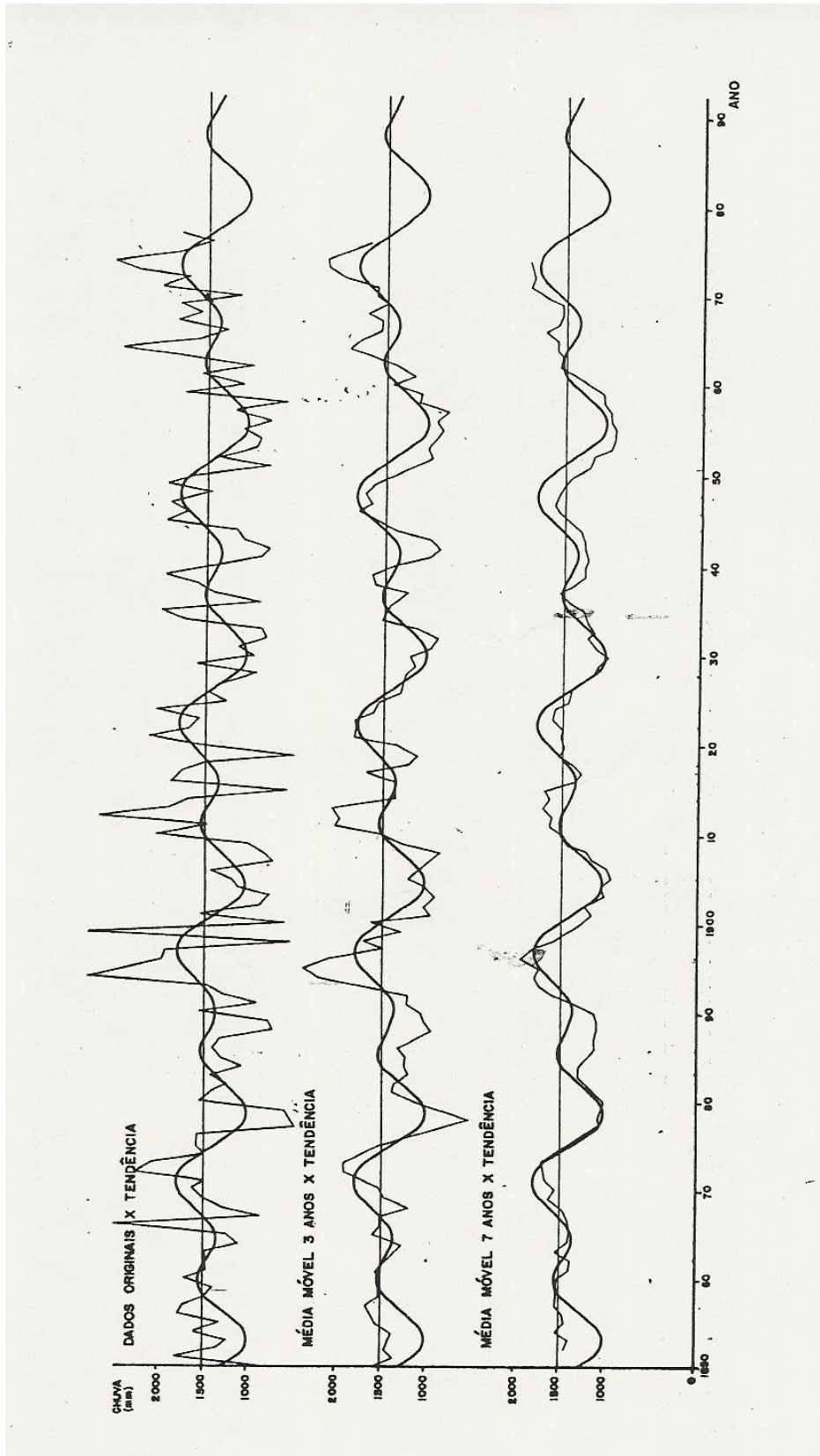


Fig. 4 – Resultado da plotagem das curvas

## 2.5 - TEORIAS A RESPEITO DAS CAUSAS FÍSICAS DOS CICLOS.

Elmar Reiter, em seu trabalho “ON THE DYNAMIC FORCING OF SHORT TERM CLIMAT FLUTUATION BY FEEDBACK MECHANISMS” - da Colorado State University - Fort Collins, Colorado 1979, refere-se à publicação do IAE dizendo que “o ciclo de 13 anos encontrado na pluviosidade de Fortaleza, pode ser interpretado como o batimento da oscilação quase bienal da convergência dos ventos alísios do Atlântico contra o período anual, onde o ciclo de 26 anos seria seu primeiro harmônico”.

Carlos Girardi e Strang concordam que os ciclos encontrados nas informações climatológicas de Fortaleza estão intimamente ligados ao ciclo quase-bienal dos ventos estratosféricos equatoriais, eis que nas altitudes de 20 a 35 km os ventos têm comportamento quase que inteiramente zonal, e o sentido do vento se alterna entre o este e o oeste cada 13 meses completando o ciclo mais ou menos cada 26 meses. Como este período não tem coincidência com o ano solar (12 meses) imagina-se que seus efeitos poderão causar variações no ciclo hidrológico anual. Essa pode ser uma das muitas variáveis que interferem no ciclo hidrológico de Fortaleza e em todos os fenômenos atmosféricos. Temos que levar em conta também as influências extra-terrestres. A atração gravitacional Luni-Solar é alvo de atenção de muitos pesquisadores em todo o mundo, que as empregam em prognósticos meteorológicos projetados para o futuro. Como exemplo dessa atividade podemos citar: Robert G. Currie e Robert G. Vines que, nas últimas duas décadas apresentaram 52 trabalhos sobre a evidência da atração Luni-Solar sobre os dados climáticos. Vide *International Journal of Climatology*, Vol 16, 1243-1265 [1996].

### 3 - ANÁLISE MATEMÁTICA DO HISTÓRICO DO ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO DE FORTALEZA

O histórico do índice pluviométrico de Fortaleza, com dados medidos no período entre 1849 e 1995, é mostrado na figura 5. Em uma primeira análise é difícil verificar com precisão se existe alguma tendência que possa ser usada para fazer uma extrapolação dos dados, com a finalidade de se fazer previsões do nível de chuvas da região. No entanto, os dados apresentados na figura 5 podem ser tratados com ferramentas de análise apropriadas. A análise da densidade espectral de potência é uma destas ferramentas e, quando aplicada aos dados da figura 5, permite uma transformação da função no domínio do tempo para o domínio da frequência. Com isto, pode-se verificar se existem períodos dominantes que indicam se os dados originais podem ser modelados através de uma função periódica, constituída por algumas parcelas (senos e cosenos) com os períodos dominantes encontrados.

