

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DAS SÉRIES TEMPORAIS DE PRECIPITAÇÃO DOS 8 ANOS DE MONITORAMENTO NA BACIA EXPERIMENTAL E REPRESENTATIVA DO RIO PIABANHA – REGIÃO SERRANA DO RIO DE JANEIRO-RJ

Janaina Gomes Pires da Silva^{1*} & *Mariana Dias Villas Boas*² & *Rubens Esteves Kenup*³ & *Décio R. Goulart*⁴ & *Adriana Dantas Medeiros*⁵ & *Filipe Jesus dos Santos*⁶ & *Marcelo Parente Henriques*⁷ & *Jeferson Santana Melo*⁸ & *Marcio Junger Ribeiro*⁹ & *Lígia Maria N. de Araújo*¹⁰

Resumo – Foi avaliada a presença de tendências nas séries temporais de precipitação nos oito anos de monitoramento desde a implementação das bacias experimentais do rio Piabanha, na região serrana do Rio de Janeiro. Foram analisadas séries temporais mensais e anuais de cinco estações pluviométricas e comparadas com as isoietas anuais disponíveis. No período analisado, ocorreram anos extremos, com eventos de chuvas muito intensas e outros de estiagem severa na região, que sofre influência de fatores como El Niño Oscilação Sul e episódios de formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul que ocasionam eventos de chuvas intensas e desastres naturais associados. Condicionam, ainda, a pluviosidade anual da bacia a incidência de frentes frias e o relevo acidentado. Algumas estações pluviométricas revelaram características não esperadas em localidades nunca antes amostradas e que, portanto, não se encontravam representadas adequadamente quanto à sua pluviosidade média anual.

Palavras-Chave – Séries temporais de precipitação, bacias experimentais, rio Piabanha

PRELIMINARY EVALUATION OF THE 8-YEAR MONITORING PRECIPITATION SERIES IN THE EXPERIMENTAL AND REPRESENTATIVE BASINS OF THE PIABANHA RIVER WATERSHED – MOUNTAINOUS REGION OF RIO DE JANEIRO-RJ

Abstract – The presence of trends in eight year precipitation time series was evaluated since the implementation of experimental basins along Piabanha watershed in the mountainous region of Rio de Janeiro state. Five monitoring rain gauges monthly and annual time series were analyzed and compared with the available isohyetal map. In the analyzed period there were some extreme years of very intense rainfall events and others along a severe drought in the region which is influenced by factors such as the El Niño South Oscillation and South Atlantic Convergence Zone episodes that causes intense rainfall events and associated natural disasters occurrence. The annual amount of rain is also conditioned by frontal activity incidence and the uneven relief. Some rain gauges revealed non expected figures in some sites that have not been sampled yet and so had their mean annual precipitation misrepresented.

Keywords – Precipitation time series, experimental basins, Piabanha river.

¹ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – janaina.silva@cprm.gov.br

² CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – mariana.villasboas@cprm.gov.br

³ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Rubens.kenup@cprm.gov.br

⁴ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – decio.goulart@cprm.gov.br

⁵ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – adriana.medeiros@cprm.gov.br

⁶ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – filipe.santos@cprm.gov.br

⁷ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – marcelo.parente@cprm.gov.br

⁸ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – jefferson.melo@cprm.gov.br

⁹ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – márcio.ribeiro@cprm.gov.br

¹⁰ ANA – Agência Nacional de Águas – ligiamna@gmail.com.br ou ligia.araujo@ana.gov.br

INTRODUÇÃO

Um dos temas que vêm ocupando o meio científico e acadêmico nas últimas duas décadas está relacionado à identificação de evidências científicas que expliquem as mudanças do clima em nível mundial. Isso ocorre porque estudar as alterações climáticas ocorridas no passado possibilita compreender melhor as variabilidades inferidas no presente, além de subsidiar elementos para melhor averiguação do comportamento do clima futuro. Este último aspecto pode ser melhor compreendido ao efetuar projeções geradas por modelos climáticos que levam em consideração diferentes aspectos socioeconômicos, como uso da terra, concentrações de Gases de Efeito Estufa (GEE), dentre outros fatores (MARENGO, 2007; MARENGO *et al.*, 2010).

