

Desenvolvimento de modelo de balanço hídrico para bacia hidrográfica do rio Goiana-PE

Antonio Marcos dos Santos¹, Josiclêda Domiciano Galvêncio²,
Magna Soelma Beserra de Moura³

Resumo

O presente capítulo expõe o resultado do desenvolvimento e calibração do modelo de balanço hídrico mensal semi-distribuído, analisando os efeitos do clima, do uso do solo e da cobertura vegetal no escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Goiana no estado de Pernambuco. Para concretização deste estudo foram utilizados dados referentes a precipitação pluviométrica, evapotranspiração potencial, interceptação da chuva pela cobertura vegetal e características dos solos locais. O modelo desenvolvido se mostrou

1 Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE. Avenida Professor Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco. CEP 50670 901. E_mail: geo_fisica@yahoo.com.br

2 Professora adjunta do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE. Avenida Professor Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco. CEP 50670 901. E_mail: josicleda@pq.cnpq.br

3 Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Semi-Árido). E_mail: magna@cpatsa.embrapa.br

bastante factível de ser usado no planejamento e gerenciamento da bacia, em especial para simulações dos impactos das mudanças climáticas.

Palavras chaves: modelagem hidrológica, mudanças climáticas e gerenciamento dos recursos hídrico.

Abstract

The present chapter displays the result of the development and calibration of the model of the water balance distributed monthly, analyzing the effect of the climate, of the use of the ground and the vegetal covering in the runoff of the Goiana river watershed in the state of Pernambuco.

92 | For materialization of this study referring data were used the rain, potential evapotranspiration, monthly medium temperature of the air, interception of the rain for the vegetable and characteristic of the local soils covering. The developed model if showed sufficiently feasible of to be used in the planning and management of the basin, in special for simulation of the impacts of the climatic changes.

Keywords: models hydrological, climatic changes and administration of the resources water.

Introdução

Nos últimos cinquenta anos a problemática da escassez hídrica põe em cheque os atuais padrões de produção e reprodução do espaço geográfico terrestre. Problemática que vem chamando a atenção da comunidade política e científica mundial. Os reflexos das inquietações vêm resultando em uma série de estudos destinados a compreender a dinâmica geopolítica e ambiental dos recursos hídricos. Outro fator que mostra o grau de preocupação frente aos recursos hídricos são os aportes jurídicos (leis) que vem sendo desenvolvidos

em vários países no intuito de regular e gerir os distintos usos deste bem (GOLTERND, 2005; SANTOS, 2008).

Entre os mecanismos científicos, a modelagem de sistemas ambientais, na qual se encaixa a modelagem hidrológica, vem despontando como uma das ferramentas eficazes quando se trata da tentativa de representar a dinâmica ambiental hidrológica (MOUELHI et al., 2006). De acordo com Christofolletti (2002) a modelagem pode ser compreendida como uma representação da realidade, mesmo que limitada. Essa representação do ambiente real é obtida através de simulações consideradas por Christofolletti (op. cit.) e Fiering e Qrunnits (2007) como uma descrição matemática da resposta de um determinado sistema hidrológico de recursos hídricos a um conjunto de eventos marcado por um período de tempo. Ferramenta que bem aplicada proporciona uma reconstrução do ambiente real na busca da compreensão de suas modificações, sejam elas acometidas pelos fatores naturais e/ou humanos.

A modelagem hidrológica tem na bacia hidrográfica a principal célula de análise, visto que, é nesta unidade ambiental onde é possível inferir a inter-relação entre a dinâmica hidrológica, hidrográfica e antropogênica. Neste contexto, a bacia hidrográfica é entendida como um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, junto à superfície terrestre, demarcado no seu interior e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais (RODRIGUES; ADAMI, 2005).

Na perspectiva sistêmica, a bacia hidrográfica é considerada um sistema aberto, visto que, seu funcionamento dinâmico ocorre através da entrada de energia e matéria representada pelo volume de água proveniente das precipitações pluviométricas e a saída de energia e matéria representada pelos fluxos de água escoada seguida pelos sedimentos carregados oriundos da própria bacia (CHRISTOFOLETTI, 1974; TEFARA; STROOSNIJDER, 2007).

