



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



AValiação climática e dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe (CE)

Aline Bezerra de Sousa¹, Rafaela Alves de Melo¹ e Djane Fonseca da Silva²

¹ Alunas do curso de Agronomia, bolsistas PIBIC, Universidade Federal do Ceará (UFC/Campus Cariri), Juazeiro do Norte (CE), CEP: 63020-240, e-mail: alinelaugh@gmail.com; ² Meteorologista, Dr^a em Rec. Hídricos, Prof^a Universidade Federal do Ceará (UFC/Campus Cariri), Juazeiro do Norte (CE), CEP: 63040-310, e-mail: djane.fonseca@cariri.ufc.br

Artigo recebido em 10/07/2013 e aceite em 30/07/2013

RESUMO

As condições climáticas de uma região manifestam-se como fatores limitantes para a disponibilidade hídrica local ou de uma bacia hidrográfica. No entanto, a degradação ambiental, que abrange toda a mudança na vegetação, solo e recursos hídricos, tanto pela ação do homem quanto do clima, é fruto principalmente do uso e manejo inadequado do solo (LIMA et al., 2008). Consequentemente, a degradação ambiental local ocasionará a degradação dos recursos hídricos no âmbito da bacia hidrográfica. Objetiva-se investigar quais escalas exercem influência sobre a variabilidade pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, situada no estado do Ceará, na região nordeste do Brasil. Adicionalmente, será verificado o comportamento das chuvas quando se apresentam associados eventos de escalas diferentes, bem como detectar tendências hidroclimáticas nas séries pluviométricas da bacia do rio Jaguaribe (Ceará/Brasil) e assim, gerar informações que auxiliam os setores ligados aos recursos hídricos. Já para análise ambiental, utilizar-se-á múltiplas técnicas, gerando resultados que irão promover uma melhor compreensão do ambiente local, contribuindo para um aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos da bacia estudada. Para atingir o objetivo da pesquisa foram utilizados dados de precipitação mensal para as três sub-bacias do rio Jaguaribe: Alto, Médio e Baixo Jaguaribe. Todos os dados foram obtidos através da ANA e seus períodos são de 1921 a 2010. Esses mesmos dados foram utilizados nas Análises de Ondeletas e teste de Mann-Kendall. Já para a proposta de manejo na bacia hidrográfica foram usadas imagens de satélite disponíveis no Google Earth e os dados de qualidade de água, foram obtidos na ANA. Os períodos disponíveis são distintos e apesar disso, podem servir para análises, exceto comparativas em mesmos períodos. Os períodos de dados são: Alto Jaguaribe- 2003 a 2011, Médio Jaguaribe- 2007 a 2011 e Baixo Jaguaribe- 2005 a 2011. Através da análise de ondeletas, que principalmente a variabilidade sazonal, interanual ligada ao ciclo de ENOS e a variabilidade decadal influenciaram na variabilidade pluviométrica de toda a bacia hidrográfica. Verificou-se também que a ODP influenciou temporal e espacialmente na distribuição de chuvas em toda área de estudo. A associação de fenômenos meteorológicos e climáticos distintos (os quais são descritos nas análises de ondeletas) com escalas temporais de ocorrência distintas são responsáveis pela variabilidade pluviométrica na principal bacia hidrográfica do Estado do Ceará. Verificou-se que no Alto Jaguaribe há a remoção da vegetação ciliar em vários trechos ao longo do rio Jaguaribe o que pode ocasionar o assoreamento e a erosão das margens. O Médio Jaguaribe mostra-se bem degradado e com áreas agrícolas nas margens do rio, o que afeta a qualidade de água. O Baixo Jaguaribe também apresenta muitas áreas degradadas, áreas de plantio e áreas que não seguem nem o código florestal brasileiro, o que coloca em dúvida o serviço de fiscalização local. Tudo isso irá impactar sobre a qualidade dos recursos hídricos locais.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Análise de ondeletas, Teste de Mann-Kendall, IAC, degradação ambiental, proposta de Manejo.

EVALUATION OF CLIMATE AND WATER RESOURCES OF RIVER JAGUARIBE BASIN (CE)

ABSTRACT

The climatic conditions of a region manifest as limiting factors to water availability or location of a watershed. However, environmental degradation, which covers the entire change in vegetation, soil and water resources, both by man as climate, is mainly due to the use and inadequate soil (LIMA et al., 2008). Consequently local environmental

degradation will result in degradation of water resources within the watershed. The objective is to investigate which scales influence on the variability of rainfall Jaguaribe river basin, located in the state of Ceará, in northeastern Brazil. Additionally, the behavior will be checked when it rains associated events have different scales, as well as detecting trends in hydro series rainfall river basin Jaguaribe (Ceará / Brazil) and thus generate information that helps the sectors related to water resources. As for environmental analysis will use multiple techniques, generating results that will promote a better understanding of the local environment, contributing to improving the management of water resources of the basin. To achieve the objective of the research were used monthly precipitation data for the three sub-basins of the river Jaguaribe: High, Medium and Low Jaguaribe. All data were obtained through the ANA and their periods are 1921-2010. These same data were used in the Wavelet analysis and Mann-Kendall. As for the proposed management in the watershed were used satellite imagery available in Google Earth and water quality data were obtained in the ANA. The available periods are distinct and yet, can serve for analysis, except in the same comparative periods. The data periods are: High Jaguaribe 2003-2011, Medium Jaguaribe 2007-2011, Low Jaguaribe 2005-2011. By wavelet analysis, which mainly seasonal variability, linked to interannual ENSO cycle and decadal variability in rainfall variability influenced the entire watershed. It was also found that the temporally and spatially ODP influence on the distribution of rainfall throughout the study area. The association of different climatic and meteorological phenomena (which are described in the wavelet analysis) with different scales of occurrence are responsible for rainfall variability in the main basin of the State of Ceará. It was found that the High Jaguaribe for the removal of riparian vegetation at various points along the river Jaguaribe which can cause siltation and bank erosion. The Middle Jaguaribe shows up well and degraded agricultural areas along the river, which affects the quality of water. The Low Jaguaribe also presents many degraded areas, planting areas and areas that do not follow neither the Brazilian forest code, which puts in doubt the inspection service site. All this will impact on the quality of local water resources.

Keywords: Mann-Kendall test, T-Student student, Climate variations, Semi-arid

Introdução

As condições climáticas de uma região manifestam-se como fatores limitantes para a disponibilidade hídrica local ou de uma bacia hidrográfica. Assim, condições climáticas irão interferir na variabilidade pluviométrica e conseqüentemente, na disponibilidade hídrica. Alguns estudos já comprovaram como a variabilidade pluviométrica pode ser modulada por alguns fenômenos e sistemas meteorológicos de varias escalas temporais (ANDREOLI et al., 2004; DA SILVA, 2009; DA SILVA et al., 2010), os quais podem ocorrer simultaneamente e influir sobre os totais pluviométricos, aumentando ou diminuindo a quantidade de água disponível.

A degradação ambiental que abrange toda a mudança na vegetação, solo e recursos hídricos tanto pela ação do homem quanto do clima, é fruto principalmente do uso e manejo inadequado do solo (LIMA et al., 2008). Conseqüentemente, a degradação ambiental local ocasionará a degradação dos recursos hídricos no âmbito da bacia hidrográfica.

A prática inadequada de utilização do solo a partir da remoção da cobertura vegetal nativa para inserção de pastagens ou outras culturas exóticas também é apontada como uma das formas de uso do solo que mais degradam o ambiente.

Objetiva-se investigar quais escalas exercem influência sobre a variabilidade pluviométrica da bacia hidrográfica do rio

Jaguaribe, situada no estado do Ceará, na região nordeste do Brasil. Adicionalmente, será verificado o comportamento das chuvas quando se apresentam associados eventos de escalas diferentes, bem como detectar tendências hidroclimáticas nas séries pluviométricas da bacia do rio Jaguaribe (Ceará/Brasil) e assim, gerar informações que auxiliam os setores ligados aos recursos hídricos. Já para análise ambiental, utilizar-se-á múltiplas técnicas, gerando resultados que irão promover uma melhor compreensão do ambiente local, contribuindo para um aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos da bacia estudada.

Material e Métodos

Área de Estudo - O Rio Jaguaribe (jaguar-y-pe, que vem do tupi-guarani e significa Rio das onças) é o maior curso d'água do território cearense com 610 Km de extensão e o principal rio da Bacia do Jaguaribe, que ocupa cerca de 51,9% da área total do Estado com cerca de 75.669 de Km², localizando-se entre as coordenadas 4°30' e 7°45' de latitude sul e 37°30' e 41°00' de longitude oeste. Tem sua nascente localizada na Serra da Joanhina, município de Tauá, no entanto, o rio passa a receber o nome de Jaguaribe, a aproximadamente 4 km da cidade de Tauá, na confluência dos Rios Carrapateira e Trici, e deságua no Oceano Atlântico entre os municípios de Aracati e Fortim.

A Bacia hidrográfica do rio Jaguaribe possui baixa perspectiva em reservas de águas subterrâneas, pois a quase totalidade de sua área situa-se em rochas cristalinas de baixo potencial hídrico. A exceção são os aquíferos da Chapada do Araripe, que formam sistemas livres, com potencial relativamente alto.

A Bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe (Figura 1) está subdividida em cinco sub-bacias, que são: Alto Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Salgado e Banabuiú. No entanto, aqui será dada ênfase às 3 sub-bacias do rio Alto, Médio e Baixo

Jaguaribe, por se tratar das bacias do rio principal.

2.2 Dados - Foram utilizados dados de precipitação mensal para as três sub-bacias do rio Jaguaribe: Alto, Médio e Baixo Jaguaribe, representados pelas localidades de Aracati, Jaguaribe e Arneiroz. Todos os dados foram obtidos através da Agência Nacional das Águas (ANA) pelo site www.ana.gov.br/hidroweb e seus períodos são de 1921 a 2010. Esses mesmos dados foram utilizados nas Análises de Ondeletas e teste de Mann-Kendall.

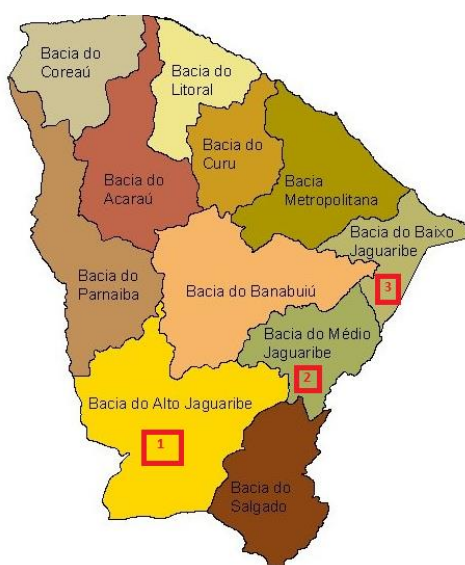


Figura 1. Bacia do rio Jaguaribe: 1 – Alto Jaguaribe, 2 – Médio Jaguaribe, 3 – Baixo Jaguaribe. (Fonte: CEARÁ, 2008)

Para a proposta de manejo na bacia hidrográfica foram usadas imagens de satélite disponíveis no Google Earth e os dados de qualidade de água, foram obtidos na Agência Nacional das Águas (ANA) pelo site www.ana.gov.br/hidroweb. Os períodos disponíveis são distintos e apesar disso, podem servir para análises, exceto comparativas em mesmos períodos. Os períodos de dados são: Alto Jaguaribe- 2003 a 2011, Médio Jaguaribe- 2007 a 2011 e Baixo Jaguaribe-2005 a 2011

Metodologia

Avaliação Climática

IAC - A partir da metodologia de Rooy (1965), usada por Freitas (2004; 2005), foram construídas as séries de IAC de 1921 a 2010

de cada sub-região, classificando os anos como secos ou chuvosos.

Será utilizado o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para caracterização da variabilidade espaço-temporal da precipitação em cada região da Bacia hidrográfica. A utilização deste índice tem se mostrado eficaz para estudos da variabilidade de precipitação em várias regiões do globo, incluindo o Nordeste brasileiro (NEB) (Freitas, 2004; 2005; Gonçalves et al., 2006; Da Silva, 2009). Foi utilizado o IAC e não outro como o de Palmer (*Palmer Drought Severity Index-PDSI*), porque este último, por exemplo, é calculado com base em dados de evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial eventual etc. e expressa uma medida para a diferença acumulada entre a

precipitação normal e a precipitação necessária à evapotranspiração (HAVENS, 1969; STEILA, 1971; ALLEY, 1984 e 1985; GUTTMAN, 1991). Já o IAC só necessita de dados de precipitação, é simples de ser calculado e visa tornar o desvio da precipitação em relação à condição normal de diversas regiões passíveis de comparação.