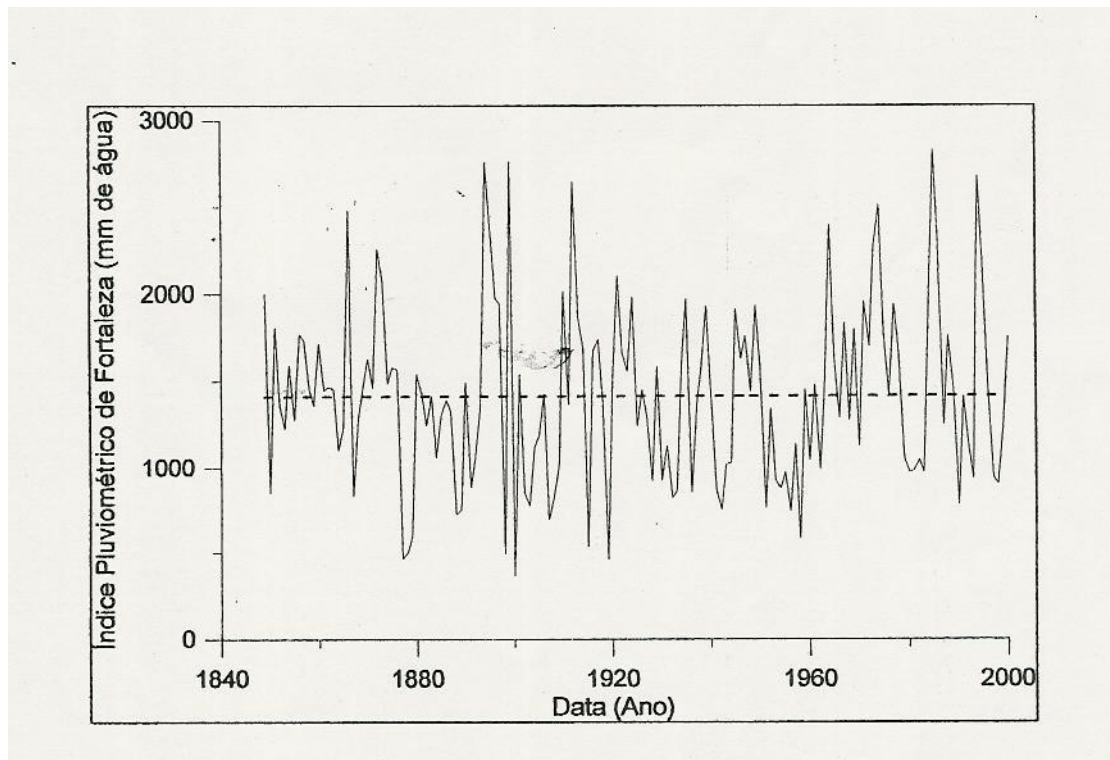


Figura 5: Histórico do Índice Pluviométrico de Fortaleza.

Neste trabalho, o espectro de potência do histórico pluviométrico de Fortaleza foi obtido com auxílio de um código computacional comercial denominado como “Lab View”. A análise do espectro de potência evidenciou que existem alguns períodos dominantes. Os resultados obtidos para os dois períodos mais fortes (isto é, aqueles que têm maiores amplitudes da densidade espectral de potência) são mostrados na tabela 1, para várias amostras de dados. Cada uma destas amostras é constituída por um conjunto de dados relativos a um período de tempo diferente, porém todas as amostras começam com os dados de índice pluviométrico medidos em 1849.

Na tabela 1 pode-se verificar, dependendo da amostra analisada, os picos do espectro de potência estão associados à períodos e amplitude diferentes. Resultado semelhante foi relatado anteriormente no trabalho de Teixeira; Girardi & Guedes (1980), onde são descritos os resultados obtidos por vários autores, que analisam o histórico pluviométrico de Fortaleza, os quais foram publicados em diferentes datas desde 1950.

Tabela 1: Resultados da Análise da Densidade Espectral de Potência do Histórico do Índice Pluviométrico de Fortaleza.

Amostra	Período Maior		Período Menor	
	Período (Anos)	Amplitude	Período (Anos)	Amplitude
1849 - 1995	24,3	19,0	12,3	18,1
1849 - 1990	23,5	16,3	12,9	40,8
1849 - 1977	26,2	34,2	13,0	22,7
1849 - 1950	25,7	12,3	12,9	32,2
1849 - 1925	26,2	14,1	13,0	31,8

Foi encontrada uma variação maior que dois anos e meio no valor do maior período e tal resultados introduz uma incerteza razoável no modelamento matemático do fenômeno que está sendo estudado. Assim, para se melhorar a precisão deste modelo matemático é necessário verificar quais são os valores corretos dos períodos que devem ser considerados na série de Fourier, usada para descrever as variações que ocorrem no índice pluviométrico de Fortaleza.

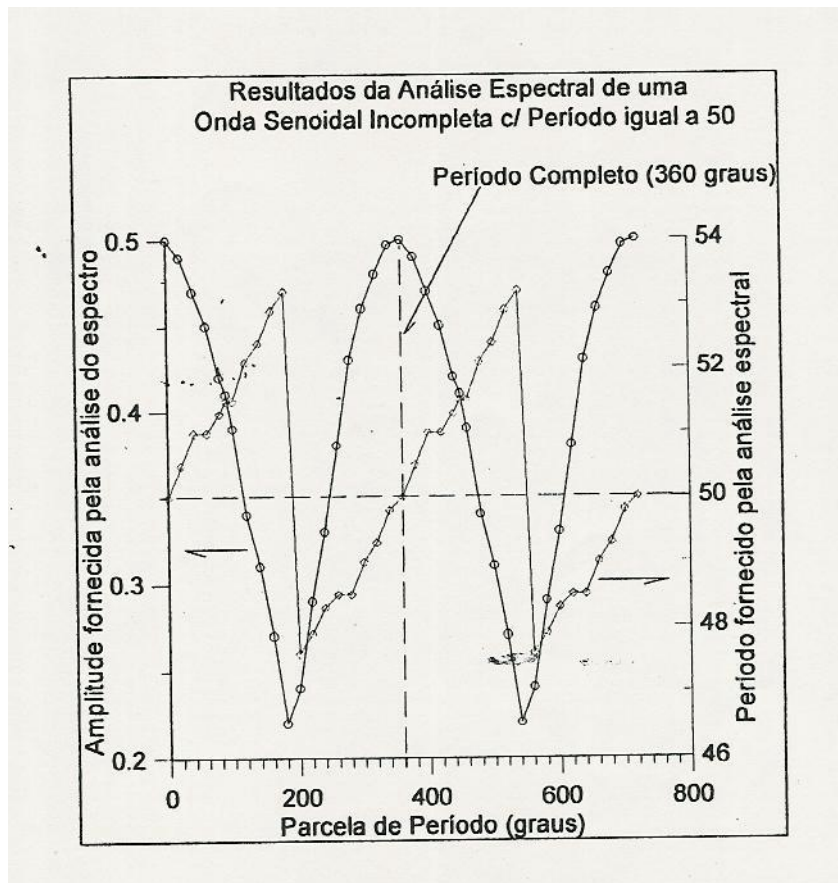


Fig. 6 – Resultados da análise espectral de potência de uma onda senoidal.

Tendo por base resultados da tabela 1, onde os valores para os períodos de acordo com o tamanho da amostra considerada, inferiu-se que o fato das amostras não serem constituídas por ondas senoidais completas poderia ser a causa das variações observadas para os valores encontrados para o período e para a amplitude da densidade espectral de cada uma destas ondas. Para verificar esta hipótese foi feita uma análise do espectro de potência de uma onda senoidal incompleta, caracterizada por ter um período igual a 50. Esta onda incompleta é constituída por 10 períodos completos e um último período incompleto. A parcela considerada deste último período é definida por um ângulo em graus. Desta forma, lembrando-se que um período completo é 360 graus, um ângulo de 90 graus indica que apenas  $\frac{1}{4}$  de onda está sendo considerada no último período.

