

SIMULAÇÃO DE ESCOAMENTOS NA BACIA DO RIBEIRÃO CONCÓRDIA (SC) PARA CENÁRIOS CLIMÁTICOS FUTUROS: A2 PESSIMISTA E B2 OTIMISTA

Mauricio Perazzoli¹; Vander Kaufmann² & Adilson Pinheiro³

RESUMO --- Efeitos decorrentes das mudanças climáticas têm sido evidenciados em todo o planeta. Especificamente em uma bacia hidrográfica, as mudanças climáticas podem afetar os processos hidrológicos e alterar principalmente a disponibilidade de água. O conhecimento sobre possíveis cenários climático-hidrológicos futuros e as suas incertezas podem ajudar a estimar demandas de água e também a definir políticas ambientais de uso e gerenciamento de água para o futuro. Esse trabalho tem como objetivo calibrar e utilizar o modelo hidrológico SWAT para analisar os impactos gerados pelas mudanças climáticas no regime das vazões da bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, localizada no município de Lontras (SC). Foram utilizados nas simulações os cenários climatológicos A2 (pessimista) e B2 (otimista) desenvolvidos pelo IPCC para os anos de 2071 a 2100. Na etapa de calibração, obteve-se um coeficiente de massa residual de 2,3% e o coeficiente de Nash-Sutcliffe de 0,75. As simulações com os dados climáticos dos cenários otimista e pessimista, mostram pequenas diferenças nos escoamentos médios gerados na bacia. A distribuição mensal mostra que as respostas dos dois cenários são similares para os escoamentos médios mensais.

ABSTRACT --- Effects from climate change have been shown across the globe. Specifically in a watershed, climate change may affect the hydrological processes and change specially the availability of water. Knowledge about possible future scenarios climate-hydrological and their uncertainties can help to estimate water demands and environmental policies also define the use and management of water for the future. This study aims to calibrate and use the SWAT hydrologic model to analyze the impacts of climate change in flow regime of the Concord River basin, in Lontras (SC). Were used in the simulations climatological scenarios A2 (pessimistic) and B2 (optimistic) developed by the IPCC for the years 2071 to 2100. In the calibration stage, we obtained a coefficient of residual mass of 2.3% and the Nash-Sutcliffe coefficient of 0.75. The simulations with the climatic data of the optimistic and pessimistic scenarios show small differences in average flow generated in the basin. The monthly distribution shows that the responses of the two scenarios are similar to the average monthly flows.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças Climáticas, Regimes Hídricos, Simulação Hidrológica.

¹ Engenheiro Ambiental, mestrando em Engenharia Ambiental - FURB. Bolsista CAPES. e-mail: mauricio.perazzoli@gmail.com

² Doutorando Engenharia Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental IPH/UFRGS. e-mail: ambitec@bol.com.br

³ Doutor, professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Regional de Blumenau, rua São Paulo, 3250, 89030-000, Blumenau, SC. e-mail: pinheiro@furb.br

INTRODUÇÃO

Efeitos decorrentes das mudanças climáticas têm sido evidenciados em todo o planeta. Os principais e mais impactantes são o aumento no nível do mar, a alteração na disponibilidade de água doce, as tempestades de chuva e de neve mais intensas e mais frequentes e o forte e rápido ressecamento do solo devido a períodos secos mais intensos (Marengo, 2001).

Especificamente em uma bacia hidrográfica, as mudanças climáticas podem afetar os processos hidrológicos e alterar principalmente a disponibilidade de água. Wigley e Raper (2001), Nearing et al. (2005) e Githui et al. (2009) destacam ainda que com o aumento das temperaturas globais, o ciclo hidrológico sofre mudanças cada vez mais acentuadas. A precipitação e a evapotranspiração são as mais alteradas. Estas mudanças afetam a disponibilidade de água e modificam o regime hídrico e a resposta hidrológica da bacia.

As bacias são consideradas excelentes unidades de estudo e planejamento e de gestão dos elementos naturais e sociais, pois é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza. O conhecimento sobre possíveis cenários climático-hidrológicos futuros e as suas incertezas podem ajudar a estimar demandas de água e também a definir políticas ambientais de uso e gerenciamento de água para o futuro. Portanto, para uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos em uma bacia, é importante conhecer o comportamento hidrológico da mesma no presente e no futuro (Campos e Studart, 2001; Mello et al., 2008; Marengo, 2008).