Considerado mais coerente, será usado o IAC anual desenvolvido e utilizado por Rooy (1965) e adaptado por Freitas (2004; 2005):

A estatística do teste é a seguinte (SILVA *et al.*, 2010):

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \quad (1)$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad (2)$$

Em que: N = precipitação anual atual, ou seja, do ano que será gerado o IAC (mm); $\bar{N}$ = precipitação média anual da série histórica (mm); $\bar{M}$ = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm); $\bar{X}$ = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm); e anomalias positivas são valores acima da média e negativas, abaixo da média.

Análise de Ondaletas ou Wavelet - O termo ondeleta refere-se a um conjunto de funções com forma de pequenas ondas geradas por dilatações (a) e translações (b) de uma função simples $\psi(t)$ de variável real t , algumas vezes chamada de *ondeleta-mãe*. As funções derivadas da *ondeleta-mãe* são denominadas *ondeletas filhas*, ou simplesmente *ondeletas* (WENG e LAU, 1994; TORRENCE e COMPO, 1998). A ondeleta Morlet é complexa e possui características semelhantes às de sinais meteorológicos, tais como simetria ou assimetria, e variação temporal brusca ou suave. Segundo a literatura, este é um critério para escolha da função ondeleta (WENG e LAU, 1994; MORETTIN, 1999).

A função de Morlet é dada pela seguinte expressão:

$$\psi(t) = e^{i\omega_0 t} e^{-t^2/2} \quad (3)$$

Em que: $\eta = t/s$, onde t é o tempo, s é a escala da ondeleta e ω_0 é uma frequência não dimensional, que tem valor 6 para o caso da ondeleta de Morlet. Todos introduzidos no “script” de programação do Software Matlab.

Será gerado um índice normalizado no intuito de extrair a variabilidade sazonal e destacar as anomalias. O índice de precipitação (Prp) para cada uma das três sub-bacias hidrográficas foi calculado para todo o período de 1921 a 2010 e se referem à média das estações de cada região de suas anomalias mensais de precipitação, normalizadas pelos respectivos desvios-padrão mensais, calculadas através de (KOUSKY e CHU, (1978), ACEITUNO (1988), ANDREOLI *et al.* (2004), DA SILVA, (2009)):

$$AVar_{i,j} = (Var_{i,j} - \overline{Var}_i) / \sigma_i \quad (4)$$

Em que: $AVar_{i,j}$ é a anomalia normalizada da precipitação no ano $j = 1, 2, 3, \dots, N$ e mês $i = 1, 2, 3, \dots, 12$; $Var_{i,j}$ é a precipitação no ano $j = 1, 2, 3, \dots, N$ e mês $i = 1, 2, 3, \dots, 12$; $\overline{Var}_i$ e σ_i são a média climatológica e o desvio padrão do mês i .

2.3.1.3 Teste de Tendências de Mann Kendall Esse teste requer que as séries sejam serialmente independentes, logo um teste de correlação serial deve ser previamente aplicado (SNEYERS, 1975).

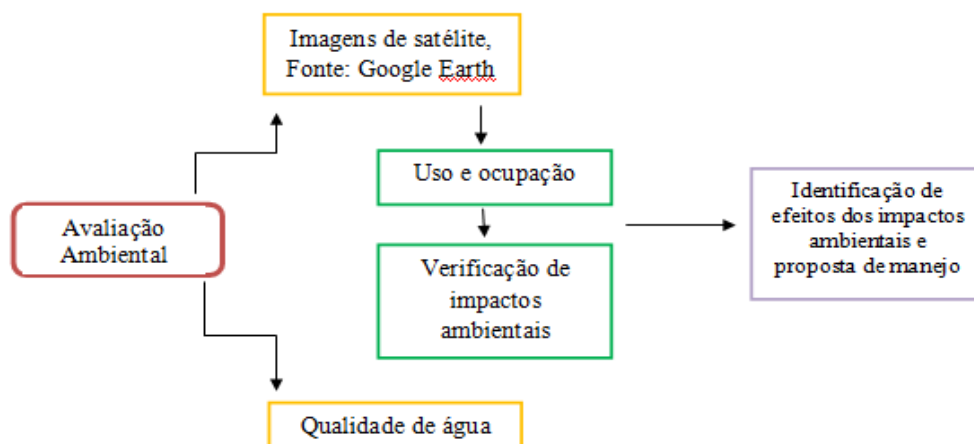
O teste de Mann-Kendall é um teste não-paramétrico (MANN, 1945; KENDALL, 1975), sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para avaliação da tendência em séries temporais de dados ambientais.

A estatística do teste é a seguinte (SILVA *et al.*, 2010):

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(x_i - x_j) \quad (5)$$

Em que: x_j são os dados estimados da sequência de valores, n é o comprimento da série temporal e o sinal $(x_i - x_j)$ é igual a -1 para $(x_i - x_j) < 0$, 0 para $(x_i - x_j) = 0$, é 1 para $(x_i - x_j) > 0$. O teste de Mann-Kendall é um teste normalmente usado para avaliar tendência de séries temporais de dados ambientais com bastante eficiência.

Etapas da metodologia: Avaliação Ambiental

Uso e ocupação da Bacia hidrográfica:
Proposta de Manejo

Imagens de satélites obtidas pelo software gratuito Google Earth foram usadas para a identificação de áreas degradadas ou sob processo de degradação, permitindo também apontar atividades antrópicas ao longo do leito e margem da área de estudo.

As informações obtidas pelas análises de imagens indicarão a presença ou não de impactos ambientais e as formas de uso e

ocupação da área, permitindo o desenvolvimento de uma proposta de manejo. As atividades antrópicas identificadas serão submetidas a uma verificação de licitude quanto aos preceitos legais que regem o Código Florestal Brasileiro.

Identificadas as formas de uso e ocupação da área em estudo e os impactos ambientais decorrentes, foi feita uma proposta de manejo mitigadora para cada área observada; conforme Tabela proposta na metodologia de Gorayeb et al. (2005) e Da Silva (2009):

Tabela 1: Local, forma de uso e ocupação do solo, impactos ambientais e proposta de manejo

Área	Uso e ocupação do solo	Impactos ambientais	Proposta de manejo
------	------------------------	---------------------	--------------------

Área 1:

Área 2:

Análise de parâmetros de qualidade de água - Para se avaliar a qualidade ambiental da área em estudo, é necessário obter informações relacionadas a fatores bióticos e abióticos envolvidos no ambiente.

Dessa forma será avaliada a qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe pela análise dos seguintes parâmetros: Temperatura da água, pH (potencial hidrogeniônico), condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (OD), em dias sem chuva; situações diferentes podem interferir nas concentrações reais e nas substâncias diluídas.

Os dados utilizados na pesquisa, séries históricas de leitura e análise da água, foram obtidos na Agência Nacional das Águas (ANA) pelo site www.ana.gov.br/hidroweb.

Após obtenção dos dados, os mesmos foram transpostos para planilhas do software Excel. Uso do software Surfer é justificado para criação de um mapa espacial da qualidade da água na bacia hidrográfica e o mesmo foi gerado pelo método de Kriging ou krigagem, como alguns chamam popularmente.

Resultados e Discussão

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Alto Jaguaribe (AJ) - Na análise do IAC do AJ (Figura 2), tem-se 40 anos chuvosos e 48 anos secos, ou seja, nas cabeceiras do AJ tem-se mais ocorrência de anos secos que anos úmidos, o que não é um fato muito favorável para manutenção de recursos hídricos, principalmente nas cabeceiras do rio. Destacam-se os períodos de 1930-1947 e de

1951-1963, os quais apresentaram anos secos consecutivamente. Já de 1964 a 2010, no AJ, os anos variaram entre anos secos e úmidos. Observa-se também que antes de 1964 ocorreu um período mais seco (com IACs negativos) e após 1964, o IAC variou bastante entre valores negativos e positivos. Assim, o ano de 1964 pode ser considerado um ponto de “inversão” no comportamento pluviométrico local.

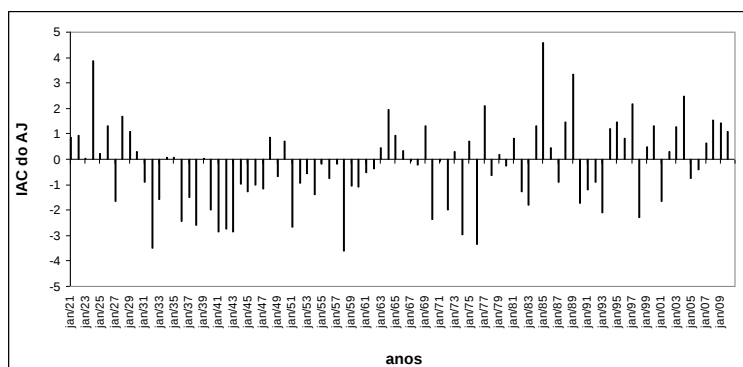


Figura 2: IAC anual do AJ para o período de 1921 a 2010.

Médio Jaguaribe (MJ)

Na análise do IAC do MJ, tem-se 46 anos secos e 40 anos úmidos como mostra a Figura 3. Isso significa que há maior ocorrência de anos secos que anos chuvosos, o que é um fato desfavorável para manutenção dos recursos hídrico, principalmente na região de Jaguaribe, onde há alto índice de degradação, o que pode levar ao início do processo de

desertificação. Destacam-se os períodos 1941-1950 e de 1976-1985 os quais apresentam anos secos consecutivamente. O ponto de “inversão” de 1964 também foi observado no MJ. Foram mais severos os anos secos antes de 1964, sugerindo que o período anterior a esse ano seja mais seco.

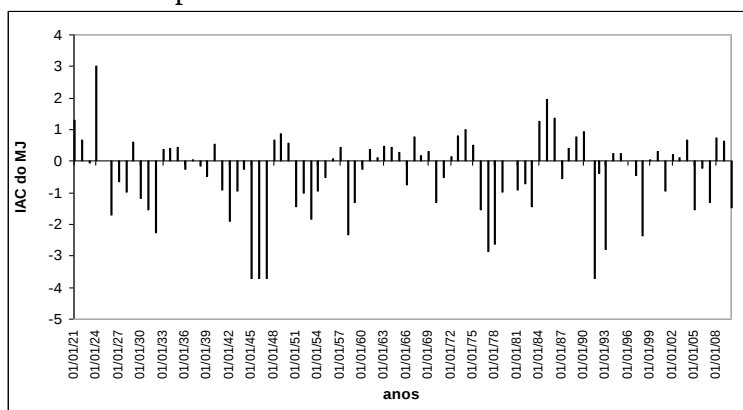


Figura 3: IAC anual do MJ para o período de 1921 a 2010.

Baixo Jaguaribe (BJ)

O Baixo Jaguaribe também apresentou maior ocorrência de anos secos (38) que anos chuvosos (32) como observa-se na Figura 4, mostrando assim que climatologicamente a Bacia hidrográfica do rio Jaguaribe apresentou maior ocorrência de anos secos em

toda sua extensão, em todas suas sub-bacias. O ano de 1964 também pode ser considerado como ponto de “inversão” no BJ. Após esse ano, os IACs positivos foram mais intensos e frequentes e no período anterior a 1964, os IACs positivos foram menos frequentes e menos intensos.