Os resultados de estudo descrito no parágrafo anterior são mostrados na figura 6, onde se pode verificar que tanto o período quanto a amplitude fornecida pelo espectro de potência variam em função da parcela considerada para o último período. A amplitude varia de forma cíclica e alcança valores máximos quando o último período é uma onda senoidal completa, quando o ângulo é 360 graus, como pode ser visto na figura 6.



O período obtido pela análise espectral varia entre 46 e 54. Este resultado é interessante pois mostra que um critério para se determinar o período correto (neste caso igual a 50) é através do cálculo do valor médio da faixa de variação obtida para o período. Esta metodologia será chamada de critério A. Na figura 6 também pode ser verificado que o período também tem uma variação cíclica, porém, a forma de onda é semelhante a um dente de serra. Pode-se ainda observar na figura 6 que o período correto é obtido quando se tem o valor máximo da amplitude do espectro. Esta característica também pode ser usada como critério para a determinação correta do período e será designado como critério B.

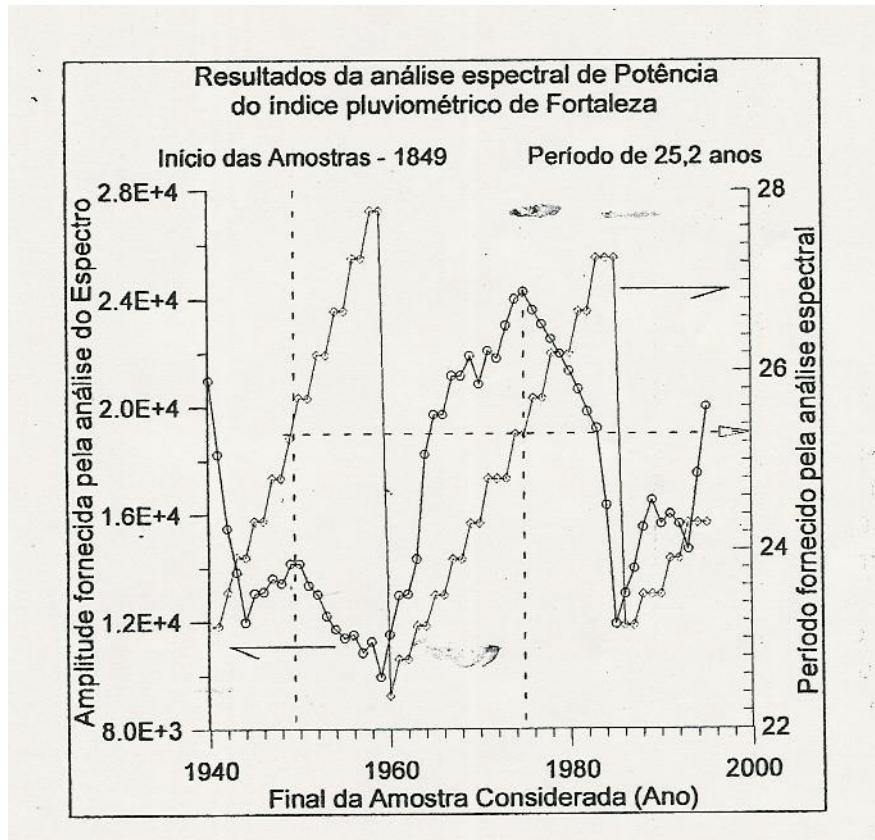


Fig. 7 - Resultados da análise espectral relativos ao período de 25,2 anos.

A análise feita para uma onda senoidal incompleta foi muito importante para a formulação de uma metodologia para obtenção do valor correto dos períodos contidos no histórico do índice pluviométrico de Fortaleza. Com base na bibliografia conhecida pelos autores esta análise ainda não havia sido implementada e seus resultados irão possibilitar maior precisão do modelo usado para descrever a tendência da quantidade de precipitação na região de Fortaleza.

Como mostrado acima, a aplicação dos critérios propostos anteriormente requer que se faça um estudo sistemático dos dados do histórico do índice pluviométrico de Fortaleza, considerando-se amostras de tamanhos diferentes. Para tanto, considerou-se que todas as amostras têm início no ano de 1849 e terminam no ano mostrado na abscissa do gráfico mostrado na figura 7. Desta forma, foram consideradas 55 amostras, começando-se com uma amostra que termina em 1940 e finalizando com uma amostra que termina em 1995. Foi feita a análise espectral de cada uma destas amostras e os resultados estão mostrados nas figuras 7, 8 e 9.

Na figura 7 estão apresentados os resultados para o período de maior valor encontrado no espectro de potência das diversas amostras mencionadas acima. Verifica-se que a amplitude do espectro é uma função cíclica, porém, não tem uma variação semelhante à observada na figura 5. Observa-se que entre 1942 e 1960 a amplitude não variou muito, porém, ainda se destaca um pequeno pico (aproximadamente no ano de 1950). Utilizando-se o critério B, formulado anteriormente, pode-se encontrar o valor correto para o período desta onda: A linha tracejada vertical que passa por este pequeno pico cruza a onda tipo dente de serra. Deste ponto de cruzamento deve-se passar uma reta horizontal que indica o valor do período, na ordenada do lado direito do gráfico mostrado na figura 5. Ainda nesta figura, pode-se observar um segundo pico (aproximadamente no ano de 1975), bem mais pronunciado que o primeiro. Aplicando a metodologia descrita acima (critério B) obtém-se o mesmo valor para o período, que tem aproximadamente 25,2 anos.

Os períodos obtidos pela análise espectral (vide Fig. 7) variam segundo uma onda tipo dente de serra, exatamente como uma onda senoidal pura (vide Fig. 6). Observa-se dois dentes de serra, no primeiro, verifica-se que os períodos entre 27,8 e 22,4 anos e no segundo, esta variação fica entre 27,3 e 23,2. Seguindo o critério A, formulado anteriormente, verifica-se que os valores médios de cada dente de serra são, respectivamente, 25,1 e 25,2 anos.

Por fim, comparando os valores obtidos pelos dois critérios verifica-se uma concordância muito boa, indicando que o valor de 25,2 anos deve ter boa aproximação do valor correto. Além disto é interessante observar que os picos observados para a amplitude do espectro de potência estão separados por um período de aproximadamente 25 anos.

Na figura 8 pode-se observar que a amplitude de espectro de potência se comporta de maneira bem semelhante a uma onda senoidal pura (vide Fig. 6) e que os períodos se comportam como uma onda dente de serra. As aplicações dos critérios formuladas neste trabalho fornecem um período de 12,85 anos. Já na figura 5, as amplitudes têm uma variação mais errática e fica difícil obter os valores máximos com confiabilidade. Neste caso, o período foi obtido com a aplicação somente do critério A, que leva em consideração os valores médios de cada dente de serra da variação observada para os períodos. Com este critério foi obtido um valor de 10,2 anos para este terceiro período dominante do espectro de potências.



