

VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO MUNICÍPIO DE CAICÓ/RN: SECAS E CHUVAS NUM ARQUÉTIPO DO CLIMA SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

INTRODUÇÃO

Rebecca Luna Lucena
Almir Miranda Ferreira
Hítalo Frederico Praxedes de Araújo Ferreira
Ercília Torres Steinke

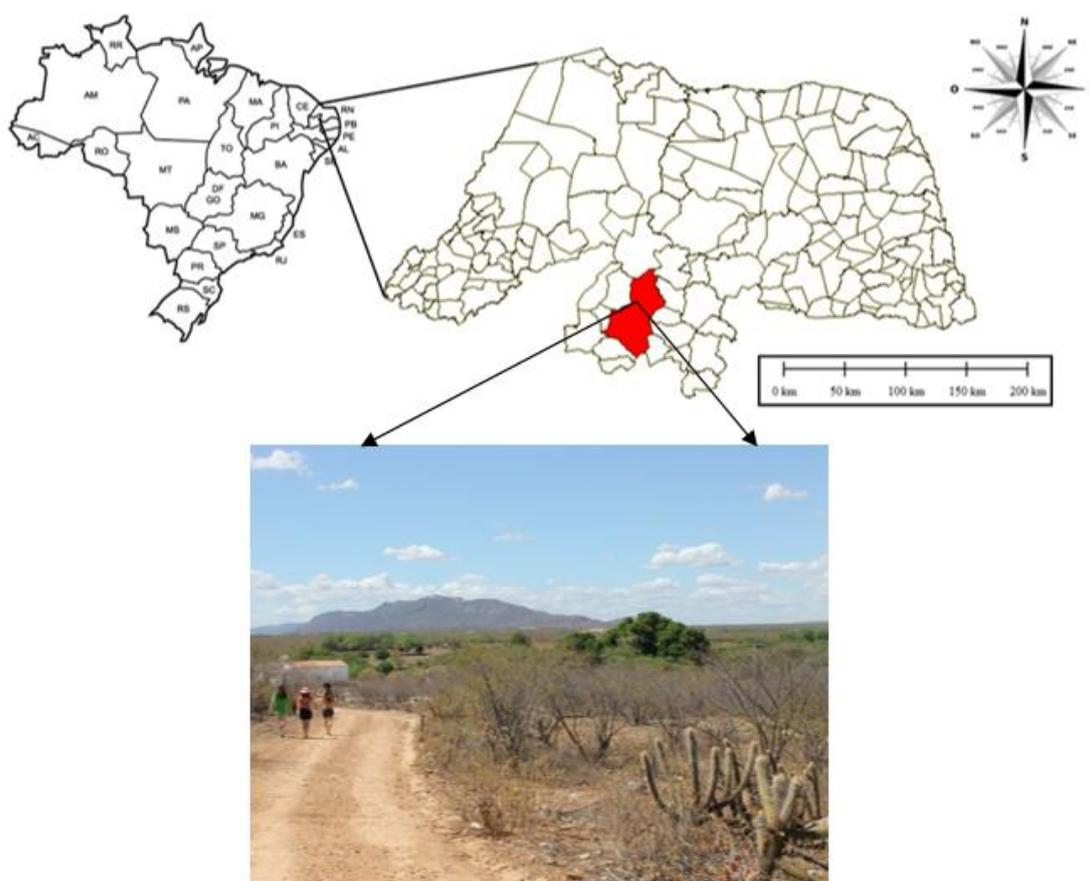
A complexidade climática da região semiárida do Nordeste do Brasil, com relação às secas e às chuvas, é produto de múltiplos fatores geográficos associados à atuação de vários sistemas atmosféricos que operam, muitas vezes, de modo desigual e imprevisível. Eles são responsáveis por períodos mais secos ou chuvosos que se alternam continuamente. Os períodos secos são aqueles que mais afetam todos os tipos de vida. Por esta razão, é comum o estudo climático apurado de regiões sujeitas a períodos de estiagem prolongada.

As chuvas se configuram como um fenômeno importantíssimo para as sociedades, uma vez que dependemos da água para o nosso desenvolvimento em todos os seus níveis (AYOADE, 2007). Além da água ser um elemento essencial à vida, ela atua diretamente no desenvolvimento econômico, a partir, por exemplo, da geração de energia elétrica em hidroelétricas. A importância da água pode ser exemplificada na agricultura e na pecuária, as quais necessitam desse recurso, em diferentes proporções. A água, além de ser “insumo básico da sobrevivência de todas as espécies é indicador do desenvolvimento de uma região, sendo necessária atenção especial no seu manejo visando sua conservação em qualidade e quantidade” (VASCONCELOS; SILANS, 2011, p. 4). O manejo adequado da água é obtido por meio de ações de planejamento e gestão que visam quantificar e resolver as questões que envolvem os recursos hídricos, com fins de otimizar os usos múltiplos (SETTI et al., 2001). Por isso, nas regiões semiáridas do globo, como

o município de Caicó, localizado no semiárido brasileiro, é imprescindível analisar o comportamento das chuvas, juntamente com os sistemas atmosféricos atuantes, no sentido de gerar indicadores climáticos.

O município de Caicó, localizado na microrregião do Seridó, no Rio Grande do Norte, está inserido no Nordeste brasileiro (Figura 01), numa zona de baixa latitude, próxima à linha do Equador.

Figura 01 – Município de Caicó, na perspectiva do Brasil, e a paisagem típica de sua zona rural, situada no domínio da Caatinga do Sertão do Seridó.



Fonte: Monteiro (2012), com modificações.

Caicó é o município mais importante da microrregião do Seridó Ocidental e um dos mais importantes de toda a região do Seridó norte-rio-grandense e paraibano devido ao forte desenvolvimento das atividades comerciais, da pecuária, dos grandes eventos festivos, do número de estabelecimentos de

ensino etc. Com uma população de 62.709 habitantes no ano de 2010 (IBGE, 2013), Caicó é um município que apresenta um bom Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), com 0,710, enquanto grande parte dos municípios do semiárido nordestino apresentam IDH menor que 0,600 (PNUD, 2013).