Os modelos hidrológicos são ferramentas para simular cenários dos processos hidrológicos permitindo assim antecipar as possíveis ocorrências e auxiliar nas tomadas de decisões. Eles têm sido amplamente utilizados na avaliação de impactos das mudanças climáticas e de uso do solo sobre os aspectos quantitativos e qualitativos da água em uma bacia hidrográfica. Eles proporcionam custos menores e economia de tempo para analisar mudanças físicas e antrópicas em uma bacia hidrográfica. A análise da mudança de cobertura do solo, da vazão, da erosão entre outros, em uma bacia experimental levaria muito tempo e pessoal capacitado para avaliar todos os fenômenos hidrológicos envolvidos (Lubitz, 2009; Santos, 2009).

As projeções dos efeitos das mudanças climáticas no escoamento das águas superficiais e na recarga de águas subterrâneas são variáveis. Elas dependem da região e do cenário climático considerado e também diretamente das mudanças previstas para a precipitação. Previsões mostram que a amplitude e a frequência de vazões máximas aumentem na maioria das regiões do planeta, e que as vazões mínimas são menores em muitas regiões (Krol e Bronstert, 2007; Mello et al., 2008).

Esse trabalho tem como objetivo calibrar e utilizar o modelo hidrológico SWAT para analisar os impactos gerados pelas mudanças climáticas no regime das vazões da bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, localizada no município de Lontras. Serão utilizados nas simulações os cenários climatológicos A2 e B2 desenvolvidos pelo IPCC para os anos de 2071 a 2100.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área de estudo é a bacia do ribeirão Concórdia (afluente do Rio Lontras) localizada no município de Lontras, no estado de Santa Catarina, Brasil. Trata-se de uma pequena bacia agrícola representativa que possui uma área de drenagem de 30,74 km². Essa bacia é parte integrante da grande bacia do rio Itajaí, a maior bacia da vertente atlântica do estado.

A bacia tem como curso d'água principal o Ribeirão Concórdia e como afluentes o Arroio Dona Lúcia e Arroio Braço do Concórdia. Os solos predominantes na bacia são Cambissolos, Gleissolos e Argissolos. A região climática onde ela está localizada, de acordo com a classificação de Thornthwaite é definida como sendo clima Mesotérmico Úmido do tipo B3 B'3 ra', sem estação seca definida e com precipitações anuais entre 1600 a 1800 mm. De acordo com Köeppen, o clima é do tipo Cfa. A vegetação original da área pertence à Floresta Ombrófila Densa.

O uso e ocupação do solo da bacia é composto basicamente por 46,75% de mata nativa, 20,46% de pastagem, 11,12% de reflorestamento (pinus e eucalipito), 9,81% de cultivo de milho, 7,16% de agricultura geral, 4,11% de água e 0,59% de cultivo de fumo (Pinheiro et al., 2008).

Cenários Climáticos Futuros

Os cenários climáticos futuros utilizados nesse trabalho são os definidos pelo IPCC. O A2 (alta emissão) é considerado pessimista em relação às emissões de gases de efeito estufa e o B2 (baixa emissão) é considerado otimista em relação às emissões de gases de efeito estufa.

Esses cenários climáticos para a bacia do Ribeirão Concórdia foram simulados pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) através do sistema PRECIS - *Providing Regional Climates for Impacts Studies*. Os dados originais foram gerados por um modelo climático global sendo realizada a regionalização efetuada com modelo climático regional *HadRM3P*. Para a transferência das informações meteorológicas para escalas menores a resolução espacial utilizada foi 50 km (0,5°latitude x 0,5°longitude) e a resolução temporal foi diária.

Os cenários consistem em séries temporais diárias de precipitação, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa do ar, radiação e velocidade do vento, para o período 2071-2100. Esses dados climáticos são necessários como arquivos de entradas para o modelo SWAT. Não foi simulado o cenário passado 1961-1990 devido à indisponibilidade das séries temporais.

Modelo SWAT

O SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) é um modelo matemático que permite simular diferentes processos físicos na bacia hidrográfica (evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo). Com o SWAT pode-se calcular hidrogramas, sedimentogramas e obter informações espaciais através de simulação de cenários distintos (Neitsch et al., 2005).

Para a utilização do modelo hidrológico SWAT são necessários dados de entrada, os quais podem ser correlacionados com características físicas da bacia hidrográfica. Esses dados representam o uso e ocupação das terras, parâmetros de solo, clima, relevo e características hidrológicas da área de estudo. Na Figura 1 é apresentado o fluxograma básico de funcionamento do SWAT.