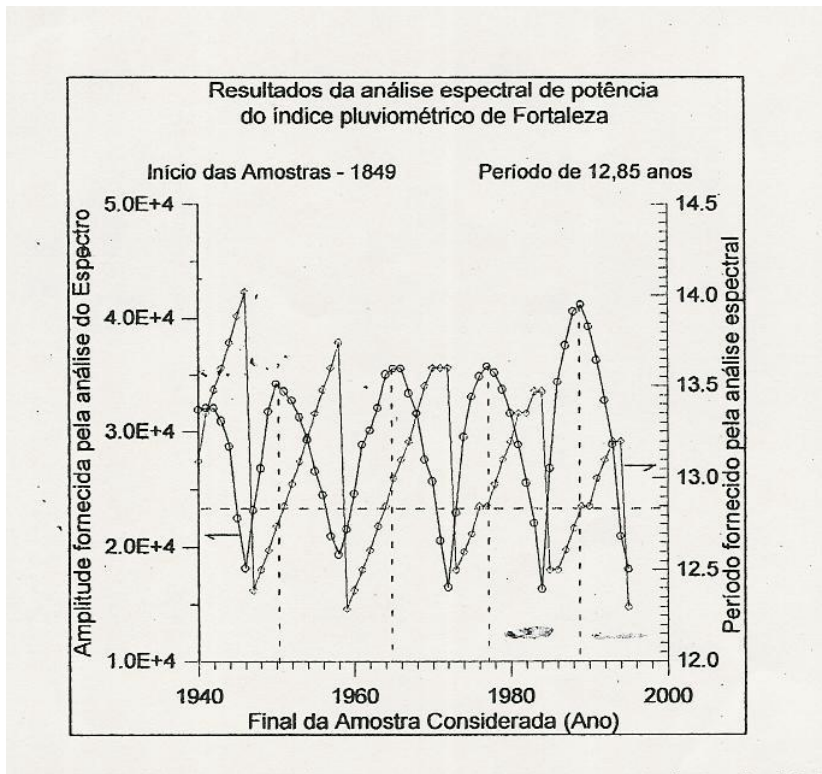


Figura 8: Resultados da análise espectral, relativos ao período de 12,85 anos

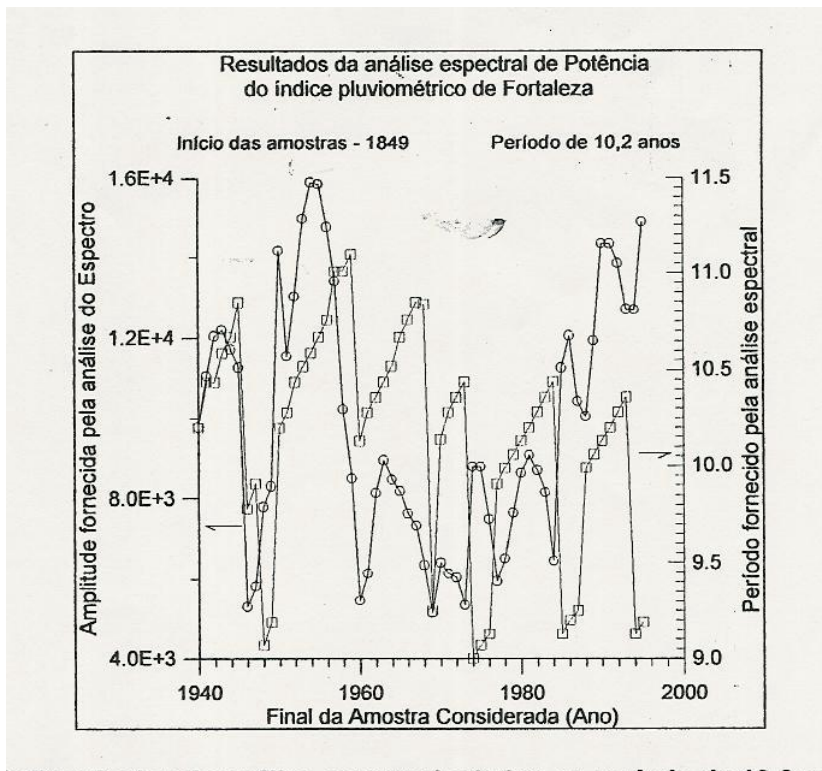


Figura 9: Resultados da análise espectral, relativos ao período de 10,2 anos

A metodologia descrita acima foi aplicada ainda para mais três períodos dominantes e os resultados são semelhantes aos observados na figura 5. Na tabela 2 são fornecidos todos os valores de período estudados neste trabalho.

A amplitude do espectro de potência está associada a amplitude de cada uma das parcelas que compõe a série de Fourier que descreve um fenômeno periódico, como é o caso da quantidade de precipitação na região de Fortaleza. Na figura 6 é mostrado que o ciclo com período de 12,85 anos é o mais forte, seguido pelo ciclo de 25,2 anos. Os demais ciclos têm amplitudes semelhantes, havendo uma ligeira predominância do ciclo de 10,2 anos em alguns intervalos de tempo da amostra considerada. Estes resultados indicam que a curva de tendências para o índice pluviométrico de Fortaleza deve conter duas ou, no máximo, três parcelas (série de Fourier), referentes aos períodos T1, T2 e T3 mostrados na tabela 2. Os demais períodos estão associados a amplitudes muito baixas e vão acarretar apenas flutuações em torno da curva de tendência.

Ainda na figura 7 pode-se observar que os períodos de 12,85 e 25,2 anos não estão em fase. Para tanto, basta verificar que a amplitude para o período de 25,2 anos alcança um máximo no ano de 1975 enquanto o máximo de amplitude para o período de 12,85 anos foi alcançada no ano de 1977.

Tabela 2: Períodos obtidos da análise espectral de potência do histórico do índice pluviométrico de Fortaleza.

Designação	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Período (anos)	25,2	12,85	10,2	3,6	2,4	2,09

