



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Cenários de Mudanças Climáticas na Bacia Hidrográfica do Rio Una – Pernambuco

Rodrigo T. Diniz B. de Albuquerque¹, Josiclêda Domiciano Galvínio²

¹ Bacharel em Ciências Geográficas.

² Professora do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife-PE. CEP: 50670-901. Fone PABX: (81) 2126.8000.

Artigo recebido em 14/09/2010 e aceito em 18/10/2010.

RESUMO

A Bacia do Una está localizada no Estado de Pernambuco e sua área abrange áreas fisiográficas do Litoral, da Zona da Mata e do Agreste pernambucano. O presente estudo teve como objetivo simular as possíveis mudanças sobre os recursos hídricos superficiais da Bacia hidrográfica do Una utilizando os cenários futuros de aquecimento da temperatura do ar do modelo PRECIS - **Providing REgional Climates for Impacts Studies**. Inicialmente foi feito um levantamento das estações pluviométricas e fluviométricas da Bacia para alimentar um banco de dados hidrometeorológicos, depois os dados foram aplicados a um modelo hidrológico semidistribuído para prever o escoamento superficial na Bacia. Em seguida, foram aplicadas as temperaturas médias mensais do ar correspondentes ao cenário A2 de mudanças climáticas, gerado pelo modelo climático regional PRECIS, para que fossem observadas possíveis alterações no comportamento das vazões estimadas para o ano de 2020. Os resultados indicaram que houve tendência de aumento das vazões. Esse aumento na vazão poderá proporcionar problemas econômicos, ambientais, sociais e de saúde pública para os municípios inseridos na Bacia do Una.

Palavras-chave: Mudanças climáticas, vazão, modelo PRECIS.

Climate Change Scenarios in the Una River Basin - Pernambuco

ABSTRACT

This work has the general objective of simulating air temperature increase to produce future scenarios and also identifying possible changes in the surface water of the Una River Basin. The Una Basin is located in the state of Pernambuco and its area includes the physical areas of the coast, woodland and wasteland of Pernambuco. Initial research of the rainfall and rivers of the Una Basin was carried out to gather hydrometeorological data, which were then used in a semi-distributed hydrological model to predict the superficial flow of the basin. Then, average monthly air temperatures corresponding to the A2 climatic change scenario were generated by the PRECIS - **Providing REgional Climates for Impacts Studies**, regional climatic model, to observe possible alterations in flow behavior up to 2020. The results showed a small tendency for increased flows. This flow increase would cause economic, environmental, social and public health problems for all towns in the Una Basin.

Keywords: Climate change, runoff, PRECIS model.

Introdução

Nos últimos anos as evidências de que está havendo uma mudança no clima do Planeta vem se intensificando. Cheias em regiões de seca, secas em estados que normalmente tem altos índices pluviométricos, geleiras que derretem e calor intenso são alguns dos exemplos do que o Planeta Terra enfrenta. Todos esses fenômenos trazem diversas implicações para a sociedade, que vão desde impactos ambientais até problemas econômicos e de saúde pública.

No Brasil, os baixos níveis dos rios da Bacia Amazônica, registrados pela Agência Nacional de Águas - ANA no ano de 2007, e mais recentemente as cheias ocorridas nos Estados de Pernambuco e Alagoas no ano de 2010 podem ser exemplos dessas mudanças climáticas que afetam diretamente os regimes hidrológicos.

Em 1988, a Organização das Nações Unidas - ONU e a Organização Mundial de Meteorologia - OMM criaram o Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas - IPCC com o objetivo de estudar as causas e os efeitos dessas mudanças climáticas que o Planeta estaria sofrendo. O Painel conta com a contribuição de

* E-mail para correspondência: josicleda@hotmail.com.

2500 cientistas e cerca de 130 países. As pesquisas realizadas pelo IPCC geraram relatórios que expuseram para a sociedade as conclusões sobre as causas do aquecimento global e o que deve ser feito para diminuir seus efeitos (Veiga, 2008).

