

# AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO USO DA ÁGUA DE CHUVA NA AGRICULTURA FAMILIAR NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO ATRAVÉS DA TRANSFORMADA WAVELET

CELSO A. G. SANTOS<sup>1</sup>, ISABELLY C. S. DIAS<sup>2</sup>, SANDRA M. A. IDEIÃO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Civil, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, UFPB, João Pessoa - PB, Fone: (0XX83) 3216.7684, celso@ct.ufpb.br

<sup>2</sup>Eng<sup>a</sup> Civil, Aluna da Pós-Graduação e Bolsista CT-Hidro, Engenharia Urbana, PPGEU/CT/UFPB, João Pessoa - PB

<sup>3</sup>Aluna de Graduação e Bolsista Pibic/CNPq, Depto. de Engenharia Civil, CT/UFPB, João Pessoa - PB

Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 04 de agosto de 2006 – João Pessoa – PB

**RESUMO:** O aproveitamento da água de chuva depende da análise de vários fatores tais como a possibilidade técnica, econômica e aceitação social, em relação à viabilidade técnica, esta depende basicamente de três fatores: precipitação, área de coleta e demanda. Assim, este artigo trata da avaliação da precipitação no semi-árido nordestino, do ponto de vista da análise dos sinais de frequência e teste de significância. Para tanto, foi aplicada uma nova técnica robusta de análise a 65 séries de precipitação de oito Estados nordestinos, denominada Transformada *Wavelet*, a qual é apropriada para analisar eventos irregularmente distribuídos e séries temporais que contenham potência não-estacionária em várias diferentes frequências. As séries analisadas mostraram vários componentes de frequência, sendo o componente anual o que esteve presente em todas as séries. Informações adicionais sobre os períodos chuvosos ou secos foram obtidos através das modulações em faixas separadas; *e.g.*, 8–16 meses. Esta identificação foi de suma importância, pois o baixo volume precipitado e identificado em várias séries estudadas deve ter levado a expressivos rebaixamentos dos níveis dos grandes reservatórios, e é exatamente neste período que as estruturas de pequeno porte para armazenamento d'água de chuva devem ser exploradas para a aplicação na agricultura familiar, dessedentação animal, e até mesmo nos usos menos nobres do consumo humano. Assim, do ponto de vista da precipitação, os resultados apresentados apontam para a viabilidade do uso da água de chuva no semi-árido nordestino.

**PALAVRAS-CHAVE:** frequência, análise de sinal, Fourier

## EVALUATION OF THE RAINWATER VIABILITY IN THE FAMILIAR AGRICULTURE IN THE SEMIARID AREA OF NORTHEASTERN BRAZILIAN BY THE WAVELET TRANSFORM

**ABSTRACT:** The use of rainwater depends on the analyses of several factors such as technical, economical and social acceptance, according to the technical viability, it depends basically on three factors: precipitation, catchment area and demand. Thus, this paper treats about the evaluation of the precipitation in the semiarid area of northeastern Brazil, according to the analyses of the signal frequency and significance test. Thus, it was applied a new robust technique for analyses to 65 precipitation series from eight states of northeastern Brazil, named *Wavelet* Transform, which is appropriated to analyze irregularly distributed events and time series with non-stationary power in several different frequencies. The analyzed series showed several frequency components, in which the annual component was present in all time series. Additional information about dry or wet periods were obtained by the modulation is separated bands; *e.g.*, 8–16 months. This identification was very important, because the low precipitation volume, and identified in several studied series, could led to low reservoir volume, and it is exactly during this period that the small structures for rainwater storage

could be explored for application in familiar agriculture, water for animals, and even for simple uses for the human beings. Thus, from the point of view of the precipitation analyses, the presented results show the viability of the use of rainwater in the semiarid area of northeastern Brazil.