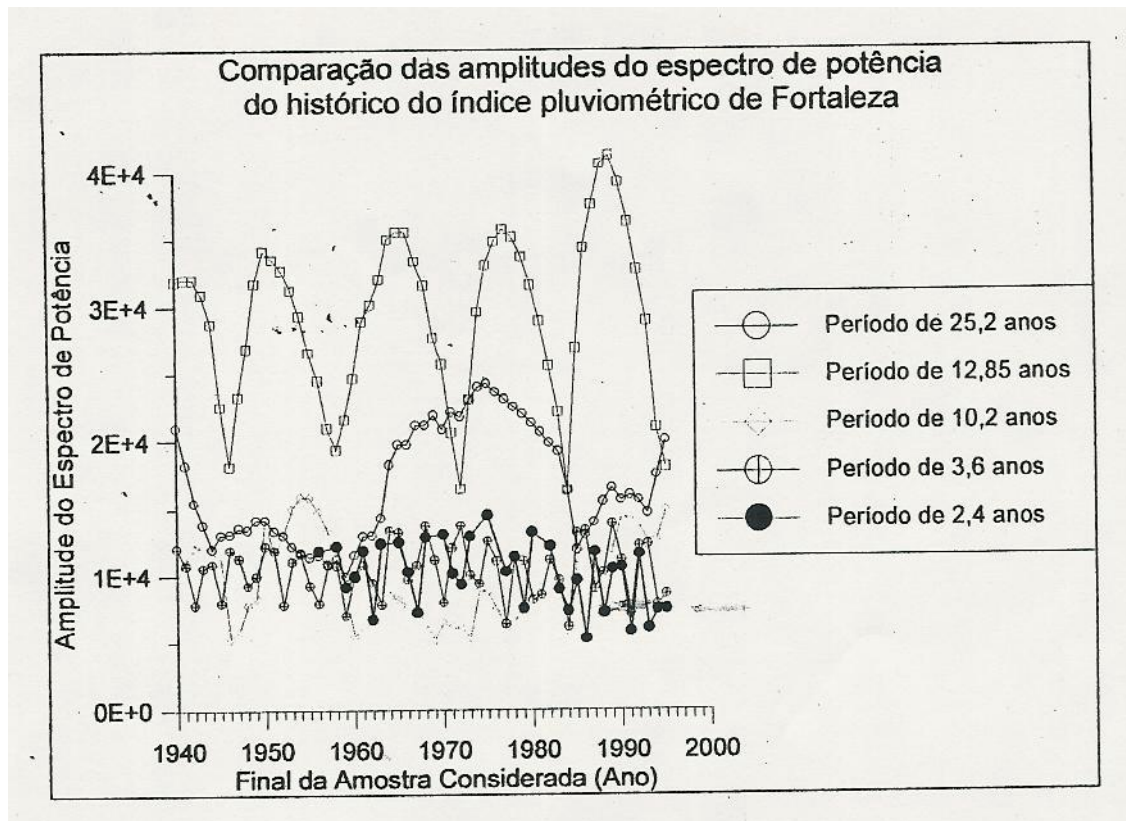


Fig. 10 - Resultados da análise espectral. Comparação das amplitudes.

Com a determinação dos valores corretos dos períodos dominantes detectados no espectro de potência, pode-se, em seguida, ajustar uma curva de tendências aos dados que constituem o histórico do índice pluviométrico de Fortaleza. Para tanto, pode-se considerar que a curva ajustada seja uma série de Fourier com 2, 3, 4, 5 ou 6 períodos, cujos valores são apresentados na tabela 2. Para fazer ajuste foi usado um segundo código computacional comercial, denominado como “MatLab”.

O resultado deste ajuste é apresentado na figura 11, onde são mostrados duas curvas de tendências, uma com dois períodos (25,2 e 12,85 anos) e a outra curva com três períodos (25,2 e 10,2 anos). Ainda na figura 7, pode-se observar os dados que constituem o histórico do índice pluviométrico de Fortaleza. No entanto, estes dados foram suavizados com o auxílio de uma média móvel de três anos. Este procedimento foi adotado porque os dados originais são caracterizados por intensas flutuações de alta frequência (baixo período) as quais dificultam a comparação dos dados reais com as curvas de tendência. Deve-se lembrar que estas curvas consideram somente as flutuações com períodos elevados e, portanto, sua comparação com resultados suavizados (onde são filtradas as influências das oscilações com baixo período) é perfeitamente compatível.

As curvas de tendência com os dois períodos não são muito diferentes da curva com três períodos. Observa-se uma ligeira defasagem entre as duas curvas e uma variação na amplitude. Por exemplo, na seca ocorrida entre 1955 e 1960, a curva com três períodos indica maiores índices pluviométricos que a curva com dois períodos. A tendência oposta é observada na seca que ocorreu entre 1978 e 1982. Este resultado é consequência da defasagem entre os períodos de 12,85 e 10,2 anos. Em certos intervalos de tempo estes períodos estão em fase e em outros eles estão em oposição de fase. A comparação com os dados reais suavizados permite que se conclua qual das curvas de tendência é melhor, no entanto, pode-se verificar que ambas as curvas se ajustam satisfatoriamente os resultados reais.

Com o objetivo de suavizar ainda mais os resultados reais, de modo a facilitar a comparação com as curvas de tendência, foram aplicadas médias móveis de 5 e 7 anos sobre os dados do histórico do índice pluviométrico de Fortaleza. Nas figuras 12 e 13 são mostrados estes resultados, juntamente com as curvas de tendência com dois e três períodos. Pode-se verificar que a suavização através de médias móveis elimina as oscilações de alta frequência (baixos períodos) e também reduz os picos das flutuações com períodos elevados, como os considerados nas curvas de tendência. Na figura 13 fica claro que os dados de Fortaleza têm característica periódica e que seguem as curvas de tendência. Nesta figura foram assinalados todos os períodos que ocorreram secas prolongadas na região de Fortaleza e fica claro que as curvas de tendência são um bom modelo para descrever estes períodos de estiagem. É interessante observar que ocorre uma alternância entre as duas curvas consideradas. Isto é, nas secas de 1880, 1930 e 1980 a curva com dois períodos indica secas menos intensas (índices pluviométricos maiores) do que a curva com três períodos. Resultado oposto é observado para as secas ocorridas em 1905 e 1955, assim como, para a seca prevista para 2005. Nas secas de 1905 e 1955 os valores medidos para o índice pluviométrico seguiram a curva de tendência com dois períodos, que mostra uma seca mais pronunciada, caracterizada por índices pluviométricos mais baixos. Se esta tendência permanecer, a seca de 2005 deverá ser a mais pronunciada. Como já mencionado anteriormente, a cada 25 anos, aproximadamente, ocorre um período de seca mais prolongado. Entre estes eventos tem ocorrido uma seca mais rápida, no entanto, as curvas de tendência mostram que estas ocorrências intermediárias vêm sendo reduzidas, como pode ser visto nas figuras 11, 12 e 13. A defasagem entre os períodos de 25,2 e 12,8 anos é a explicação para este resultado, o qual é corroborado com os dados medidos em Fortaleza.

Por fim, na figura 14 são mostradas as curvas de tendência com 3 e 6 períodos, juntamente com os dados do índice pluviométrico sem qualquer tipo de suavização. Comparando as duas curvas de tendência, verifica-se que a consideração de mais períodos na série de Fourier introduz oscilações de baixa amplitude e alta frequência (baixo período), porém, não causa qualquer modificação no modelamento dos períodos de seca. Devido a isto não há qualquer vantagem em se considerar maior número de períodos na curva de tendências. Nesta figura também pode ser observado que as curvas de tendência indicam que deverá ocorrer um período de estiagem na região Setentrional do Nordeste Brasileiro, cujo início deve ocorrer entre 2002 e 2003 e o término deve ocorrer entre 2010 e 2011, sendo que, os piores anos tendem a estar entre 2004 e 2008.