Vale ressaltar que o processo de entrada de energia e matéria, assim como suas saídas, mantém uma conectividade entre a bacia hidrográfica com outros sistemas ambientais (atmosférico, marinho, entre outros), os quais fornecem e recebem energia e matéria. Esta funcionalidade dinâmica entre vários sistemas, os quais fornecem e recebem encargos energéticos e materiais, coloca a bacia hidrográfica na categoria dos sistemas não isolados Christofolletti (2002). Tornando-a um sistema propício para simulações hidrológicas.

Quanto aos modelos de balanço hídrico, nos últimos anos vários foram desenvolvidos e aplicados em variadas bacias hidrográficas, sejam elas de pequena, média e com grande área de drenagem. Neste contexto, destacam-se os modelos com a finalidade de analisar os efeitos das variabilidades e mudanças climáticas sobre a disponibilidade e qualidade hídrica das bacias hidrográficas.

Xiong e Guo (1997) desenvolveram um modelo de balanço hídrico semi-distribuído simples de dois parâmetros. O objetivo foi analisar os impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos superficiais de bacias hidrográficas no estado nacional chinês. A estrutura do modelo desenvolvido tem como dados de entrada a precipitação pluviométrica, a temperatura do ar e a evapotranspiração potencial. Os dois parâmetros estão relacionados com as características dos solos locais. Cinco anos depois Guo et al. (2002) aplicou este modelo a bacia hidrográfica do rio Gangjiang e do rio Hanjiang, os resultados foram satisfatórios e a partir daí, a base deste modelo vem sendo utilizado em vários estudos nas diferentes regiões do mundo e com novas adaptações.

Já Mouelhi et al., (2006) desenvolveram um modelo semi-distribuído de três parâmetros denominado de GR2M. O modelo utilizado para simular o escoamento superficial foi testado em 410 bacias distribuídas em regiões climáticas semi-áridas, temperadas e tropicais úmidas presentes no Brasil, nos Estados Unidos, na Costa do Mar-

fim, na Austrália e França. Houve também uma comparação com os resultados de outros modelos semi-distribuídos de variados parâmetros. Os resultados foram também satisfatórios e podem servir como base no gerenciamento dos recursos hídricos através da bacia hidrográfica.

Ma et al., (2008) com o intuito de avaliarem as consequências dos impactos das variabilidades climáticas sobre a tendência do escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Shiyang, região semi-árida da China, desenvolveram também um modelo de balanço hídrico semi-distribuído aplicados para dados mensais e diários. As informações de entrada foram as mesmas utilizadas por Guo et al. (2002) incrementadas por dados referentes ao estado atual da cobertura vegetal e do uso da terra. Os resultados mostraram que em alguns postos fluviométricos houve uma redução temporal do escoamento superficial, enquanto em outros houve um leve aumento. Informações que segundo os autores podem subsidiar programas de planejamento dos recursos hídricos na região da bacia hidrográfica estudada para os próximos cem anos garantindo uma estabilidade hídrica futura.

Duarte (2009), aplicou um modelo de balanço hídrico semi-distribuído simples de dois parâmetros (porosidade e profundidade) para analisar os impactos das mudanças climáticas sobre o escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Tapacurá no estado de Pernambuco. Neste estudo houve simulações de vários cenários de mudanças climáticas com resultados alternados tendo a temperatura como principal reguladora da diminuição e/ou aumento da quantidade de água escoada.

Já no trabalho de Galvêncio (2005), foi desenvolvido um modelo de balanço hídrico a superfície, o qual foi capaz de analisar os impactos da variabilidade das condições de uso do solo, da precipitação e da cobertura fitogeográfica referente à bacia hidrográfica do Açude Epitácio Pessoa no estado da Paraíba. O modelo refinado desen-

volvido tem como dados de entrada a porosidade e profundidade do solo e as variáveis precipitação e evaporação. Houve também o emprego dos dados referentes a fração da cobertura vegetal e da estrutura topográfica da bacia.

