

Dinâmicas espaciais dos corpos hídricos no semiárido paraibano: o caso da Sub-bacia do rio Taperoá

Erbeth Yuri dos Santos Nascimento¹

Júlia Diniz de Oliveira²

Janaína Barbosa da Silva³

^{1,2,3} Universidade Federal de Campina Grande- UFCG
Caixa Postal 58429 900–Campina Grande - PB, Brasil
{erbeth_yuri, julia.diniz}@hotmail.com Janaina.barbosa@ufcg.edu.br

Abstract: Water is essential to life and source all living things depend on it. Yet, however great its importance, the human being continues to pollute the seas, rivers, springs continuously over the centuries. In northeastern Brazil, especially in the semiarid region spatial and temporal irregularity of rainfall, besides the formation of its soils and potential evapotranspiration of the region make drinking water scarce. This potentiated by the action of weather phenomena El Niño and La Niña. The sub-basin Taperoá (Paraíba) was the object of this research through the use of Remote Sensing (RS) and GIS. The spatio-temporal dynamics of bodies of water according to the active weather phenomenon (1984, 1998, 2005, 2008 and 2014) were analyzed. The methodological procedures were: Image processing, preparation of maps and shapes, and analyze the results of a questionnaire. Weather phenomena El Niño and La Niña have a strong influence on the spatial dynamics of the reservoirs in the Sub-basin maps when parsed. Visually identified the presence or absence of the dams during periods of operation of the El Niño and La Niña. Among the surveyed population was identified that 86% of respondents have tanks in their homes all built with funds from the Federal Government. 73% use the tanker as a source of water supply. 66% classify the water as good or excellent.

Keywords: *El Niño* and *La Niña*, Water truck, hydro shortages.

1. INTRODUÇÃO

A água potável é essencial e indispensável para que a vida seja possível sobre a superfície terrestre, é mais que um bem, que um recurso, que uma mercadoria, a água potável é efetivamente um Direito Humano primário e um elemento capital da própria soberania nacional, porque possivelmente quem tiver autoridade da água controlará a economia e toda vida em um futuro próximo (NAÇÕES UNIDAS, N° 15).

O planeta Terra é composto por 70% de água, desses apenas 3% é água doce e 98% desta são subterrâneas. Isso significa que a maior parte da água apresenta algum tipo de dificuldade de acesso para o consumo, sendo mínima se comparada com a quantidade total do Planeta. Os recursos hídricos têm grande importância no desenvolvimento de diversas atividades econômicas e, a busca do conforto aumenta muito as necessidades diárias de água doce (GODOY, 1999).

Com uma área de 8.512.000 km² e cerca de 160 milhões de habitantes, o Brasil é hoje o quinto país do mundo em extensões territorial e em população. Com dimensões continentais, os contrastes existentes quanto ao clima, à distribuição populacional, os fenômenos que agem sobre o território, entre outros fatores, são muito extensos, fazendo com que o País apresente os mais variados cenários climáticos (BEEKMAN, 1999; ANA, 2006; IBGE, 2010).

O Brasil possui uma posição privilegiada perante a maioria dos países quanto ao volume dos seus recursos hídricos. Entretanto, mais de 73% da água doce do País encontra-se na bacia Amazônica que é habitada por menos de 5% da população. Enquanto, apenas 27% destes recursos estão disponíveis para os 95% restante (MOLINIER, 1994).

A distribuição hídrica regional brasileira é de 70% para a região Norte, 15% para o Centro-Oeste, 12% para as regiões Sul e Sudeste, que apresentam consumo mais elevado água e 3% para o Nordeste. Essa região, além do déficit de recursos hídricos, tem sua situação agravada por um regime irregular pluviométrico e pela baixa permeabilidade do terreno no escudo cristalino (MACHADO, 1995).

Nesse contexto, o Semiárido brasileiro passou por inúmeros problemas hídricos, após uma das secas mais intensas 1877 que ocasionou a morte de meio milhão de pessoas, diante disto, o governo começou adotar medidas de auxílio hídrico, com a construção de açudes e barragens. Nesse sentido, em 1909 foi criada pelo Governo Federal a Inspeção de Obras Contra a Seca (IOCS) que era a representação do Governo no combate à seca nordestina, que dominava a técnica hidráulica na construção de açudes, escassa nesse período, a IOCS em 1945 passa a chamar-se Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) (MALVEZZI, 2007).