**KEYWORDS:** frequency, signal analysis, Fourier

**INTRODUÇÃO:** O semi-árido nordestino caracteriza-se por apresentar reservas insuficientes de água em seus mananciais. Assim, é necessária a busca de mecanismo que possibilite uma maior eficiência no aproveitamento dos escassos recursos hídricos existentes nesta região brasileira. A população desta região sofre também com uma freqüente necessidade de água para pequenos usos, e geralmente se apóiam no sistema de abastecimento fornecido pelos órgãos competentes que em sua maioria são compostos de estrutura de armazenamento de grande porte. Estruturas particulares para armazenamento de pequeno porte já vem sendo propostas, mas uma avaliação de sua viabilidade técnica sempre é necessária. Visando a análise da freqüência das chuvas, como subsídio para averiguar a viabilidade de se planejar um sistema de abastecimento por água de chuva, uma técnica robusta é sempre recomendada. A análise técnica inclui três fatores: precipitação, área de coleta e demanda, dos quais a precipitação pode ser analisada de diferentes maneiras, onde a freqüência mostra-se ser uma das mais relevantes. Esta freqüência pode, por sua vez, ser analisada através de técnicas usuais ou técnicas mais robustas. A transformada *wavelet* é um avanço recente no processamento de sinais que tem atraído muita atenção desde seu desenvolvimento teórico em 1984 por GROSSMAN e MORLET (1984). Várias ciências aplicadas têm usado as *wavelets* tais como astronomia, acústica, compressão de dados, e engenharia nuclear (FARGE, 1992; GRAPS 1995); no entanto, a aplicação das *wavelets* não é freqüentemente vista na hidrologia, mas seu uso tem aumentado, *e.g.*, na ajuda de caracterização de bacia (SMITH *et. al.*, 1998; GAUCHEREL, 2002). Assim, este trabalho trata da aplicação desta ferramenta para caracterizar os sinais de chuva presentes no nordeste brasileiro e com isso avaliar a viabilidade do uso da água de chuva na agricultura familiar.

