



## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

### **ANÁLISE HARMÔNICA DIANTE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS PROJETADAS PARA SÃO JOÃO DO CARIRI-PB**

Joelma Viera do Nascimento Duarte<sup>1</sup>; Gilberto Campos de Araújo Filho<sup>2</sup>; Flaviano Moura Pereira<sup>3</sup>; Wanessa Luana de Brito Costa<sup>4</sup>; José Fideles Filho<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba - [joelmavnduarte@hotmail.com](mailto:joelmavnduarte@hotmail.com)

<sup>2</sup>Graduando em Licenciatura em Física. Universidade Estadual da Paraíba – [gilberto13@gmail.com](mailto:gilberto13@gmail.com)

<sup>3</sup>Mestrando em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande – [flaviano-paulista@hotmail.com](mailto:flaviano-paulista@hotmail.com)

<sup>4</sup>Mestranda em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande – [wanessaluanabc@hotmail.com](mailto:wanessaluanabc@hotmail.com)

<sup>5</sup>Prof. Dr. Departamento de Física. Universidade Estadual da Paraíba – [fidelesfilho@uol.com.br](mailto:fidelesfilho@uol.com.br)

#### **RESUMO:**

Sendo a precipitação pluvial um elemento climático fundamental por ter influência direta nas demais variáveis que compõem o meio ambiente (temperatura do ar, na radiação solar, umidade atmosférica), é de suma importância no desenvolvimento da fauna e da flora que compõem um ecossistema. E, por ser um fenômeno periódico ou quase periódico, pode ser descrito por meio da análise harmônica que é uma conveniente técnica para tal estudo. Esse estudo terá como objetivo estudar a periodicidade das precipitações ocorridas no município de São João do Cariri – PB por meio da análise harmônica, por ser uma técnica utilizada na descrição de fenômenos periódicos ou quase periódicos, no domínio da frequência de uma série de dados ordenados no tempo, determinando a variância, a variância acumulada e a contribuição de cada harmônico na série de Fourier, bem como o seu intervalo de confiança. Ao final da análise, será apresentada em forma de gráficos e tabelas o comportamento da periodicidade da precipitação pluvial da região em estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** precipitação, série de Fourier, periodicidade.

#### **INTRODUÇÃO**

A mudança global do clima vem se manifestando de diversas formas, destacando-se o aquecimento global e a maior frequência e intensidade de fenômenos climáticos extremos. As secas prolongadas e a desertificação têm ocasionado mudanças do





## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

regime hidrológico, perdas na agricultura, ameaça à biodiversidade e gera impactos sociais, econômicos e ambientais no semiárido paraibano. É notório que a relação entre as Ciências Naturais e o meio ambiente é complexa devido ao fato de que o meio ambiente está diretamente relacionado com as atitudes e destino do homem, tornando-o o seu principal agente preservador ou degradador.

Uma vez que a Terra encontra-se em um processo crescente de desestabilização ecológica e climática, vários eventos extremos estão ocorrendo de forma desordenada ao longo do planeta e isso possibilita a instalação de um padrão de movimentação de ações e programas promovidos por várias instituições e com isso diversas áreas de estudo tem tido um papel importante nesse processo.

Vários fenômenos ocorridos na nossa atmosfera, por apresentarem um caráter quase periódico, podem ser descritos pela Ciência com o uso da tecnologia, a exemplo das precipitações em suas variações sazonais, radiação que chega ao topo da atmosfera, padrões de vento, temperatura, umidade do ar, etc.

Sendo a precipitação pluvial um elemento climático fundamental por ter influência direta nas demais variáveis que compõe o meio ambiente (temperatura do ar, na radiação solar, umidade atmosférica), é de suma importância no desenvolvimento da fauna e da flora que compõe um ecossistema. E, por ser um fenômeno periódico ou quase periódico, pode ser descrito por meio da análise harmônica que é uma conveniente técnica para tal estudo.

Apesar da existência de vários estudos acerca da periodicidade das precipitações pluviais que é um evento meteorológico que ocorre em determinado intervalo de tempo, conforme os autores Amaral (1968), Garcez (1974) e Ayoade (2002), torna-se necessário novos estudos, principalmente na região do semiárido paraibano para uma nova avaliação de sua periodicidade e sua consequência no meio ambiente da região devido às mudanças climáticas ocorridas.

### **METODOLOGIA**

O município de São Joao do Cariri-PB localiza-se na microrregião do Cariri Oriental, inserido na região do semiárido paraibano. Tem como coordenadas geográficas 7° 23' 27" de latitude Sul, 36° 32' 2" de longitude Oeste e 449 metros de altitude. Tem como bioma a caatinga e de acordo com Araújo et al. (2005), a temperatura média varia de 27,2 °C no período de novembro-março a 23,1 °C em julho, sendo esses valores, a máxima e mínima, respectivamente e apresenta uma precipitação anual em torno de 444mm.