Diante do exposto é possível observar que ao analisar os reflexos das mudanças e/ou variabilidades climáticas sobre os recursos hídricos em bacias hidrográficas os modelos de balanço hídrico, sejam eles simples ou complexos, vem sendo bem empregados. Resultados que subsidia este capítulo, o qual tem como objetivo principal apresentar o resultado do desenvolvimento e calibração do modelo de balanço hídrico mensal semi-distribuído, analisando os efeitos do clima, do uso do solo e da cobertura vegetal no escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Goiana no estado de Pernambuco.

96 | Através do desenvolvimento desse modelo o estudo busca contribuir com o planejamento integrado dos recursos hídricos da referida bacia hidrográfica, assim como, estimular novos estudos sobre a temática.

O modelo desenvolvido é semelhante aos construídos e aplicados por Guo et al., (2002) e Duarte (2009), porém com modificações nos parâmetros.

Material e Métodos

Localização e caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Goiana está localizada entre as coordenadas de 07°22'20" e 07°54'47" de Latitude Sul e 34°49'06" e 35°41'43" de Longitude Oeste no Estado de Pernambuco (Figura 24). Possui uma área de 2.847,53 km² abrangendo 26 municípios da Região da Zona da Mata Norte pernambucana.

Quanto aos aspectos fisiográficos, a bacia hidrográfica do rio Goiana

apresenta quatro compartimentos regionais de relevo, os quais são: as Planícies Costeiras, os Tabuleiros Costeiros, as Colinas da Zona da Mata e porção da encosta setentrional do Planalto da Borborema a oeste (JATOBÁ, 2006; SANTOS & PONTES, 2009). A estrutura pedológica tem como solos principais o Latossolo Amarelo, o Gleissolo, o Neossolo Flúvico, o Espodosolo, o Neossolo Litólico, o Planossolo, o Argissolo Amarelo, o Argissolo Vermelho-Amarelo e o Argissolo Vermelho, os dois últimos ocupando mais de 60% da área da bacia hidrográfica (FILHO et al., 2006).

De acordo com os trabalhos de Koffler et al. (1986), Brasil (1992), Rodal (2006), Santos et al., (2008) e Santos e Galvíncio (2009) a bacia hidrográfica do rio Goiana possui três zonas fitogeográficas completamente desmatadas: a Zona Litorânea marcada pelas Formações Pioneiras de influência marinha e fluviomarina, a Zona da Mata subdividida em mata úmida e mata seca representada pelas Florestas Ombrófila Densa e Submontana e a Zona da Savana representada pelos tabuleiros costeiros onde há um predomínio da Floresta Ombrófila Semidecídua.

97

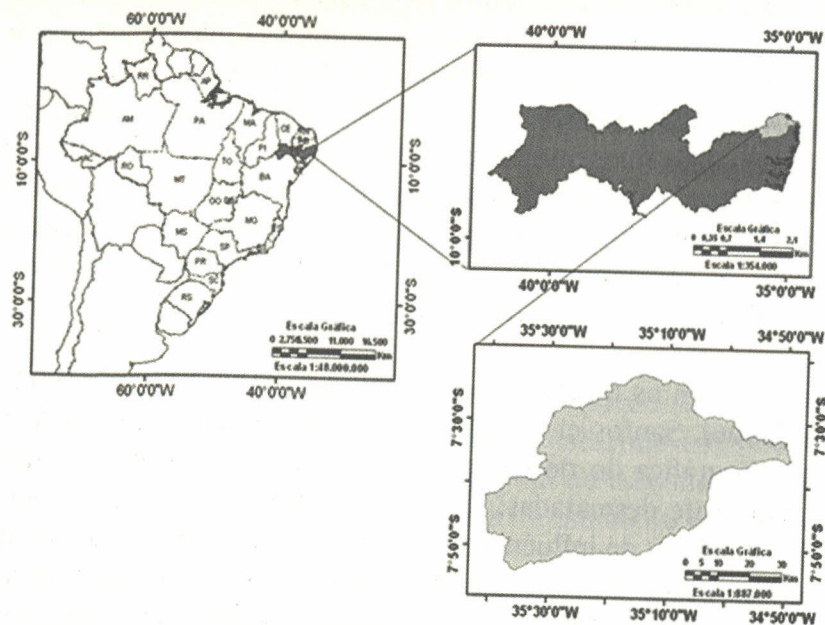


Figura 24: Localização espacial da bacia hidrográfica do rio Goiana- Pernambuco.