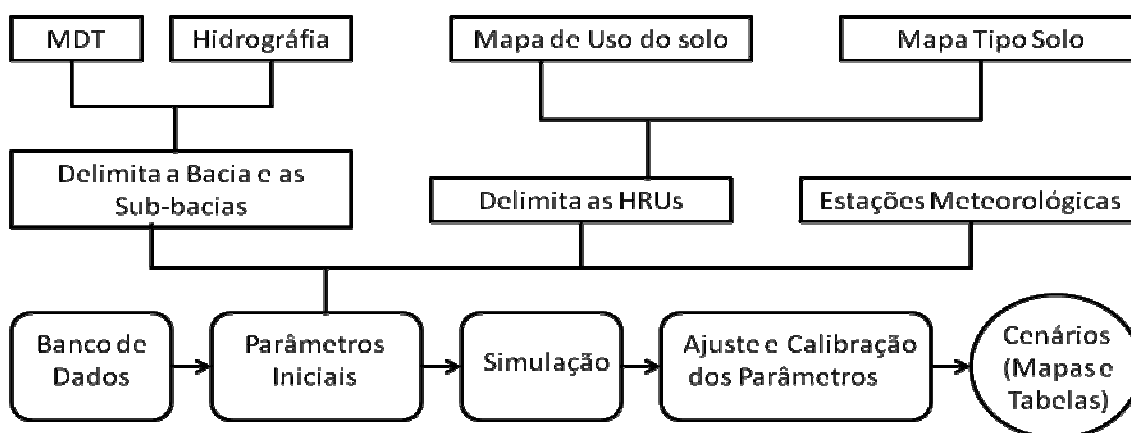


Figura 1 – Fluxograma de funcionamento do SWAT (Adaptado de Lopes e Kobiyama, 2008).

Basicamente o modelo SWAT considera a bacia dividida em sub-bacias com base no relevo, solos e uso da terra, preservando assim os parâmetros espacialmente distribuídos da bacia inteira e características homogêneas dentro da bacia. Essas sub-bacias são divididas em Unidades de Resposta Hidrológica (HRU's – *Hydrological Response Units*), que representam combinações únicas de uso do solo, tipo do solo e classe de rampa. As HRU's não interagem entre si, as respostas de cada HRU (escoamento, sedimentos e nutrientes) são calculadas separadamente e então somadas para encontrar-se a carga total da sub-bacia.

Calibração do Modelo

Para a calibração do modelo foi utilizado uma série de dados climáticos e pluviométricos correspondente ao período de janeiro de 2001 a dezembro de 2010. De janeiro de 2001 a dezembro de 2007 foi feito o aquecimento do modelo e o período calibrado foi de janeiro de 2008 á dezembro de 2010. Esses dados observados foram obtidos nas estações hidrometeorológicas instaladas na bacia do ribeirão Concórdia. A Figura 2 mostra o tipo das estações e a distribuição das mesmas na bacia.