Para a realização do estudo serão utilizadas séries de dados pluviométricos referentes ao período de janeiro de 1962 a dezembro de 2014 gentilmente cedidas pela





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) e SUDENE a fim de que, de acordo com a equação de Fourier, possa ser encontrado o período fundamental  $T$ , a frequência fundamental  $w_0$ , os coeficientes de Fourier  $a_0$ ,  $a_n$ ,  $b_n$ , de acordo com as seguintes equações:

$$Y_t = a_0 + \sum_k \left[ a_n \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \right] \quad (1)$$

$$a_n = a_k \sin A_k \quad (2)$$

$$b_n = a_k \cos A_k \quad (3)$$

$$a_k = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad (4)$$

Sendo  $Y_t$  os valores estimados;  $a_0$  as médias dos valores observados;  $a_n$  e  $b_n$  os coeficientes ortogonais das ondas senoidais;  $a_k$  a amplitude da onda;  $A_k$  o ângulo de fase;  $T$  o período da onda (1,2,3,4,...);  $K$  o número de ondas senoidais;  $N$  o número de observações da série;  $t$  a unidade de tempo.

De posse desses dados, a Série de Fourier poderá ser descrita, a fim de se obter as ondas senoidais que oscilam abaixo e acima das médias de precipitação mensal. Entretanto, faz-se necessário o ajuste de dados a meses de trinta dias.

Também é necessário trabalhar com os dados normalizados e homogêneos. Sendo verificada a não homogeneidade, é preciso uma prévia transformação dos valores das médias anuais levando-se em consideração a seguinte equação:

$$Z = Dx^{1-a} \quad (5)$$

Sendo  $D$  uma potência de dez conveniente;  $x$ , os valores aferidos e  $a$ , o coeficiente relacionado à reta que descreve a regressão do modelo.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre o período estudado, de acordo com a Figura 1, considerando a precipitação total acumulada ao longo do ano em torno de 444 mm, tem-se abaixo desse total os anos de 1963, 1966 a 1973, 1976, 1978 a 1980, 1982, 1983, 1994, 1995, 1997, 1999, 2001, 2003, 2006, 2007, 2012 a 2014. Os anos de 1983 a 1993 apresentam-se na média esperada devido ao fato de não haver registro de dados aferidos durante esse período. Sendo assim, é cabível o uso da média total para o intervalo de tempo em questão. Os demais anos apresentam-se de acordo com a média ou superior a ela, representando,





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

então, uma região passível de ocorrência de eventos extremos em curtos intervalos de tempo.

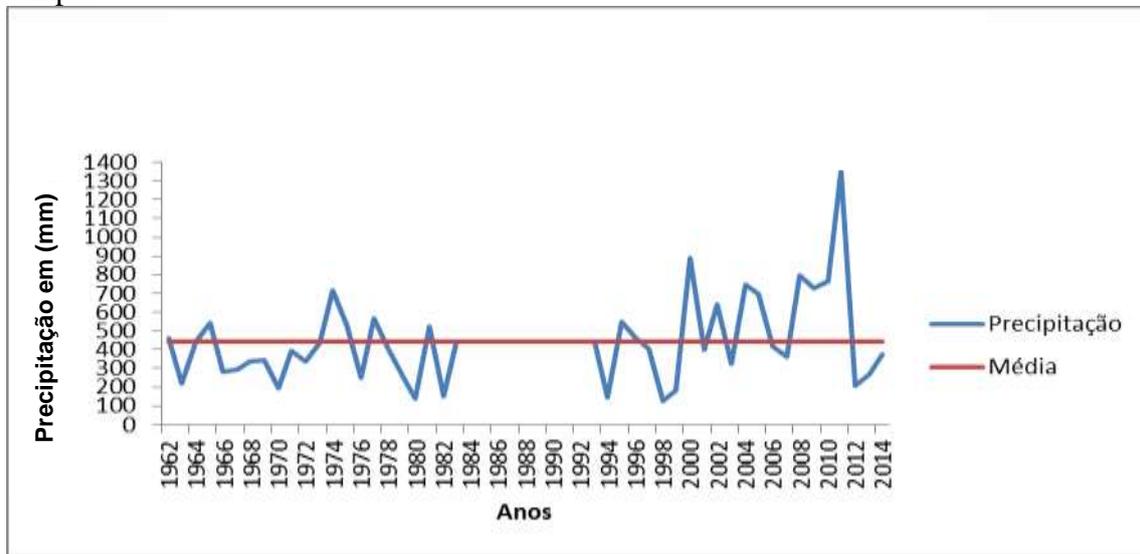


Figura 1: Variação da precipitação total anual no município de São João do Cariri-PB e sua respectiva média ao longo dos anos representadas pelas ondas.