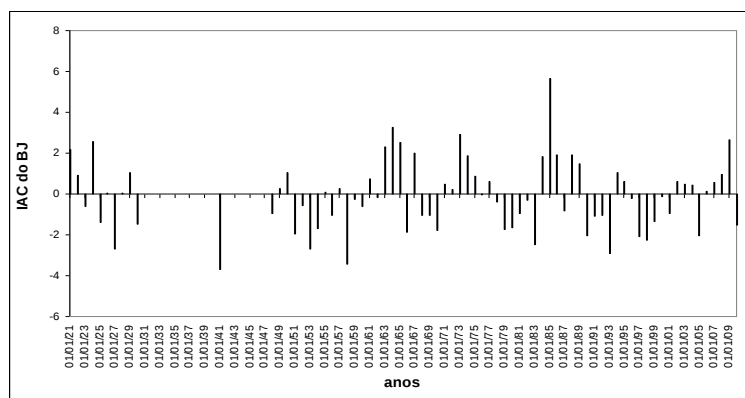


Figura 4: IAC anual do BJ para o período de 1921 a 2010

Análise de Ondeleta

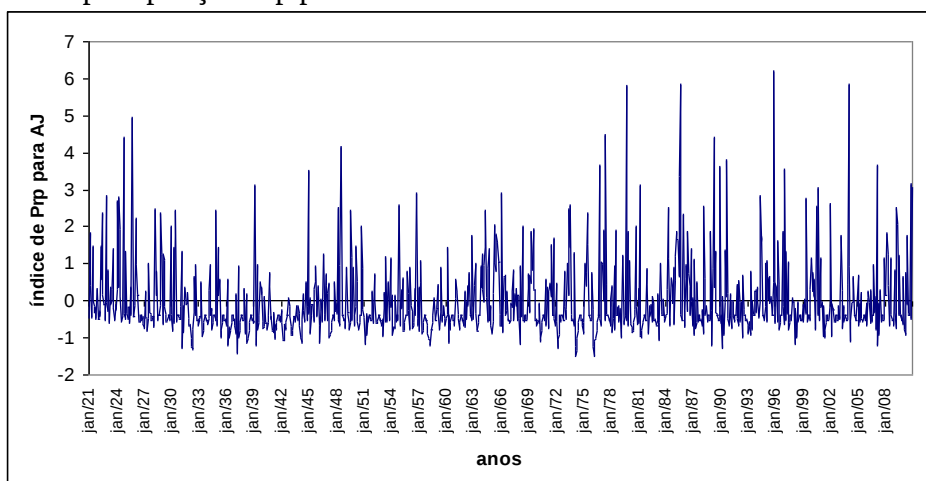
Alto Jaguaribe - Anomalias positivas e significativas de precipitação ocorreram nos anos de 1914, 1924, 1925, 1977, 1985, 1989, 1995 e 2004, como pode-se observar na Figura 5a.

Nos anos de 1914, 1924 e 1925, a junção de fenômenos meteorológicos de escalas distintas (sazonal, interanual, escala de 7 anos relacionada ao ENOS e as escalas decadais de 11 e 22 anos, respectivamente) fizeram o índice de precipitação (Prp) aumentar nesses anos, conforme pode ser observado nas Figuras 5a e 5b. Nos eventos de altos índices de Prp de 1977, 1979, 1985, 1989, 1995 e 2004 a junção dos mesmos fenômenos também foi observada. A escala

sazonal esteve presente no restante da série e sempre associando-se à escala interanual curta. A escala interanual e a escala de 5-7 anos, relacionada ao ENOS, apresentaram-se de forma mais intensa após 1970 (Figura 5b) e a escala de 22 anos, mais fraca, após esse mesmo ano.

A escala temporal de 22 anos foi a escala dominante (Figura 5c) desde o início da série até 1950, seguida pela escala temporal de 7 anos, ligada ao ENOS. No entanto, ambas não são significativas estatisticamente. A escala temporal de 11 anos (cuja a literatura relaciona com ciclos de manchas solares) ocorreu ao longo da série mas com menos influência sobre a série pluviométrica do AJ.

a) Índice precipitação Prp para AJ



b) EPO

c) EPG

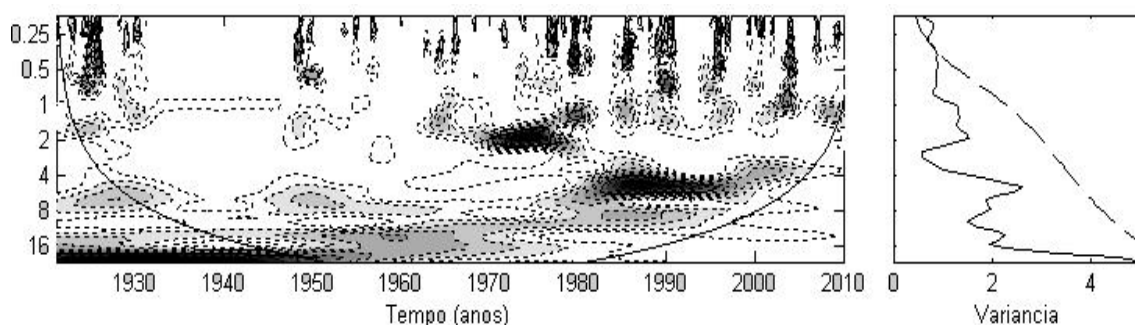


Figura 5: a) Índice precipitação Prp para AJ normalizado pelo desvio padrão para o período de 1921-2011; b) Espectro de potência de ondaleta (EPO) para o índice de Prp. Contornos sombreados correspondem a variâncias normalizadas significativas ao nível de 5%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de Potência Global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.

Médio Jaguaribe

Os maiores índices de precipitação foram observados para os anos 1923, 1950, 1966, 1975, 2000 e 2005 como pode ser observado na Figura 6a.

Para as chuvas ocorridas no ano de 1923 vê-se a influência da escala sazonal, interanual entre 1-2 anos, escala de ENOS e escala decadal, ou seja, houve a junção de fenômenos ou mecanismos meteorológicos de escalas distintas que fizeram o índice de precipitação aumentar.

Nos altos índices de precipitação ocorridos em 1950 observa-se a junção das escalas sazonal, interanual curta e interanual entre 1-2 anos. Também houve influência do fenômeno ENOS escala de 5,5-7 anos, ainda neste ano observa-se uma menor influência da Oscilação Decadal do Pacífico como pode ser observado na Figura 6b.

No ano de 1966 as escalas que exerceram maior influência no aumento do

índice de precipitação foram a sazonal, interanual curta e interanual entre 1-2 anos e em menor intensidade a influência do ENOS e ODP. Já no ano de 1975 observa-se com bastante nitidez a influência das quatro escalas distintas a sazonal, interanual curta, ENOS e ODP (Figura 6b).

Em 2000 e 2005 destaca-se as escalas sazonal e interanual que tiveram maior influência e percebe-se que a escala decadal manifesta pouquíssima influência nestes anos.

O pico dominante para o MJ ao longo da série de 1921-2010 é notado pela escala de 22 anos, possivelmente ligados a variabilidade decadal. O pico secundário é notado na escala de 5-7 anos (Figura 6c).

Para a bacia hidrográfica do MJ observa-se a influência direta do ENOS e ODP. Os máximos de precipitação ocorreram por causa de fenômenos e escalas meteorológicas distintas.

a) Índice Prp para o MJ

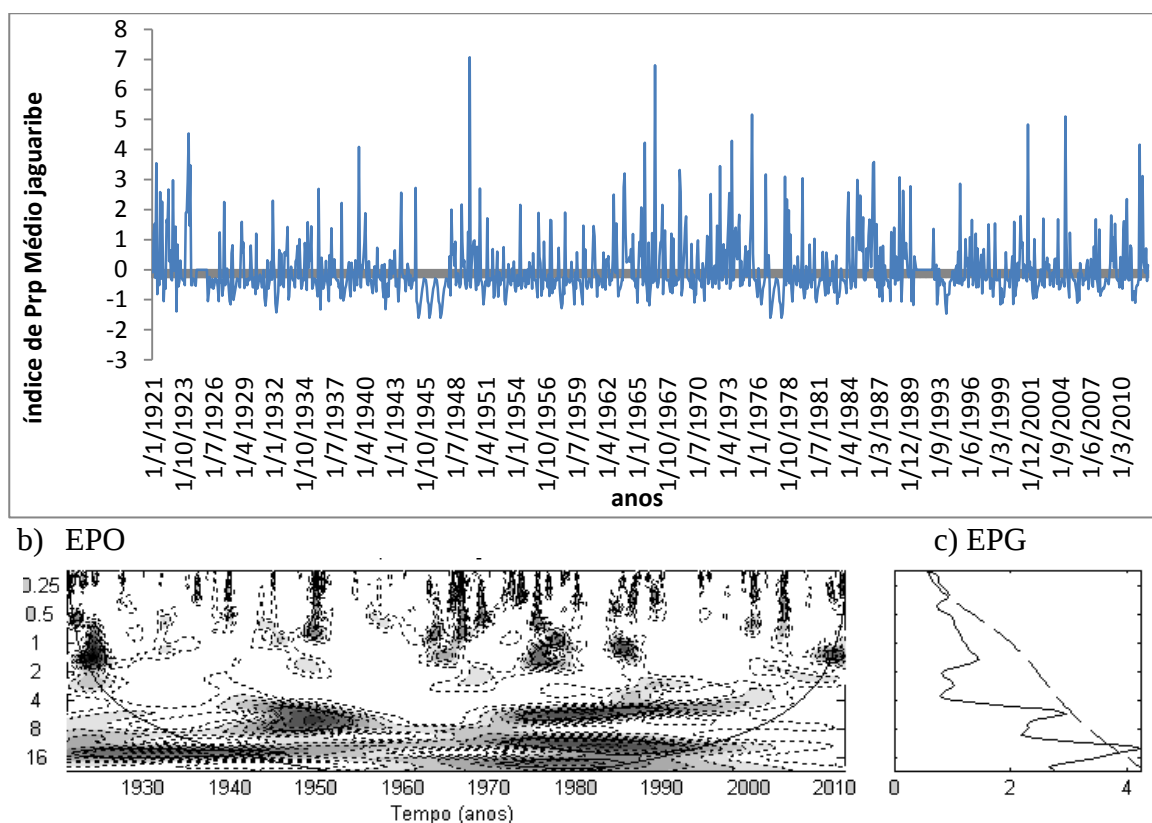


Figura 6: a) Índice precipitação Prp para MJ normalizado pelo desvio padrão para o período de 1921-2011; b) Espectro de potência de ondaleta (EPO) para o índice Prp. Contornos sombreados correspondem a variâncias normalizadas significativas ao nível de 5%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de Potência Global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.

Baixo Jaguaribe

O pico dominante para o BJ, ao longo da série de 1921-2010, é notado pela escala de 11 anos como mostra a Figura 7c. Picos estatisticamente não significativos são notados na escala de 5,5-7 anos e de aproximadamente 2 anos (Figura 7c). O pico significativo da escala de 11 anos resulta de altos valores do Espectro de Potência da Ondaleta (EPO) (Figura 7b), em todo período de estudo, possivelmente ligados à variabilidade decenal. Os picos nas escalas de 2 anos e de 5,5-7 anos estão associados aos sinais do ENOS e são explicados pelos altos valores de EPO de 1960-1980 e de 1982-1988 (Figura 7a e 7b).

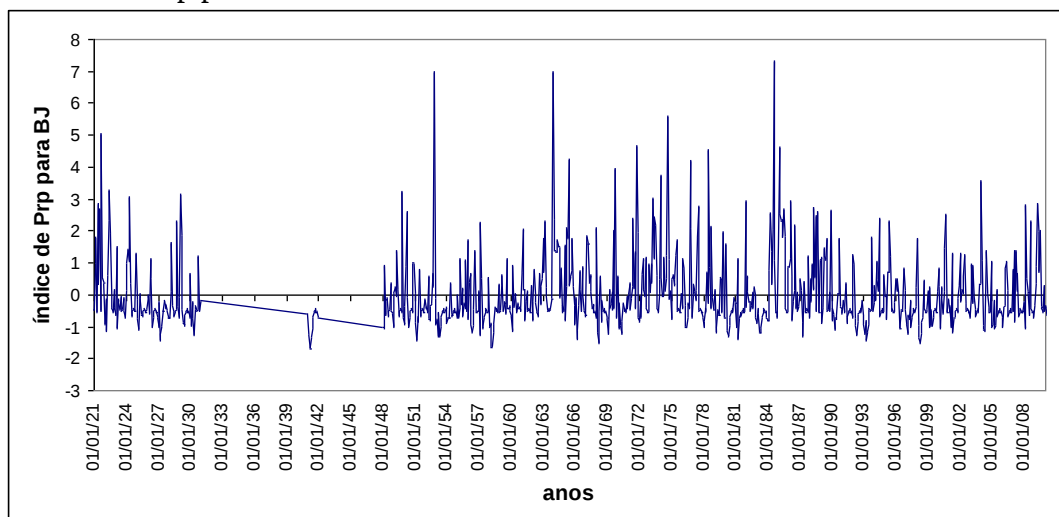
Antes do ano de 1948 ocorreram menos eventos de precipitação acentuadas (precipitações abaixo da média) e depois desse ano, foram maiores e mais frequentes os eventos de anomalias de chuva no BJ.