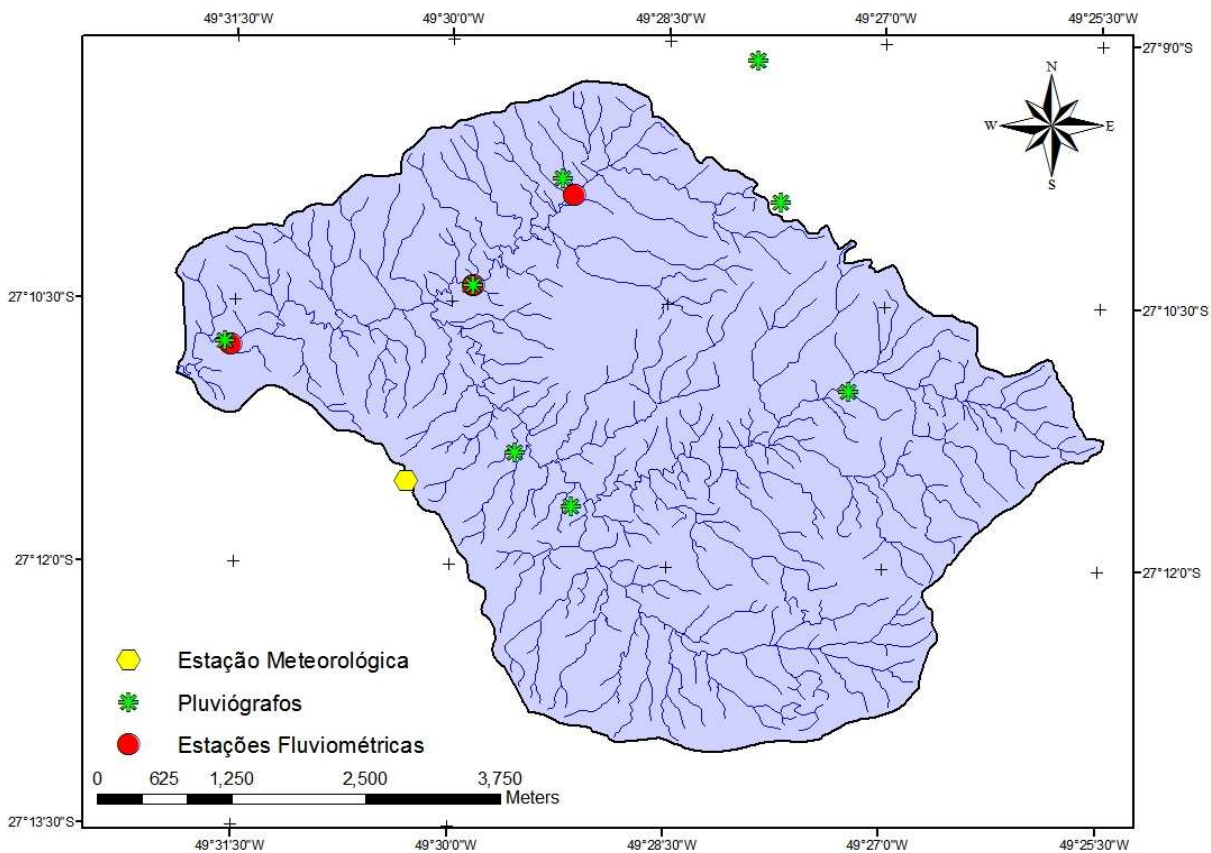


Figura 2 – Distribuição das estações na bacia

Existem na bacia oito pluviômetros, três estações fluviométricas com sensores de níveis e dataloggers para armazenamento de dados a intervalos de 10 minutos, além de uma estação meteorológica.

A etapa de calibração foi realizada pela análise de sensibilidade e pela calibração manual dos parâmetros, no qual se busca o melhor ajuste entre os valores observados e os calculados. O método utilizado para o cálculo do escoamento superficial foi o da Curva Número. Para o cálculo da evapotranspiração potencial foi empregado o método de Priestley-Taylor.

Para avaliação do desempenho do ajuste do modelo foi utilizado o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (COE), o qual é o método mais utilizado para avaliação da eficiência de modelos hidrológicos. Ele é obtido pela expressão (1):

$$COE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (E_{ob} - E_{cal})^2}{\sum_{t=1}^n (E_{ob} - E_m)^2} \quad (1)$$

onde E_{ob} é o valor observado, E_{cal} é o valor calculado, e E_m é a média da série de valores observados no período. O COE varia de infinito negativo até o valor máximo de 1, que representa a eficiência máxima.

Além do COE foi utilizado também o coeficiente de massa residual (CMR), que indica quando o modelo superestima (valores negativos) ou subestima (valores positivos) os valores simulados. Ele é expresso por (2):

$$CMR = \frac{\sum_{i=1}^n E_{obs} - \sum_{i=1}^n E_{cal}}{\sum_{i=1}^n E_{obs}} \quad (2)$$

Após a calibração da vazão, foram introduzidos no modelo SWAT os cenários climáticos futuros, A2 - alta emissão de gases de efeito estufa e B2 - baixa emissão de gases de efeito estufa, e analisado as vazões para o período entre 2071 á 2100.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Calibração do modelo SWAT

Os resultados da calibração e comparação entre os dados observados e os simulados estão apresentados na Tabela 1 e na Figura 3. Observa-se que os escoamentos totais observados são superiores aos escoamentos simulados. O coeficiente de massa residual indica que a diferença foi de 2,3% e o coeficiente de Nash-Sutcliffe de 0,75. Segundo Krysanova et al. (1998), para considerar um bom ajuste do modelo os valores de COE devem estar entre 0,7 e 0,8. Sendo assim, os

resultados obtidos representaram um ajuste satisfatório do modelo SWAT para a bacia do ribeirão Concórdia.