A atmosfera e os climas terrestres são resultantes de forças que agem no globo, tanto provenientes do sol quanto do interior da Terra. Essas fontes primárias, aliadas às transformações provocadas pelas atividades humanas no espaço geográfico afetam profundamente os climas no Planeta. Embora o clima tenha sofrido alterações ao longo das eras geológicas e que suas oscilações possibilitaram tanto o surpreendente desenvolvimento da vida quanto em alguns casos a sua extinção, através de desastres e catástrofes, ainda não estamos completamente preparados diante da repercussão que os elementos do clima exercem sobre a sociedade (BALDO, 2006).

O clima é, dentre os inúmeros elementos da paisagem que compõem uma bacia hidrográfica, um de seus principais formadores. O conhecimento detalhado de sua dinâmica e das interações que mantêm com os demais elementos do ambiente é uma contingência necessária para toda e qualquer atividade humana. A estreita relação existente entre os aspectos climáticos e as atividades agrárias, urbanas e industriais atesta a importância do conhecimento das condições climáticas para o gerenciamento de tais atividades (MENDONÇA, 1997).

Sendo o clima muito dinâmico, torna-se necessária a observação de seus principais elementos, como a temperatura, a umidade e as chuvas, por um longo período de tempo, para se verificar se as variações de seu comportamento são realmente permanentes, ou são fatores de mudanças climáticas, ou se são ciclos periódicos que tendem a se repetir de tempos em tempos, tratando-se apenas de variabilidade do clima segundo Sant'Anna Neto e Zavatini (2000).

A bacia hidrográfica, entendida como uma célula básica de análise ambiental, permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental segundo Botelho e Silva (2004). Os mesmos autores colocam que a década de 1990, principalmente a partir da segunda metade, vem sendo caracterizada pelo aumento, não só na produção e de trabalhos ligados à área ambiental, mas especificadamente das pesquisas relacionadas ao uso e qualidade da água. A conscientização cada vez maior, por parte da sociedade, da importância da água, essencial à vida e às muitas das atividades humanas, impulsionou o desenvolvimento de estudos e a criação de leis. O que vem sendo constatado é um aumento no valor da bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambiental. Nela é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem. Portanto, a precipitação pluviométrica, principal entrada do balanço hidrológico, é o elemento climático, dentre outros elementos e fatores, de suma importância para entender este equilíbrio.

O reconhecimento da dinâmica climática predominante na bacia hidrográfica do rio Piabanha, bem como a distribuição quantitativa e qualitativa da precipitação pluviométrica no tempo e no espaço, fornece subsídios para o planejamento, principalmente no que se refere à gestão dos recursos hídricos.

OBJETIVOS

O presente trabalho visa a analisar a distribuição espaço-temporal das chuvas no período de 8 (oito) anos, entre 2008 e 2015, numa escala anual, buscando detectar associações entre os padrões de distribuição pluvial.

ÁREA DE ESTUDO

Para o estudo de caso desenvolvido no presente trabalho, conforme previamente mencionado, foi selecionada como área de estudo a bacia do rio Piabanha, situada na região serrana fluminense, conforme Figura 1. Compõem a bacia em análise os municípios do estado do Rio de Janeiro: Paraíba do Sul, Paty dos Alferes, Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Teresópolis e Três Rios e Areal (Figura 2), com população total aproximada de 500.000 habitantes (IBGE, 2011). A bacia do rio Piabanha, cuja área engloba cerca de 2.065 km², é uma das bacias, entre as grandes sub-bacias formadoras do rio Paraíba do Sul, que apresenta a maior cobertura florestal, estimada em mais de 20% de suas terras, onde estão os mais expressivos remanescentes da Mata Atlântica (COPPE/UFRJ, 2006, 2007, 2010).