O DNOCS foi responsável pela construção de mais de 300 açudes públicos de médio e grande porte em todo o semiárido, mais intensamente a partir 1959 com a criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) com o objetivo de promover e coordenar o desenvolvimento da Região com a construção de inúmeros açudes (PONTES et al. 2012).

O Nordeste do Brasil, em especial sua extensa região semiárida, tem tido seu desenvolvimento socioeconômico comprometido devido à elevada irregularidade, espacial e temporal das precipitações pluviométricas, bem como pela ocorrência periódica de secas de média e longa duração, contudo essa irregularidade temporal das chuvas do Nordeste brasileiro é agravada pela pouca profundidade dos seus solos e a ocorrência de secas periódicas provenientes de fenômenos climáticos como o *El Niño* e *La Niña*, tais condicionantes tornaram imperiosa a construção de açudes (espelhos de água), a fim de possibilitar sua utilização para o consumo humano e animal, como também para a produção de alimentos (ANA, 2006).

Os fenômenos climáticos *El Niño* e *La Niña* ocorrem quando as águas superficiais da Bacia do Pacífico, em torno do Equador, e sobre a porção centro-leste, estão mais aquecidas ou resfriadas, onde toda a convecção equatorial também se desloca para o leste, alterando assim o posicionamento da Célula de Walker. Devido à continuidade da circulação atmosférica, o ar quente ou frio sobre aquela região é empurrado, originando uma célula descendente sobre o Oceano Atlântico, próximo à região Nordeste do Brasil (ALVES et al. 1997).

O *El Niño* (aquecimento acima do normal das águas do Oceano Pacífico Equatorial), por exemplo, dependendo da intensidade e período do ano em que ocorre, é um dos responsáveis por anos considerados secos ou muito secos, principalmente quando acontece conjuntamente com o dipolo positivo do Atlântico. Ao contrário deste, o *La Niña* (resfriamento anômalo das águas do Oceano Pacífico) associado ao dipolo negativo do Atlântico (favorável às chuvas) é normalmente responsável por anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região Nordeste (ALVES et al. 1997).

Nesse contexto, segundo Chaves (1977) o estado da Paraíba apresenta características físicas desfavoráveis para a precipitação e o acumulo de água, tendo em vista que o Estado possui uma baixa disponibilidade hídrica e a sua base mineral é cristalina, uma vez que 70% do seu território estão sob o clima semiárido, além de sofrer com as mudanças climáticas abruptas principalmente do fenômeno *El Niño*, que propiciam grandes períodos de estiagem.

A Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA, 2010) órgão responsável pela gestão e planejamentos dos recursos hídricos, gerência onze bacias hidrográficas: Rio Abiaí, Rio Gramame, Rio Miriri, Rio Mamanguape, Rio Camaratuba, Rio Guaju, Rio Piranhas, Rio Curimataú, Rio Jacu e Rio Trairi, Rio Piranhas e por fim, Rio Paraíba.

A bacia hidrográfica do rio Paraíba é a segunda maior do Estado, abrangendo 38% do território paraibano e cerca de 1.900.000 habitantes, o que corresponde a 52% da população total do Estado. A bacia hidrográfica banha e abastece dezenas de municípios, passando pela região mais urbanizada e industrializada do Estado. Em sua área de abrangência estão incluídas as cidades de João Pessoa e Campina Grande, as duas principais do Estado (IBGE 2010; AESA, 2010).

Este estudo objetivou analisar espaço-temporalmente os espelhos de água da sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá integrante da bacia do Rio Paraíba (Figura 1) localizada na parte central do Estado a partir do uso de Sensoriamento Remoto contempla. A área em estudo está totalmente inserida na região semiárida sob clima tropical quente e seco (IBGE, 2010).