Com o início da revolução industrial por volta do século XVII, o homem mudou a forma de produção, passando a produzir em massa. Essa transformação foi possível devido a uma combinação de fatores, como o liberalismo econômico, a acumulação de capital e uma série de invenções, tais como o motor a vapor. Foi com a criação do motor a vapor que o homem passou a produzir em série, mas esses motores “modernos” necessitavam de força para funcionar, o que provocou uma demanda crescente pela utilização de combustíveis fósseis. A queima desses combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás, por exemplo) lança na atmosfera o dióxido de carbono, formando uma camada que gradualmente se torna mais espessa, dificultando a dissipação da radiação solar, tornando o Planeta um ambiente cada vez mais quente (IPCC, 2007).

Além do dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e o vapor de água também são considerados GEE e tem contribuições importantes para os futuros cenários de um provável aquecimento global (Molion, 2008).

Um exemplo prático de emissão de CO₂ é mostrado em um estudo realizado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia no ano de 2003, revelando que o Brasil produziu emissões líquidas anuais de cerca de 1 bilhão de toneladas de gás carbônico, 11 milhões de toneladas de metano e 500 mil toneladas de óxido nitroso. Esses valores indicaram que naquele ano que o Brasil era responsável por cerca de 3% das emissões mundiais. As queimadas, o consumo de combustíveis fósseis nas indústrias e nos transportes, bem como a intensificação das atividades pecuárias estão entre as principais atividades emissoras de GEE no Brasil.

No Estado de Pernambuco uma das Bacias Hidrográficas mais importantes é a do Rio Una, que fica localizada na porção Sul do Estado e se estende do Litoral ao Agreste pernambucano. A bacia do Una tem uma economia baseada principalmente no comércio, agricultura (cana de açúcar) e pecuária.

Na última década a bacia do Una tem sido palco de desastres causados por cheias. Nos anos de 2000, 2005 e, mais recentemente, em 2010, várias cidades foram destruídas, e o que acontece na bacia parece ser uma das consequências do aquecimento global, que acaba aumentando a intensidade e número desses eventos extremos.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo simular as possíveis mudanças sobre os recursos hídricos superficiais da Bacia hidrográfica do Una utilizando como entrada no modelo hidrológico os cenários futuros de aquecimento da temperatura do ar do modelo PRECIS.

Material e métodos

A Bacia Hidrográfica do Una está localizada no Sul do litoral do Estado de Pernambuco (Figura 1), entre os paralelos 08°17'14'' e 08°55'28'' de latitude sul e os

meridianos 35°07'48'' e 36°42'10'' de longitude oeste (SECTMA-PE, 2006).

A Bacia limita-se: Ao norte com as Bacias dos Rios Ipojuca e Sirinhaém e o grupo de Bacias de pequenos rios litorâneos 4 (GL-4); ao sul, com a Bacia do Rio Mundaú, o Estado de Alagoas, o grupo de Bacias de pequenos rios litorâneos 5 (GL-5) e o Grupo de pequenos rios Interiores 1 (GI-1); a leste, com o Oceano Atlântico, a Bacia do Sirinhaém, o GL-4 e GL-5; e a oeste, com as Bacias dos rios Ipojuca e Ipanema. A Bacia está inserida nas microrregiões do Vale do Ipojuca, Brejo pernambucano e Mata Meridional pernambucana. O Rio Una nasce no município de Capoeiras (Região Agreste), apresentando-se intermitente até a cidade de Altinho, quando se torna perene. Possui uma extensão de 290km, tendo como principais afluentes, pela margem direita, Riacho Quatis, Rio da Chata, Rio Pirangí, Rio Jacuípe, e Rio Caraçú. O Rio Jacuípe serve de limite entre os Estados de Pernambuco e Alagoas. Pela margem esquerda, destacam-se Riacho Riachão, Riacho mentirosas, Riacho do sapo, Rio Camevô, e Rio Preto. Sua foz está localizada nas vilas de Várzea do Una e Abreu do Una, no município de São José da Coroa Grande (SECTMA-PE 2006).