Tabela 1 – Avaliação da simulação

Escoamento Observado	Escoamento Simulado	CMR	COE
754,54 mm	736,44 mm	0,023	0,75

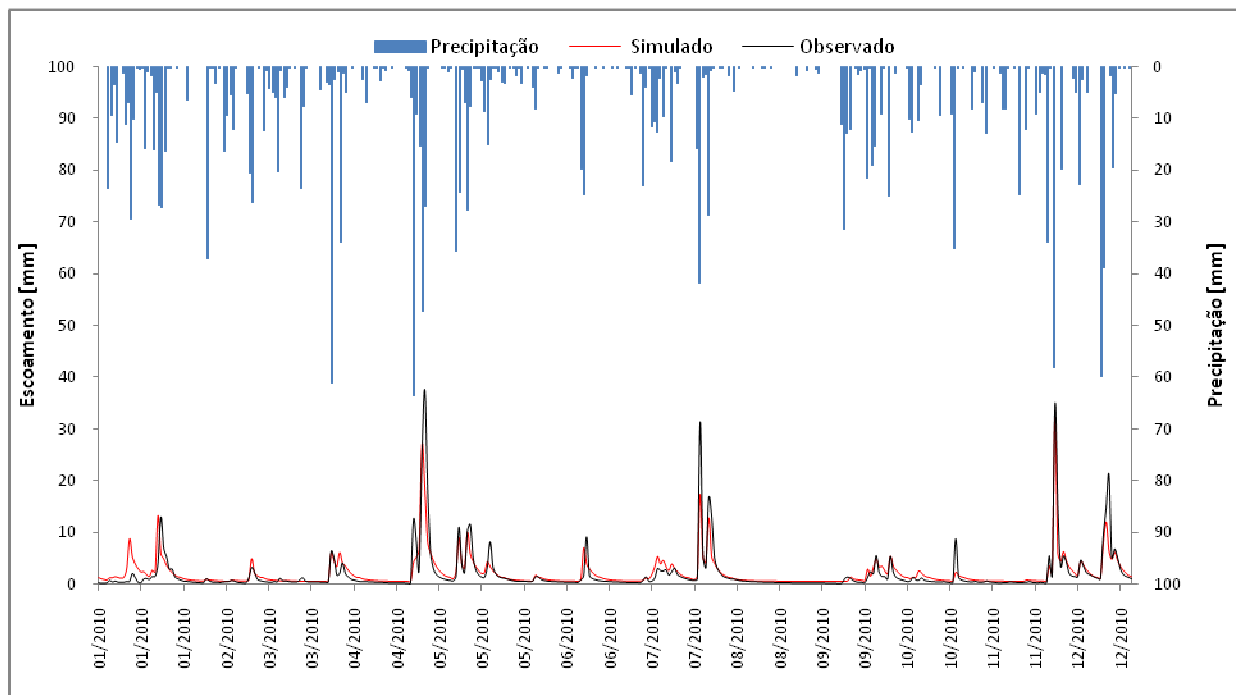


Figura 3 – Escoamento diário simulado x observado para o ano de 2010.

Analisando os hidrogramas da vazão observada e da vazão simulada (figura 4), nota-se que o modelo simulou adequadamente tanto as vazões mínimas, quanto as vazões máximas. Os períodos onde a simulação não respondeu adequadamente se justificam pela não utilização da opção de manejo contida no modelo SWAT, sendo assim as alterações ocorridas no solo por práticas agrícolas não foram consideradas variáveis ao longo do tempo.

Resultado da Simulação dos Cenários Futuros A2 e B2

Na Tabela 2 são apresentadas as médias, os valores máximos e mínimos dos totais anuais, as somas das precipitações e dos escoamentos para o período de 2071 á 2100. Observa-se que a soma e o valor da precipitação do cenário B2 (otimista) são inferiores aos do cenário A2 (pessimista). Para o período de 30 anos, a diferença de precipitação é de 1128,80 mm. Para os valores máximos e mínimos, o cenário otimista resultou em valores mais elevados. Os valores das precipitações anuais

são comparados com os do período 2001 a 2010, utilizadas na etapa de calibração do modelo SWAT. Verifica-se que as precipitações deste período são mais elevadas do que aquelas obtidas nos cenários climáticos futuros.

A análise dos escoamentos simulados nos cenários A2 e B2 demonstra que eles apresentam a mesma relação das precipitações. Precipitações mais elevadas geram maiores quantidades de escoamento, gerando-se coeficiente de escoamento da ordem de 0,37 para os valores médios. Este coeficiente foi de 0,34 para o período 2001-2010. Os valores médios representam a disponibilidade máxima que pode ser explorada do recurso hídrico. Desta forma, constata-se que o cenário A2, considerado pessimista do ponto de vista de emissão de carbono, resulta em maior disponibilidade hídrica na bacia do ribeirão Concórdia.