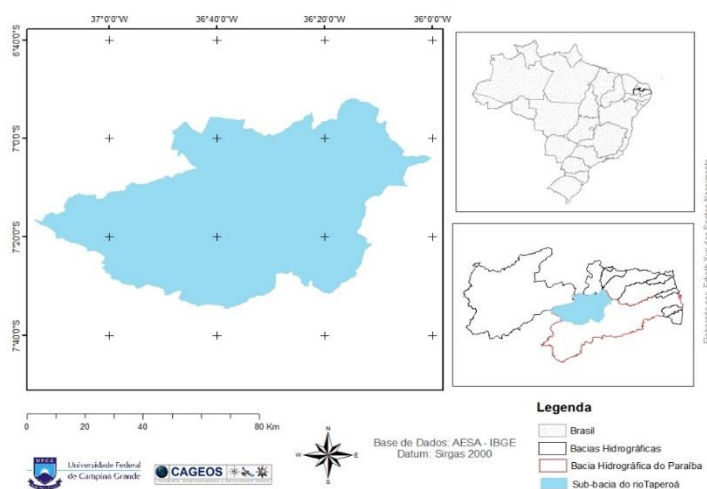


Figura 1: Mapa de localização da sub-bacia do rio Taperoá

O Sensoriamento Remoto (SR) possui inúmeras vantagens, onde seus produtos (imagens) são adquiridos sem o contato direto com o alvo, segundo Jensen (2009) a partir da captação do comprimento de onda realizada na região além do visível ao olho humano, tornando-se assim uma ciência indispensável na análise da camada superficial, especialmente dos estudos espaços temporais.

Nesse contexto, o SR apresenta-se como a ciência que consiste na aquisição de imagens pela captação da energia refletida ou emitida na camada superficial da Terra (FLORENZANO, 2007). Esta se configura como a união entre sensores, software e dispositivos de transferência de dados empregando principalmente os satélites em órbita, com o desígnio de analisar inúmeros alvos diferentes na superfície terrestre (NOVO, 2010).

2. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos adotados para a pesquisa foram divididos em quatro etapas, sendo elas: Processamento digital das imagens de satélite; Uso do Geoprocessamento para montagem de mapas e análise das informações coletadas, Análise das imagens, aplicação de questionário e resultados e discussão.

Os programas utilizados foram o *Erdas* 2010 e o *ArcGis* 2010, licenciados para o Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS) dos cursos de pós-graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Processamento Digital de Imagens

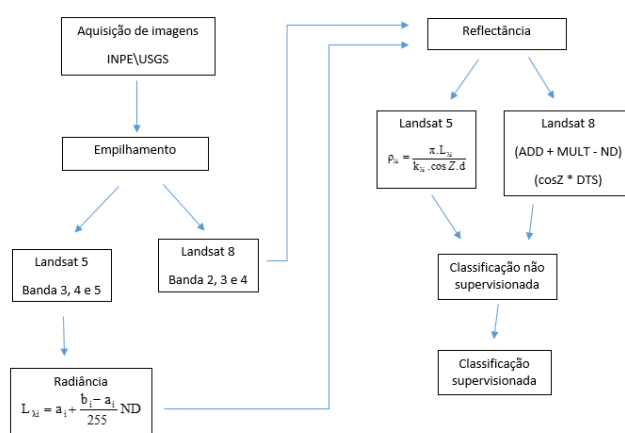


Figura 2: Fluxograma da metodologia adotada para o processamento digital de imagens

Geoprocessamento: Utilizou-se para vetorização de cada espelho de água na imagem para melhor visualização e para a quantificação unitariamente unitária e da sua extensão.

Aplicação dos questionários: Aplicaram-se quinze na zona rural, por amostragem aleatória simples respeitando um raio de no mínimo 2 km entre uma residência e outra.

Análise das imagens: Imagens do sensor dos satélites *Landsat 5* para os anos de 1984, 1998, 2005, 2008 e do 8 para imagens de 2014 de acordo com o fenômeno atuante (Tabela 1).

Tabela 1: Períodos anuais dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, Adaptado de INPE, 2013.

<i>El Niño</i>	<i>La Niña</i>
1998 (Forte)	1984 (Fraco)
2005 (Fraco)	2008 (Forte)

Quanto aos espelhos de águas esses foram classificados como Muito Pequeno (MP), Pequeno (P), Médio (M), Grande (G) e Muito Grande (MG) de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Classificação por tamanho dos espelhos de água.

TAMANHO	ÁREA (m ²)
Muito Pequeno	900 a 10.000
Pequeno	11.000 a 1000.000
Médio	101.000 a 1.000.000

Grande	1.001.000 a 20.000.000
Muito Grande	Superior a 20.000.000

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise da dinâmica espacial dos espelhos na Sub-bacia, identificaram-se supressões e expansões (Figura 3) de acordo com tamanhos (Tabela 3). Tais condições são resposta natural a localização na região Semiárida, com predominância de intermitência hídrica e ação dos fenômenos *El Niño* e *La Niña* que respondem pela ausência ou não das precipitações na Região.