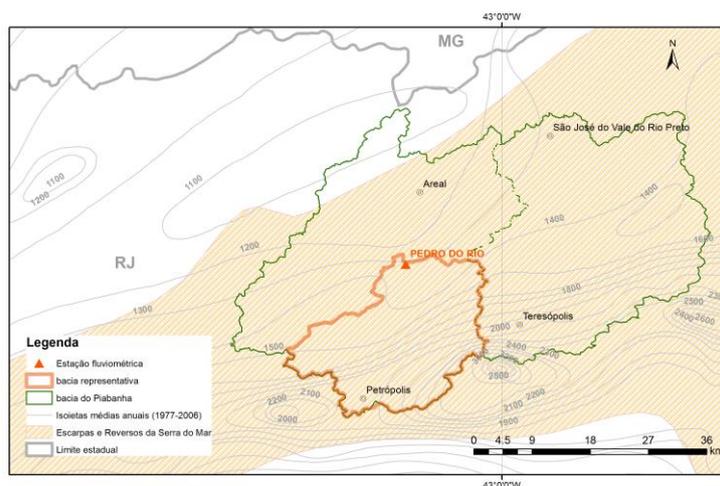


Figura 1: Localização da bacia do rio Piabanha e da bacia representativa. Fonte: Araujo (2016)

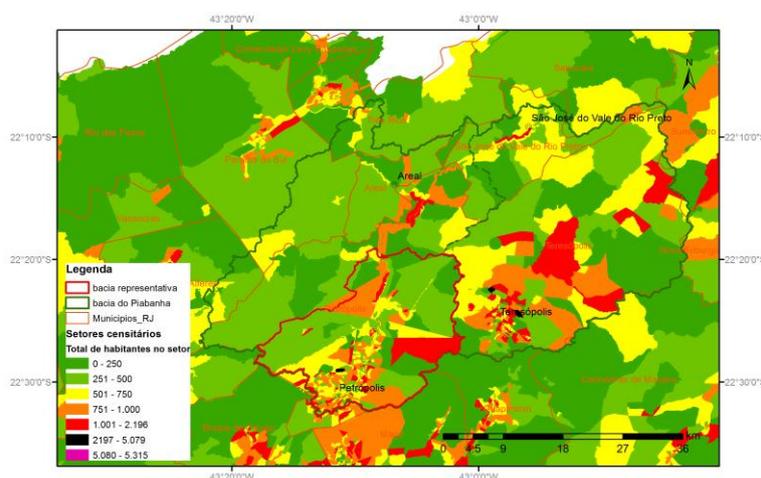


Figura 2. Localização da bacia do rio Piabanha no mapa de setores censitários IBGE (2010).

Atualmente, há uma tendência, tanto brasileira como mundial em desenvolver estudos em bacias experimentais e representativas de forma a caracterizar a disponibilidade hídrica de bacias de diferentes tamanhos e características de uso e ocupação do solo a fim de compreender a variação dos recursos hídricos no tempo e no espaço.

As bacias representativas são sub-bacias que correspondem à realidade sócio econômica, física e ambiental da bacia principal, possibilitando, em princípio, a extrapolação dessa realidade para uma região de maior abrangência.” (PIMENTEL DA SILVA *et al.*, 2010).

As bacias experimentais funcionam como pequenos laboratórios estabelecidos no mundo real que contribuem, entre outros, para a compreensão das relações e processos envolvidos no ciclo hidrológico que determinam a ocorrência espaço-temporal dos recursos hídricos” (MEDEIROS V.M.A. *et al.*, 2005). As bacias experimentais do Projeto EIBEX estão representadas na Figura 3.