Lacerda et al. (2006) e Santos e Galvêncio (2009) destacam que a bacia hidrográfica do rio Goiana apresenta como tipologia climática: o clima Úmido-Subúmido, com uma média dos totais anuais pluviométrico variando entre 2.350 a 1150 mm (sentido leste-oeste) e uma temperatura média do ar anual variando entre 24 a 25°C; o clima Seco Subúmido com uma média nos totais anuais de chuva variando entre 1150 a 1000 mm e a temperatura média do ar anual variando entre 23 a 24°C e o clima Semi-Árido, o qual ocupa uma pequena área na porção sudoeste da bacia hidrográfica apresentando uma média nos totais pluviométricos que variam entre 150 a 850 mm. A temperatura média anual do ar varia entre 23 a 24°C.

Quanto ao uso do solo Santos et al.(2008) destacam que mais de 85% da área da bacia hidrográfica tem como predominância o cultivo da cana-de-açúcar. Cultivo inserido a séculos na área de estudo

e que segundo Santos e Pontes (2009) e Cavalcanti et al., (2002) houve uma intensificação do plantio em meados da década de 1970 impulsionada pelo Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL). Há também a presença de pequenas áreas destinadas à agricultura de subsistência e a pecuária.

Procedimentos Metodológicos

No intuito de alcançar o objetivo proposto foram necessárias duas etapas de trabalho. A primeira destinou-se a coleta de informações referentes à estrutura física e organizacional do território da bacia hidrográfica. A segunda foi concretizada pela montagem e a calibração do modelo de balanço hídrico mensal semi-distribuído.

Para o levantamento das informações fisiográficas e referentes à estrutura do uso do solo da bacia, foram realizadas visitas a campo seguidas de consultas bibliográficas, documentais, cartográficas e análises em imagens orbitais. Os dados levantados foram armazenados em um banco de dados confeccionado através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

A base de montagem do modelo de balanço hídrico mensal semi-distribuído simples foi espelhada nos trabalhos de Guo et al. (2002) e Duarte (2009) tendo algumas modificações, como a inclusão de um terceiro parâmetro relacionado a interceptação da chuva pela cobertura vegetal (Figura 25).

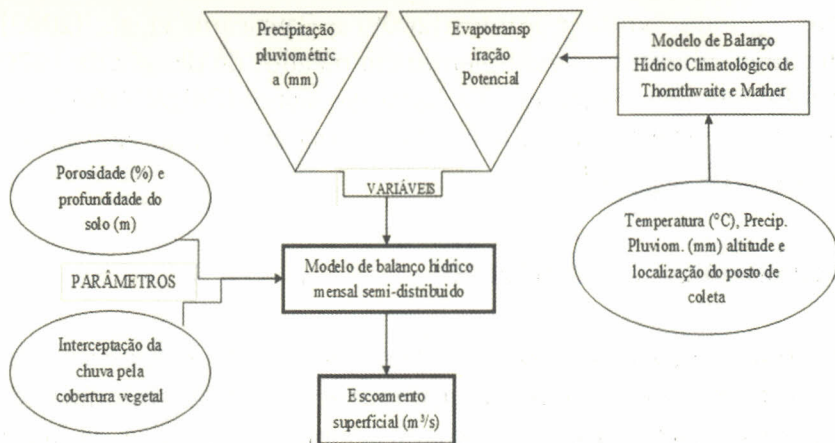


Figura 25: Organograma representando a estrutura do modelo desenvolvido para simulação do escoamento superficial.

A série histórica da precipitação pluviométrica e da evapotranspiração potencial utilizada no modelo corresponde a uma normal climatológica de 1963 até 1992. Foram recolhidos dados de chuva de cinco postos pluviométricos, os quais três deles (Machados, Condamo e Paudalho) foram empregados na simulação do escoamento superficial na estação fluviométrica do Engenho Itapissirica. Enquanto que os postos de Aliança e Vicência foram utilizados na simulação do escoamento na estação fluviométrica do Engenho Itapissirica (Figura 26).