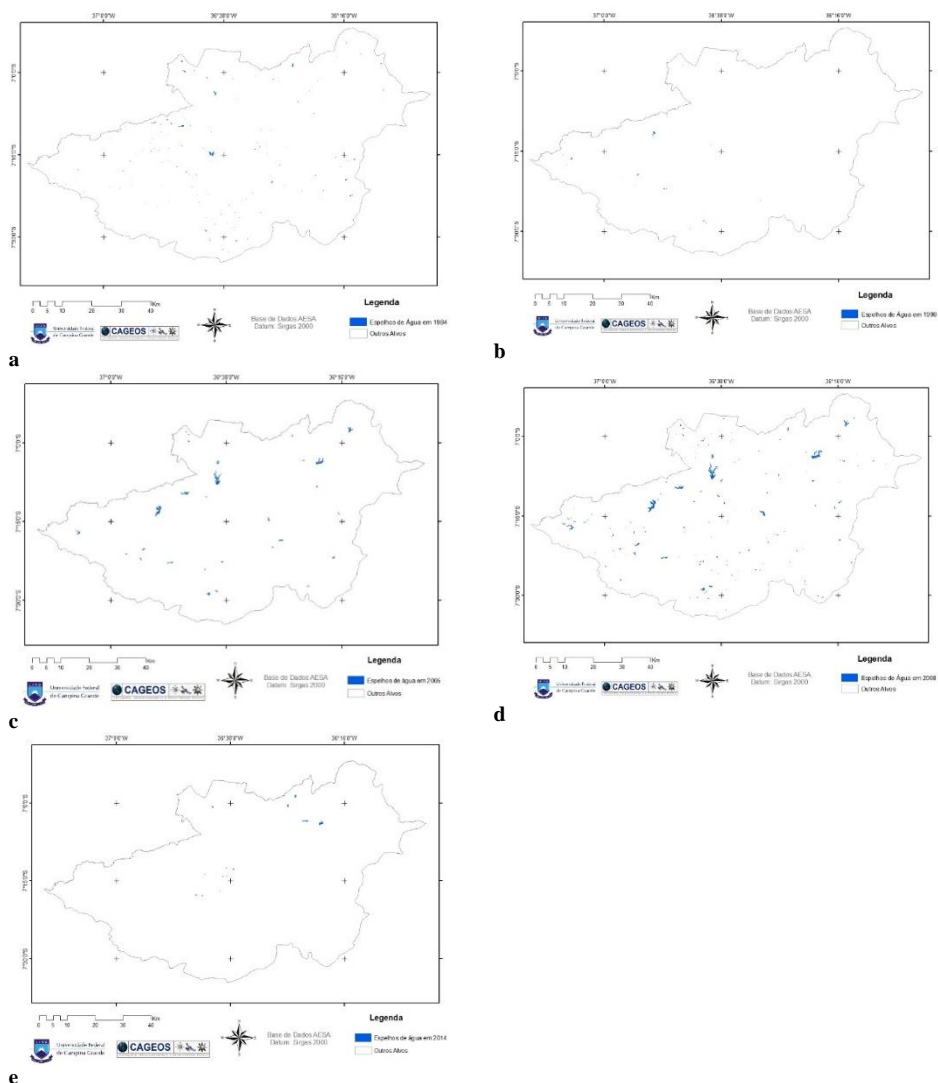


Figura 3: Mapa de espacialização dos espelhos de água nos anos de 1984 (a), 1998 (b), 2005 (c), 2008 (d) e 2014 (e).

Tabela 3: Quantificação por tamanho dos espelhos de água nos anos de 1894, 1998, 2005, 2008 e 2014.

TAMANHO	1984	1998	2005	2008	2014
Muito Pequena (MP)	206	14	03	69	10
Pequena (P)	32	10	12	130	02
Médio (M)	-	-	10	16	-

Grande (G)	-	-	03	04	-
Muito Grande (MG)	-	-	-	-	-

No ano de 1984 (Figura 3a) sobre a condicionante climática *Lã Niña* de intensidade fraca, identificaram-se 273 espelhos na sub-bacia do rio Taperoá. Onde 206 foram enquadrados como MP e 32 P (Tabela 3). Estes concentrados principalmente no eixo norte-sul mas com pouca densidade.

Quando analisado 1998 (Figuras 3b) contabilizou-se apenas 24 espelhos de água, onde a forte supressão dos espelhos quando comparado ao ano de 1984, tal condição foi um reflexo da ação do *El Niño* forte. A concentração dos espelhos ocorreu a oeste da Sub-bacia onde predominaram os de tamanho MP. Essa escassez hídrica como resposta ao *El Niño* de acordo com Machado et al. (2010) decorre de quando a evapotranspiração potencial da área é maior que a precipitação ocasionando o déficit hídrico.