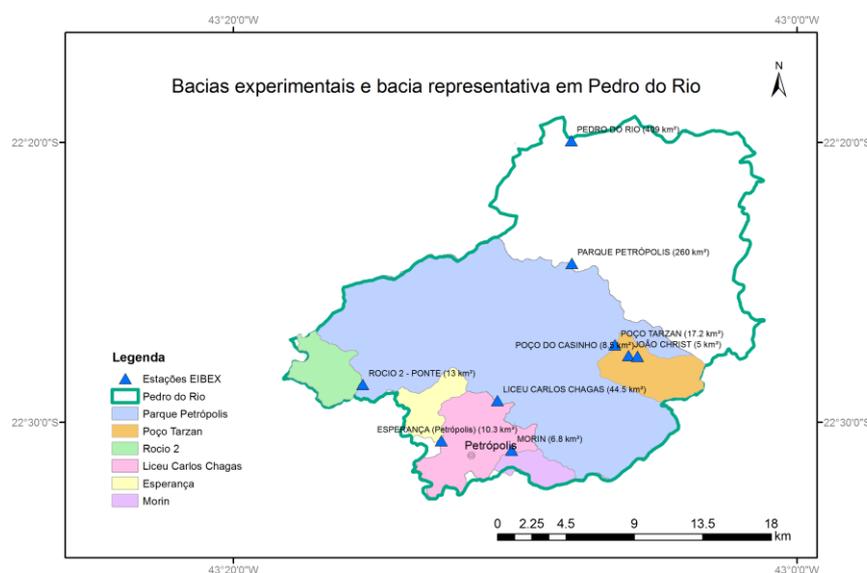


Figura 3. Bacia representativa e as três bacias experimentais (agrícola, preservada e urbana), estações fluviométricas e de qualidade de água que fazem parte do projeto EIBEX. Fonte: Araujo (2016).

METODOLOGIA

Para aplicação da metodologia foi selecionada a bacia do rio Piabanha na qual está sendo desenvolvido um projeto institucional da CPRM – Serviço Geológico do Brasil intitulado “ Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativa – Região Serrana – RJ – EIBEX”. O projeto intitulado EIBEX tem como objetivo o monitoramento de variáveis hidrológicas em diferentes escalas (bacias experimentais) para o desenvolvimento de estudos e pesquisas que poderão ser extrapolados para o restante da bacia. (VILAS-BOAS, 2011).

A metodologia desenvolvida teve como base:

- Análise comparativa dos dados observados e da bibliografia;
- Organização dos dados disponíveis da bacia;
- Elaboração dos gráficos de totais anuais;
- Comparação dos totais anuais médios para os 8 anos de dados com o mapa de totais anuais médios da bacia para o período 1977-2006.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para este trabalho, foram selecionadas 5 (cinco) estações pluviométricas do Projeto EIBEX com características apresentadas na Tabela 1, referentes a cada uma das bacias experimentais, sendo uma na bacia urbana (Liceu Carlos Chagas), duas na bacia agrícola (Sítio das Nascentes e Vila Açú), uma na bacia preservada (Rocio 2 D) e uma estação representativa de controle (Parque Petrópolis).

Tabela 1. Estações pluviométricas estudadas

ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	Código PLU	LOCALIDADE	CURSO D'AGUA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Pq. Petrópolis	22° 24' 19"	43° 08' 00"	2243286	Petropolis	Rio Piabanha	1749,1	0	0	660,1	1079,1	1346,9	704	796,7
Liceu	22° 29' 14"	43° 10' 38"	2243289	Petropolis	Rio Piabanha	1833	1781,3		1272,2	1384,3	1908,4	921	893,6
Sítio das Nascentes	22° 28' 7,63"	43° 06' 9,21"	2243291	Petropolis	****	1298,9	1964,1	1875,9	1609,5	1472,9	1588,4	1046	749,1
Rocio 2 - D	22° 28' 38,86"	43° 15' 28,95"	2243302	Petropolis	Rio da Cidade	0	0	2300	2205,4	2145,5	2954,9	1934	1818,4
Vila Açú	22° 27' 45,20"	43° 05' 29,30"	2243301	Petropolis	****	0	0	1633,9	1498,6	1192,8	1494,1	661,4	0

Foram calculados os totais anuais com base nos dados convencionais das estações do projeto EIBEX. Vale ressaltar que alguns anos apresentaram falhas e só foram utilizados os totais anuais de precipitação com falhas em no máximo dois meses. Os totais anuais das cinco estações foram organizados em um mesmo gráfico (Figura 4) de modo a facilitar a comparação.

A Figura 4 apresenta uma característica muito interessante comparando-se os totais anuais de precipitação ao longo dos anos. Observa-se que os anos 2014 e 2015 apresentam precipitação total bem inferior ao demais anos. É notável como o ano de 2013 foi especialmente chuvoso nas estações Rocio e Liceu.