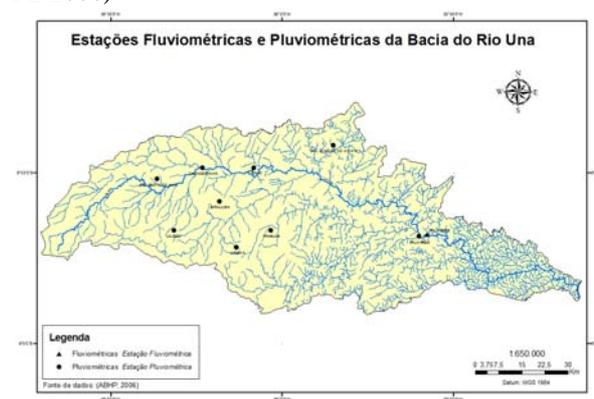


Figura 1. Localização das Estações Pluviométricas e Fluviométricas da Bacia do Uma.

A primeira parte do estudo foi o levantamento dos dados pluviométricos, fluviométricos e de temperatura das estações existentes na Bacia do Una, que foram, posteriormente, organizados em um banco de dados climatológicos.

Foram utilizadas 10 estações pluviométricas com uma série de dados superior a trinta anos. Essas informações foram levantadas junto à Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE e ao Laboratório de Meteorologia de Pernambuco - LAMEPE. O intervalo de tempo das mensurações utilizadas compreende o período de 1963 a 2002.

As séries de medições de descarga líquida da estação fluviométrica foram cedidas pela Agência Nacional de Águas - ANA.

Os dados de temperatura foram estimados pelo software *Estima_T* desenvolvido pelo Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, uma vez que existem dificuldades para os órgãos públicos operarem estações meteorológicas convencionais, não existindo cobertura

significativa do parâmetro temperatura do ar no território Brasileiro.

O software *Estima_T* faz os cálculos das estimativas de temperatura usando as informações de Latitude, Longitude, Altitude e época do ano, e retorna como resultado as temperaturas máximas, médias e mínimas do local escolhido. No estudo foi usada a temperatura média.

Modelo de Balanço Hídrico

Em uma segunda etapa foram feitos os balanços hídricos para cada uma das estações da Bacia, utilizando-se o Balanço Hídrico Normal por Thornthwaite & Mather (1955) em uma planilha desenvolvida por Rolim & Sentelhas (REF); Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ-USP, 1998. Esse balanço hídrico foi feito para toda a série de 1963 a 2002. Através do balanço hídrico, foi calculada a evapotranspiração mensal para cada uma das estações pluviométricas. Depois de se obter os dados de evapotranspiração chegou-se à situação desejada para estimar as vazões para todas as estações de medição de descarga líquida, com a utilização do modelo semidistribuído de Xiong & Guo (1997).

Estrutura do modelo hidrológico

O modelo foi demonstrado por Silva & Galvêncio em 2009. O esquema representativo das variáveis de entrada e saída do modelo pode ser visto na Figura 07, e sua estruturara é a seguinte:

A evapotranspiração real mensal pode ser calculada por:

$$E_t = CEP_t \tanh\left[\frac{P_t}{EP_t}\right] \quad (1)$$

em que, E_t é a evapotranspiração real mensal, EP_t é a taxa de evaporação, P_t é a precipitação mensal, \tanh é a função tangente hiperbólica e C é o primeiro parâmetro do modelo.

A equação (1) foi obtida do estudo de Guo et al (2002) e foi adaptada da fórmula de Ol'dekop (1911, citada após por Brutsaert, 1992), que foi usada no cálculo da evapotranspiração real anual em longo prazo em bacias na China. Na equação (1), o termo do índice de umidade do solo não aparece diretamente. Entretanto, isto não implica que a umidade do solo é irrelevante na evapotranspiração real, porque em longo prazo, o índice de umidade no solo pode ser refletido por outros dois termos importantes: Precipitação e EP potencial, como consequência do mecanismo de fechamento do sistema solo-planta-atmosfera.

O escoamento superficial mensal Q é relacionado com o índice de umidade do solo S , que é estimado por:

$$Q_t = S_t \tanh[S_t / S_c] \quad (2)$$

em que, Q_t é o escoamento superficial mensal, S_t é a quantidade de água no solo e S_c é a capacidade de campo da bacia em milímetros.