Com os máximos de precipitação ocorridos nos anos de 1952, 1963, 1965,

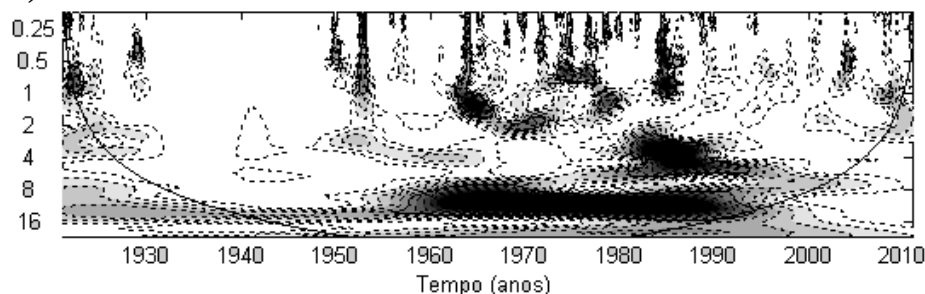
1973, 1978, 1984 e 1987 como pode-se observar na Figura 7a e 7b.

Nos anos de 1952 e 1963, a junção de fenômenos ou mecanismos meteorológicos de escalas distintas (sazonal, interanual entre 1-2 anos, interanual curta, escala de 7 anos relacionada ao ENOS e escalas decadais de 11 e 22 anos, respectivamente) fizeram o índice de precipitação (Prp) aumentar nesses anos, conforme mostra a Figura 7a e 7b. Já, nos eventos de altos índices de Prp 1965, 1973, 1978, 1984 e 1987 a junção dos mesmos fenômenos ou mecanismos meteorológicos também foram observados, sendo que a escala de 5,5-7 anos representada pelo ENOS e a escala decenal manifestaram-se de forma mais intensa que as demais. Para a bacia hidrográfica do BJ constata-se a influência direta da ODP. Os máximos de precipitação ocorrem por conta de fenômenos e escalas meteorológicas distintas.

a) Índice de Prp para BJ



b) EPO



c) EPG

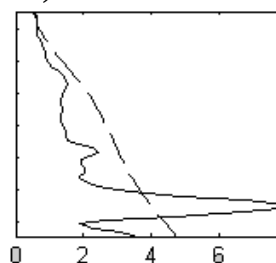


Figura 7: a) Índice precipitação Prp para BJ normalizado pelo desvio padrão para o período de 1921-2011; b) Espectro de potência de ondaleta (EPO) para o índice Prp. Contornos sombreados correspondem a variâncias normalizadas significativas ao nível de 5%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de Potência Global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.

Análise de Tendências- As tendências variaram ao longo da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe (Tabela 2 e Figuras 8 a 10). O médio Jaguaribe apresentou tendência de diminuição de precipitação ao longo da série de 90 anos, ao contrário da foz (Baixo Jaguaribe) e cabeceiras do rio (Alto Jaguaribe). O Baixo Jaguaribe, no litoral,

apresentou maior tendência de aumento nos totais pluviométricos, possivelmente em função da posição geográfica e do efeito de maritimidade, enquanto o efeito de continentalidade e a posição geográfica podem ter influenciado as tendências do Alto Jaguaribe não serem tão fortes como na sub-bacia anterior.

Tabela 2: Teste de Mann Kendall aplicado as sub-bacias do rio Jaguaribe

Dados analisados	Status da tendência (região do Cariri)	Teste T e tendência anual	Tendência nos 90 anos
Baixo Jaguaribe	Aumento com significância estatística	+0,53138 e tendência de +0,712355 por ano	Aumento de 64,11 mm em 90 anos
Médio Jaguaribe	Diminuição sem significância estatística	+0,397678 e tendência de 0,21273 por ano	-

Alto Jaguaribe	Aumento significância estatística	<i>sem</i> +0,212552 tendência +0,413912 por ano	e Aumento de 37,25 mm em de 90 anos
----------------	---	--	--

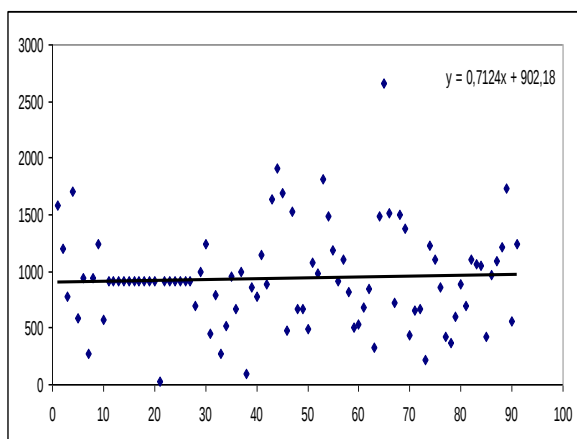


Figura 8: Tendências na precipitação do Baixo Jaguaribe

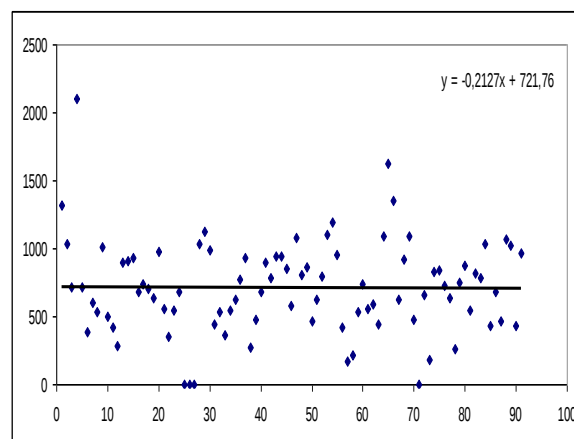


Figura 9: Tendências na precipitação do Médio Jaguaribe

Como há tendência de aumento de precipitação nas cabeceiras do rio, esse fato é positivo para agricultura e setores dos recursos hídricos. No entanto, merece atenção especial a região central, o Médio Jaguaribe, já que nessa parte da bacia há tendência de diminuição das precipitações, mesmo que sem

significância estatística, e visto que o rio, em áreas do município de Jaguaribe, também sofre com efeitos antrópicos sobre os recursos hídricos (assoreamento, poluição, destruição das matas ciliares, etc), degradando-os e pondo em risco a sustentabilidade dos recursos naturais locais.

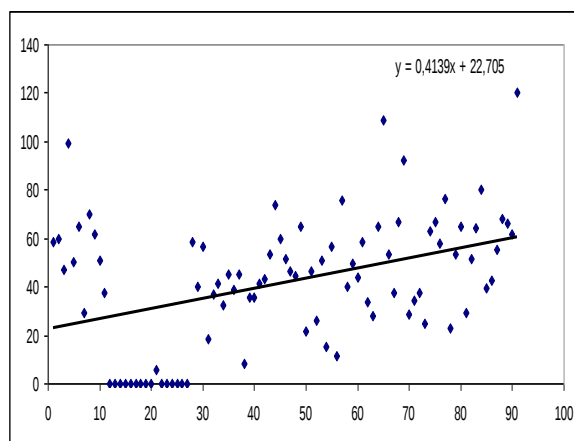


Figura 10: Tendências na precipitação do Alto Jaguaribe

3.1 – Uso e ocupação do solo na Bacia hidrográfica do rio Jaguaribe - Alto Jaguaribe



Figura 11: Área próxima ao município de Arneiroz – CE na sub-bacia do Alto Jaguaribe (Fonte: Google Earth).



Figura 12: Área próxima ao município de Tauá – CE na sub-bacia do Alto Jaguaribe (Fonte: Google Earth).



Figura 13: Vista ampliada na região do município de Tauá - CE na sub-bacia do Alto Jaguaribe (Fonte: Google Earth).

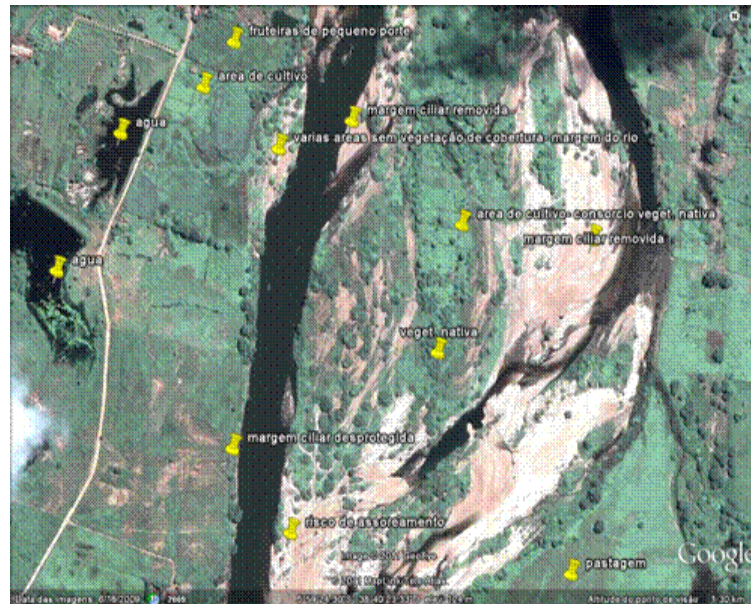


Figura 14: Área próxima ao município de Jaguaribe – CE no Médio Jaguaribe (Fonte: Google Earth).

Nas Figuras 11, 12 e 13 é possível notar a remoção da vegetação ciliar em vários trechos ao longo do rio Jaguaribe o que pode ocasionar o assoreamento e a erosão das margens. A Figura 11 destaca a ocupação urbana na margem do rio o que pode contribuir para a poluição, pois haverá lançamento de esgoto doméstico no rio; pode também ser visualizado manchas no solo retilíneas que indicam áreas recém cultivadas.

Próximo ao município de Jaguaribe pode ser observado áreas de cultivo muito

próximas às margens do rio, além de muita área sem vegetação ciliar, evidenciado na imagem pela grande quantidade de areia nas margens. Em Nova Jaguaribara, destaque para a área queimada que é uma prática muito comum quando se deseja remover a vegetação nativa facilmente e de forma barata, para implantação de culturas ou pastagens, mas que tem consequências degradantes para o solo, fauna e flora do local. Na região adjunta ao município de Orós, destaque para a grande quantidade de áreas de cultivo (espaços

geometricamente delimitados na imagem)

- Médio Jaguaribe

O médio Jaguaribe mostra-se bem degradado e com áreas agrícolas nas margens

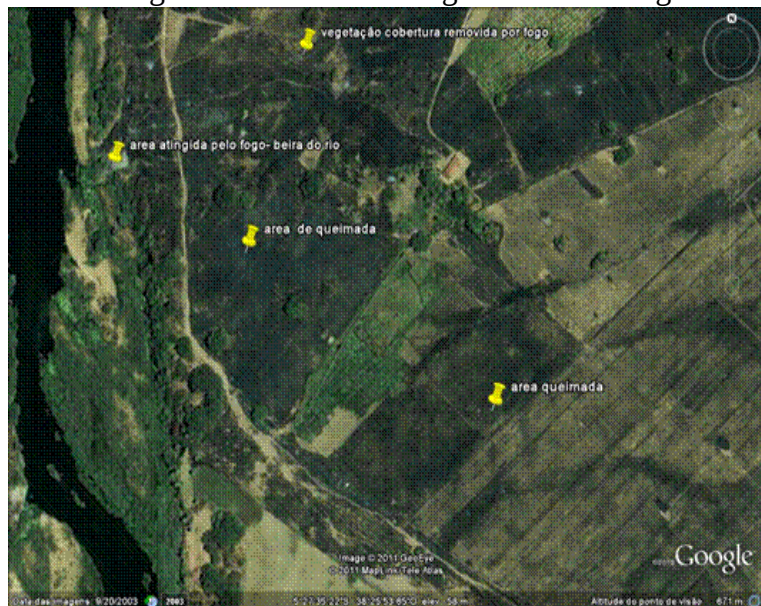


Figura 15: Região próxima ao município de Nova Jaguaribara – CE no Médio Jaguaribe (Fonte: Google Earth).

No município de Aracati há uma considerável remoção da vegetação nativa ciliar. São perceptíveis também áreas agrícolas muito próximas às margens e observa-se facilmente um desvio feito no leito principal do rio para beneficiamento de uma propriedade agrícola. No município de Fortim-CE é possível notar uma ocupação urbana muito próxima às margens; o que geralmente tem como consequência a emissão de dejetos e esgotos domésticos no curso d'água. No município de Itaiçaba mostra uma edificação muito próxima às margens e a completa falta de vegetação nativa ciliar ao seu redor.