Tabela 2 – Comparação dos cenários A2 e B2 com dados observados.

Precipitação (mm)				
Cenário	Soma	Média	Máximo	Mínimo
2001- 2010	16.160,10	1.616,01	1.883,90	1.193,20
A2	45.220,50	1.507,35	2.137,30	801,70
B2	44.091,70	1.469,72	2.260,70	959,50
Escoamento (mm)				
Cenário	Soma	Média	Máximo	Mínimo
2001-2010	5.480,41	548,04	750,95	295,31
A2	16.720,84	557,36	937,40	236,30
B2	16.367,55	545,59	1.036,27	252,10

Fazendo-se a aplicação do teste estatístico ANOVA para analisar as diferenças entre os cenários A2 e B2 e os dados observados, os resultados não apontaram nenhuma diferença estatística significativa. Mello et al. (2008) obtiveram resultados semelhantes. As tendências de aumento da disponibilidade hídrica até o final deste século para o cenário B2, não foram significativas para a bacia hidrográfica do Rio Paracatu.

O projeto desenvolvido por Salati (2009) que estudou influência das mudanças climáticas nas grandes regiões hidrográficas do Brasil revelou que na grande bacia hidrográfica do Atlântico Sul, tanto para o cenário A2 como para o cenário B2 o clima se manteve úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água. Para essa bacia também há uma pequena tendência de aumento de vazões até 2100 nos dois cenários. Das doze regiões hidrográficas estudadas, apenas duas

manterão as mesmas características hídricas no futuro: Atlântico Sul e Uruguai. A região sul do Brasil deve ser a menos afetada em relação a classificação hidrica.

Apesar da semelhança entre os resultados dos cenários, fica evidente que distribuição dos mesmos em relação a máximos e mínimos apresenta algumas diferenças. No cenário A2 (pessimista) foi obtido um valor máximo de 937,40 mm para escoamento e 2.137,30 mm para precipitação no ano de 2096. Para esse cenário o valor mínimo obtido foi de 236,30 mm para escoamento e 801,70 mm para precipitação no ano de 2091. No cenário B2 (otimista) foi obtido um valor máximo de 1.036,27 mm para escoamento e 2.260,70 mm para a precipitação no ano de 2093. O valor mínimo obtido para esse cenário foi de 252,10 mm para escoamento e 959,50 mm para precipitação no ano de 2096. O ano de 2096 foi o que mostrou o maior contraste entre os cenários, sendo o valor máximo para A2 e o mínimo para B2. O escoamento máximo gerado no cenário B2 é cerca de 11% superior ao do cenário A2. A relação entre os escoamentos mínimos mostra que o cenário A2 é cerca de 7% inferior ao do B2. A Figura 4 apresenta a comparação da evolução dos cenários A2 e B2, no período futuro estudado. Os valores máximos e mínimos ocorreram de forma mais acentuada no cenário B2.