A evapotranspiração potencial foi gerada no modelo de Balanço Hídrico Climatológico de Thornthwaite e Mather (1955) e desenvolvido em planilha eletrônica por Rolim et al. (1998). Para alimentação do modelo citado necessitou-se dos dados de localização geográfica (latitude e longitude) e da altitude em metros dos postos pluviométricos. Também foi necessária para gerar a evapotranspiração potencial a inserção no modelo dos dados de temperatura média mensal correspondente ao período analisado, a qual foi estimada via o software Estimativa da Temperatura do ar (Estima_T).

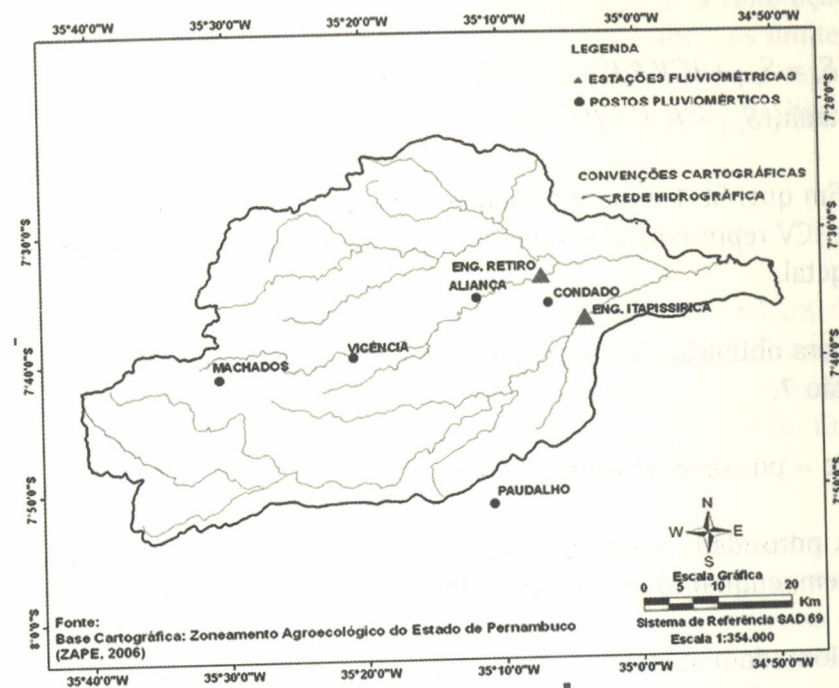


Figura 26: Localização espacial dos postos pluviométricos e das estações fluviométricas utilizadas na modelagem hidrológica.

A expressão matemática utilizada para o cálculo do escoamento superficial é apresentada na Equação 5.

$$Q_t = (S_{t-1} + P_t - E_t) \tanh((S_{t-1} + P_t - E_t) / S_c) \quad (5)$$

Em que Q_t é o escoamento Superficial médio mensal em (m^3/s); S_{t-1} representa o armazenamento de água no solo em mm no mês anterior; P_t é a precipitação pluviométrica (total mensal em mm); E_t é a evapotranspiração potencial em mm; \tanh é a tangente hiperbólica e S_c é a capacidade de campo da estrutura pedológica presente na área de estudo.

O armazenamento de água no solo (S_t) foi calculado com base na lei de conservação das águas apresentada na Equação 6.

$$S_t = S_{t-1} + ICV * P_t - E_t - (S_{t-1} + ICV * P_t - E_t) * \tanh((S_{t-1} + ICV * P_t - E_t) / S_c) \quad (6)$$

Em que, S_{t-1} é o armazenamento de água no solo no mês anterior e ICV representa o volume de água interceptado pela cobertura vegetal.

Para obtenção da capacidade de campo (S_c) foi empregada a Equação 7.

$$S_c = \text{porosidade} * \text{profundidade} * 1000 \quad (7)$$

A porosidade é um valor adimensional apresentado em porcentagem, enquanto que a profundidade é oferecida em metros.

Montado o modelo o próximo passo foi a calibração do mesmo. Para isso, utilizou-se o critério de eficiência de Nash e Sutcliffe (1970), parâmetro bem empregado entre os estudos que envolvem simulações hidrológicas, a exemplo dos trabalhos de Ajami et al., (2004), Galvêncio (2005), Mouelhi et al., (2006) e Webb et al., (2008).