Ainda em Itaiçaba a presença de um grande complexo de areia se formou no leito principal do rio, o que evidencia o carregamento de sedimentos vindo da parte mais alta do rio; contribuindo para o

próximas às margens do rio Jaguaribe.

do rio, o que afeta a qualidade de água (Figuras 15 a 17).

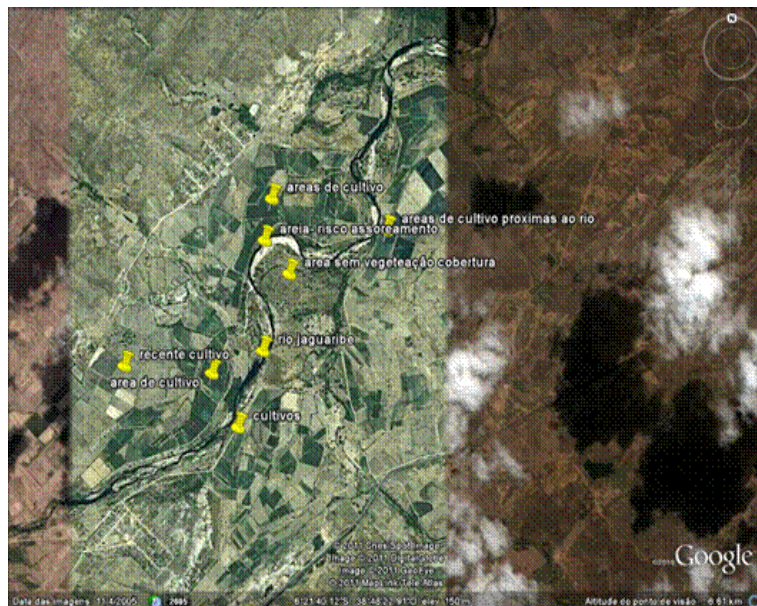


Figura 16: Região próxima ao município de Orós - CE no Médio Jaguaribe (Fonte: Google Earth).

assoreamento do trecho. Uma área de cultivo, muito próxima às margens, aproveita as águas do rio para irrigação. Na margem leste, muitas áreas de cultivo recente e próxima às margens e outra a menos de 20 m em pleno cultivo.

- Baixo Jaguaribe : O Baixo Jaguaribe também apresenta muitas áreas degradadas, áreas de plantio e áreas que não seguem nem o código florestal brasileiro como na Figura 15, o que coloca em dúvida o serviço de fiscalização local.



Figura 17: Área próxima ao município de Aracati – CE no Baixo Jaguaribe (Fonte: Google Earth).

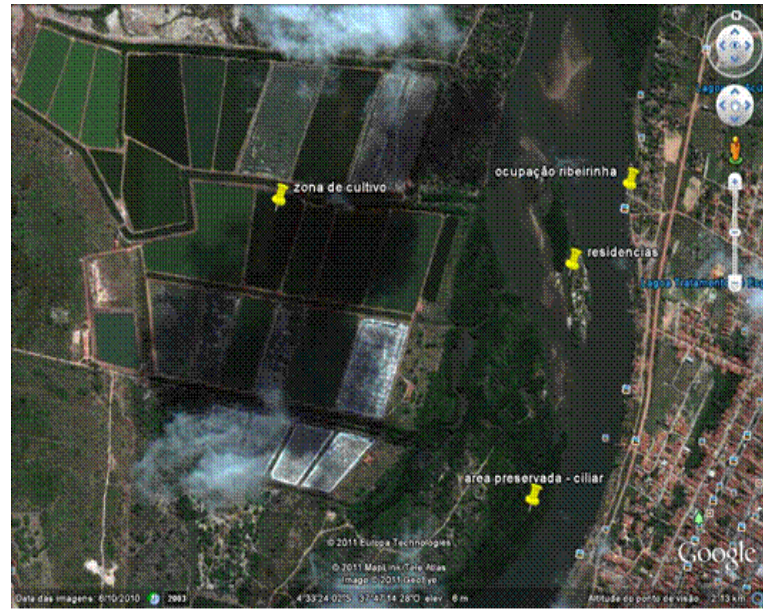


Figura 18: Região adjacente ao município de Aracati – CE no Baixo Jaguaribe (Fonte: Google Earth).



Figura 19: Área do município de Aracati – CE no Baixo Jaguaribe (Fonte: Google Earth).



Figura 20: Município de Aracati – CE no Baixo Jaguaribe (Fonte: Google Earth).

Proposta de manejo

Alto Jaguaribe

Áreas	Uso e ocupação do solo	Impactos ambientais	Proposta de manejo
Área 1: Arneiroz	Ocupação urbana, Rio Jaguaribe, área agrícola.	Retirada da mata ciliar, poluição hídrica, carregamento de sedimentos, descumprimento do código florestal brasileiro, antropização da paisagem.	Projetos de educação ambiental, monitoramento da qualidade de água, revegetação das margens do rio, revegetação de áreas degradadas, fiscalização de órgãos competentes.
Área 2: Tauá	Açude, barragem, área urbana, vegetação nativa, área de plantio	Diminuição do OD da água, eutrofização, degradação do solo e da água, antropização da paisagem.	Projetos de educação ambiental, monitoramento da qualidade de água, retirada das algas do açude, revegetação de áreas degradadas, fiscalização de órgãos competentes.

Médio Jaguaribe

Áreas	Uso e ocupação do solo	Impactos ambientais	Proposta de manejo
Área 1: Jaguaribe	Vegetação nativa, áreas de plantio, áreas desmatadas, pastagem, rio Jaguaribe	Desmatamento, assoreamento, retirada de mata ciliar, antropização da paisagem, alteração da qualidade da água, alteração da vegetação nativa, descumprimento do código florestal brasileiro, degradação do solo e da água.	Projetos de educação ambiental, monitoramento da qualidade de água, revegetação das margens do rio, revegetação de áreas degradadas, fiscalização de órgãos competentes.
Área 2: Nova Jaguaribara	Áreas de plantio, vegetação nativa, rio Jaguaribe	Queimadas, degradação do solo e da água, diminuição da mata ciliar, antropização da paisagem.	Projetos de educação ambiental, monitoramento da qualidade de água, revegetação de áreas degradadas, fiscalização de órgãos competentes, combates às queimadas e recuperação de áreas degradadas.

Área 3: Orós	Vegetação nativa e áreas de plantio	Degradação do solo e da água, diminuição da mata ciliar, antropização da paisagem, diminuição da qualidade de água, retirada da vegetação nativa, carregamento de sedimentos, não cumprimento do código florestal brasileiro.	Projetos de educação ambiental, monitoramento da qualidade de água, revegetação de áreas degradadas, fiscalização de órgãos competentes, revegetação de margens do rio.
-----------------	-------------------------------------	---	---

Baixo Jaguaribe

Áreas	Uso e ocupação do solo	Impactos ambientais	Proposta de manejo
Área 1: Aracati	áreas agrícolas, rio Jaguaribe, área urbana, vegetação nativa, solo descoberto, desvio do rio	Degradação do solo e da água, poluição hídrica, eutrofização, assoreamento, descumprimento do código florestal brasileiro, antropização da paisagem, diminuição da biodiversidade, mudanças no leito do rio.	Projetos de educação ambiental, monitoramento da qualidade de água, revegetação de áreas degradadas, fiscalização de órgãos competentes e dragagem do rio, retirada de algas e matéria orgânica do rio.
Área 2: Arneiroz	Estrada, ocupação urbana, área de plantio, barragem, rio Jaguaribe, vegetação nativa.	Degradação do solo e da água, poluição hídrica, eutrofização principalmente em área da barragem, descumprimento do código florestal brasileiro, antropização da paisagem, diminuição da biodiversidade, mudanças no leito do rio.	Projetos de educação ambiental, monitoramento da qualidade de água, revegetação de áreas degradadas, fiscalização de órgãos competentes e dragagem do rio, retirada de algas e matéria orgânica do rio, revegetação e recuperação das margens do rio.
Área 3: Fortim	Área agrícola, área urbana, área degradada, rio Jaguaribe, vegetação nativa.	Degradação do solo e da água, diminuição da mata ciliar, antropização da paisagem, diminuição da qualidade de água por despejos de esgotos residenciais, retirada da vegetação nativa, carregamento de sedimentos e assoreamento, não cumprimento do código florestal brasileiro,	Projetos de educação ambiental, monitoramento da qualidade de água, revegetação de áreas degradadas e das margens do rio com mata ciliar, fiscalização de órgãos competentes e dragagem do rio, retirada de algas e matéria orgânica do rio.

		antropização em APA e APP.	
--	--	----------------------------	--

Qualidade de água

- Alto Jaguaribe

O município de Iguatu, entre 2003 e 2007, apresentou menor qualidade de água, tendo como indicativo os menores valores de OD e temperatura. Águas poluídas podem apresentar uma “camada” de impurezas na superfície, fazendo com que a radiação solar tenha dificuldade em penetrar na camada de

água e assim fique com uma menor temperatura. Já Arneiroz, neste período, teve maior condutividade elétrica, que pode estar associado a lançamento de esgotos, o que ocasionou aumento brusco de temperatura e posterior diminuição, como em 2007, com menor OD e temperatura, sugerindo poluição hídrica.

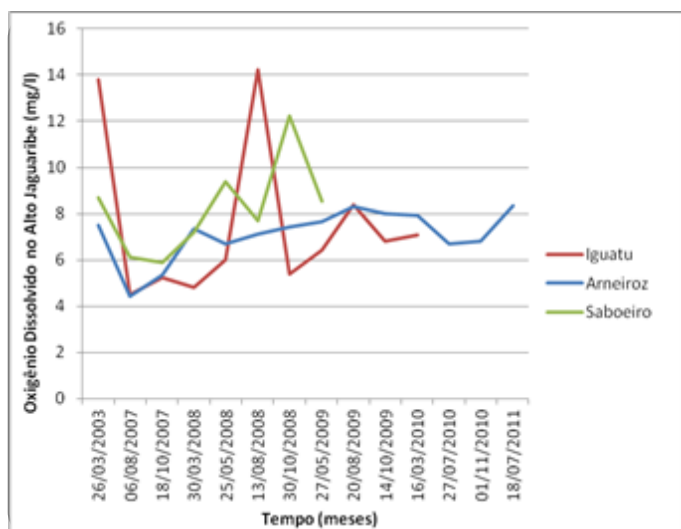


Figura 21: Oxigênio Dissolvido no Alto Jaguaribe.

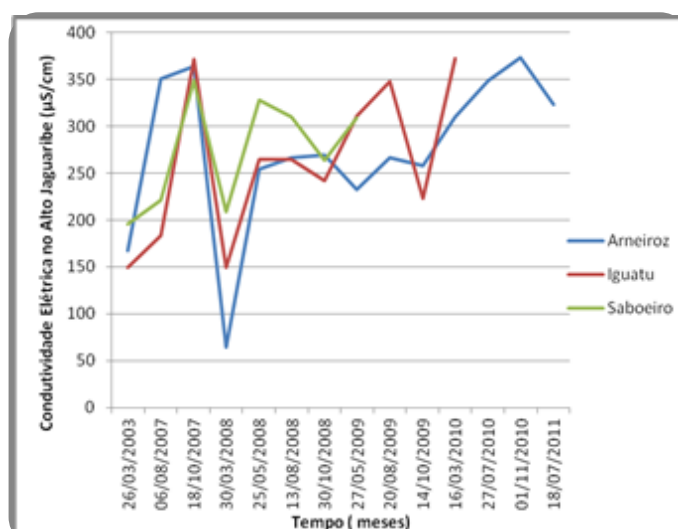


Figura 22: Condutividade Elétrica no Alto Jaguaribe.

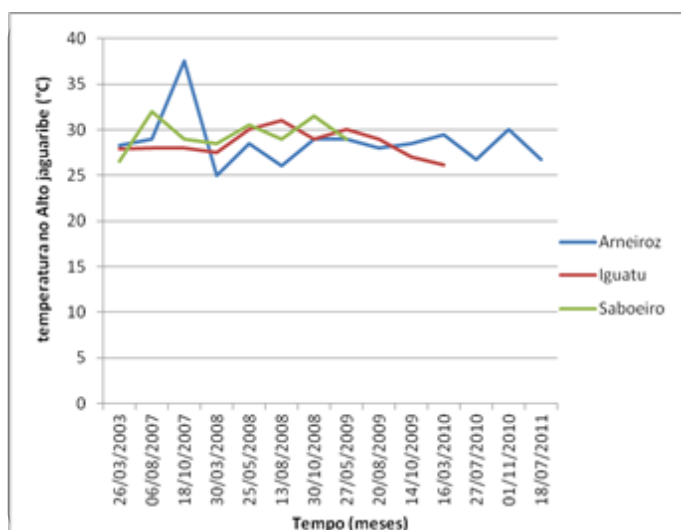


Figura 23: Temperatura no Alto Jaguaribe.