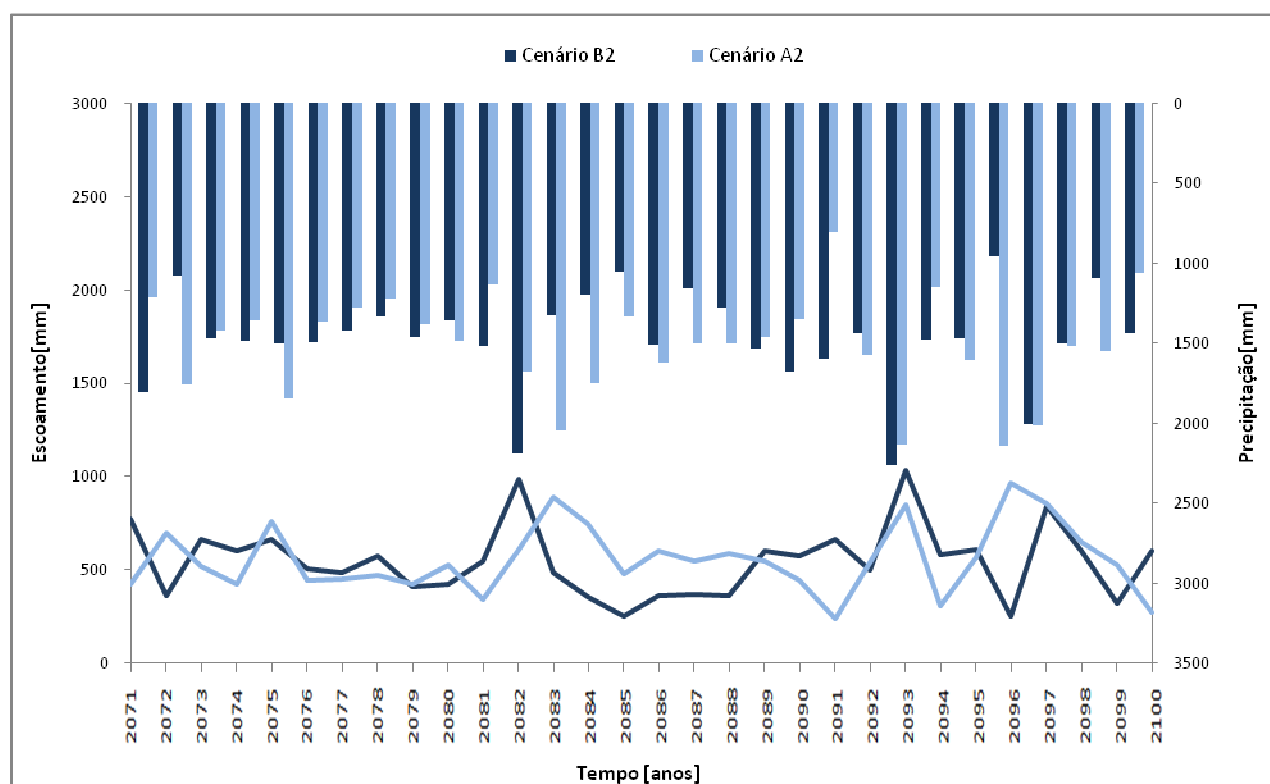


Figura 4 – Comparação dos cenários A2 e B2: 2071 á 2100 para valores anuais.

A Tabela 3 apresenta à média e o desvio padrão mensal das precipitações e dos escoamentos para o cenário A2 e B2 e também para os dados observados de 2001 á 2010.

Tabela 3 – Média e desvio padrão: escoamento e precipitação.

Precipitação (mm)						
Mês	2001-2010		A2		B2	
Mês	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Janeiro	159,81	10,49	160,62	11,07	159,25	10,11
Fevereiro	132,96	9,15	111,24	7,90	117,15	7,52
Março	119,68	9,19	108,69	9,47	95,80	8,59
Abril	105,67	9,46	121,15	12,08	92,23	8,55
Mai	129,62	10,67	133,69	14,15	128,72	10,58
Junho	74,08	6,25	107,07	10,44	105,99	9,19
Julho	113,57	8,38	71,56	6,11	67,34	7,30
Agosto	100,26	10,48	85,12	8,15	100,62	8,91
Setembro	168,27	13,35	134,35	11,58	135,98	9,96
Outubro	187,32	12,99	187,89	13,64	177,28	12,12
Novembro	161,16	10,64	143,53	11,49	136,80	10,49
Dezembro	152,25	10,83	146,45	10,83	156,38	11,44
Escoamento (mm)						
Mês	2001-2010		A2		B2	
Mês	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Janeiro	37,03	1,68	59,43	4,95	64,01	4,26
Fevereiro	28,81	1,68	43,70	2,83	42,83	3,30
Março	23,09	0,95	39,99	3,64	39,76	3,47
Abril	29,44	2,50	43,62	3,77	31,97	2,37
Mai	50,51	4,11	57,90	7,84	49,01	2,68
Junho	27,28	1,54	41,21	3,02	36,04	2,24
Julho	42,95	2,10	23,64	0,95	26,37	2,51
Agosto	47,44	4,60	25,02	1,63	32,94	2,73
Setembro	75,67	5,79	44,26	3,92	41,57	3,34
Outubro	85,33	5,89	65,65	5,63	64,31	4,46
Novembro	52,63	3,25	58,96	4,38	55,01	4,78
Dezembro	52,84	3,53	55,21	5,46	61,90	4,48

Observa-se que no mês de julho foram obtidos os menores valores médios de escoamento, sendo de $23,64 \pm 0,95$ mm no cenário A2 e de $26,37 \pm 2,51$ mm para o cenário B2. O mês de outubro apresentou os maiores valores médios de escoamento, com $65,65 \pm 5,63$ mm no cenário A2 e $64,31 \pm 4,46$ mm no cenário B2, Comparando-se que o período de calibração, nota-se que o

menor valor médio é similar ao do cenário A2, mas tendo sido simulado para o mês de março. O maior foi igualmente simulado para o mês de outubro, mas cerca de 30% superior ao do cenário A2.