A Equação 8 representa o método de cálculo do critério de Nash & Sutcliffe.

$$R^2 = (FO - F / FO) \quad (8)$$

Em que FO é a soma do quadrado da diferença entre o escoamento superficial observado e a sua média e F é a soma do quadrado da diferença entre o escoamento superficial observado e a estimado. Quanto mais próximo for o R^2 de 100% mais eficiente é a simulação.

Os dados do escoamento superficial observado utilizado para calibração do modelo correspondem aos anos de 1978 a 1985 para ambas as estações fluviométricas. Os ajustes em busca da calibração foram realizados nos parâmetros do modelo respeitando os limites das características dos solos (porosidade e profundidade) e a capacidade de interceptação da chuva pela cobertura vegetal da bacia hidrográfica.

Resultados e Discussão

Para calibração do modelo de balanço hídrico mensal semi-distribuído, os parâmetros foram constantemente ajustados até alcançar o coeficiente de Nash e Sutcliffe no valor de 98,09% para a estação fluviométrica do Engenho Retiro e a 99,48% para a estação do Engenho Itapissirica.

Os primeiros ajustes foram realizados nos parâmetros referentes às características do solo da bacia hidrográfica. Como há o predomínio do Argissolo Vermelho e do Argissolo Vermelho-Amarelo, solos com grandes concentrações de argila no horizonte Bt, foram utilizados valores de porosidade sugeridos por Galvêncio (2005), que variam entre 40 a 65%. Quanto ao fator profundidade o Radambrasil (1981) destaca que os solos citados apresentam uma profundidade superior a 4 metros em vários pontos da bacia. A partir daí, os valores de profundidade utilizados durante o processo de calibração variaram entre 1,5 a 5,5 m.

Em relação ao terceiro parâmetro, interceptação da pluviosidade pela cobertura vegetal, Santos et al. (2008) destacam que mais da metade da cobertura vegetal da bacia hidrográfica é composta pelo cultivo da cana-de-açúcar. Prática agrícola que de acordo com Sanches et al., (2005) atua como boa interceptadora das águas provenientes das chuvas a depender de sua fase de desenvolvimento. Idéia reforçada por Botelho e Silva (2007) que destacam que o ciclo

hidrológico em ambientes rurais ainda é próximo, ou semelhante, ao das áreas sobre cobertura florestal. A partir daí, optou-se em utilizar na calibração uma variação entre 40 a 60% da precipitação pluviométrica que chega até a bacia é interceptada pela cobertura vegetal.

A Tabela 3 apresenta os valores finais dos parâmetros empregados na calibração do modelo de balanço hídrico mensal semi-distribuído responsáveis pelo valor de eficiência do coeficiente de Nash e Sutcliffe.

Tabela 3: valores finais dos parâmetros utilizados para calibração do modelo

Postos pluviométricos	Porosidade do solo (%)	Parâmetros Profundidade (m)	Interceptação da chuva pela cobertura vegetal (%)
Aliança	65	3	59
Vicência	65	5,2	60
Machados	40	1,6	60
Paudalho	40	3,5	50
Condado	41	3	60

Logo abaixo, nas Figuras 27 e 28, são apresentados o escoamento superficial observado e o estimado para as estações fluviométricas do Engenho Retiro e do Engenho Itapissirica, respectivamente.

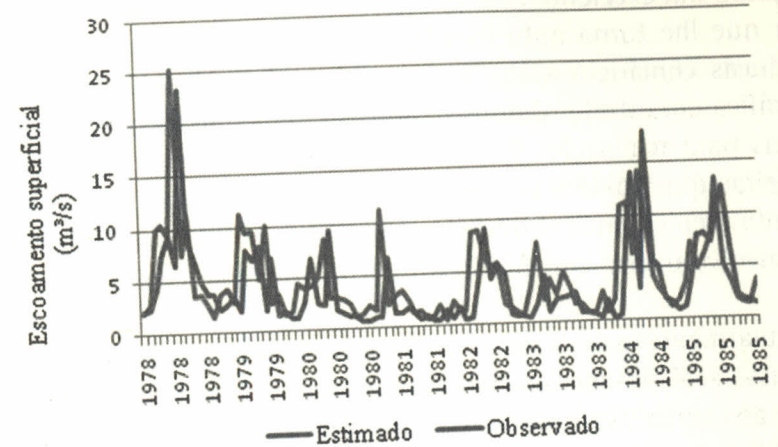


Figura 27: Relação entre o escoamento superficial estimado e o observado (Engenho Retiro).