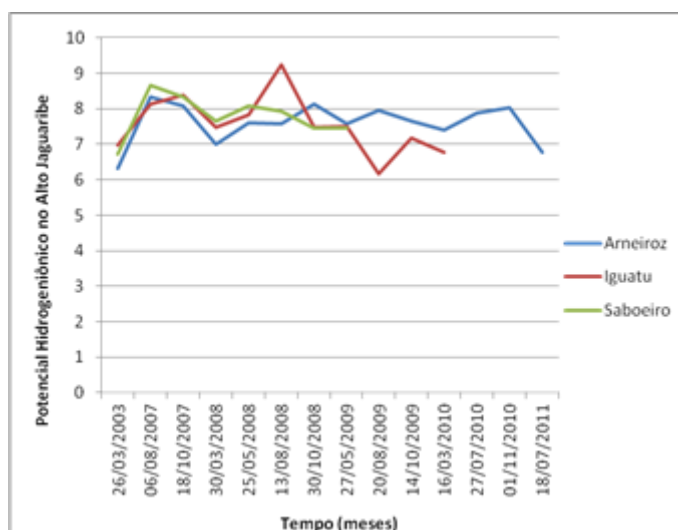


Figura 24: Potencial Hidrogeniônico no Alto Jaguaribe

- Médio Jaguaribe :

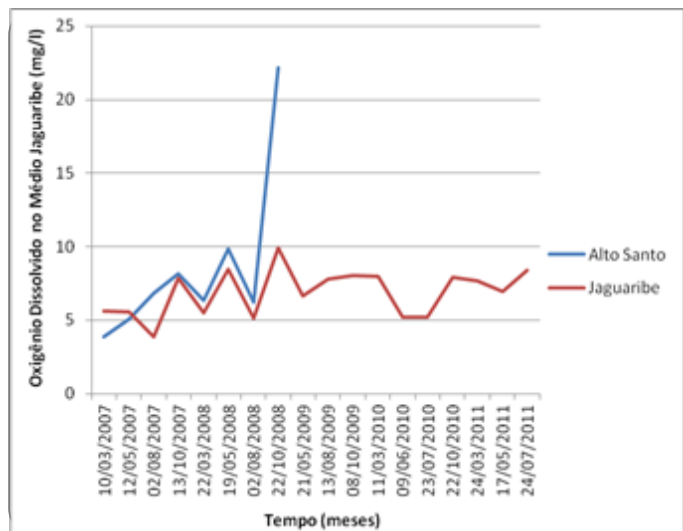


Figura 25: Oxigênio Dissolvido no Médio Jaguaribe

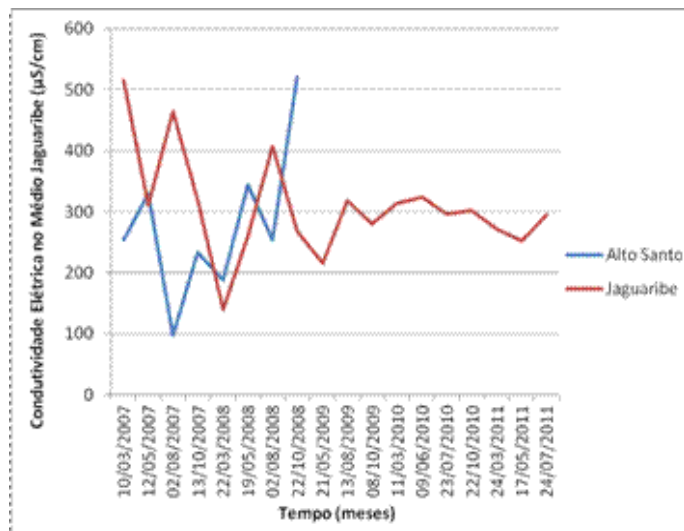


Figura 26: Condutividade Elétrica no Médio Jaguaribe

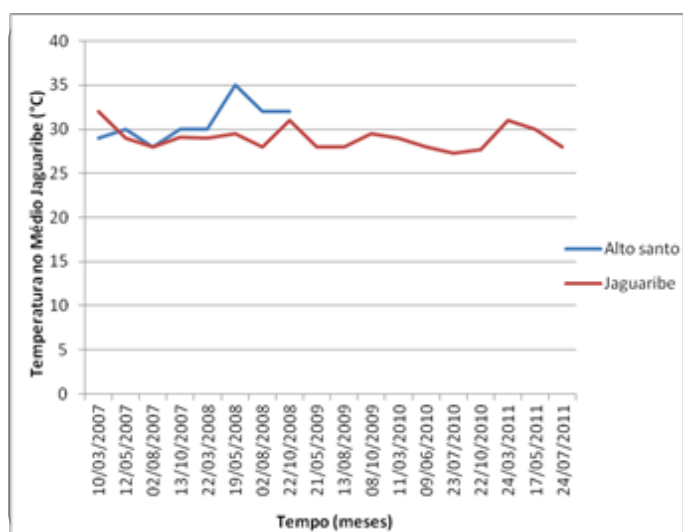


Figura 27: Temperatura no Médio Jaguaribe

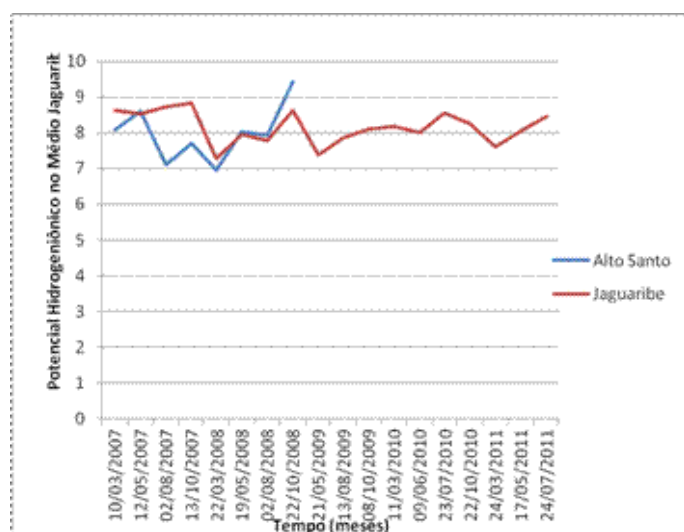


Figura 28: Potencial Hidrogeniônico no Médio Jaguaribe

Como Jaguaribe apresentou menor OD, maior condutividade elétrica, menor temperatura e maior pH, a indica como mais

poluída no Médio Jaguaribe, concomitando com as imagens de uso do solo.

- Baixo Jaguaribe

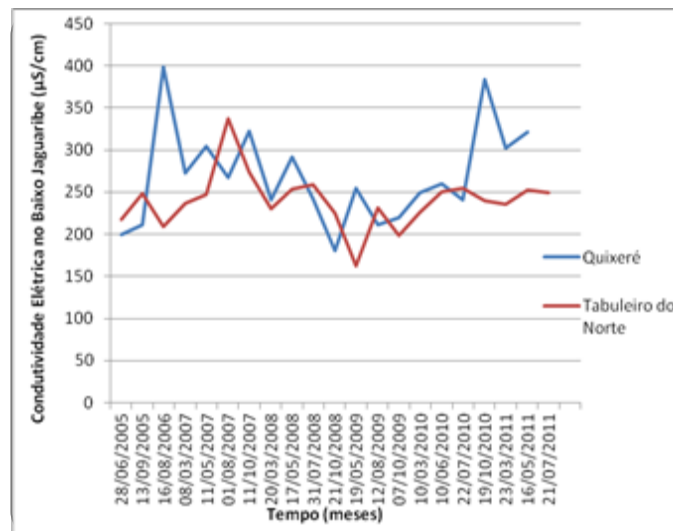
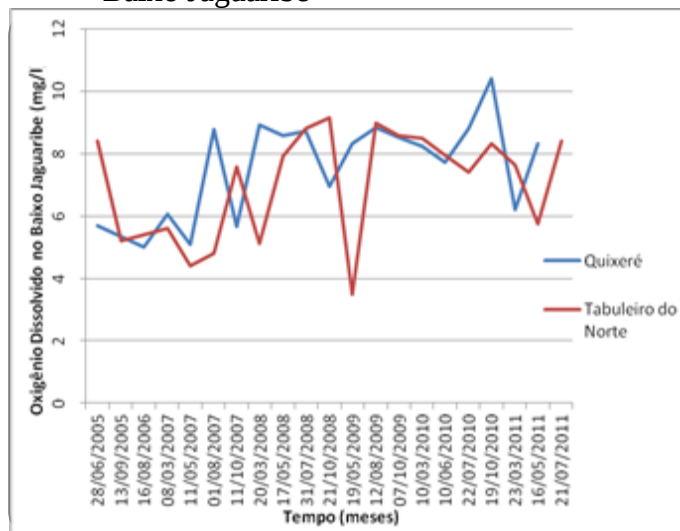


Figura 29: Oxigênio Dissolvido no Baixo Jaguaribe

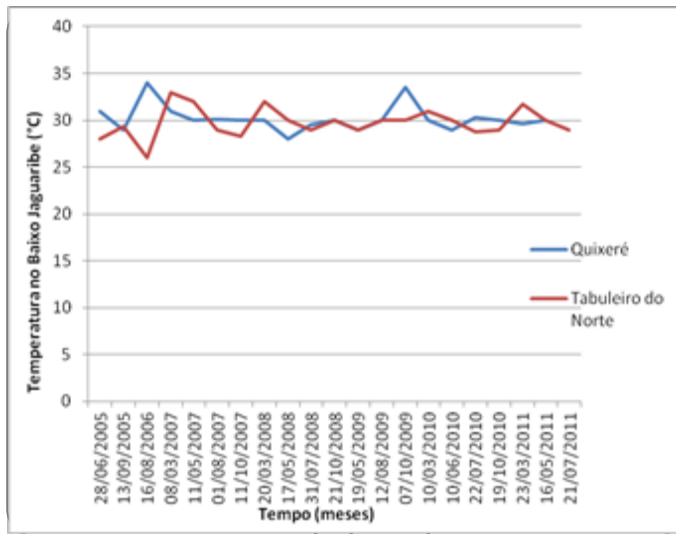


Figura 30: Condutividade elétrica no Baixo Jaguaribe

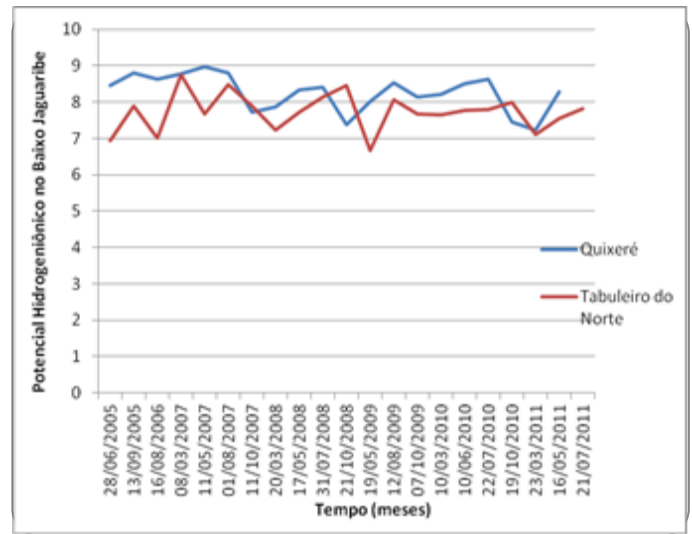


Figura 31: Temperatura no Baixo Jaguaribe

Já no BJ, os municípios de Quixeré e Tabuleiro do Norte apresentaram valores próximos e os mesmos são explicados pela

Figura 32: Potencial Hidrzeniônico no Baixo Jaguaribe

proximidade do mar, o qual lança água para o rio, promovendo fluxo e refluxo e revolvimento da água.