Está sob a influência do clima do tipo semiárido, típico do interior do Nordeste brasileiro. Na classificação de Köppen, este município possui clima do tipo BSw. Nesse domínio climático há, segundo Ab'Saber (2003), um ritmo desigual e pouco frequente das precipitações, com fortes deficiências hídricas anuais, irregularidades no volume global de precipitações de ano para ano, com eventuais anos secos. As temperaturas máximas, médias e mínimas são altas durante o ano todo, ficando em torno de 26° C. As taxas de insolação e de evaporação são sempre elevadas e, associadas ao terreno cristalino, não propiciam a acumulação de água, favorecendo a situação de semiaridez (BRANCO, 2003).

O relevo da área é representado, em sua grande parte, por terrenos baixos da Depressão Sertaneja, apresentando um aspecto plano-ondulado e cotas altimétricas variando de 150 a 300 metros (COSTA, 2006). Tal condição, associada à localização latitudinal do município, gera altos índices de temperatura do ar. Os solos rasos e pedregosos favorecem o desenvolvimento da vegetação do tipo Caatinga, rica em arbustos e árvores baixas, além de várias espécies xerófitas. Nesse tipo de vegetação as espécies “mais representativas são a jurema preta, marmeleiro, pau-branco, xique-xique, juazeiro, pereiro, mandacaru, catingueira, aroeira, angico e imburana.” (IDEMA, 2005, p. 17). A figura 01 mostra um exemplo típico do tipo de vegetação predominante no município de Caicó.

As condições naturais de semiaridez logo aparecem como um ponto chave numa perspectiva de crescimento municipal, principalmente com relação à questão da água. Neste sentido, este artigo teve como objetivo principal analisar o comportamento anual e interanual das precipitações no município de

Caicó/RN, no intuito de se compreender o ritmo prevalecente da atmosfera, com vistas ao planejamento urbano e rural.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos utilizados neste artigo têm sido usados nos atuais estudos de climatologia, referentes à análise do comportamento das precipitações.

De início, foi realizada a pesquisa bibliográfica, que se pautou em títulos sobre os sistemas atmosféricos atuantes na região semiárida e na leitura e interpretação de imagens de satélite meteorológico Meteosat (IR) para identificação dos principais sistemas atmosféricos atuantes em anos normais, chuvosos e secos na região.

Os dados brutos de precipitação foram obtidos de pluviômetros provenientes da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990)/EMATER e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na estação climatológica do Seridó (CAICÓ/UFRN), registrados em milímetros (mm) de chuva. Esses dados foram tabulados e compilados, e a série selecionada para análise interanual das chuvas em Caicó, com elaboração de normais climatológicas, linha de tendência e identificação de eventos intensos de *El Niño* e *La Niña* foi de um século (1911 – 2010).

Para análise anual e mensal de precipitação e para a elaboração de gráficos ombrotérmicos, a série selecionada foi de 15 anos (1995 – 2010). Para isso, definimos um ano normal, seco e chuvoso, seguindo a metodologia proposta por Sant'anna Neto (1990).

Para início da análise das precipitações, foram elaboradas Normais Climatológicas. “A Organização Mundial de Meteorologia (OMM) define **normais** como médias computadas para um período relativamente longo e

uniforme, compreendendo pelo menos três períodos consecutivos de dez anos” (OLIVEIRA; VECCHIA, 2010 p.01). Obtêm-se as normais por meio de médias aritméticas. De acordo com Galvani (2005) e Rebiota (2005), este é o procedimento mais simples e comum passível de ser aplicado a um conjunto de dados. Esta medida de tendência central expressa o somatório de todos os elementos da série, dividido pelo número total de elementos, como descrito na fórmula 01:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{f. 01}$$

Onde \bar{x} é o somatório de todos os elementos da série $x_1, x_2, x_3...$ dividido pelo número de elementos n .

As normais climatológicas foram divididas da seguinte forma: como no Brasil o período padronizado das normais climatológicas refere-se aos anos de 1931-1960 e 1961-1990, seguimos esse período dividindo então a série temporal em quatro normais, sendo 2 normais completas e 2 “meias normais” ou mesmo “1 meia normal e uma normal provisória”. No caso de não existir 30 anos seguidos de dados, as normais provisórias podem ser calculadas “em médias de curto prazo com base em observações que se prolonguem por um período de pelo menos dez anos” (OLIVEIRA; VECCHIA, 2010, p.01).

Para identificar a quantidade de meses secos no ano, foram elaborados gráficos ombrotérmicos seguindo a metodologia de Gaussen e Bagnouls. A série temporal para esta análise só contemplou 15 anos por incluir a variável temperatura, que em Caicó não possui um tempo maior de registro.

Gaussen, entre outros, propõe um índice de aridez e um gráfico, denominado diagrama ombrotérmico, que relaciona as precipitações e as temperaturas. Baseados nesse índice, Gaussen e Bagnouls organizaram uma classificação empírica com propósito biológico em âmbito mundial... O período seco é aquele em que P é menor ou igual a 2T, ambas médias mensais (fórmula 02. (TORRES; MACHADO, 2011, pp. 142-143).

$$P \leq 2T \quad \text{f.02}$$

onde P representa a precipitação e T temperatura.

Aplicando-se a fórmula anterior, obtém-se o índice de aridez ou índice xerotérmico de Gaussen, com o qual se traça um gráfico conhecido como curva ombrométrica (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Os meses em que a coluna das precipitações estiver sob a curva térmica são considerados **secos** (período biologicamente seco) (TORRES; MACHADO, 2011). Com isso, procurou-se registrar os períodos considerados favoráveis ou desfavoráveis à vegetação, como os períodos secos e os períodos úmidos. Este índice permite diferenciar regiões bioclimáticas (NIMER et al., 2013).

Para analisar a tendência da série secular de precipitação em Caicó, foi elaborada a linha de tendência por meio do modelo de regressão linear. Essa linha revela se há tendência e possibilita a realização de projeções. Uma linha de tendência geralmente mostra que algo está aumentando ou diminuindo com uma taxa fixa (MARCUIZZO et al., 2012). Fez-se em seguida o teste para o coeficiente angular do modelo estimado da regressão linear, como mostram as fórmulas 03 e 04:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x, \quad \text{f.03}$$

onde \hat{y} representa a precipitação pluviométrica estimada, b_0 é o intercepto da reta de regressão estimada com o eixo y e b_1 é o coeficiente angular desta reta, cujas hipóteses estabelecidas foram:

$$H_0: b_1 = 0 \text{ e } H_1: b_1 \neq 0. \quad \text{f.04}$$

Depois da elaboração de cálculos e gráficos, os resultados aqui obtidos foram analisados e comparados à pesquisa bibliográfica.