CONCLUSÕES

A aplicação do modelo hidrológico SWAT a bacia do Ribeirão Concórdia apresentou resultados satisfatório na etapa de calibração, COE: 0,75 e CMR: 2,3%. Com o modelo calibrado foram simulados os escoamentos na bacia considerando os dois cenários climáticos: pessimista e otimista, em termo de emissão de carbono. Conclui-se que os cenários de mudanças climáticas futuras A2 e B2 não devem afetar consideravelmente a disponibilidade hídrica da bacia do Ribeirão Concórdia. A comparação entre as séries geradas pelos dois cenários resulta em pequenas diferenças nos escoamentos médios, mínimos e máximos gerados anualmente. A distribuição mensal mostra que as respostas dos dois cenários são similares para os escoamentos médios mensais. A soma da precipitação do cenário B2 (otimista) são inferiores aos do cenário A2 (pessimista). O cenário B2 registrou os valores máximos de escoamento e o cenário A2 os valores mínimos. O mês de outubro nos valores observados de 2001 a 2010 e os cenários A2 e B2 registram os maiores escoamento superficiais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao MCT/FINEP/AÇÃO TRANSVERSAL - Previsão de Clima e Tempo 04/2008, convênio 1406/08, projeto 01.08.0568.00 pelo financiamento da pesquisa, ao Dr. José Marengo do INPE pela disponibilização dos dados PRECIS e a CAPES pela bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. (2001). “*Gestão das Águas: Princípios e Práticas*”. 1.Ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 197 p.
- GITHUI, F. et al. (2009). “*Climate change impact on SWAT simulated streamflow in western Kenya.*”. International Journal of Climatology. v. 29. pp. 1823-1834.

- KROL, M. S.; BRONSTERT, A. (2007). “*Regional integrated modelling of climate change impacts on natural resources and resource usage in semi-arid Northeast Brazil*”. Environmental Modelling & Software. v. 22. pp. 259–268.
- KRYSAKOVA, V.; MULLER-WOHLFEIL, D.; BECKER, A. (1998). “*Development and Test of Spatially Distributed Hydrological Water Quality Model for Mesoscale Watersheds*”. Ecological Modeling. v. 106. pp. 261-289. 1998.
- LOPES, N, H, Y; KOBAYAMA, M. (2008). “*Análise do Equilíbrio Hidrossedimentológico em uma Microbacia Experimental com o Modelo SWAT e as Características Geomorfológicas*”. In Anais do VII Simpósio Nacional De Geomorfologia; I Encontro Latino-Americano De Geomorfologia, Belo Horizonte, Agos. 2008.
- LUBITZ, E. (2009). “*Avaliação da Aplicação do Modelo Hidrológico SWAT à Bacia do Ribeirão Concórdia – Lontras*”, SC. 2009. f. 111. Dissertação. Mestrado em Engenharia Ambiental. FURB. Universidade Regional de Blumenau. Blumenau.
- MARENGO, J. A. (2008). “*Água e mudanças climáticas*”. Revista Estudos Avançados. São Paulo. v.63. pp. 83-95.
- 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. São Paulo. v.16. n.1. pp. 1-18.
- MELLO, E. L. et al. (2008). “*Efeito das Mudanças Climáticas na Disponibilidade Hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu*”. Revista de Engenharia Agrícola. Jaboticabal. v.28. n.4. pp. 635-644.
- NEARING, M. A. et al. (2005). “*Modeling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover*”. Revista Catena. v. 61. pp. 131–154.
- NEITSCH, S. L. et al. (2005). “*Soil and Water Assessment Tool: Theoretical Documentation – Version 2005*”. Temple: Agricultural Research Service (USDA) & Texas Agricultural Experiment Station (Texas A&M University). 541p.
- SALATI, E.; SCHINDLER, W.; VICTORIA, D. C.; SALATI, E.; SOUZA, J. C.S. e NOVA, N. A. V. (2009). “*Estimativas da Oferta de Recursos Hídricos no Brasil em Cenários Futuros de Clima (2015 – 2100)*”. Relatório da FDBS.
- SANTOS, L. L. (2009). “*Modelos Hidráulicos-Hidrológicos: Conceitos e Aplicações*”. Revista Brasileira de Geografia Física. Recife. v.2. n.3. pp. 1-19.
- WIGLEYE, T.M.L.; RAPER, S.C.B. (2001). “*Interpretation of High Projections for Global-Mean Warming*”. Revista Science. v. 293 n. 20 july. 2001.