De posse das séries de precipitação mensal e evaporação mensal, a evapotranspiração real mensal (E_t) pode ser determinada pela equação (1). A quantidade da água restante dentro do solo será obtida

por: $S_{t-1} + P_t - E_t$; após a perda da evapotranspiração E_t , com o S_{t-1} que é o conteúdo de água no fim (t-1) e começo do mês t. A equação (2) será usada para calcular o escoamento superficial (Q_t) no mês t:

$$Q_t = [S_{t-1} + P_t - E_t] \tanh\{[S_{t-1} + P_t - E_t] / S_c\} \quad (3)$$

Finalmente, o armazenamento de água no solo no mês t no fim de cada mês será calculado de acordo com a lei de conservação de água:

$$S_t = S_{t-1} + P_t - E_t - Q_t$$

Crítérios de avaliação do modelo hidrológico

O modelo será avaliado usando dois critérios. Primeiro o critério de eficiência de Nash & Sutcliffe, (1970).

$$R^2 = \left(\frac{F_0 - F}{F_0}\right) 100\% \quad (5)$$

Onde, F_0 é a soma do quadrado da diferença entre o observado e a média e F é a soma do quadrado da diferença entre o observado e o estimado. O valor de R^2 próximo da unidade significa uma boa simulação do escoamento superficial.

O segundo critério que será usado é o cálculo do erro relativo entre o observado e estimado, que será dado pela equação abaixo:

$$RE = \frac{\sum(Q_t - \hat{Q}_t)}{\sum Q_t} 100\% \quad (6)$$

O valor de RE esperado é que seja próximo de zero para que se obtenha uma boa estimativa do volume total do escoamento superficial observado (Galvêncio et al., 2009).

Parametrização dos modelos de macro-escala

Donald & Boorman (1993) e Vandewiele & Elias (1995) mostraram como estimar e calibrar os parâmetros do modelo de bacias. Nesses estudos os parâmetros do modelo são ligados às características da bacia, tais como: os tipos de distribuições do solo e da vegetação para cada sub-bacia são calibrados (Galvêncio et al., 2009).

Cenário A2 de mudanças climáticas e a temperatura média do ar

A World Wildlife Foundation (WWF) realizou uma série de estudos em que se descrevem os resultados mais recentes sobre possíveis cenários de mudanças climáticas, elaborados para um conjunto de países e regiões do mundo. Os cenários baseiam-se em dados climáticos observados, fornecidos pela Climatic Research Unit, em um conjunto de cenários preliminares de gases de efeito estufa preparados para o IPCC e numa série de simulações climáticas realizadas com sete modelos matemáticos de circulação global, cujos resultados foram postos a disposição pelo Centro de Distribuição de Dados do IPCC (IPCC – CDD) Os quatro cenários climáticos estão relacionados com quatro projeções diferentes de emissões de gases de efeito estufa para o futuro (Marengo, 2001).

Os cenários são por B1, B2, A1 e A2. As mudanças na emissão de carbono por fontes industriais/produção

de energia em 2100 variam de um decréscimo de 4% (cenário B1) a um aumento de cerca de 320% (cenário A2), relativamente às estimativas para o ano 2000. Essas estimativas das taxas de emissão futuras ignoram a existência de medidas de foro político para a proteção do clima. A concentração de dióxido de carbono na atmosfera aumenta de aproximadamente 370 ppm (partes por milhão) em 1999 para cerca de 550 ppm em 2100 no cenário B1, e para mais de 830 ppm no cenário A2. As concentrações de outros gases de efeito estufa também aumentam (Marengo, 2001).

Os dados da temperatura média mensal do ar, projetados no cenário A2 para a bacia hidrográfica do rio Una, foram adquiridos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Essas informações foram geradas pelo modelo climático regional Providing REgional Climates for Impacts Studies (PRECIS), desenvolvido pelo centro de estudos meteorológicos Hadley. Os dados simulados pelo modelo PRECIS foram obtidos através da página <http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/scarf/download-de-documentos/dados-precis>. Os dados do modelo do sistema PRECIS foram gerados pelo INPE em grade regular de 0,5° x 0,5°, cobrindo todo o território brasileiro. Informações mais detalhadas sobre o modelo PRECIS podem ser encontradas no site <http://precis.metoffice.com>.