RESULTADOS

Sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste semiárido e em Caicó

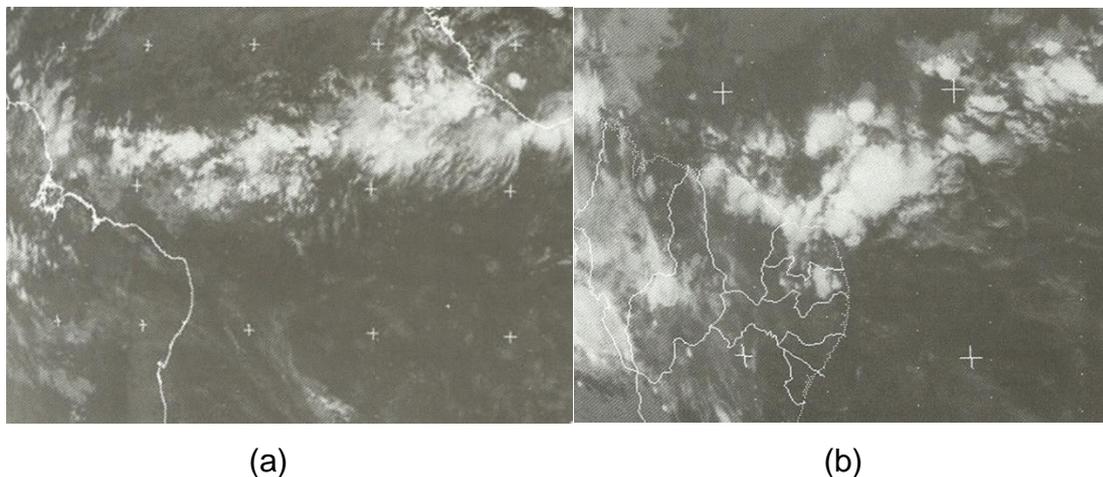
Caicó é um município que está suscetível a grandes variações no total de precipitação, como será mostrado mais adiante. Por fazer parte do interior do estado do Rio Grande do Norte, está submetido aos mesmos sistemas sinóticos que atuam no semiárido nordestino. No Nordeste brasileiro atuam os sistemas semipermanentes de altas pressões subtropicais, que originam as massas de ar que agem de forma direta na região. São essas a Massa Tropical Atlântica (mTa) e a Massa Equatorial Atlântica (mEa). Seria a mEa responsável pela formação de chuvas no interior do continente da Massa Equatorial Continental (mEc) (ALVES; NASCIMENTO, 2010). Os principais sistemas atuantes na região, por ordem de influência, seriam a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), originada do encontro dos ventos alísios de nordeste e de sudeste relacionados a (mEa) e a (mTa) respectivamente, o *El Niño* Oscilação Sul (ENOS), as Instabilidades Tropicais (IT) e, por fim, e com menor influência sobre a região semiárida, as Ondas de Leste (KANE, 1993; FERREIRA; MELLO, 2005; AIRES; NASCIMENTO, 2011). Os sistemas atmosféricos atuantes e a sua interação com a geografia local estão associados aos anos considerados normais (com chuvas próximas à média), secos ou chuvosos.

Grande parte dos estudos revisados associou a posição mais ao sul da ZCIT com anos mais chuvosos no semiárido nordestino e sua posição mais ao norte com os anos secos (Figura 02). A ZCIT é considerada o principal sistema responsável pelo excesso ou falta de chuva em diferentes anos no semiárido brasileiro (NIMER, 1979; CAVALCANTI, 2009; VALADÃO et al., 2010). Estudos posteriores têm dado muita ênfase ao ENOS, enfatizando a correlação dos anos de *El Niño* com períodos mais secos e dos anos de *La Niña* com os períodos mais chuvosos para a mesma região (CAVALCANTI, 2009; MOLION, 2011).

Alguns autores têm voltado os olhares para o oceano Atlântico Equatorial, relacionando a sua elevada temperatura com instabilidades causadoras de chuva. A atuação das Ondas de Leste, que é muito mais limitada à faixa litorânea oriental do Nordeste brasileiro (zona de clima litorâneo úmido), a depender de sua intensidade, pode levar alguma chuva para o interior da região Nordeste, onde ocorre o núcleo de semiaridez.

Estudos que relacionam as anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), tanto no Atlântico como no Pacífico, têm sido realizados no intuito de se entender o padrão de chuvas na região, ajudando assim nas previsões climáticas e do tempo, uma vez que em regiões de grande variabilidade climática a população e outros seres vivos podem ser surpreendidos por anos de fortes chuvas ou de secas severas, que, somadas à falta de recursos e estrutura, submetem a população à situação de grande vulnerabilidade. Kayano e Andreoli (2006 apud Cavalcanti et al., 2009), em estudos realizados recentemente, apontam para a importância do Atlântico Tropical Sul, afirmando que as chuvas no Nordeste dependem mais do Atlântico do que do Pacífico. De fato, diversos autores concordam que as chuvas ou as secas no Nordeste semiárido dependem de vários sistemas dinâmicos da atmosfera de escala global e sinótica, bem como de algumas características físicas da região. A própria movimentação da ZCIT, relatada por Nimer (1979), estaria relacionada às posições dos anticiclones de Açores ao norte e Santa Helena ao sul, os quais, por sua vez, podem estar relacionados às anomalias de temperatura do Atlântico Norte e Sul. Neste caso, as chuvas provenientes da ZCIT ocorreriam com maior intensidade no Nordeste do Brasil, no período de verão e outono no nosso hemisfério, quando o Atlântico Equatorial estivesse mais aquecido e o anticiclone do Açores em sua posição mais austral, trazendo nebulosidade para a região (Figura 02).

Figura 02: Imagens do satélite Meteosat (IR), onde se pode observar a banda de nebulosidade produzida pela FIT (ZCIT) em momentos distintos. Em (a) a imagem data de 24/05/1996 e mostra a ZCIT ao norte da região Nordeste do Brasil sobre o oceano Atlântico Norte. Em (b) a imagem data de 15/03/1994 e mostra a ZCIT sobre o norte do Nordeste brasileiro, nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Ceará.



Fonte: Cavalcanti et al. (2009).