É possível observar que a estação Rocio apresenta os maiores valores de precipitação total anual ao longo de todos os anos de sua existência. Essa estação fica localizada na bacia preservada em uma altitude elevada.

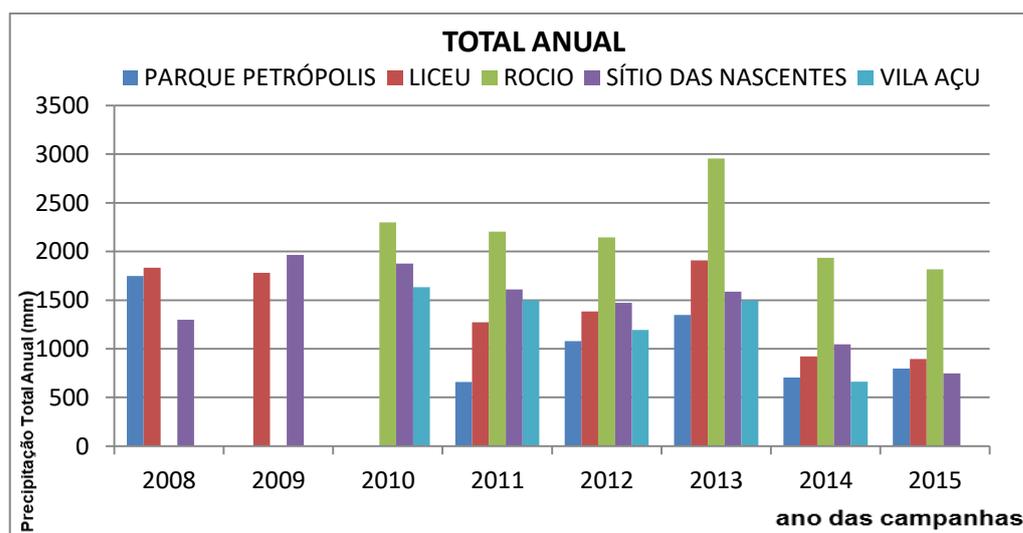


Figura 4 – Totais anuais de precipitação das Parque Petrópolis, Liceu, Rocio, Sítio das Nascentes e Vila Açú.

Na Figura 5, são apresentadas as isoietas médias anuais elaboradas no projeto Atlas Pluviométrico (Pinto *et al.*, 2011) com base nos dados disponíveis de todas as estações existentes no período 1977-2006. Observando-se a Figura 5, pode-se constatar que os dados da estação Rocio estão um pouco mais elevados do que as isoietas de Pinto *et al.* (2011) em sua localidade. A estação

Rocio não foi considerada no traçado das isoietas, pois foi instalada após o período comum de dados adotados e também não havia qualquer outra estação próxima com dados no período, de modo que a localidade não pôde ser representada adequadamente no mapa de isoietas de Pinto *et al.* (2011).

Por outro lado, a estação com menores totais anuais é Parque Petrópolis. A estação fica localizada na parte mais baixa da bacia, próxima ao exutório. Nesse caso, os valores estão um pouco mais baixos do que os estimados em Pinto *et al.* (2011).

A estação Sítio das Nascentes e a estação Vila Açú ficam ambas localizadas na área agrícola, mas a primeira fica numa altitude maior justificando seus maiores índices pluviométricos em comparação com a segunda.