Distribuição espacial de parâmetros de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe

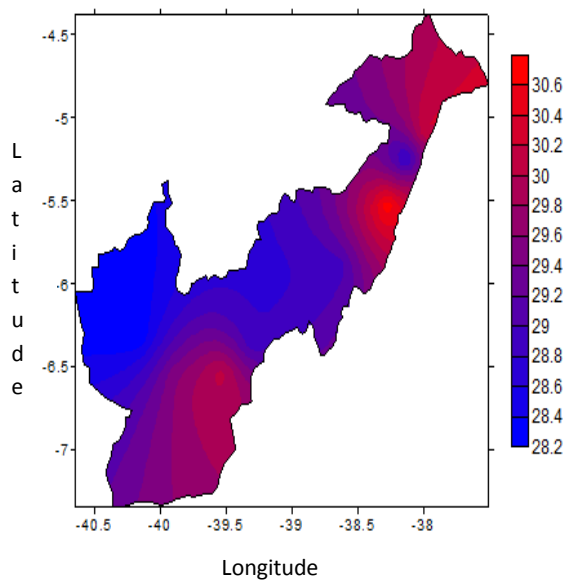


Figura 33 Temperatura da amostra (°C)

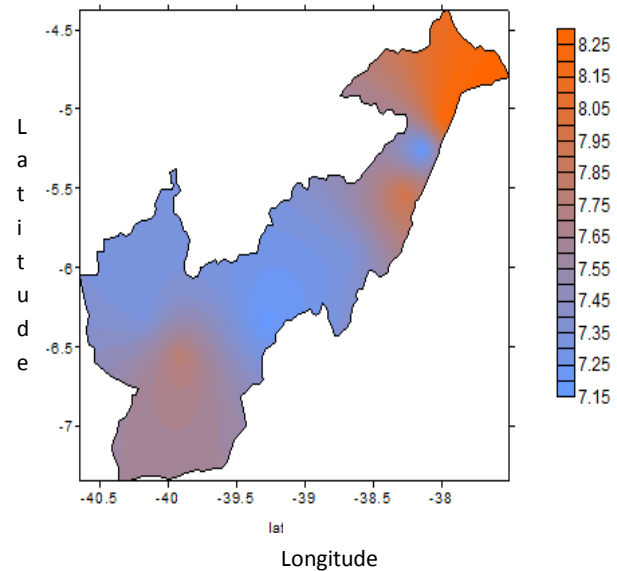
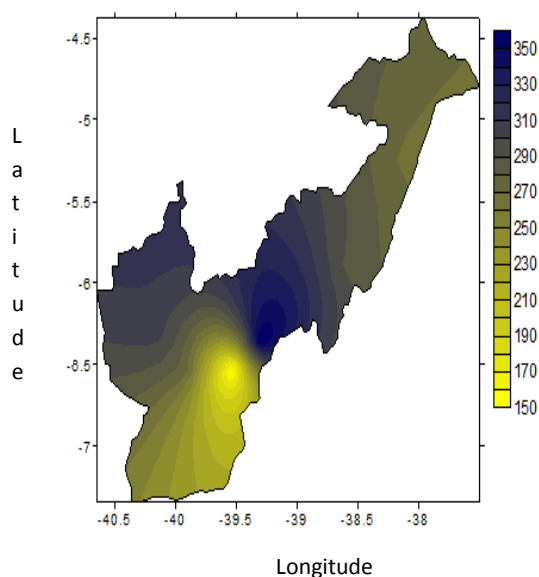
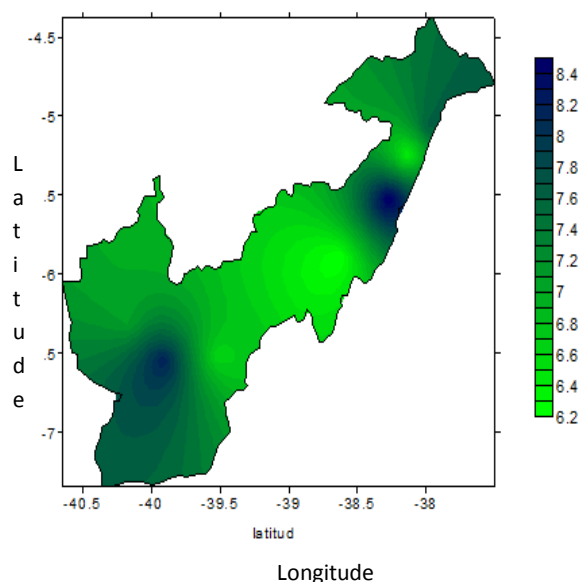


Figura 34: pH

**Figura 35:** Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Percebe-se que nas cabeceiras do rio Jaguaribe, a temperatura média é de 30°C indicando que a água não apresenta camada de poluição na superfície e que a densidade da água é menor, possibilitando a mistura da água na coluna. O pH básico indica que os solos percorridos pelo rio não apresentam-se excessivamente degradados por atividade agrícola. A condutividade elétrica é baixa, sugerindo menor lançamento de esgotos. Por fim, o OD fica em torno de 7,6 a 8,4, valores que estão acima das normas do CONAMA, ou seja, águas não poluídas.

Baixas temperaturas, mais baixo pH, alta condutividade elétrica que pode estar associado à lançamento de esgotos e OD de 6,2, indica que o oeste do Alto Jaguaribe tem menor qualidade de água da sub-bacia. Na região central do Médio Jaguaribe também observa-se menor qualidade de água, o que se

**Figura 36:** OD (mg/l)

agrava com a degradação observada no município de Jaguaribe, mostrado em uso do solo e proposta de manejo.

Já no fim do Médio Jaguaribe e início do Baixo Jaguaribe, no trecho reto, entre as latitudes de -5,5 e -5, apresenta-se um “Dipólo” de valores. Ao sul desta área, vê-se alta temperatura e OD máximo, indicando águas de melhor qualidade. Ao norte desta área, baixos valores de temperatura e baixo valor de OD são encontrados, sugerindo menor qualidade de água. Um trecho que necessita de ações de combate à poluição e identificação das fontes poluidoras.

A foz do rio Jaguaribe não é a área que apresenta a melhor qualidade de água da bacia, também não sendo a mais poluída, mas necessita também de ações mitigadoras e preventivas.

Conclusões

Climatológica:

Com a análise dos IACs das três sub-bacias, detectou-se que a predominância de anos secos ocorre em toda a bacia do rio Jaguaribe, além do fato de encontrarem-se na região semi-árida. O ano de 1964 pode ser considerado como um ponto de “inversão” no comportamento climático da bacia hidrográfica. Antes de 1964, o IAC identificou anos secos mais severos

(anomalias negativas mais intensas) e já depois de 1964, pode-se observar IAC mais intensos e positivos (anos mais úmidos).

Diante deste quadro é de extrema importância o monitoramento e estudo climático e de seus impactos na bacia hidrográfica, o que auxiliará na gestão dos recursos hídricos utilizados e necessários em várias atividades econômicas e sociais.

Verificou-se para a bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, através da análise de

ondeletas, que principalmente a variabilidade sazonal, interanual ligada ao ciclo de ENOS e a variabilidade decadal influenciaram na variabilidade pluviométrica de toda a bacia hidrográfica. Esses resultados estavam de acordo com os observados por Andreoli et al. (2004), Markham (1974), Chu (1984) e Hastenrath e Kaczmarczyk (1981), todos para Fortaleza, também no Ceará e região Nordeste do Brasil.

Verificou-se também que a ODP influenciou temporal e espacialmente na distribuição de chuvas em toda área de estudo, pois a escala decadal esteve presente nas três sub-bacias do rio Jaguaribe. Assim, pode-se concluir que a associação de fenômenos meteorológicos e climáticos distintos (os quais são descritos nas análises de ondeletas) com escalas temporais de ocorrência distintas são responsáveis pela variabilidade pluviométrica na principal bacia hidrográfica do Estado do Ceará.

Com auxílio do monitoramento climático, pode-se otimizar o uso múltiplo dos recursos hídricos, seja no setor agrícola, pesqueiro, social e energético.

As tendências variaram ao longo da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe. O Baixo Jaguaribe, no litoral, apresentou maior tendência de aumento nos totais pluviométricos, possivelmente em função da posição geográfica e do efeito de maritimidade, enquanto o efeito de continentalidade e a posição geográfica podem ter influenciado as tendências do Alto Jaguaribe não serem tão fortes como na sub-bacia anterior.

Como há tendência de aumento de precipitação nas cabeceiras do rio, esse fato é positivo para agricultura e setores dos recursos hídricos. No entanto, merece atenção especial a região central, o Médio Jaguaribe, já que nessa parte da bacia há tendência de diminuição das precipitações, mesmo que sem significância estatística, e visto que o rio, nas áreas do município de Jaguaribe, também sofrem com efeitos antrópicos sobre os recursos hídricos, degradando-os e pondo em risco a sustentabilidade dos recursos naturais locais.

- Ambiental:

No Alto Jaguaribe é possível notar a remoção da vegetação ciliar em vários trechos ao longo do rio Jaguaribe o que pode ocasionar o assoreamento e a erosão das margens. O Médio Jaguaribe mostra-se bem degradado e com áreas agrícolas nas margens do rio, o que afeta a qualidade de água. O Baixo Jaguaribe também apresenta muitas áreas degradadas, áreas de plantio e áreas que não seguem nem o código florestal brasileiro, o que coloca em dúvida o serviço de fiscalização local.

Foram sugeridas proposta de manejo para as 3 sub-bacias. Os principais impactos ambientais e ações degradantes encontradas em toda a bacia foram: Degradação do solo e da água, Poluição hídrica, Eutrofização, Assoreamento, descumprimento do código florestal brasileiro, Antropização da paisagem, Diminuição da biodiversidade, Mudanças no leito do rio. Para todas foram sugeridas ações mitigadoras dos impactos.

Percebeu-se que nas cabeceiras do rio Jaguaribe, a temperatura média é de 30 °C indicando que a água não apresenta camada de poluição na superfície e que a densidade da água é menor, possibilitando a mistura da água na coluna. O pH básico indica que os solos percorridos pelo rio não apresentam-se excessivamente degradados por atividade agrícola. A condutividade elétrica é baixa, sugerindo menor lançamento de esgotos. Por fim, o OD fica em torno de 7,6 a 8,4, valores que estão acima das normas do CONAMA, ou seja, águas não poluídas. Baixas temperaturas, mais baixo pH, alta condutividade elétrica que pode estar associado à lançamento de esgotos e OD de 6,2, indica que o oeste do Alto Jaguaribe tem menor qualidade de água da sub-bacia. Na região central do Médio Jaguaribe também observa-se menor qualidade de água, o que se agrava com a degradação observada no município de Jaguaribe, mostrado em uso do solo e proposta de manejo. Já no fim do Médio Jaguaribe e início do Baixo Jaguaribe, no trecho reto, entre as latitudes de -5,5 e -5, apresenta-se um “Dipólo” de valores. Ao sul desta área, vê-se alta temperatura e OD máximo, indicando águas de melhor qualidade. Ao norte desta área, baixos valores

de temperatura e baixo valor de OD são encontrados, sugerindo menor qualidade de água. Um trecho que necessita de ações de combate à poluição e identificação das fontes poluidoras.

A foz do rio Jaguaribe não é a área que apresenta a melhor qualidade de água da bacia, também não sendo a mais poluída, mas necessita também de ações mitigadoras e preventivas.

Referências

- Abreu Sá, L.D.; Sambatti, S.B.M.; Galvão, G.P. 1998. Ondeleta de Morlet aplicada ao estudo da variabilidade do Nível do rio Paraguai em Ladário, MS; Número Especial, p.1775-1785, Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, vol.33, out.
- Aceituno, P. 1988. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part 1: surface climate, Mon. Wea. Rev., v.116, p.505-524.
- Alley, W. M. 1984. The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions, Journal of Climate and Applied Meteorology, v.23, p. 1100-1109.
- Alley, W. M. 1985. The Palmer Drought Severity Index as a Measure of Hydrologic Drought, Water Resources Bulletin, v.21 (1), 105-114.
- Andreoli, R.V.; Kayano, M.T. 2004. Multi-scale variability of the sea surface temperature in the Tropical Atlantic, Journal of Geophysical Research, 109, C05009.
- Andreoli, R. V.; Kayano, M. T.; Guedes, R. L.; Oyama, M. D.; Alves, M. A. S. A. 2004. A influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza, Revista Brasileira de Meteorologia, v.19, n.3, p.337-344.
- Andreoli, R. V.; Kayano, M. T. 2005. ENSO-Related Anomalies in South America and Associated Circulation Features During Warm and Cold Pacific Decadal Oscillation Regimes. Inter. J. Climatol., v.25, 2017-2030.
- Araújo, L. M. N.; Morais, A.; Boas, M. D. V.; Pereira, V.S.A; Sales, A. N.; Araújo, F. A. 2007. Estudo dos principais parâmetros indicadores da qualidade da água na bacia do rio paraíba do Sul. Disponível em: < www.redevale.ita.br/simposio_rh/Artigo_modelo.pdf. Acesso em: 15/02/12
- Back, A. J. 2001. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. Pesq. agropec. Bras., Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, maio.
- Blain, G. C. 2010. Séries anuais de temperatura máxima média do ar no estado de São Paulo: Variações e tendências climáticas. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, n.1, 114 – 124.
- Barbosa, E.B.M.; Rosa, M.M.; Vijaykumar, N.L.; Bolzan, M.J.A.; Tomasella, J. 2004. Caracterização por Ondeletas de Processos Físicos Não-Lineares na Micro-bacia Amazônica, INPE, São José dos Campos.
- CEARÁ. 2008. Assembléia Legislativa do Estado do Ceará / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembléia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). – Fortaleza: INESP, 174p. : il. – (Coleção Pacto das Águas)
- CONAMA – Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Resolução nº 357, 17 de março de 2005.
- CPRM. Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2003. CD-ROM
- Da Silva, D. F. 2009. Análise de aspectos climatológicos, ambientais, agroecômicos e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE). Tese de Doutorado em Recursos Naturais, 174p., UFCG(PB), março.