Todavia, são os trabalhos referentes ao oceano Pacífico que mais têm sido publicados e divulgados com relação ao padrão de chuvas para a região Nordeste. Cavalcanti et al.(2009), citando diversos trabalhos relacionados aos padrões de circulação atmosférica, responsáveis por períodos de chuva e seca no Nordeste brasileiro, colocam o *El Niño* Oscilação Sul ou ENOS como um dos principais culpados pela flutuação das precipitações nesta região. Outro exemplo é o estudo de Walker (1928 apud CAVALCANTI et al., 2009), que documentou a relação entre o aquecimento anormal das águas do Pacífico Equatorial Leste e as secas no Nordeste brasileiro, por meio de uma equação de regressão para prever as secas no Nordeste.

O *El Niño* pode ser descrito como o aquecimento anômalo das águas do Pacífico Leste e a *La Niña* como sendo o oposto, ou seja, o arrefecimento anômalo das águas do Pacífico Leste. Tais situações de anomalia de temperatura do Pacífico estariam arroladas ao padrão de circulação atmosférica nas proximidades do Equador, promovendo períodos chuvosos (*La*

Niña) e secos (*El Niño*) no NEB. A fase fria do ENOS está relacionada à *La Niña* e a quente ao *El Niño* (MOLION, 2008).

Estudos pautados no entendimento de fenômenos meteorooceanográficos, como Oscilação Decadal do Pacífico - ODP, também tentam analisar a relação entre as oscilações de temperatura no oceano Pacífico e os períodos mais chuvosos ou secos no Nordeste brasileiro. Molion (2008), em estudo realizado sobre a previsão para o clima nos próximos 20 anos, afirma que aumentará a ocorrência de fenômenos do tipo *La Niña*. Porém, lembra que a última fase de *La Niña* não produziu totais de precipitação superiores à média de longo prazo para as regiões Norte e Nordeste do Brasil. Kane (1993), em estudo realizado sobre a característica das chuvas em diferentes partes do Nordeste brasileiro, relatou não haver correlação expressiva entre a variabilidade das chuvas nesta região e os eventos de *El Niño* Oscilação Sul.

Logo se percebe que as condições climáticas em Caicó, no que se refere às chuvas, se enquadram neste arquétipo de complexidade que atua sobre a região semiárida do Brasil. Sendo assim, pode haver a atuação conjunta dos sistemas, ou a ação isolada de apenas um sistema, operando em anos distintos e gerando precipitações típicas de anos normais, chuvosos ou secos, sucessivamente.

Análise das normais climatológicas (1911 – 2010)

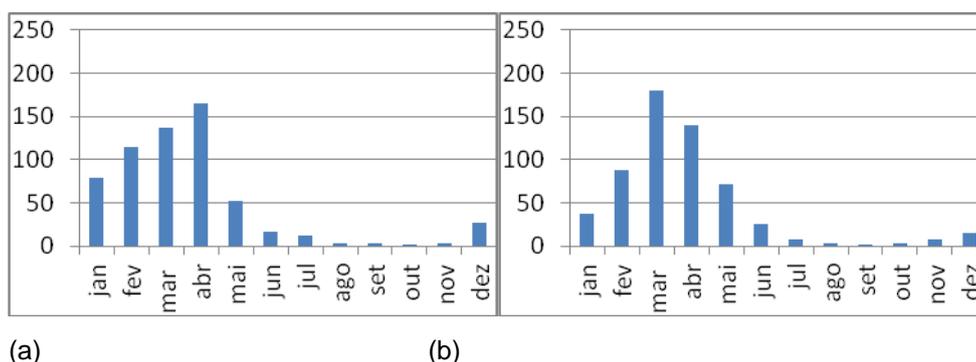
Com relação à análise dos dados de precipitação no município de Caicó, as normais climatológicas mostraram que o trimestre mais chuvoso no último século compreendeu os meses de fevereiro, março e abril (Figura 03). Corroborando os dados aqui gerados, Santos et al. (2010), ao calcularem o balanço hídrico de Thornthwaite and Matter (1955, apud Santos et al. 2010) para as microrregiões do Seridó Oriental e Ocidental do RN, de 1963 a 2008, detectaram que o período chuvoso ocorre no primeiro semestre do ano.

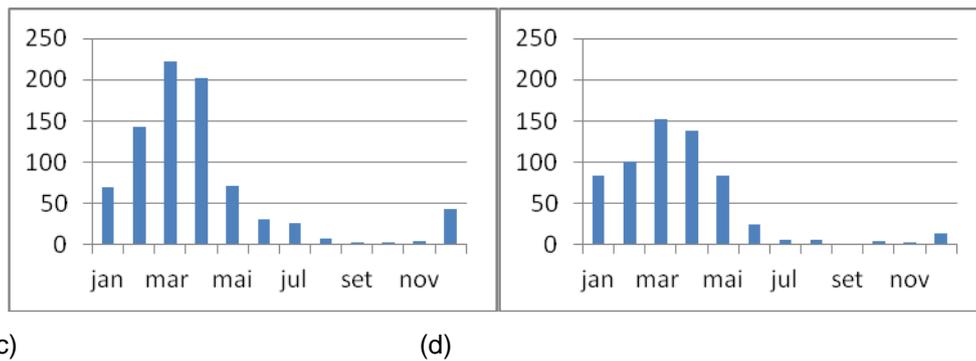
Para o mês mais chuvoso, apenas no intervalo de 1911-1930 o mês de abril detém os maiores índices, pois nos outros períodos subsequentes 1931-2010 (de 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2010) o mês mais chuvoso foi março. Valadão et al. (2010), em estudo realizado sobre o clima do Seridó potiguar, apresentaram março como o mês mais chuvoso em 17 municípios da região, no período de 1963-2008, incluindo o de Caicó.

Todas as normais climatológicas geradas para o município de Caicó mostraram que, a partir do mês de junho, ocorre uma drástica diminuição das chuvas. Elas permanecem em níveis baixos (entre 0 e 30 mm mensais, aproximadamente) até o mês de novembro, período que compreende a estação seca no Seridó potiguar. Conforme Mendonça, Danni-Oliveira (2007), o período de primavera é marcado pela falta de chuva em quase todo território brasileiro.

O trimestre mais seco foi agosto, setembro e outubro, entre 1911 e 1960, e setembro, outubro e novembro, entre 1961 e 2010. Fica evidente que o período chuvoso em Caicó ocorre no primeiro semestre do ano e que o período seco ocorre no segundo semestre do ano (ver Figura 03).

Figura 03: (a) meia normal de 1911 a 1930, (b) normal climatológica de 1931 a 1960, (c) normal climatológica de 1961-1990 e (d) normal provisória de 1991 a 2010. Os dados referem-se à quantidade média de chuva precipitada (em milímetros) no município de Caicó.