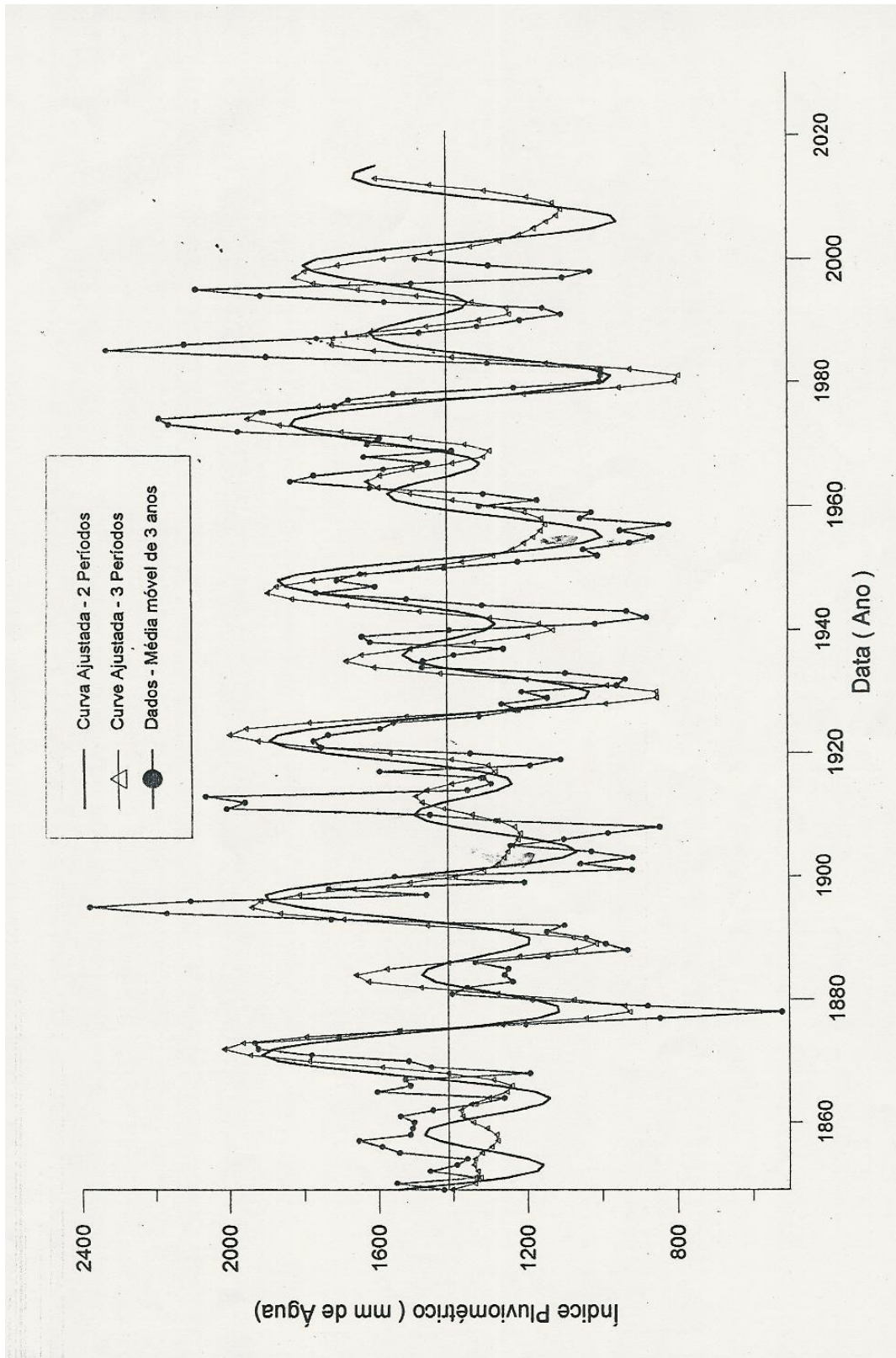


Fig. 11 – Histórico do índice pluviométrico de Fortaleza – Dados suavizados através de média móvel de 3 anos.

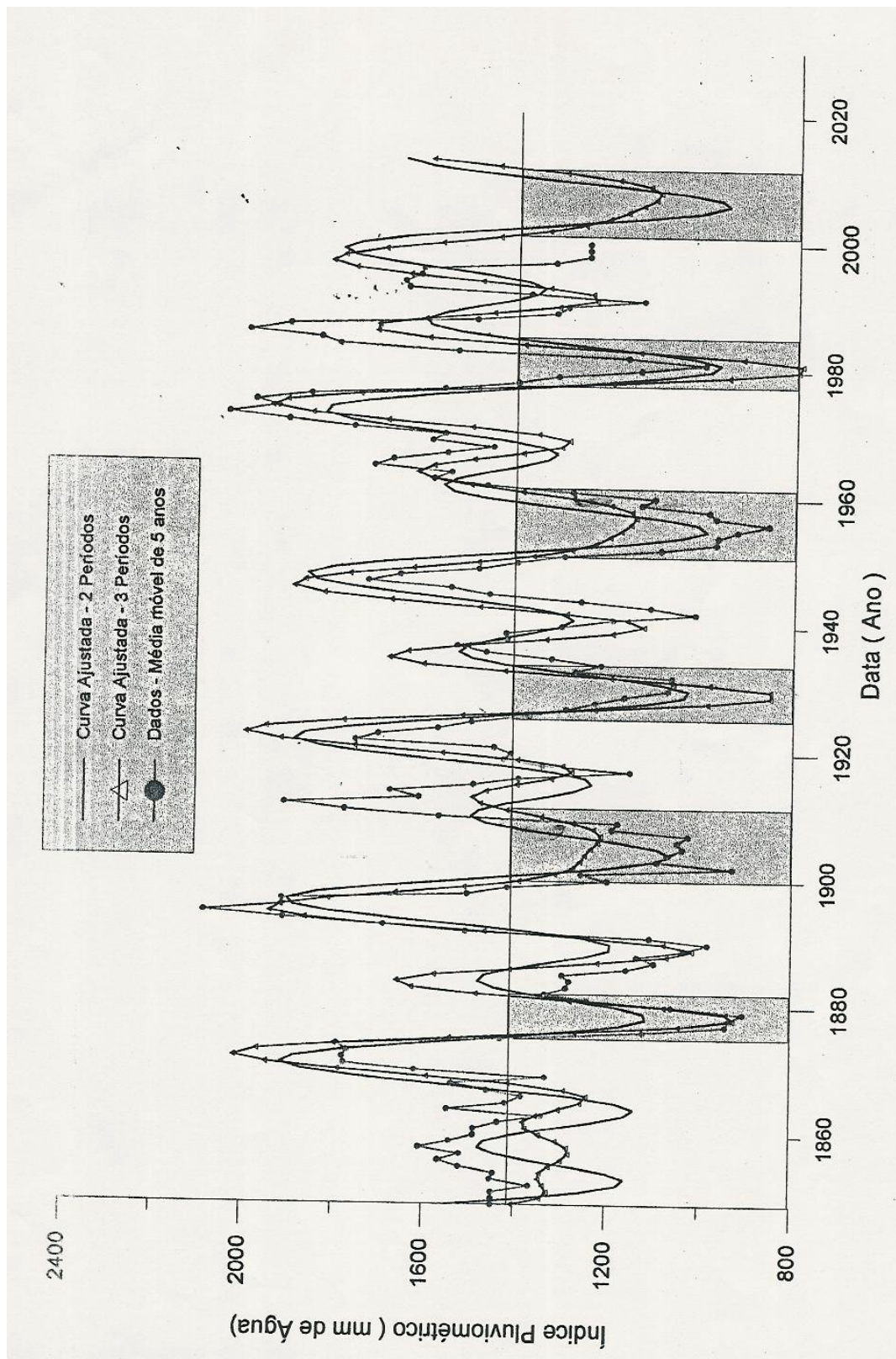


Fig. 12 – Histórico do índice pluviométrico de Fortaleza – Dados suavizados através de média móvel de 5 anos.