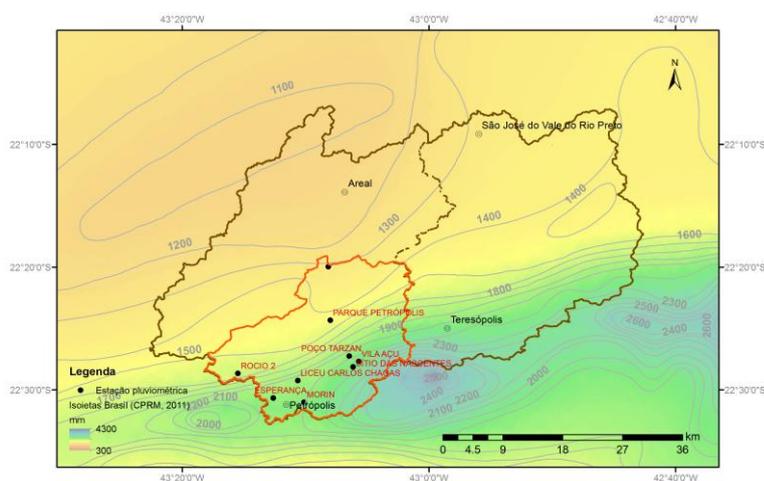


Figura 5 - Isoietas médias anuais da série histórica de 1977 a 2006, por Pinto *et al.* (2011).

CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados neste trabalho foi possível observar o comportamento da precipitação nas estações de monitoramento do projeto EIBEX. A estação com maiores totais anuais é a estação Rocio, localizada na bacia de área preservada. A estação fica em uma altitude elevada. A estação apresentou índices um pouco mais elevados do que os estimados pelas isoietas médias anuais de Pinto *et al.* (2011). A estação Parque Petrópolis foi a que teve os menores índices, pois se localiza em área mais baixa na bacia.

Uma análise comparativa dos dados, ao longo dos anos, apontou que os anos de 2014 e 2015 apresentaram totais anuais mais baixos que os anos anteriores, para todas as estações.

A precipitação na bacia do rio Piabanha é fortemente influenciada pela topografia, altitude e orientação do relevo da Serra do Mar. Examinando-se os dados pluviométricos de toda a rede automática existente desde 2012, que inclui estações do Instituto Estadual do Ambiente - INEA/RJ (não analisadas neste trabalho) e as do Projeto EIBEX, verifica-se que há três conjuntos de estações em relação à pluviosidade. Nas partes mais altas, acima dos 950 m, junto aos divisores situados na Serra do Mar, que pode ser representada pela estação Quitandinha (INEA/RJ), a precipitação total anual média apresenta-se acima dos 2500 mm, nessa região as chuvas são muitas vezes formadas em consequência da chegada de frentes frias e são influenciadas pela proximidade do mar e pelo efeito orográfico. Em uma região intermediária de altitude acima de 800 m, a pluviosidade anual média está acima dos 2000

mm, e pode ser representada pelas estações Morin e Rocio. A região de pluviosidade menor apresenta média anual superior a 1400 mm chegando a 1700 mm, com altitude variando em torno dos 700 m é a região das estações Liceu, Sítio das Nascentes e Parque Petrópolis. De uma região para a outra, há uma diminuição de 500 mm na precipitação total anual para uma redução de altitude de apenas 100m, com as estações representativas distando menos de 20 km umas das outras. Essa diminuição de pluviosidade ocorre no sentido Sul-Norte, bem marcadamente.

O ano de 2013 apresenta total anual destacadamente alto nas estações Rocio e Liceu devido às fortes chuvas acontecidas em março daquele ano, de forma muito localizada, em especial, na região mais alta e de maior pluviosidade, mas bastante intensas também na região dessas duas estações. Essas chuvas de março de 2013 não alcançaram a região de menor pluviosidade.