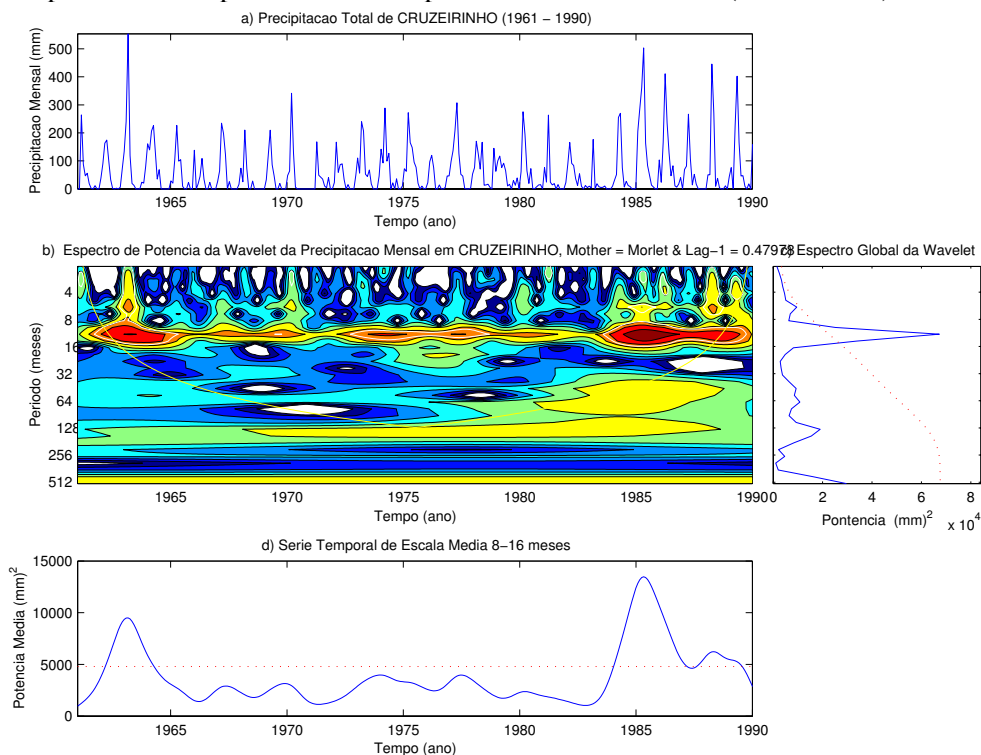
#### **MATERIAL E MÉTODOS:**

**Localização da área e dados utilizados:** A região selecionada foi a região do semi-árido nordestino, que ocupa 841.260,9 km<sup>2</sup>, a qual apresenta uma grande variabilidade espacial das chuvas. Foram escolhidos 65 postos pluviométricos: no Estado de Alagoas, Atalaia, Capela, Fazenda Boa Fortuna, Junqueiro, Lagoa da Canoa, Limoeiro de Amadaia, Maceió, Murici, Porto Calvo, e São Luis do Quitunde; na Bahia, Açude Corrolo, Barro Vermelho, Casa Nova, Formosa, Glória, Juremal, Pau a Pique, Salgado do Melão, e Várzea da Ema; no Ceará, Aurora, Cariús, Cruzeirinho, Curral Novo, Fazenda Umari, Granjeiros, Patos, Pereiro, e Quitaius; no Maranhão, Campo Largo, Colinas, Fazenda Sempre Viva, Fazenda São Vicente, José Miguel, Mirador, Roçado, e São Pedro; em Pernambuco, Aliança, Bom Jardim, Condado, Engenho Sítio, Gravatá, Nazaré da Mata, Palmares, e Vitória de Santo Antão; no Rio Grande do Norte, Açude Gargalheiras, Cerro Cora, Equador, Japi, e Santo Antonio; no Piauí, Alto Sereno, Amarante, Aroases, Barra da Gurgueia, Bocaína, Doutor Sampaio, Fazenda Talhada, Francisco Aires, e Valença do Piauí; e na Paraíba, Açú, Água Branca, Antenor Navarro, Aroeiras, Balanças, Barra de São Miguel, e Barra do Juá.

**Transformada Wavelet:** A análise de dados de acordo com escalas variáveis no domínio do tempo e da freqüência é a idéia básica da utilização da teoria da *wavelet*. As *wavelets* são funções matemáticas que ampliam intervalos de dados, separando-os em diferentes componentes de freqüência, permitindo a análise de cada componente em sua escala correspondente. A análise da *wavelet* mantém a localização do tempo e da freqüência, em uma análise de sinal, pela decomposição ou transformação de uma série temporal unidimensional numa imagem difusa de tempo e freqüência, simultaneamente. Assim, é possível obter informações da amplitude de quaisquer sinais periódicos dentro da série, bem como informações de como esta amplitude varia com o tempo. Os cálculos foram baseados no programa desenvolvido por TORRENCE e COMPO (1998).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** As 65 séries analisadas apresentaram tamanho e períodos diversos, algumas séries mostraram vários componentes de frequência sendo que a frequência anual (periodicidade de 12 meses) esteve presente em todas as séries estudadas; entretanto, alguns períodos de estiagem foram observados nestas séries. A fim de exemplificar e demonstrar a situação encontrada em quase todos os postos observados, a análise individual da série do posto de Cruzeirinho – CE é apresentada na **Figura 1**.

A **Figura 1a** mostra os totais mensais pluviométricos em Cruzeirinho – CE, o espectro de potência da *wavelet* que representa o valor absoluto ao quadrado da Transformada de *Wavelet* é apresentado na **Figura 1b**. Este valor fornece a informação da potência relativa numa determinada escala e num certo tempo, mostrando as oscilações reais das *wavelets* individuais e não apenas o seu valor. Por simples observação desta figura é possível identificar a concentração da potência no domínio da frequência ou do tempo. Os contornos brancos nesta figura são os níveis de significância de 5%, usando um espectro de fundo de ruído vermelho. Se um pico no espectro de potência da *wavelet* estiver acima deste espectro de fundo, então pode-se supor que o mesmo seja uma característica verdadeira com um percentual de confiança. Podemos dizer que seria “Significância de nível de 5%” que equivale a um percentual de confiança de 95%, isto implica que 5% da potência da *wavelet* deve estar acima deste nível. A **Figura 1c** representa o espectro global da *wavelet* que fornecem uma estimativa não tendenciosa e consistente do espectro de potência verdadeiro da série, assim pode-se caracterizar a variabilidade da série. Espectros Globais da *wavelet* para as séries de precipitação em Cruzeirinho – CE e em postos selecionados na região semi-árida do Nordeste brasileiro apresentam uma periodicidade anual. Estes espectros globais podem ser usados para resumir uma variabilidade temporal da região e compará-los com o regime pluviométrico de outras regiões, podendo ainda ser usados para definirem zonas hidrologicamente homogêneas como apresentado por SANTOS *et al.* (2002). A *wavelet* de potência da escala-média (**Figura 1d**) é uma série temporal da variação média em uma determinada faixa; ela é usada para examinar uma modulação de uma série por outra, ou uma modulação de uma frequência por outra dentro da mesma série. Esta figura é obtida a partir da média da **Figura 1b** de todas as escalas entre 8–16 meses, que fornece a medida da variação média do ano contra o tempo. Nesta figura confirma-se o observado no espectro da *wavelet*, ou seja, verifica-se uma concentração forte da potência na faixa de 8–16 meses, onde as reduções importantes da potência nesta faixa representam um período seco de aproximadamente 20 anos (1965 a 1983).