De posse dos dados, estes foram espacializados sobre a bacia hidrográfica do Una através do método de Krigagem ordinária executado pelo *software Arcgis 9.3*. A partir dos mapas gerados, foram realizadas as interpretações para o cenário A2. Essa metodologia foi utilizada de forma similar à utilizada por Santos (2010).

Resultados e discussão

A precipitação pluviométrica média mensal das estações utilizadas na bacia hidrográfica do Una pode ser vista na Figura 2, onde o período de maior volume de chuva corresponde ao intervalo entre os meses de março a agosto. Observa-se que neste período, os meses de junho e julho apresentam médias pluviométricas superiores a 100mm.

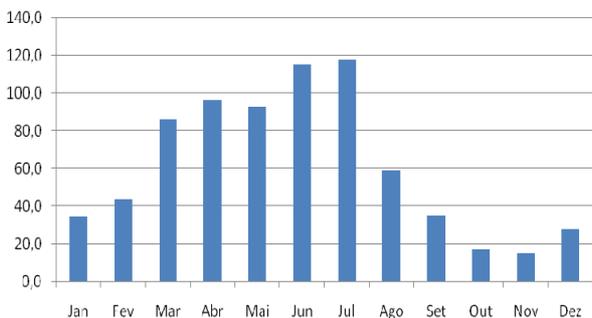


Figura 2. Pluviometria mensal para as estações da bacia hidrográfica do Uma.

Para o período que se estende de setembro a março ocorre uma diminuição na média pluviométrica, chegando a registrar nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro precipitações abaixo de 40,0 mm respectivamente.

Cenário A2 de mudanças climáticas e o escoamento superficial na Bacia

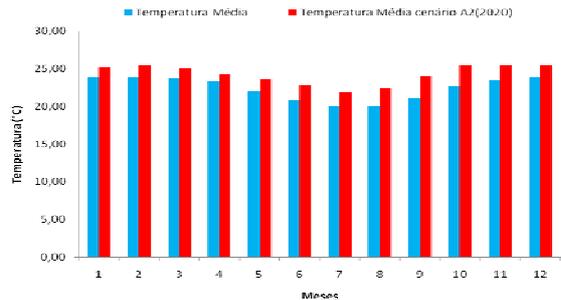


Figura 3. Temperatura mensal e estimada no cenário A2 para as estações utilizadas.

Através das análises detalhadas do comportamento da temperatura média do ar projetada para o ano de 2020 pelo modelo PRECIS no cenário A2, o período chuvoso, que também é o mais frio, torna-se mais quente. No intervalo de dez anos o acréscimo médio é de 1,75°C para o período mais úmido, enquanto que nos meses do período seco esse acréscimo é de 1,91°C. Na área bem próxima da foz do Una, já perto do Município de Barreiros ocorrem as maiores temperaturas para o cenário A2, em todos os meses a média gira em torno dos 25° a 26°C, no médio Una as temperaturas estarão entre 22° e 24°C e no alto Una as médias ficarão em torno de 21,5° a 24°C.

Nos meses de junho e julho, nessa região, são comuns temperaturas abaixo dos 20°C, caso os cenários se confirmem as menores temperaturas registradas na Bacia vão ser superiores a 21,5°C. Nos períodos de novembro até janeiro onde ocorrem as maiores temperaturas, que hoje estão na casa dos 24°C, caso o cenário se confirme as temperaturas passarão para a casa dos 25,5°C.

Calibração e funcionamento do modelo de balanço hídrico mensal semidistribuído

A calibração do modelo de balanço hídrico mensal semidistribuído ocorreu através de modificações realizadas nos parâmetros de profundidade e porosidade do solo. Foram utilizados valores de porosidade que chegaram até 40% para os tipos de solos encontrados na bacia. Quanto ao fator profundidade os solos encontrados na área estudada apresentam em média uma profundidade de 2,00m nas estações utilizadas, chegando a 11,0m em alguns pontos da bacia hidrográfica.

O processo de calibração chegou ao fim após alcançar os seguintes resultados: critério de eficiência de Nash e Sutcliffe no valor de 70,0% para a estação fluviométrica de Palmares, que foi utilizada como controle.