Além do relevo, um fator determinante da alta pluviosidade na bacia é a influência do *El Niño* Oscilação Sul (ENSO) em suas fases quente (*El Niño*) e fria (*La Niña*). Os anos neutros, como 2014-2015, apresentam menor pluviosidade (ARAUJO, 2016). A bacia de contribuição até Pedro do Rio está situada numa zona de transição da influência de ENSO (COELHO *et al.*, 2002), a região ao Sul da bacia estudada costuma apresentar alta pluviosidade em anos de *El Niño* e a região ao Norte costuma apresentar alta pluviosidade em anos de *La Niña*. A região também é afetada pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), uma banda de nebulosidade orientada de Noroeste a Sudeste persistente por mais de quatro dias ocasionando chuvas intensas e contínuas, episódios que costumam ocorrer entre os meses de outubro a março.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, LMN 2016, *Identificação de padrões hidrológicos de precipitação e de umidade do solo na bacia hidrográfica do rio Piabanha/RJ*. COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro, Brasil;
- BALDO, M. C.; TOMMASOLI, J. T. G.; SANTA'ANNA NETO, J. L. 2002, Caracterização pluviométrica da bacia do rio Ivaí – PR. In: Anais do SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 5, 2002, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 1 CD-ROM;
- COELHO, C. A. S.; UVO, C. B. & AMBRIZZI, T., 2002, Exploring the impacts of the tropical Pacific SST on the precipitation patterns over South America during ENSO periods. *Theor Appl Climatol* 71:185-197.
- COPPE/UFRJ 2006, Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Caderno de Ações da Bacia do Rio Piabanha. In: *Relatório Contratual R-10*, elaborado como parte dos documentos de compõem o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, ANA, LabHid COPPE/UFRJ, Fundação COPPETEC, 2006.
- COPPE/UFRJ. Projeto – EIBEX-I - Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro – *Relatório 1*, COPPE/UFRJ, Fundação COPPETEC. 2007
- COPPE/UFRJ. Projeto – EIBEX-I - Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro – *Relatório 2*, COPPE/UFRJ, Fundação COPPETEC. 2010.
- MARENGO, J.A.; TOMASELLA, J.; NOBRE, C.A. 2010. Mudanças climáticas e recursos hídricos. In: Bicudo, C.E.de M.; Tundisi, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B. (eds.). *Águas do Brasil: análises estratégicas*. Capítulo 12, 224p.
- MARENGO, J.A. 2007. *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 2a. edição. Brasília: MMA, v.26, 212p.

MARENGO, J.A. 2008. Água e mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, v.22 n.63, p.83-96.

MENDONÇA, M.; MONTEIRO, M.A. Precipitações anômalas concentradas e localizadas ocorridas na costa centro-sul do estado de Santa Catarina no período de 1990-1995. *Boletim Climatológico*, FCT/UNESP, Presidente Prudente, 1997, 2(3): 77-180.

MPOG-IBGE 2011. Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. *Documentação do Arquivo*. Disponível em:
ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/Agregados_por_Setores_Censitarios/. Acesso em: 23/04/2013.

PIMENTEL DA SILVA, L.; URPIA ROSA, E.; PIRES DA SILVA, C.P. Caracterização de Parâmetros Físicos e do Saneamento Ambiental de Bacia Experimental-Representativa na Baixada de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brasil. In: *Ambiente e Água – Interdisciplinary Journal of Applied Science*, vol. 5, num. 3, 2010pp. 232-244 – Universidade de Taubaté – Taubaté, Brasil.

PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (Coords.). Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos. Brasília: CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1.5:000.000. Equipe Executora: Da Costa, Margarida Regueira; Dantas, Carlos Eduardo de Oliveira; De Azambuja, Andressa Macêdo Silva; Do Nascimento, Jean Ricardo da Silva; Dos Santos, André Luis M. Real; Farias, José Alexandre Moreira; Machado, Érica Cristina; Marcuzzo, Francisco Fernando Noronha; Medeiros, Vanesca Sartorelli; Melo, Denise Christina de Rezende; Rodrigues, Paulo de Tarso R.; Weschenfelder, Adriana Burin; Sistema de Informação Geográfica-SIG - versão 2.0 - atualizada em novembro/2011; Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade. Disponível em:
<<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

SANTOS, M. J. Z. Mudanças climáticas e o planejamento agrícola. In: SANT'ANNA NETO, J. L. & ZAVATINI, J. A. (Organizadores). Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas. EDUEM, Maringá, 2000, pp. 65-80.

VILLAS-BOAS, M.D. et. al. Avaliação Preliminar da Qualidade da Água nas Bacias Experimentais e Representativas do Rio Piabanha a partir do Cálculo do Índice de Qualidade de Água – IQA. In *Anais XIX Simpósio Brasileiro de Recursos 2011*, Maceió – AL.

ZAVATINI, J. A.; CANO, H. Variações do ritmo pluvial na bacia do rio Corumbataí (SP). *Boletim de Geografia Teórica*. Rio Claro, v.23, n.45 e 46, p.215-240, 1993.