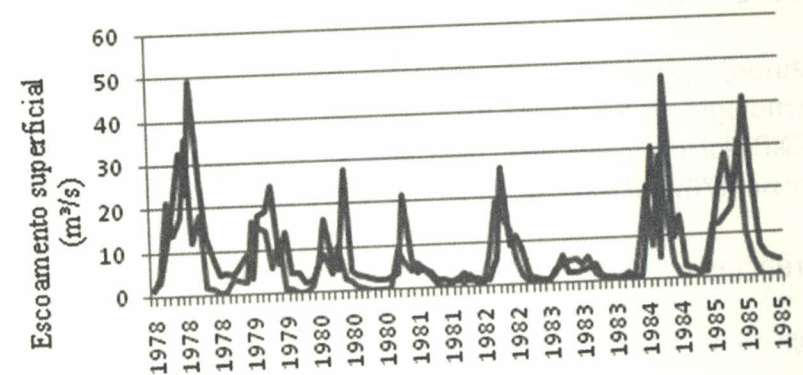


Figura 28: Relação entre o escoamento superficial estimado e o observado (Engenho Itapissirica).

considerações finais

Quanto ao modelo de balanço hídrico mensal semi-distribuído de três parâmetros desenvolvido, esse respondeu bem as calibrações

atingindo um excelente coeficiente de eficiência de Nash e Sutcliffe. Fator que lhe torna apto às simulações dos impactos futuros das mudanças climáticas sobre o escoamento superficial da bacia hidrográfica em estudo. Com isto, abre-se um leque de possibilidades futuras para realização de novos estudos em bacias hidrográficas brasileiras que possam adotar este modelo, não só como uma ferramenta técnica, mais também como aporte político-administrativo que envolva os recursos hídricos.

Particularmente para a bacia hidrográfica do rio Goiana o próximo passo será simular o comportamento do escoamento superficial frente aos cenários otimistas e pessimistas de mudanças climáticas. Outra abordagem que poderá ser realizada é a simulação das variabilidades de dois dos três parâmetros aqui utilizados (porosidade e interceptação da precipitação pluviométrica pela cobertura vegetal) para os próximos anos.

agradecimentos

Os autores agradecem a FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) pela concessão da bolsa e ao CNPq pelo auxílio financeiro através do Edital Universal 2007, processo 470746/2007-6.

referências

- AJAMI, N. K.; GUPTA, H.; WAGENER, T.; SOROOSHIAN, S. Calibration of a semi-distributed hydrologic model for streamflow estimation along a river system. *Journal of Hydrology*, v. 298, p. 112-135, 2004.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C. & GUERRA, A. J. T. (Orgs.). Reflexões sobre a geografia física no Brasil. 2ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2007. p.153 -192.

BRASIL. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

_____. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB.24/25 Jaguaribe – Natal. Rio de Janeiro, 1981.

CAVALCANTE, C.; DIAS, A.; LUBAMBO, C.; BARROS, H.; CRUZ, L.; ARAÚJO, M. L. C. de; MOREIRA, M. ; GALINDO. O. Programa de apoio ao desenvolvimento sustentável da Zona da Mata de Pernambuco – PROMATA, 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial. In: CHRISTOFOLETTI, A. (Org.). Geomorfologia. EDUSP: São Paulo, 1974. p 52- 78.

_____. Modelagem de sistemas ambientais. 2ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

DUARTE, C. C. 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. 124f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

FIERING, S.; QRUNNUTS, K. Models for simulation of full in watershed in the north of the Canada. *The Geographical Journal* , v. 168 , n. 2, p. 121-138, 2007.