Da Silva, D. F.; Sousa, F. A. S.; Kayano, M. T. 2010. Escalas temporais da variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Mundaú, Revista Brasileira de Meteorologia.

Diário Do Nordeste- caderno regional. Degradação ambiental no Rio Jaguaribe – Inventário Ambiental de Fortaleza, 2009. Disponível em: <
<http://inventarioambientalfortaleza.blogspot.com/2009/08/degradacao-ambiental-no-rio-jaguaribe.html>. Acesso em: 10/02/2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Contexto geoambiental das bacias hidrográficas dos rios Acaraú, Curu e baixo Jaguaribe – Estado do Ceará, 2005.

Farge, M.: 1992. Wavelet transforms and their applications to turbulence. *Ann.Rev.Fluid Mech.*, 24, 395-457.

Fiorucci, A. R.; Benedetti Filho, E. 2005. Importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. *Química nova na escola*, nº 22, Química e Sociedade.

Freitas, M. A. S. 2004. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, 2004, Puerto Iguazú. Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses. Puerto Iguazú: CACIER, v.1.p.1-1.

Freitas, M. A. S. 2005. Um sistema de suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. *Revista Tecnologia, Fortaleza*, v. Suplem, 84-95.

Gatto, L. C.S. 1999. (Supervisor) et al.. Diagnóstico Ambiental da Bacia do rio Jaguaribe - Diretrizes Gerais Para A Ordenação Territorial, Salvador.

Gonçalves, W. A.; Correia, M. F.; Araújo, L. E.; Da Silva, D. F.; Araújo, H. A. 2006. Vulnerabilidade Climática do Nordeste Brasileiro: Uma análise de eventos extremos na Zona Semi-árida da bacia hidrográfica do

São Francisco, XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Anais, Florianópolis.

GORAYEB, A., SILVA, E. V, MEIRELES, A. J. A. Impactos Ambientais e proposta de manejo sustentável para planície flúvio – marinha do rio Pacoti, FORTALEZA/CEARÁ. *Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia –MG*, 17 (33): 143-152, Dez. 2005.

Governo Do Estado Do Ceará, 2005. Secretaria de desenvolvimento local e regional. Baixo Jaguaribe plano de desenvolvimento regional.

Gu, D.; Philander, G.H. 1995. Secular changes of annual and interannual variability in the Tropics during the past century. *Journal of Climate*, 8, 864-876.

Guerra, M. D. F.; Souza, M. J. N.; Lustosa, J. P. G. 2010. Desertificação em áreas semiáridas do nordeste brasileiro: o caso do município de Jaguaribe, Ceará. *Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA*, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, Set.

Guttman, N. B. 1991. A Sensitivity Analysis of the Palmer Hydrologic Drought Index, *Water Resources Bulletin*, v.27, n.5, 797-807.

Hamed, K. H.; Rao, A.R 1998. A modified Mann-Kendall trend test for auto correlated data. *Journal of Hydrology*, 204:182-196.

Hastenrath, S., Kaczmarczyk, E. B. 1981. On spectra and coherence of tropical climate anomalies, *Tellus*, v.33, n.5, p.453-462.

Havens, A.V. 1969. Economic Impact of Drought on Water Systems in Passaic River Basin, *Journal New Brunswick, New Jersey Agricultural Experiment Station*.

INESP -2009. Instituto Nacional de Ensino Superior e Pesquisa. Assembleia legislativa do estado do Ceará – Conselho de altos estudos e assuntos estratégicos. Caderno regional da sub bacia do Baixo Jaguaribe, v 7, Fortaleza –Ce.

- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Working Group I. Third Assessment Report. Summary for Policymakers. WMO. 17 pp. http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. IPCC Plenary XXVII, Valencia, Spain 73p.
- Kane, R. P.; Trivedi, N. B. 1988. Spectral characteristics of the annual rainfall series for northeast Brazil, *Climate Change*, v.13, p.317-336.
- Kane, R. P. 1992. El Niño and La Niña events and rainfall in NE and South Brazil, *Revista Brasileira de Geofísica*, v.10, n.2, p.49-59.
- Kane, R. P. 1997. Prediction of droughts in North-east Brazil: Role of ENSO and use of periodicities, *Internacional Journal of Climatology*, v.17, p.655-665.
- Kayano, M. T; Andreoli R.V. Relationships between rainfall anomalies over northeastern Brazil and the El Niño- Southern Oscillation. *Journal of Geophysical Research*, v.111, D13102, doi:10.1029/2005JD006142, 2006.
- Kendall, M. G. 1975. Rank correlation measures. Charles Griffin: London, U.K, p.220.
- Kousky, V. E.; Chu, P.S.; 1978. Fluctuations in annual rainfall for northeast Brazil, *J. Meteor. Soc. Japan*, v.56, p.457-466.
- Mann, H. B. 1945. *Econometrica*. The econometric society, v.13, n.3, p.245-259.
- Marengo J.A.; Camargo, C.G. 2008. Surface air temperature trends in southern Brazil for 1960-2002. *Inter. Journal of Climatology*, v. 28: 893-904.
- Mauget, S.U.M. 2005. Índice Padronizado de Precipitação (SPI); C. Springer Science, V.1, p.90.
- Mehta, V.; Delworth, T. 1995. Decadal variability of the Tropical Atlantic ocean surface temperature in shipboard measurements and in a global ocean-atmosphere model, *Journal of Climate*, v.8, n.3, p. 172-190.
- Morettin, P. A. 1999. Ondas e Ondaletas: Da análise de Fourier à Análise de Ondaletas, EDUSP.
- Moura, A.D.; Shukla J. 1981. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.38, p.2653-2675.
- Lima, P. V. P. S.; Queiroz, F. D. S.; Mayorga, M. I. O.; Cabral, N. R. A. J. 2008. A propensão à degradação ambiental na mesorregião de Jaguaribe no estado do ceará- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará.
- Merten, G. H.; Minella, J. P. 2002. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, v.3, n.4.
- Nascimento, S. C. O.; Araújo, R. C. P. 2008. Avaliação da sustentabilidade do projeto de piscicultura Curupati - Peixe no açude Castanhão, Jaguaribara- Ce. *Anais do XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER, PRODEMA/UFC - Fortaleza-ce*,
- Oliveira Filho, J. E. 2004. Gestão ambiental e sustentabilidade: um novo paradigma eco-econômico para as organizações modernas. *Domus on line - Ver. Teor. Pol., soc., Cidad. Salvador*, v. 1, n. 1, p. 92-113. jan./jun..
- Paula, D. P.; Moraes, J. O.; Pinheiro, L. S. 2006. Análise geoambiental do estuário do rio jaguaribe-ce: tensores naturais e antrópicos. Universidade Estadual do Ceará – UECE. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia – Goiânia – Go.

- Repelli, C. A.; Ferreira, N. S.; Alves, J. M. B.; Nobre, C. A. 1998. Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará. In: X Congresso Brasileiro De Meteorologia E VII Congresso Da FLISMET, 1998, Brasília DF. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VII Congresso da FLISMET.
- Robock, A.; Mao, J. 1995. The volcanic signal in surface temperature observations. *Journal of Climate*, Boston, v.8, n.5, p.1086-1103.
- Robock, A.; Free, M.P. 1995. Ice cores as an index of global volcanism from 1850 to the present. *Journal of Geophysical Research: series D*, Washington, DC, v.100, n.6, p.11549-11568, june.
- Rooy, M. P. 1965. A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space, Notes, 14, 43.
- Rusticucci, M.; Barrucand, M. 2004. Observed trends and changes in temperature extremes over Argentina. *J. Climate* 17:4099-4107.
- Sansigolo, C. A.; Kayano, M. T. 2010. Tendências nas temperaturas máximas e mínimas e nas precipitações sazonais do Rio Grande do Sul (1913-2006). Anais. Congresso Brasileiro de Meteorologia.
- Santos, D. N. 2008. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. 2008. 84f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande – PB.
- Schneider M., Vitorino, I., Silva Dias, P.L. 2005. Monitoramento da Intrasazonalidade por meio da Transformada em Ondas, Simpósio Internacional de Climatologia, Anais..., Fortaleza.
- Servain, J. 1991. Simple climate índice for the tropical Atlantic ocean and some applications. *Journal of Geophysical Research*, v.96, n.8, p.15137-15146.
- Sperber, K. R.; Hameed, S. 1993. Phase Locking of Nordeste precipitation with sea surface temperatures, *Geophysical Resource Letter*, v.20, n.2, p.113-116.
- Silva, R. A.; Silva, V. P. R.; Cavalcanti, E. P.; Santos, D. N. 2010. Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n.5, p. 501-509.
- Steila, D. 1971. Drought Analysis in Four Southern States by a New Index, PhD Diss., Athens, Ga., The University of Georgia.
- Sneyers, R. 1975. Sur l'analyse statistique des series d'observations. Genève: Organisation Météorologique Mondiale, 192 pp, OMM Note Technique, 143.
- Taddei, R.; Broad, K.; Pfaff, A. 2007. O Contexto Sóciopolítico das Reformas na Gestão de Água no Ceará. Columbia University, University of Miami, Duke University.
- Torrence, C.; Compo, G. P.: 1998. A partical guide to wavelet analysis. *Bullettin of the American Meteorological Society*, v.79, p.61-78.
- Torrence, C.; Webster, P.J. 1999.: Interdecadal changes in the ENSO-monsoon system. *J.Climate*, 12, 2679-2690.
- Trigo, R. M. ; Galvão, C. O. ; Trigo, I. F. 1999. Aplicação de Wavelets ao estudo da variabilidade de caudais diários: uma comparação entre algumas bacias portuguesas e brasileiras. In: IV Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 1999, Coimbra. APRH, p. 1-15.
- Tucci, C.E.M; Braga, B. 2003. Clima e Recursos Hídricos no Brasil, Coleção ABRH, p. 348.
- Tucci, C. E. M. 2004. (Organizador). Hidrologia: Ciência e aplicação, 3º edição, Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH.
- Von Storch, V.H. 1995. Misuses of statistical analysis in climate research. In HV von

Storch and A Navarra (eds), Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques, Springer-Verlag, Berlin.

Weng, H.; Lau, K. M. 1994. Wavelets, period doubling, and time-frequency localization with application to organization of convection over the Tropical Western Pacific. Journal of the Atmospheric Sciences, v.51, n. 17, p. 2523-2541.

Vieira, M. R. 2010. Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido, 2010. Disponível em: <www.agsolve.com.br/.../Parametros%20da%20Qualidade%20da%20Agua. Pdf. Acesso em: 10/02/12.

Vincent, L. A., et al. 2005. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America. J Climate 18: 5011-5023.

Vitorino, M.I. 2003. Análise das Oscilações Intrazonais sobre a América do Sul e Oceanos Adjacentes Utilizando a Análise de Ondas, Tese de Doutorado em Meteorologia, INPE, São José dos Campos.

Zhang, Y.; Wallace, J. M.; Battisti, D. 1997. ENSO-like interdecadal variability: 1900-93, Journal of Climate, v.10, p.1004-1020.

Yevjevich, V. 1972. Probability and statistics in hydrology. Fort Collins: Water Resources Publication, 276 p.