Na Figura 4 são comparadas as vazões observadas com as estimadas para a estação fluviométrica de Palmares. Os resultados obtidos na calibração demonstram que o modelo respondeu bem aos dados observados, tendo resultados mais satisfatórios quando as vazões foram altas, e resultados regulares para as vazões baixas.

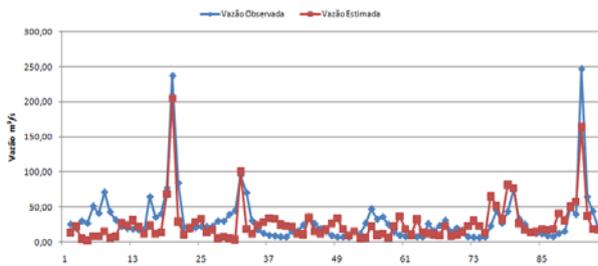


Figura 4. Relação entre as vazões estimada e observada na estação de Palmares.

Projeção do escoamento superficial no cenário de mudanças climáticas A2

A Figura 5 apresenta os resultados da simulação do escoamento superficial, no cenário A2, para a estação fluviométrica de Palmares, além da simulação da vazão em m³/s constam também as vazões médias da estação.

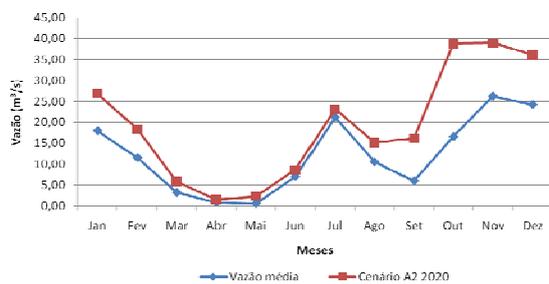


Figura 5. Vazão simulada e vazão média para 2020 no cenário A2 em Palmares.

Para a estação de Palmares (Figura 5) é possível notar que houve um aumento da vazão (projetada) no cenário A2 em 2020. Nos meses de abril a julho, período chuvoso, as vazões projetadas no mesmo cenário acompanham a vazão média, com uma leve tendência de aumento. No período mais seco existe uma tendência maior de aumento das vazões médias mensais na Bacia, podendo causar transtornos como os ocorridos em janeiro de 2004, onde chuvas causaram destruição e morte no Estado de Pernambuco, essas chuvas foram temporalmente atípicas e a tendência de aumento para esse período seco pode ser importante tendo em vista que sempre se espera os maiores picos de cheias entre os meses de maio até julho.

Possíveis impactos das mudanças do escoamento superficial na bacia do Una

Diante do exposto anteriormente, é possível projetar os reflexos das mudanças climáticas na organização socioespacial da Bacia hidrográfica do Una com um possível aumento do escoamento superficial no cenário A2 para o ano de 2020.

Caso essa tendência se confirme para o cenário A2 de aquecimento global projetado para o ano de 2020, os problemas já encontrados na Bacia durante a época mais chuvosa do ano podem se intensificar. Problemas relacionados às enchentes se tornam cada vez mais comuns e causam prejuízos e mortes nas principais cidades que margeiam o rio Una. Além dos problemas ambientais e socioeconômicos, esses eventos têm

causado muitas mortes ao longo dos últimos anos e caso os picos e a frequência das cheias aumente pode haver maiores problemas nos próximos anos.

Observando-se recentes trabalhos com a utilização do mesmo modelo semidistribuído chega-se à conclusão que o modelo responde bem às expectativas de prever o escoamento. Silva, Galvínio & Nóbrega (2009) utilizaram a mesma metodologia do presente trabalho para a Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca, no Estado de Pernambuco e observaram que durante os períodos de maior vazão há uma tendência da vazão diminuir com o aumento da temperatura em todos os postos estudados. Silva & Galvínio (2009) em Estudos na Bacia do Rio Pirapama, No Estado de Pernambuco utilizaram o mesmo modelo semidistribuído e chegaram à conclusão que no início da série não há alteração perceptível no escoamento superficial, mas com o passar dos meses, aproximadamente 100 meses (8,3 anos), o escoamento superficial é alterado, diminuindo as vazões mínimas e aumentando as máximas. No presente trabalho o aumento das vazões no período dos maiores picos de vazão ocorre de forma muito parecida ao trabalho publicado em 2009 por Silva & Galvínio.