FILHO, J. C. de A.; SILVA, A. B. da; SANTOS, J. C. P. dos ; PARAHYBA, R. da B. V. Solos dominantes no Estado de Pernambuco. In: Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco, 2006. p.14-15, 2006.

GALVÍNCIO, J. D. Balanço hídrico a superfície do Açude Epitácio Pessoa, utilizando modelos digitais de elevação. 156f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, 2005.

GOLTERND, H. Political environmental and ambient administration. *Geografiska Annaler*. v.79, p.122-135, 2005.

GUO, S.; WANG, J.; XIONG, L.; YING, A. ; LI, D. A macro-scale and semi-distributed monthly water balance model to predict climate change impacts in China. *Journal of Hydrology*. v. 268, p. 1-15, 2002.

JATOBÁ, L. Compartimentos regionais do relevo. In: Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco, 2006. p.14-15.

KOFFLER, N. P.; LIMA, J. F. W. F.; LACERDA, J. F.; SANTANA, J. F. e SILVA, M. A. Caracterização edafo-climática das regiões canaveiras do Brasil: Pernambuco. Piracicaba, Programa nacional de melhoria da cana-de-açúcar: PLANALSUCAR, 1986.

LACERDA, F.; FERREIRA, M. A. F. e SOUZA, W. M. de. Climas do Estado de Pernambuco. In: Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco, 2006. p.16-17.

MA, Z.; KANG, S.; ZHANG, L.; TONG, L.; SU, X. Analysis of impacts of climate variability and human activity on streamflow for a river basin in arid region of northwest China. *Journal of Hydrology*. v. 352, p. 239-249, 2008.

MOUELHI, S.; MICHEL, C.; PERRIN, C. e ANDRASSIAN, V. Stepwise development of a two-parameter monthly water balance model. *Journal of Hydrology*. V.318, p.200-214, 2006.

NASH, J.E.; SUTCLIFFE, J.E. River flow forecasting through conceptual models - Part I: a discussion of principles. *Journal of Hydrology*. v. 10, n. 3, p. 282-290, 1970.

RODAL, M. de J. Regiões fitogeográficas. In: Atlas de bacias hidro-

gráficas de Pernambuco. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco, 2006. p. 34-35, 2006.

RODRIGUES, C. ; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). *Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório*. São Paulo: Oficina de Textos, p. 147-166, 2005.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, p. 133-137, 1998.

SANCHES, H. J.; RUIZ, P.; ARRIBAS, P.; CANE, T. R. Climatic changes agriculture is maintainable development in the Rich Coast. *Singapore Journal of Tropical Geography*, v. 27, p.231 - 247, 2008.

SANTOS, A. M.; GALVÍNCIO, D. G. Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do rio Goiana - Pernambuco. (material em editoração): Recife, 2009.

_____; PONTES, E. M. T. As unidades de paisagem e a problemática ambiental no município de Machados - PE. In: Encontro Regional de Estudos Geográficos. 10., Campina Grande. Anais... Campina Grande, 2009.

_____. Degradação Ambiental dos sistemas de nascentes na Cidade de Santo Antônio de Jesus-BA. 110f. Monografia (Graduação em Licenciatura Plena em Geografia) - Departamento de Ciências Humanas - Campus V, Universidade do Estado da Bahia, 2008.

_____; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para identificação da cobertura fitogeográfica da bacia hidrográfica do rio Goiana-PE. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA DO NORDESTE, 2., João Pessoa. Anais... João Pessoa, 2008.

TEFARA, B. ; STROOSNIJDER, L. Integrated watershed management: A planning methodology for construction of new dams in Ethiopia. Lakes & Reservoirs: Research and Management. v. 12, p.247- 259, 2007.Blackwell

THORNTON, C.W. ; MATHER, J.R. The Water Balance. Publications in Climatology. Centerton, v. 8, n. 1, 1955.

WEBB, B. W.; HANNAH, D. M.; MOORE, D. R.; BROWN, L. E. & NOBILISS F. Recent advances in stream and river temperature research. Hydrological Processes. v. 22, p.902-918, 2008.

XIONG, L.; GUO, S. Water balance models and application in China. Journal Adv Water. v. 7, p. 74-78, 1997.