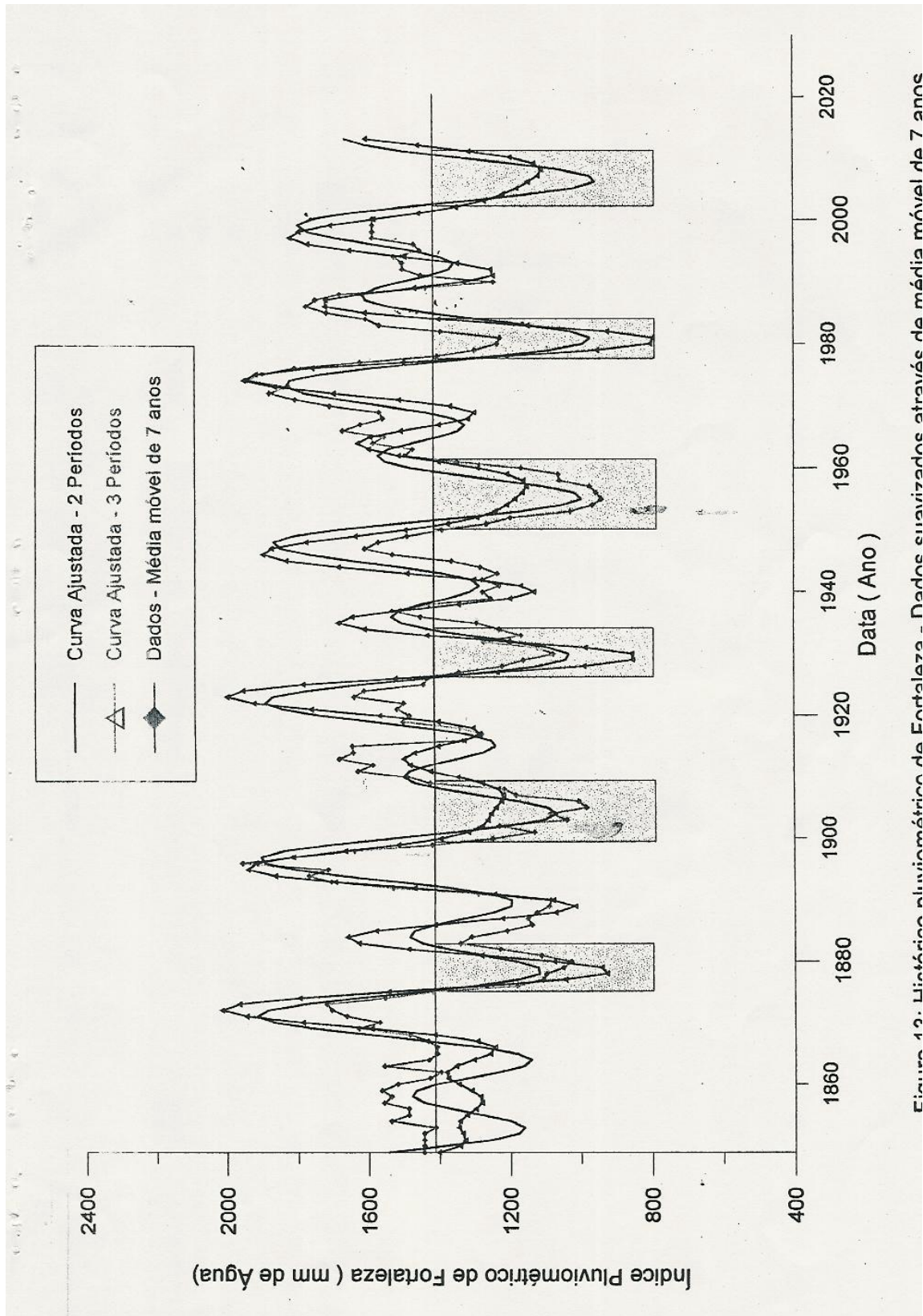


Figura 12. Linhas pluviométricas de Fortaleza - Dados suavizados através de média móvel de 7 anos

Fig. 13 – Histórico pluviométrico de Fortaleza – Dados suavizados através de média móvel de 7 anos.



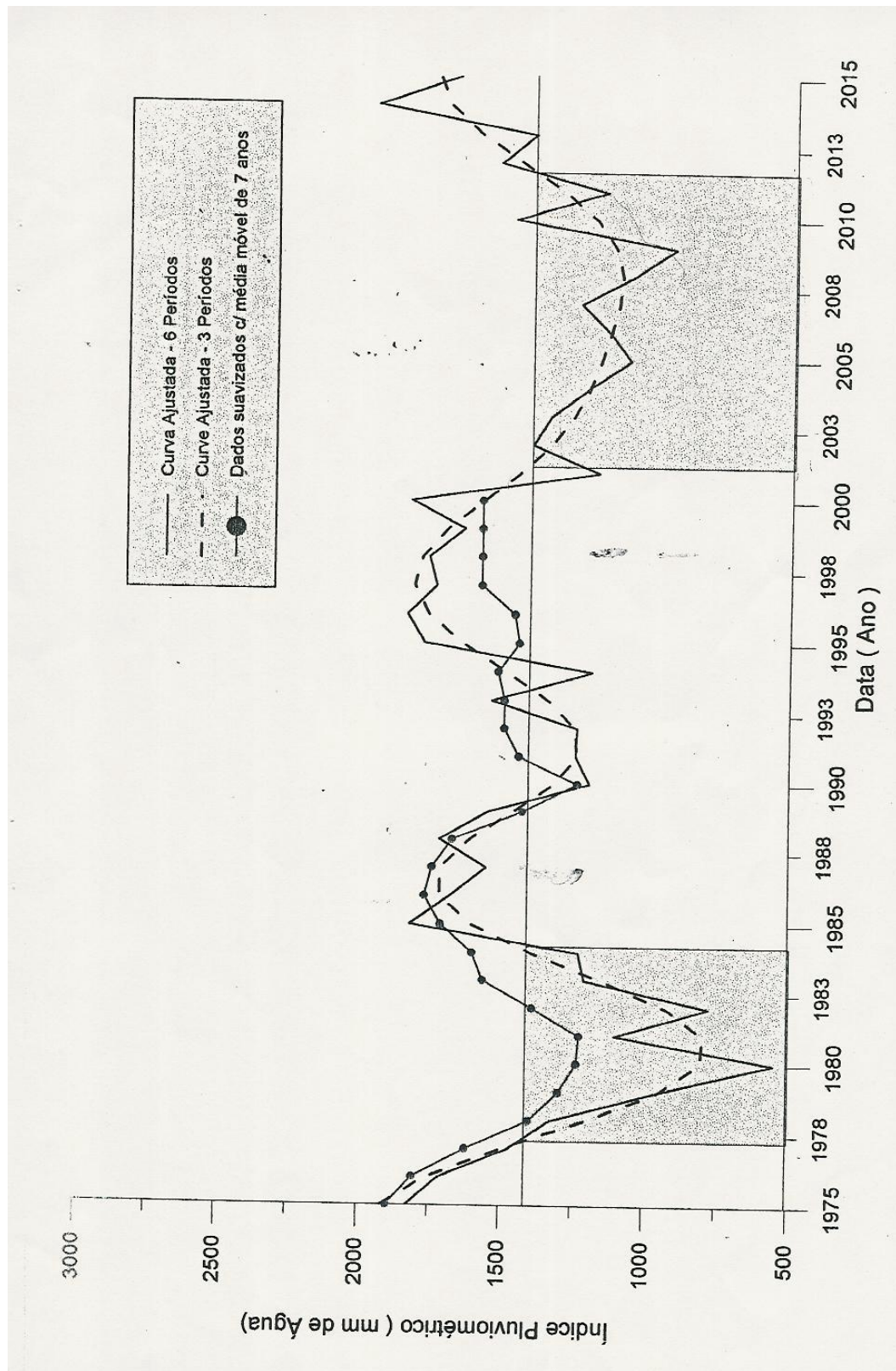


Fig. 14 – Histórico do índice pluviométrico de Fortaleza – Curvas ajustadas com 3 e 6 períodos.