(c) (d)
 Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

No entanto, é interessante ressaltar que nos últimos anos parece ter havido certo atraso anual com relação aos períodos de chuva e seca, a exemplo do trimestre mais seco, que passou de agosto, setembro e outubro para setembro, outubro e novembro. Este fato mostra que houve uma tênue variação no regime anual da precipitação em Caicó e que alguma atenção deve ser dada a este aspecto, em se tratando do manejo dos recursos hídricos com vistas ao planejamento urbano e rural.

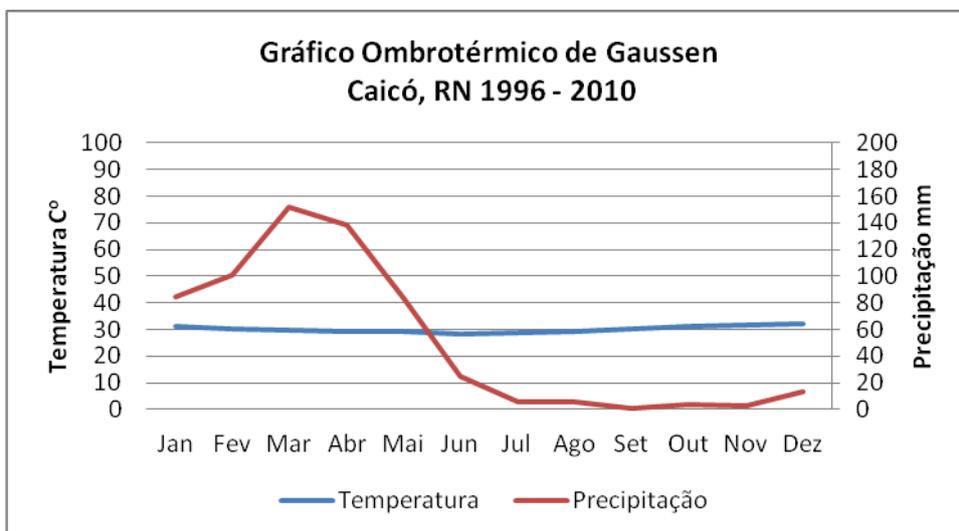
Análise dos gráficos ombrotérmicos (1996 – 2010)

Nesta etapa, foi realizada a análise dos gráficos de precipitação e temperatura em Caicó, de acordo com a fórmula de mês seco de Gausson, explicitada na seção de metodologia. A série temporal utilizada foi de 1996-2010, porque os dados de temperatura só estão disponíveis a partir de 1995. Os dados de temperatura média provêm de coletas diárias realizadas na Estação Climatológica do Seridó, situada no Campus da UFRN, em Caicó.

Para este período de 15 anos, foram feitos 16 gráficos ombrotérmicos, um para cada ano supracitado, de 1996 a 2010, e um da média dos 15 anos. Destes 15 gráficos, foram escolhidos 3 como representativos, sendo 1 de um ano normal, 1 para um ano seco e outro para um ano chuvoso. Os resultados mostram uma média de 7 meses secos no ano para os 15 anos de análise, sendo este período iniciado no mês de junho indo até dezembro (Figura 04). A

deficiência hídrica, portanto, é elevada na região, concentrando-se no período de junho a dezembro.

Figura 04: Gráfico ombrotérmico de Gausсен elaborado para o período de 15 anos. Os meses em que a linha de precipitação estiver abaixo da linha de temperatura são considerados biologicamente secos, com implicações ao desenvolvimento de vida vegetal.

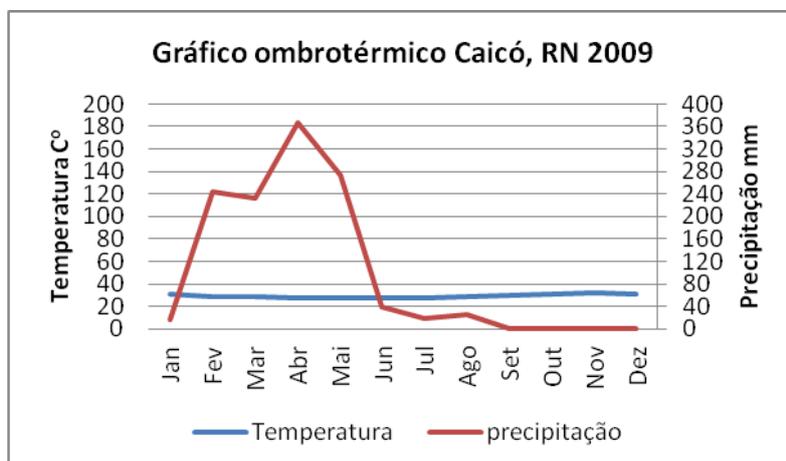


Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

O comportamento ombrotérmico em um ano considerado normal, ou seja, em um ano onde as chuvas estiveram próximas à média, é aproximado ao do gráfico da Figura 04. Em 2000, por exemplo, ano considerado normal, o total de precipitação anual foi de 657.1mm, e teve uma média de temperatura de 29.2 °C. Além disso, cinco meses apresentaram precipitação igual ou acima do dobro da temperatura, sendo eles: Janeiro, com 66.6mm, Fevereiro, com 184.2mm, Março, com 114 mm, e Abril, com 161mm. Os outros meses do ano obtiveram precipitações abaixo do dobro da temperatura, sendo considerados meses secos, e apenas dois tiveram precipitação nula: Outubro e Novembro.

A Figura 05 traz o comportamento ombrotérmico de um ano considerado chuvoso.

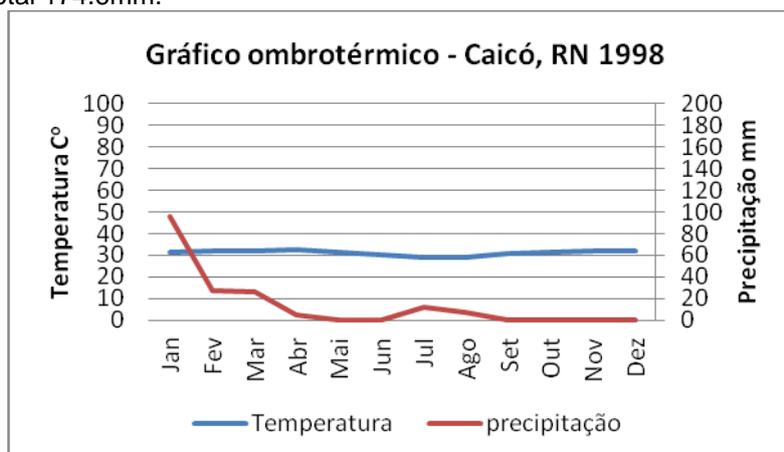
Figura 05: Gráfico ombrotérmico de Gausсен para o ano 2009, ano considerado chuvoso – precipitação total 1191.2mm.



Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

O ano de 2009 também apresentou um período chuvoso eficiente entre fevereiro e maio, com índices de precipitação que ultrapassaram os 350 mm no mês de abril. Porém, assim como em outros anos, após o mês de maio, os índices pluviométricos caíram, tendo vários meses de precipitação nula. O total pluviométrico de 2009 foi de 1191.2mm e a média da temperatura foi de 31.8 °C. Já a Figura 06 traz o comportamento ombrotérmico de um ano seco.

Figura 06: Gráfico ombrotérmico de Gausсен para o ano 1998, ano considerado seco – precipitação total 174.6mm.



Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

O ano de 1998 apresentou baixa precipitação, sendo seu total de 174.6 mm, ou seja, pouquíssima quantidade de chuva para o ano com maior média de temperatura da série temporal analisada: 33.5 °C. O mês de janeiro foi o único a apresentar precipitação maior do que o dobro da temperatura, ou seja, em janeiro precipitaram 96 mm. Os demais 11 meses (fevereiro a dezembro) se encaixam na definição de mês seco de Gausson. Vale salientar que a maioria dos meses tem precipitação nula, causando déficit hídrico no município, onde existem temperaturas elevadas, intensa evaporação e nenhuma chuva.

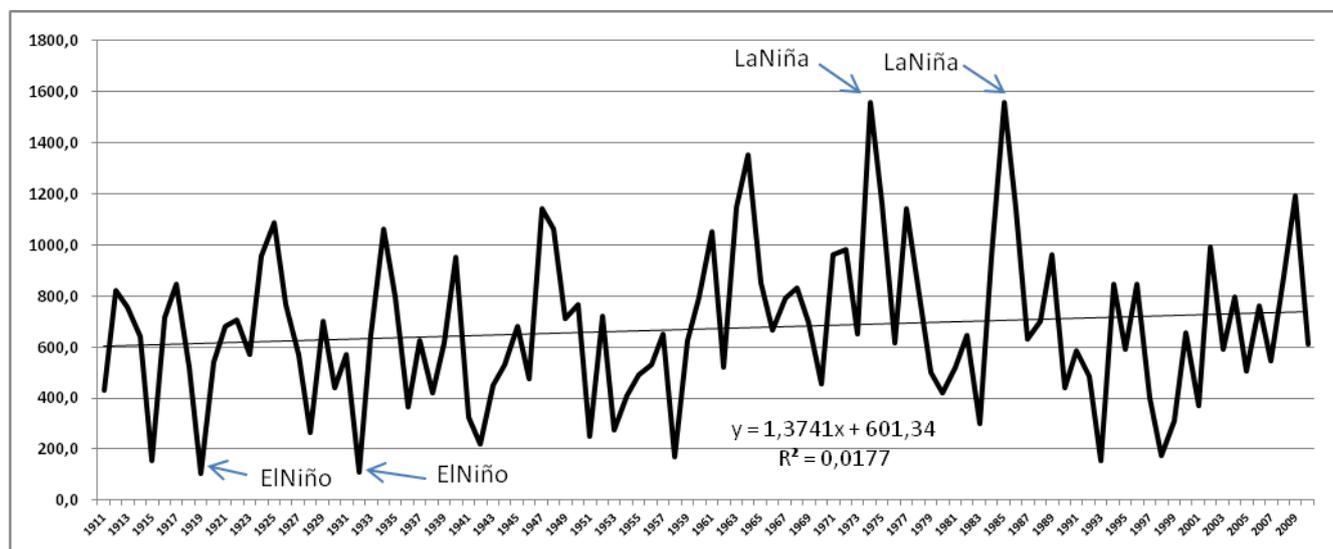
Após a análise dos gráficos ombrotérmicos, percebe-se que, no município de Caicó, os gráficos ombrotérmicos mostram déficit hídrico ou meses biologicamente secos e, em muitos casos, esses meses apresentam precipitação nula.

Como afirmam Bezerra Júnior e Silva (2007), devido ao déficit hídrico intenso que ocorre na região do Seridó existem, hoje, inúmeras barragens que trazem oportunidades para prática de irrigação, uso humano e turismo, construídas no intuito de diminuir as dificuldades socioeconômicas que se apresentam na época da seca. No entanto, muitas destas barragens ficam suscetíveis a períodos secos que ultrapassam 2 anos consecutivos.

Análise da variabilidade interanual e tendência da precipitação (1911 – 2010)

Em se tratando do total anual de precipitação e da sua variabilidade nos últimos 100 anos, notou-se que as chuvas variaram fortemente de ano para ano. Foram registrados anos com totais de 107 mm e 1.561mm, como pode ser visto na Figura 07. A precipitação média anual para o período estudado (1911 a 2010) foi de 659,94mm.

Figura 07 – Total anual de chuva em milímetros no município de Caicó – RN, de 1911 a 2010, com linha de tendência de previsão e destaque para dois episódios intensos de *El Niño* e dois de *La Niña*.



Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

A Figura 07 exibe uma série temporal de 100 anos de precipitação pluviométrica (mm) e uma reta de regressão estimada, na qual o coeficiente angular não se mostrou estatisticamente significativo. Trata-se, então, de uma série estacionária, constatada pelo teste para o coeficiente angular da reta de regressão ($p = 0,186$). Mesmo apresentando-se como uma série estacionária com relação à tendência, o ritmo de precipitação no município de Caicó, nos últimos 100 anos, apresentou totais de precipitação mais elevados na segunda metade do século.

Cabe destacar na Figura 07 o período que vai de 1961 a 1990, onde se registraram os maiores totais anuais de precipitação no último século no município de Caicó. Os três maiores picos de chuva ocorreram nesse período, especificamente nos anos de 1964, 1974 e 1985. Vale ressaltar que os anos de 1964 e 1985 foram marcados por fortes episódios de *La Niña*, como relatado por Grimm (1998). Também se destacam dois fortes episódios de *El Niño*, quando as precipitações foram as mais baixas do século, nos anos de 1915 e 1932.