**Figura 1.** (a) Precipitação mensal posto de Cruzeirinho - CE. (b) Espectro *wavelet* de potência normalizado usando a *wavelet* de Morlet. (c) Espectro global de potência da *wavelet*. (d) Série

temporal da escala-média da faixa de 8–16 meses. As linhas vermelhas em (c) e (d) são a significância de 5% para o espectro global da *wavelet*.

Os períodos de 1962 a 1965 e 1984 a 1990 foram períodos mais chuvosos, quando provavelmente os grandes reservatórios da região devem ter sangrados; no entanto, durante o período de 1965–1983 os valores de potência média (mm)<sup>2</sup> estão abaixo do teste de significância de 5%, isto implica que neste período apesar de ter chovido, não houve volume suficiente para provavelmente encher os grandes reservatórios e nesta situação o armazenamento de água em estruturas de pequeno porte para uso na agricultura familiar, na dessedentação animal, e nos usos menos nobres do consumo humano fica evidente. Períodos de estiagem mais curtos foram observados em outras séries estudadas, mas isto não descarta o uso destas estruturas de armazenamento de água de chuva nas referidas regiões.

**CONCLUSÃO:** O estudo foi realizado utilizando postos pluviométricos da região semi-árida do Nordeste brasileiro onde a população sofre com a irregularidade de chuvas e tenta conviver e sobreviver com as secas. Visando estudar a viabilidade do uso da chuva na agricultura familiar, as frequências dos sinais de chuva na região foram examinadas através da Transformada *Wavelet*. Alguns resultados mostraram vários componentes de frequência sendo que a frequência anual esteve presente em todas as séries estudadas. Entretanto, alguns períodos de estiagem foram observados, como por exemplo, 1965 a 1983, embora que em outras séries períodos mais curtos foram identificados. É exatamente durante estes períodos de estiagem que os sistemas de captação de água de chuva devem ser utilizados, os quais devem usar o princípio de coletar e armazenar para uso quando necessário. Trata-se de uma tecnologia de solução local e de baixo custo com perspectiva de equacionar a demanda de água para consumo humano e animal, aproveitando o próprio telhado das construções e/ou solo da circunvizinhança como área de captação. Assim, esta técnica pode ser empregada nas áreas rurais para a agricultura de subsistência, dessedentação de animais, e para usos menos nobres do consumo humano.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio através do auxílio de bolsas de mestrado (MCT/CT-Hidro) e iniciação científica (PIBIC).

## REFERÊNCIAS

- FARGE, M. **Wavelet transforms and their applications to turbulence**. Ann. Rev. Fluid Mech., 24, 1992. 395–457.
- GAUCHEREL, C. **Use of wavelet transform for temporal characterisation of remote watersheds**. J. Hydrol., 269 (3–4), 2002. 101–121.
- GRAPS, A. **An introduction to wavelets**. IEEE Comp. Sci. Engng 2 (2), 2002. 50–61.
- GROSSMAN, A.; MORLET, J. **Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape**. SIAM J. Math. Anal., 15, 1984. 723–736.
- SANTOS, C. A. G.; GALVÃO, C. O.; SUZUKI, K.; TRIGO, R. M. **Application of Wavelet analysis to hydrological regionalization in transboundary basins**. First International Symposium on Transboundary Waters Management, México AMH IMTA, v. 10, 2002. p.479–486.
- SMITH, L.C.; TURCITTE, D.L.; ISACKS, B. L. **Stream flow characterization and feature detection using a discrete wavelet transform**. Hydrol. Processes, 12, 1998. 233–249.
- TORRENCE, C.; COMPO, G. P. **A practical guide to wavelet analysis**. Bull. Am. Met. Soc., 79(1), 1998. 61–78.