Para o ano de 2005 foram identificados 28 espelhos com tamanhos P e M em sua maioria e alguns G e MP (Tabela 3) distribuídos por toda Sub-bacia (Figura 3c). Ao comparar aos anos anteriores se identificou um aumento no número de espelhos M e surgiram os de porte Grande. A construção de espelhos (açudes) como ação mitigadora a escassez de água é observada em 2005 quando comparado o tamanho desses em relação ao ano de 1984. Segundo Ferreira et al. (2013) o aumento no número de espelhos pode ser decorrente da construção de novos espelhos de água, tendo em vista que nos anos anteriores não foram identificados.

No ano de 2008 tem-se ao analisar a Figura 3d uma disseminação por toda a Sub-bacia de espelhos de água os tamanhos MP, P, M e G de acordo com a Tabela 3 num total de 219 espelhos. A identificação de todos os tamanhos supracitados é uma resposta a atuação do *La Niña* de intensidade forte principalmente, mas também da construção de novos espelhos pelos governos principalmente. No Semiárido é fundamental a construção de espelhos de água de portes maiores, tendo em vista que segundo Ivan et al. (2010) os espelhos de tamanho pequeno tendem a evapotranspirar mais intensamente em detrimento daqueles de grande porte e das barragens.

Em 2014 foram identificados (Figura 3e) e contabilizados 12 espelhos de água (Tabela 3) sendo 10 de porte MP e 2 P. O desaparecimento de espelhos de porte M e G sugere a atuação do fenômeno *El Niño* de intensidade forte, afinal as obras de construção para armazenamento de água não foram aterradas ou destruídas, por serem essas obras formas de contingências para minimizar a escassez vivenciada no semiárido. Lacerda et al. (2009) ao estudarem a dinâmica de bacias hidrográficas no sertão pernambucano em períodos de *El Niño* identificou diminuição pluviométrica em várias bacias. Haylock et al. (2006) também identificaram decréscimo na precipitação ao estudarem 27 localidades no Ceará, evidenciando assim diminuição hídrica em grande parte do Estado em períodos de *El Niño* Forte.

Perspectiva social da população da sub-bacia do rio Taperoá

Com a crise no abastecimento de água na sub-bacia do rio Taperoá em 1998 a população teve que recorrer às alternativas de abastecimento de água. Para minimizar a escassez os habitantes da Região recorreram a carros-pipa, que neste ano custavam em média

65,00 reais. O referido valor representava 50% do salário mínimo vigente e era justificado pela distância de captação realizada no açude Epitácio Pessoa e a demanda. A água era acondicionada em tanques e durava em média de 21 dias para famílias que tem em média cinco pessoas.

Atualmente a população tem recorrido novamente aos caminhões-pipa, estes custam em média 300,00 reais. Reconhecendo a necessidade deste recurso quase que anualmente decorrente das baixas pluviosidades do Semiárido e da ação do *El Niño*, o Governo Federal desenvolveu projetos de convivência com a seca na Área. São exemplos dessas ações a distribuição de água por caminhões-pipa em parceria com o exército com custo zero e a construção de cisternas para armazenamento tanto da água da chuva (quando ocorrer) quanto dos caminhões.

A abrangência dos programas supracitados do Governo Federal verificou-se que 86% dos entrevistados possuem cisternas em suas residências advindas de recursos federais. Destes, 73% utiliza o caminhão-pipa como recurso de abastecimento para consumo cedido pelo Governo, onde 66% dos entrevistados classificam a água entre boa e ótima.

Nesse sentido, Ferreira et al. (2013) estudaram métodos de convivência com a seca no semiárido brasileiro e obtiveram como resultados a construção exponencial no Semiárido de açudes por parte do Governo Federal, principalmente para irrigação, promovendo assim o desenvolvimento socioeconômico da região em seu entorno em períodos extensos de secas.

4. CONCLUSÕES

Após analisar a dinâmica espacial da sub-bacia do rio Taperoá na escala temporal, observou-se que os fenômenos climáticos *El Niño* e *La Niña* interferem de forma substancial e direta na dinâmica espacial dos corpos hídricos, tendo em vista o conjunto de fatores evidenciados nos mapas principalmente se relacionarmos o período de *La Niña* forte e *El Niño* forte.