Com relação aos índices  $a_n$  e  $b_n$ , que referem-se aos coeficientes de Fourier, as variâncias e variâncias acumuladas, os valores obtidos podem ser evidenciados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores referentes aos coeficientes resultantes da análise harmônica dos totais pluviométricos mensais do município de São João do Cariri-PB, no período de 1962 a 2014.

Coeficientes	Harmônicos				
	1	2	3	4	5
$K$					
$a_n$	3614,5	44,8	-123,6	170,1	117,5
$b_n$	1506,9	138,1	-34,6	14,3	-59,2
$a_k$	75,3	2,8	2,5	3,3	2,5
$A_k$	8,1	18,0	254,3	85,2	116,7
$Var_k$	0,995	0,001	0,001	0,002	0,001
Vac	0,995	0,996	0,997	0,999	1,000

Assim, de acordo com as relações de ortogonalidade, visualiza-se na Tabela 1 os valores dos coeficientes das ondas harmônicas referentes ao município de São João do





## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Cariri-PB. Com a finalidade de testar a eficiência da série de Fourier correspondente ao referido município, levou-se em consideração a variância acumulada e no caso do município em questão, a variância acumulada foi da ordem de 1,00.

### **CONCLUSÕES**

Os três primeiros harmônicos da serie de Fourier aplicados aos dados de precipitação ocorridos durante o período estudado descreveu em torno de 99,7% dos eventos ocorridos. Por sua vez, a variância acumulada foi igual a 1, evidenciando uma alta confiabilidade do modelo.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AMARAL, E. Análise harmônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB**. Brasília: v. 3, p. 7-43, 1968.

ANDRADE, A. R. S.; PAIXÃO, F. A. R.; LEÃO, A. B.; AMARAL, I. G. Análise harmônica no estudo das chuvas no Município de Catolé do Rocha – PB. **Revista de Biologia e Ciências da Terra ISSN 1519-5228**. Versão eletrônica. Volume 6 – Número 1, p. 56-58, 1º semestre 2006.

ARAÚJO, K. D.; ANDRADE, A. P.; RAPOSO, R. W. C; ROSA, P. R. O.; PAZERA JR, E. Análise das Condições Meteorológicas de São João do Cariri no semiárido paraibano. **GEOGRAFIA Revista do Departamento de Geociências**. Versão eletrônica. Volume 1 – Número 1, 1º semestre 2005.

ASSIS, F.N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. Análise Harmônica. (Ed.). **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 1996.

AYOADE, J.O. Introdução à climatologia para os Trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

BASTOS, T.X.; GOMES, M. R. de O.; CORRÊA, M. M. Padrão climático e variabilidade das chuvas em Tomé-Açu e sua implicação para as culturas da pimenta-do-reino e cupuaçu. **Embrapa Amazônia Oriental: JICA**. ANAIS. Belém: Embrapa 1997.

CARDOSO, D. S. Análise harmônica dos totais de chuva mensais de regiões homogêneas do Estado do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado como parte





## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

integrante do Programa de Pós Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Pelotas, 2010. 116 p.

FARIAS, B. A.; OLIVEIRA, T. D.; OLIVEIRA, G. S.; VALDEVINO, D. S. A utilização de imagens SRTM na obtenção de dados altimétricos para a mesorregião do Agreste paraibano, através de software livre QGIS. In.: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DE GEOINFORMAÇÃO. ANAIS. Recife: 2014. p. 597-601.

GARCEZ, L.N. Hidrologia. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.

NASCIMENTO, S. S.; ALVES, J. J. A. Ecoclimatologia do Cariri paraibano. **Revista Geografia Acadêmica**. Edição Eletrônica: Vol. 2, n.º 3 (XII 2008). p. 28-41.

DINIZ, G. L.; FONSECA, M.; CAMPELO JR, J. H. Análise harmônica do regime de precipitação em duas localidades da baixada cuiabana. **Biomatemática** 18 ISSN 1679-365X. Versão eletrônica: 2008. p. 37-48.

OLIVEIRA, P.T.; SILVA, C. M. S.; LIMA, K. C. Linear trend of occurrence and intensity of heavy rainfall events Northeast Brazil. **Atmospheric Science Letters**: 15, 2014. p. 73-78.

PEREIRA, A.R.; BOTTON, M.; HICKEL, E.; ANGELOCCI, L. .; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 27 p.

PINHEIRO, M.R; PAULO, S.R. Utilização da análise de Fourier no estudo de variáveis micrometeorológicas de uma floresta de transição do norte do Mato Grosso. Amazônia: ACTA Amazônica, vol. 41, 2011. p. 39-46.

QUEIROZ, E. F; SILVA, R. J. B; OLIVEIRA, M. C. N. Modelo de análise de regressão periódica da precipitação mensal, da bacia atlântico sudeste, no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, n.5, p. 727-742. Brasília: maio 2001.