Conclusões e sugestões

As projeções da temperatura média mensal do ar realizadas pelo modelo PRECIS sobre a bacia hidrográfica do Una devem ser vistas e analisadas com cuidado pelos governantes. No cenário A2, em 2020 projetou-se, nesse estudo, um aumento médio de temperatura entre 1,03°C a 2,86°C a Região.

O modelo de balanço hídrico mensal semidistribuído simples apresentou resultados considerados satisfatórios, com leves subestimações nos picos de vazão e respostas menos satisfatórias para vazões mais reduzidas.

O aumento das temperaturas médias pode causar transtornos tantos nas épocas úmidas quanto nas épocas secas, enchentes devem ser encaradas como ameaças, mas as secas não devem ser subestimadas. Aumentos de temperaturas significam uma maior evaporação e por consequência uma perda maior dos volumes de água armazenados nos reservatórios da Bacia, esses aumentos das perdas por evaporação podem trazer problemas para o abastecimento público de água na região, aumentando a incidência de doenças relacionadas às condições de higiene pessoal bem como aumento do número de casos de doenças relacionadas ao consumo de água imprópria.

Essas possíveis implicações exigem atenção das autoridades no sentido de que medidas emergenciais de enfrentamento dos impactos das mudanças climáticas sejam tomadas, evitando possíveis prejuízos para as cidades e suas populações. Para isso, tanto o governo, quanto a sociedade civil organizada devem atuar de forma conjunta, levando em consideração os fatores naturais e estando mais atentos para os fatores antrópicos que causam impactos negativos ao meio ambiente e ao clima.

Também são importantes que sejam criadas campanhas de conscientização da população em relação aos cuidados com o meio ambiente e aos

recursos hídricos. Destinação correta do lixo doméstico, consumo consciente de água e energia elétrica, coleta e reciclagem de resíduos sólidos são algumas das formas da população fazer a parte que lhe cabe.

Deve haver uma maior atenção dos Governos para as áreas de hidrologia e meteorologia, bem como maiores investimentos para ampliação e manutenção das redes hidrometeorológicas. Esses investimentos seriam facilmente justificados em face da importância da utilização dos dados hidrometeorológicos para a previsão e prevenção de eventos extremos (cheias e secas) que causam prejuízos muito maiores com a obrigação da reconstrução das cidades e das áreas atingidas por cheias ou das ações emergenciais para atenuar o sofrimento com a falta de água.

É importante a realização de trabalhos futuros que possam analisar com maior riqueza de detalhes, tanto a dinâmica das precipitações pluviométricas quanto seu relacionamento com o escoamento superficial dentro de uma bacia hidrográfica; investimento na rede hidrometeorológica básica e investimento em pesquisa e recursos humanos.