Nesse contexto, outro fenômeno que apresenta destaque nessa dinâmica, foi a ação humana (antrópica), uma vez que as construções de novos espelhos de água contribuíram para o armazenamento da água e seu uso em períodos de escassez, trazendo uma série de benefícios para a população presente na Região, contudo essa interrelação dos fenômenos climáticos com a ação antrópica evidenciam a fragilidade climática nordestina e o quão o *El Niño* castiga o semiárido.

Por fim, a situação atual da Sub-bacia quando da escassez de água é atualmente minimizada devido aos programas convivência com a seca do Governo Federal, principalmente quando do fenômeno *El Niño* através da construção de cisterna e do abastecimento por caminhões-pipa.

REFERÊNCIAS

ALVES, J.M.B., E.B. de SOUZA, C. A REPELLI, M. I. VITORINO e FERREIRA, N.S., 1997. **Episódios de *La Niña* na Bacia do Oceano Pacífico Equatorial e a Distribuição de Chuvas no Setor Norte do Nordeste Brasileiro.** Rev. Bras. de Meteor., v. 12, 63-76.

BEEKMAN, G. B. **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos**. Brasília: IICA, 1999. 64 p.

BRASIL, Agência Nacional das Águas. **Abastecimento urbano de água**: alternativas de oferta de água para as sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais: resumo executivo. /Agência Nacional das Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos; Consórcio Engecorps/Projotec/Geoambiente/ Riverside Technology. Brasília: ANA, SPR, 2006.

CHAVES, I.B. **Erosividade das chuvas na micro-região homogênea brasileira nº 98 (Estado da Paraíba), 1977**. 99f. Dissertação (Mestrado) Piracicaba-SP, ESALQ-USP, 1977.

CPTEC. Monitoramento e previsão do fenômeno El-Niño e La-Niña. 2009. Disponível em: www.cptec.inpe.br/enos. Acesso em: 10 de abril. 2014.

FERREIRA, O.S.I.; OLIVEIRA, F.L.; **Dualismo no Semiárido**: Combate a seca versus convivência. UFRSA. 2013.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

GODOY, P.R.C.; VIEIRA, A. P. Hidrovias interiores. In: FREITAS, M. A. V. **O estado das águas no Brasil**: Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília: ANEEL: SRH: OMM, 1999.

HAYLOCK, M.R.; PETERSON, T.; ABREU DE SOUSA, J.R.; ALVES, L.M.; AMBREZI, T.; BAEZ, J.; BARBOSA DE BRITO, J.I.; BARROS, V.R.; BERLATO, M.A.; JAILDO DOS ANJOS, R.; KAROLY, D.; MOLION, L.; RAMIREZE; RABELO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS J.L.; VARILLAS, I.T.; VICENT, L. YUMIKO M. Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of climate**, v. 19 p. 1490- 1512. 2006.

IBGE. Censo Demográfico 2010, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010

INPE. Influências dos fenômenos El Niño e La Niña no Norteste. 2013.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo (Coordenador)... [et all]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LACERDA, F.L; VIEIRA DE MELO, A.V.P.; SOARES, D.B. Análise preliminar na detecção de tendências no padrão pluviométrico na Bacia do Pajeú – PE: Mudanças climáticas ou variabilidade?. In: XVIII Simposio Brasileiro de Recursos Hidricos., 2009. Anais. Campo Grande- MT, 2009. CD-ROM, 2009.

MACHADO, C.C.C.; GALVÍNCIO, J.D.; SILVA, B.B.; OLIVEIRA, T.H. Obtenção da evapotranspiração real diária no município de São José do Sabugi - PB utilizando imagens digitais TM- LANDSAT 5. In: Mudanças Climáticas e Impactos Ambientais. Editora Universitária UFPE, Recife-PE, 2010.

MALVEZZI, Roberto. **Semi-Árido**: uma visão holística. Brasília: confea, 2007.

MOLINIER, M.; GUYOT, J. L.; OLIVEIRA, E.; GUIMARÃES, V. S. Hidrologia da bacia do rio Amazonas. **A água em Revista, Rio de Janeiro**, v.2, n.3. 1994.

Nações Unidas – Conselho Económico, Social, Comité de Direitos Económicos, Social e Cultural. O Direito a água, Observação Geral nº 15.

NOVO, E.M.M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo. Edgard Blucher. 2010.

PONTES, Emilio Tarlis Mendes; MACHADO, Thiago Adriano. **Desenvolvimento Sustentável e Convivência com o Semi-Árido**: o caso do programa um milhão de cisternas rurais no nordeste brasileiro. Universidade Federal de Pernambuco. Ano: 2012.