Se analisarmos dois períodos apenas, 1911-1960 e 1961-2010, podemos perceber que o total de precipitação entre 1911-1960 é bem mais baixo que o total para o período 1961-2010, e que o primeiro período apresentou maior número de anos com chuvas abaixo da média.

Logo, percebe-se que no município de Caicó a variabilidade no total anual de precipitação é comum e que o planejamento e a gestão dos recursos hídricos neste município devem estar adaptados não só aos anos secos, mas também aos anos de chuvas abundantes, pois estes fornecem fartura de água que deveria ser armazenada adequadamente para os anos secos.

No sentido de não permanecer em situação de alta vulnerabilidade em detrimento do comportamento irregular das chuvas no Nordeste brasileiro, a partir do ano de 1930 o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS realizou um programa para a açudagem, construindo grandes reservatórios de água para abastecer as cidades e as zonas rurais semiáridas nos períodos de seca. Hoje esses açudes são responsáveis pelo abastecimento de água em diversas localidades da região, desde povoados até cidades de médio porte. Conforme Malvezzi (2007), todos os investimentos dos governos na região semiárida concentraram-se em grandes açudes. Se o semiárido brasileiro é hoje uma das regiões mais açudadas do planeta, em grande parte isso se deve ao DNOCS.

Também no sentido de se evitar a vulnerabilidade social aos eventos climáticos, as previsões de tempo servem para a sociedade se precaver contra eventos climáticos que possam ocorrer prejudicando o desenvolvimento destas sociedades. É por meio do planejamento que as pessoas podem se adaptar a determinados tipos de clima ou épocas do ano, adequando suas atividades para haver melhor desenvolvimento em todos os níveis. No entanto, apesar do forte desenvolvimento tecnológico que vem ocorrendo, desde a década de 1960 especialmente, quando do lançamento do primeiro satélite meteorológico, sabemos que a atmosfera da Terra, seus movimentos e interações com

diferentes superfícies determinam padrões dinâmicos ainda não esclarecidos totalmente pelos estudos científicos do clima.

Com relação a projeções futuras, podemos citar os vários modelos de previsão do clima expostos no *Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*, que diferem uns dos outros em relação aos prognósticos para o clima mundial. Apesar de se afirmar, no relatório do IPCC de 2007, que “secas mais longas e mais intensas têm sido observadas em áreas cada vez maiores desde a década de 1970, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais” (IPCC, 2007 p. 7), estudos têm verificado um aumento das chuvas e/ou mesmo uma tendência ao aumento delas em muitas porções do semiárido nordestino, contrapondo-se aos estudos que indicam diminuição das chuvas nesta região tropical do globo.

Conti (2008), a partir da utilização do método das séries temporais, analisou o comportamento das precipitações em diversas cidades do Nordeste e o resultado que obteve indicou 49,7% das séries apresentando tendência crescente nas médias pluviométricas, com incidência maior nos estados do Rio Grande do Norte, de Pernambuco e Paraíba, sobretudo no espaço compreendido entre o reverso continental da Borborema e a chapada do Apodi. Ainda de acordo com este autor, tal constatação indica que a precipitação em nível regional acompanha a tendência de elevação da média pluviométrica que vem sendo registrada nas últimas décadas, presumivelmente associada ao agravamento do efeito estufa.

Assim, é normal que o planeta apresente, naturalmente, anos com invernos mais ou menos rigorosos, devido a fatores astronômicos. Da mesma forma, atividades vulcânicas, ciclos solares, atividades humanas desenfreadas podem exercer influência na dinâmica atmosférica, alterando os padrões de chuva no território brasileiro e, por conseguinte, no Seridó potiguar.

Enfim, corrobora-se com o dizer de Molion (2011), quando este afirma que as tentativas de se transformar o quadro de semiaridez do Nordeste

brasileiro por meio de técnicas modernas, como a adubação de nuvens, não trarão resultados positivos, uma vez que a situação climática da região é causada por sistemas climáticos de escala global e regional e de sua interação com a geografia local. “O bem estar da população e o desenvolvimento econômico só poderão ser alcançados se for garantido um suprimento de água contínuo e confiável, uma vez que as chuvas, como o clima atual, são altamente variáveis no espaço e no tempo” (MOLION, 2011, p.1341).

CONCLUSÕES

Em um século de observação e registro das precipitações no município de Caicó, notou-se que as chuvas variaram fortemente de ano para ano, tendo sido registrados 107,1mm em 1919 e 1561mm em 1974. Estes números mostram que a precipitação pode variar em até 15 vezes de um ano para outro. A média anual para o período de um século (1911 a 2010) foi de 659,94 mm, sendo este número considerado baixo, mais devido a outros parâmetros do que a ele próprio, uma vez que as variáveis temperatura e evaporação são bem elevadas nesta região por quase todo o ano.

Apesar das grandes variações no total anual de chuva, as normais climatológicas apontam uma distribuição relativamente regular das chuvas durante os meses do ano, estando bem definidas as estações chuvosa e seca, sendo a chuvosa no primeiro semestre do ano e a seca no segundo semestre. Logo, o ritmo anual das chuvas em Caicó mostrou-se estável no que diz respeito aos meses secos e chuvosos. O trimestre mais chuvoso no último século foi fevereiro, março e abril. O trimestre considerado mais seco, entre 1911 e 1960, foi agosto, setembro e outubro, e entre 1961 e 2010 foi setembro, outubro e novembro.

No que se refere aos gráficos ombrotérmicos, percebeu-se que o *déficit* hídrico supera os meses de superávit, pois o período seco é mais prolongado que o chuvoso. Sendo assim, notou-se que em anos de pouca chuva as

elevadas temperaturas se fazem presentes, contribuindo cada vez mais com o *déficit* hídrico.

Quanto à tendência secular das chuvas, viu-se que se trata de uma série estacionária. O período que pode ser considerado anômalo na série de um século é o de 1961–1990, onde a média de precipitação foi maior que 800 mm e foram registrados os três maiores picos de chuva desde que existe registro no município, sendo dois destes episódios em anos de *La Niña*, como os de 1974 e 1985.

Apesar do relatório do IPCC de 2007 prever que eventos de secas serão mais frequentes e severos nas regiões semiáridas tropicais da Terra, nos próximos anos (IPCC, 2007), os dados aqui gerados mostram que as grandes variabilidades no total anual de chuvas sempre ocorreram e que a tendência de previsão não aponta aumento ou decréscimo significativo das chuvas para Caicó, no semiárido nordestino.