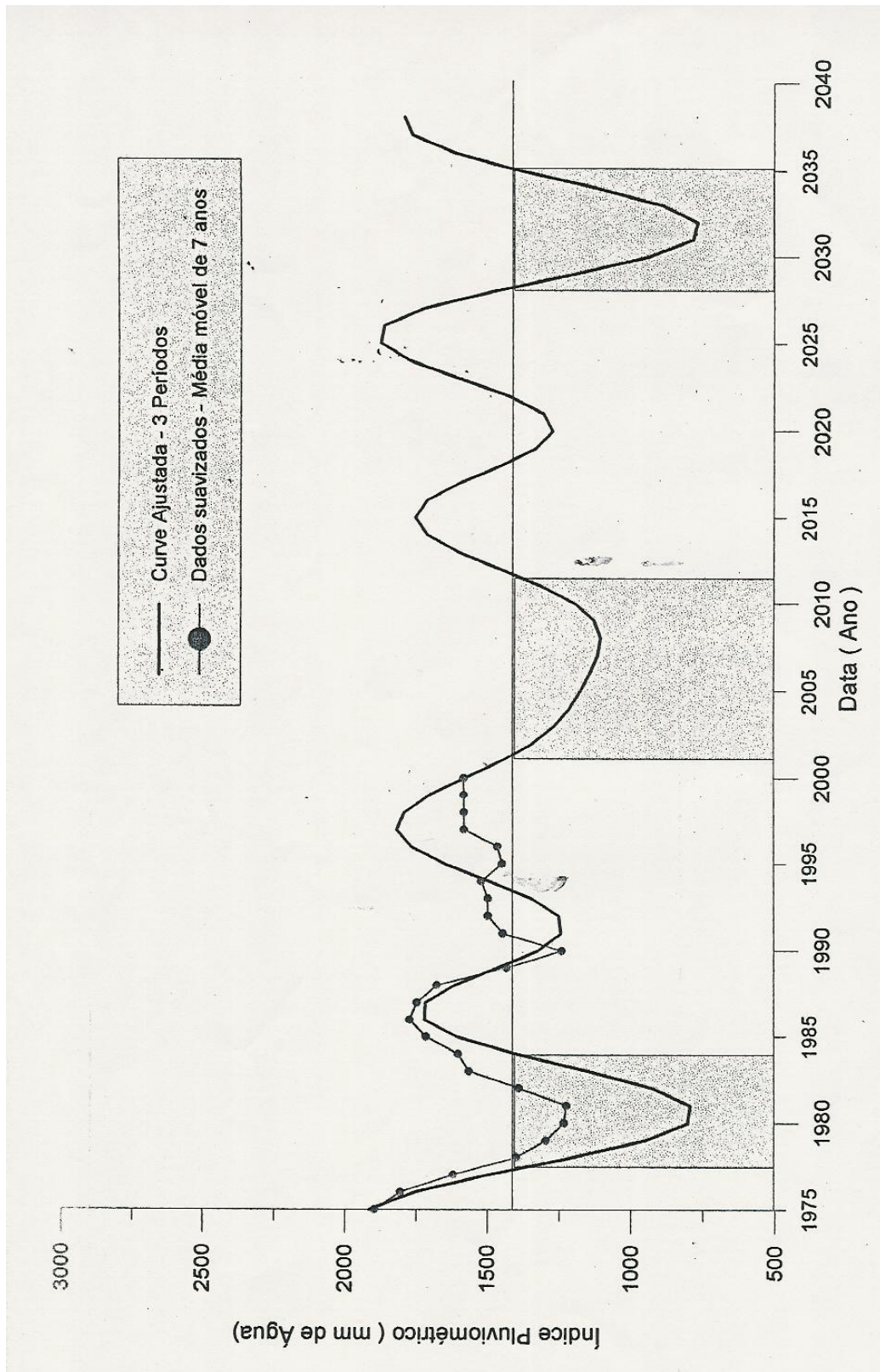


Fig. 15 – Histórico do índice pluviométrico de Fortaleza – Dados suavizados com média móvel de 7 anos.

## 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após 22 anos do início de uma grande seca que se alastrou pelo Nordeste de 1979 até fevereiro de 1984, estamos, no momento, no limiar de um [novo] velho começo.

Utilizando-se uma série maior de dados do índice pluviométrico de Fortaleza, com 24 anos a mais de informação, foram feitas análises matemáticas adicionais, baseadas nos resultados do espectro de potência para se determinar de maneira mais precisa os valores dos períodos que devem ser aplicados à série de Fourier, que modela a tendência das chuvas no Nordeste. O resultado desta nova análise confirmou a existência de periodicidade e mostrou que os dois períodos dominantes têm 12,85 e 25,2 anos, valores ligeiramente diferentes dos encontrados anteriormente, cujos valores são 12,8 e 25,6 anos.

Estes novos resultados provocam modificações muito pequenas sobre as curvas de tendência apresentadas em trabalhos anteriores e, infelizmente, tais curvas indicam que a partir de 2003 o Nordeste tende, novamente, a sofrer uma seca prolongada.

Todavia, uma luz de esperança, tímida, ainda, parece decidida a mudar esta tendência nas próximas décadas, devido a aplicação dos períodos atualizados, que mostram que a seca intermediária, que normalmente ocorre entre os grandes períodos de 25 anos, tem a tendência de ser reduzida.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDAZ, L. SOME - Meteorological aspects of Northeastern Brazil's rain regime, in reference to the "seca" phenomenon, Sudene - Dnmet - Omm, 1972.
- FERRAZ, J. S. - Causas prováveis das secas do Nordeste brasileiro, Diretoria de Meteorologia, Rio de Janeiro, 1924.
- MARKHAM, G.C - Apparente periodicities in rainfall at Fortaleza, CE, Brazil. Journal of applied Meteorology, Vol 13, n 1, February, 1974.
- MINISTÉRIO DO INTERIOR - Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos da seca no Nordeste, n 1, Brasília, 1973.
- PANOFSKY, H & BRIER, G. W. - Some applications of statistics to meteorology. Pennsylvania State University, Pennsylvania, 1968.
- SERRA, A. - Meteorologia do Nordeste brasileiro. IBGE/CNC, Rio de Janeiro, 1945.
- STRANG, D. M. G. - Análise climatológica das normais pluviométricas do Nordeste brasileiro, São José dos Campos, Centro Técnico Aeroespacial, IAE, 1972 [IAE - M - 02/72]
- ROBERTO DA MOTA GIRARDI - Análise matemática do histórico índice pluviométrico de Fortaleza. Instituto Tecnológico da Aeronáutica [ITA], São José dos Campos - PS.
- KRICK IRVING P. - "Gravitational influences from the sun and moon allow us to make accurate weather forecasts years in advance" Business Week, February, 1978.
- CARPENTER T. HET ALL - "Observed relationships between lunar cycles and formation of hurricanes and tropical storms". Mon. Wea. Rev., 100[6]451-460, jun, 1972.