Referências

- Ayoade, J.O. 2003. Introdução à climatologia para os trópicos. 9ª Ed. Trad. Maria Juraci Zani dos Santos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pp. 205-210.
- Brutsaert, W. 1992. Evaporation into the Atmosphere: Theory, History and Applications. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Cavalcante, B.; Marques H.; Leão, N. 2010. O Haiti é aqui. Revista Isto É, 2120, 106-115.
- Da Silva, D.F.; Galvêncio, J.D. 2009. Influências das Escalas Interanuais e Decadais sobre a Precipitação do Sub-médio São Francisco. I Workshop sobre Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos em Pernambuco. 21 a 23 de setembro.
- DNPEA. 1973. Levantamento Exploratório – Reconhecimento de solos do estado de Pernambuco. Boletim Técnico nº 26. Divisão de Pesquisa Pedológica – Ministério da Agricultura. 01, Recife.
- Donald, H.B.; Boorman, D.B. 1993 Estimation of hydrological parameters at ungauged catchments. J. Hydrol., 143, 429-454.
- Duarte, C.C. 2009. Análise dos Impactos das Mudanças climáticas no escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Tapacurá, a partir da utilização de um modelo de balanço hídrico semi-distribuído simples. 124p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco.
- Galvêncio, J.D. 2005. Balanço hídrico a superfície do Açude Epitácio Pessoa, utilizando modelos digitais de elevação. Campina Grande, 2005. 156p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande.
- Galvêncio, J.D., Sousa, F. de A.S. de, Shirinivasan, V.S. 2007. Avaliação do Desempenho de Modelo Hidrológico de Balanço Hídrico na Sub-bacia de Caraúbas, em anos de El Niño e La Niña. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 12, 22-31.
- Guo, S., J. Wang, L. Xiong, A. Ying; D. Li. 2002. A macro-scale and semi-distributed monthly water balance model to predict climate impacts in China. Journal of Hydrology, 268, pp.1-15.
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (IPCC). 2007. Climate Change. The Physical Science Basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report.
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (IPCC). 2007. Climate Change. Impacts, adaptation and vulnerability: contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report.
- Jarraud, M. 2006. Mensagem da OMM para o dia meteorológico mundial em 2006 prevenção e mitigação dos desastres naturais. Trad. Dimitrie Nechet. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, 30, 1, 46.
- Lacerda, F.; Ferreira, M.A.F.; Souza, W.M. de. 2006. Climas do Estado de Pernambuco. In: Bacias hidrográficas de Pernambuco. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco, pp.16-17.
- Molion, L.C.B. 2008. Aquecimento global: uma visão crítica. Revista Brasileira de Climatologia, pp. 8-24.
- Marengo, J.A. 2001. Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. Revista Brasileira de Meteorologia, 16, 1, 1-18.
- Santos, A.M. dos. 2010. Impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Goiana – Pernambuco. Recife, 2010. 115p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco.
- Secretaria De Ciência Tecnologia E Meio Ambiente De Pernambuco – SECTMA-PE. 2006. Bacias Hidrográficas de Pernambuco; Coordenação técnica de Simone Rosa da Silva. Recife, 104p.
- Thorntwaite, C.W.; Mather, J.R. 1955. The water balance. Publ. Climatol. Lab. Climatol. Drexel Inst. Technol., 8, 1, 1-104.
- Tucci, C.E.M. (Org.). 2007. Hidrologia: ciência e aplicação. 4ª Ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 943p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 4).
- Veiga, J.E. da. 2008. Aquecimento global: frias contendas científicas. São Paulo: SENAC, p.17-106.
- ANA. Agência Nacional de Águas. 2010. Disponível em: <http://www.ana.br>. Acesso em: 18 de maio de 2010.
- ITEP. LAMEPE. 2009. Médias históricas da chuva (mm) de Janeiro a Dezembro para o Estado de Pernambuco. Recife, 2009. Disponível em: <http://www.itep.br/LAMEPE.asp>. Acesso em: 10 out. de 2010.
- Pernambuco de A/Z. 2010. Diário de Pernambuco. Disponível em: http://www.pernambuco.com/diario/2004/02/08/urbana9_2.html. Acesso em: 18 maio de 2010.
- Rolim, G.S.; Sentelhas, P.C.; Barbieri, V. 1998. Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de

- balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 6, 133-137.
- Silva, I.F.; Galvêncio, J.D.; Nóbrega, R.S. 2009. Impacto das mudanças climáticas nas respostas hidrológicas do rio Ipojuca (PE) – Parte 2: cenários de aumento de temperatura. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2, 2, 19-30.
- Silva, C.A.V.; Galvêncio, J.D. 2009. Relação Clima e Escoamento Superficial na Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama – PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2, 2.
- SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. 2009. Disponível em: <http://www.sudene.br>. Acesso em: 10 Set. de 2010.
- UOL – 2010. Inventário de emissão de gases no Brasil. UOL Disponível em: <http://ecoviagem.uol.com.br/noticias/ambiente/inventario-sobre-emissao-de-gases-mostra-esforco-do-pais-no-combate-ao-efeito-estufa-5423.asp>. Acesso em: 01 jul de 2010.
- Vandewiele, G.L; Elias, A. 1995. Monthly water balance of ungauged basins obtained by geographical regionalization. *J. Hydrol.*, 134, 315-347.
- Xiong, L.; Guo, S. 1997. Water balance models and application in China (in Chinese with English abstract). *J. Adv. Water Sci.*, 7, 74–78.