Por último, concluiu-se que a instabilidade e a variabilidade das chuvas são condições inerentes ao clima de Caicó/RN e que, diante das dificuldades de previsão das precipitações para os anos vindouros, as ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos, através de armazenagem e distribuição adequadas da água para os mais diversos usos, devem ser prioridade nas ações de planejamento e gestão do meio urbano e rural deste município, bem como de outros situados nesta mesma condição climática.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Caatingas: O domínio dos sertões secos. In: _____. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 1ª Ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AIRES, R.; NASCIMENTO, F. R. Variações pluviométricas em microbacias no vale do Jaguaribe, CE. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**. Sobral, vol. 13, n. 1, p. 83-97, 2011.

ALVES, J. J. A.; NASCIMENTO, S. S. Avaliação Ecoclimática do Seridó paraibano. CLIMEP – **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, vol. 5, n.2, p. 140-159, jul./dez. 2010.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 12ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

BEZERRA JUNIOR, J. G. O.; SILVA, N. M. Caracterização Geoambiental da microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte. **Revista Holos**, Natal, vol 2, ano 23, p. 78-91, 2007.

BRANCO, S. M. **Caatinga: a paisagem e o homem sertanejo**. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2003.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. da S. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CONTI, J. B. O conceito de desertificação. CLIMEP - **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, vol.3, n.2, p. 39-52, jul./dez. 2008.

COSTA, Júlio Cesar da Silva. **Caracterização geológica e geomorfológica da porção sul do município de Caicó/RN, com base em imagens de sensores remotos ativos e passivos**. Relatório de Pesquisa (Geologia), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. da S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba, vol 1, n. 1, p. 15-28, dez. 2005.

FERREIRA, H. F. P. de A. **Análise climatológica da precipitação pluviométrica no município de Caicó/RN entre 1911-2010**. 2012. 65 f. Monografia (Geografia), Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó, 2012.

GALVANI, E. Métodos e técnicas de quantificação em Geografia. In: VENTURI, L. A. B. **Praticando Geografia: Técnicas de Campo e Laboratório**. 1ª Ed. Vol 1. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T. ; CARDOSO, A. O. . Influência de El Niño sobre a chuva do Nordeste brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET, 10, 1998, Brasília. **Anais eletrônicos**. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/13-42b77c25584315197f4b38c8ed6039d0.pdf>> Acesso em: 15 fev 2013.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE - IDEMA. **Perfil do Estado do Rio Grande do Norte**. Secretaria de Estado do Planejamento e das Finanças do Rio Grande do Norte: Natal, 2005.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Mudança do Clima 2007**: a Base das Ciências Físicas. Relatório do IPCC/ONU, novos cenários climáticos, Versão em português: iniciativa da Ecolatina 1. Disponível em: <http://www.natbrasil.org.br/Docs/ipcc_2007.pdf>. Acesso em 01 dez. 2007.

KANE, R. P. Rainfall characteristics in different parts of Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica**. Rio de Janeiro, vol 11, n. 1, p. 7-22, 1993.

MALVEZZI, R. **Semi-Árido**: uma visão holística. Brasília: Confea, 2007.

MARCUZZO, F.; FARIA, T. G.; FILHO, R. de F. P. Chuvas no estado de Goiás: análise histórica e tendência futura. **ACTA Geográfica**. Boa Vista, vol. 6, n. 12. p. 125-137, mai./ago. 2012.

MENDONÇA, F., DANNI-OLIVEIRA. **Climatologia**: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MOLION, L. C. B. **Dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro**. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-7ea5f627d14a9f9a88cc694cf707236f.pdf>> Acesso em 12 jun 2011.

MOLION, L. C. B. Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba, vol. 3/4, p. 117-128. ago, 2008.

MONTEIRO, M. A. de A.. **Eventos hidrometeorológicos intensos e problemas socioambientais decorrentes: o caso do Rio Barra Nova, Caicó/RN**. 2012. 70 f. Monografia (Geografia), Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó, 2012.

NIMER, E. As novas classificações bioclimáticas e suas aplicações no Brasil. In: NIMER, E.; SILVA, J. X.; LIMA, G.R. **Curso de Geografia para professores do ensino superior: Geografia física**. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Divisão Cultural, 1967. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20%20RJ/Curso%20de%20ferias/curso%20de%20geografia%20para%20prof%20do%20ensino%20superior_julho_1967.pdf> Acesso em 10 set. 2013.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

OLIVEIRA, M. J.; VECCHIA, F.. Elaboração de normais climatológicas: Caracterização e tendências de temperatura em Itirapina - SP, Brasil. In: XVI CBMET – Congresso Brasileiro de Meteorologia: 16, 2010. **Anais...** Belém: CBMET, Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD. **IDHM**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/Ranking-IDHM-Municipios-2010.aspx>> , Acesso em: 10 ago. 2013.

REBOITA, M. S. **Introdução à Estatística Aplicada à Climatologia: Parte I Estatística Descritiva**. Projeto PAE. São Paulo, 2005.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na Zona Costeira Paulista**. 1990. 168 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1990.

SANTOS, A.S.; MATTOS, A.; LOPO, A. B. Estimativa do Balanço Hídrico Climático para a Microrregião do Seridó - Estado do Rio Grande do Norte. 16, 2010. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia: **Anais..** Belém: CBMET, Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª Ed. Brasília: ANEEL, 2001.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE - SUDENE. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste**: Estado do Rio Grande do Norte. Recife: SUDENE– DPG –PRN – HME, 1990.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

VALADÃO, C. E. A.; OLIVEIRA, P. T.; SCHMIDT, D. M.; SILVA, B. K. N.; BARRETO N. J.C.; CORREIA FILHO, W. L.F.; JESUS E. S.; LOPO, A.B.; SANTOS A.S.; PINHEIRO, J.U.; MATTOS, A. Classificação climática da microrregião do Seridó/RN. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia: **Anais...** Belém: CBMET, Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010.

VASCONCELOS, M. E. G. de; SILANS, A. M. B. P. de. Gestão hídrica na Paraíba: indicadores de sustentabilidade. 19, 2011. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. p. 1 - 20. **Anais eletrônicos..** Maceio, AL. Disponível em <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/e46af8543e515536e5b25360dfa82b17_4eea7709d1ee9744e01c2a3a557a73b6.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2011.