

# SIMULAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM SISTEMAS PRODUTIVOS DE ARROZ IRRIGADO E ALTERAÇÕES NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA EM BACIA HIDROGRÁFICA

Éverton Blainski<sup>(1)</sup> & Luis Hamilton Pospissil Garbossa<sup>(2)</sup> Iria Sartor Araujo<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Pesquisador, Dr. Engenheiro-agrônomo; Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri); Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram), Rodovia Admar Gonzaga, n° 1347, Itacorubi, Florianópolis, SC. E-mail: evertonblainski@epagri.sc.gov.br; <sup>(2)</sup> Pesquisador, Dr. Engenheiro civil; Ciram; Epagri, Rodovia Admar Gonzaga, n° 1347, Itacorubi, Florianópolis, SC. E-mail:luisgarbossa@epagri.sc.gov.br; <sup>(3)</sup> Pesquisadora, Dra. Engenheira-agrônoma; Ciram; Epagri, Rodovia Admar Gonzaga, n° 1347, Itacorubi, Florianópolis, SC. E-mail:iriaaraujo@epagri.sc.gov.br

**ABSTRACT:** Irrigated agriculture is the largest consumer of water resources in the world. It is estimated that this water use corresponds to 70% of global water consumption. In Brazil, only 10.7% of the potential irrigated cropland is currently in use and it may represent a significant increase in water consumption if a larger share of irrigated land is implemented. Therefore, it is very important to develop tools for water management in irrigated systems. The objective of this study is to evaluate the use of SWAT hydrologic model for the study of agricultural scenarios and possible changes in water availability caused by the introduction of irrigated crops. The results showed that irrigated rice cultivation promotes significant changes in the hydrological regime in the basin, especially regarding daily extremes. The most significant impacts, however, were for the minimum simulated flow ( $Q_{sim}$ ) which was below the minimum observed flow in 95% of the time ( $Q_{95}$ ). This results point out that irrigated rice may cause major environmental impacts, especially in drought periods.

Keywords: irrigated agriculture; SWAT; environmental impacts.

## INTRODUÇÃO

A expansão das áreas agrícolas tem sido frequentemente apontada como uma importante causa de degradação ambiental, muitas vezes associada à substituição de paisagens naturais por culturas de interesse comercial. As principais alterações ambientais envolvidas nesse processo são: perda da biodiversidade, degradação do solo e contaminação da água. Em termos de demanda hídrica, a agricultura irrigada é vista como a principal consumidora de água doce no mundo, sendo responsável pelo consumo de cerca de 69% do total disponível (Christofidis, 1997). Nessa atividade, o sistema de irrigação por inundação, largamente empregado na rizicultura, apresenta a maior taxa de consumo, sendo que, em média, é necessário um volume de água de 1,5 a 2,0 l.s<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup> para manutenção da lâmina de água nas quadras cultivadas (Irga, 1996; Correa et al., 1997).

No caso específico da cultura do arroz (*Oryza Sativa* L.), em todo o mundo, a área cultivada atinge cerca de 150 milhões de hectares. A produção anual ultrapassa 590 milhões de toneladas, sendo que aproximadamente 75% dessa produção é oriunda do sistema de cultivo irrigado. Em Santa Catarina, a rizicultura irrigada é uma atividade desenvolvida, via de regra, em regime de economia familiar, totalizando 9.577 propriedades com módulos de produção equivalentes 13,6 ha por produtor (Epagri, 1998). O Estado ocupa o segundo lugar nacional na produção de arroz irrigado, com cerca de 800 mil toneladas anuais. As principais regiões produtoras de Santa Catarina são: Sul e Litoral Sul; Vale do rio Itajaí; Litoral Norte e Centro.

Na região do litoral sul de Santa Catarina existe um conflito pelo uso da água estabelecido entre a prática da rizicultura, setor industrial e o abastecimento urbano. Essa problemática tem se agravado, nos últimos anos, em função da ocorrência de fortes estiagens. Além da disponibilidade hídrica, a qualidade das águas encontra-se comprometida tanto para o consumo quanto para a irrigação, fato esse que agrava ainda mais esses conflitos.

A gestão de recursos hídricos é um instrumento necessário para diminuição de conflitos pelo uso da água em condições em que a oferta é menor que a demanda, tais ferramentas podem ser utilizadas para a implementação de políticas que possibilitem o aperfeiçoamento do uso e a garantia da sustentabilidade ambiental. Uma etapa importante do gerenciamento é o conhecimento do volume de água disponível e a real demanda para atender os diferentes setores envolvidos (abastecimento, agricultura e indústria). Por meio do monitoramento é possível caracterizar o regime hidrológico das bacias hidrográficas e suas variações no tempo e no espaço.

Diferentes tecnologias podem ser empregadas com o intuito de disponibilizar ferramentas de gestão de recursos hídricos. Visando o consumo compartilhado de água para diferentes finalidades, os modelos matemáticos constituem ferramentas importantes para a simulação do consumo de água e seus constituintes. A modelagem hidrológica pode ser utilizada na predição dos impactos causados pela ocupação do solo sobre a quantidade, qualidade das águas e perdas de solo por erosão hídrica. Dessa

forma, o conceito de simulação pode ser compreendido como a representação matemática do comportamento de um sistema natural, de maneira a produzir uma resposta, dado uma determinada entrada ou estímulo (Tucci, 2005).

A simulação hidrológica voltada para a gestão de recursos hídricos é uma tecnologia relativamente nova quando comparada a outras áreas do conhecimento. Apesar da alta potencialidade e da diversidade de aplicações dessa tecnologia, sua utilização fica limitada devido à grande quantidade de dados de entrada necessários para descrever a variabilidade dos sistemas naturais (Machado et al., 2003), fato esse que corrobora a importância do monitoramento ambiental em bacias hidrográficas experimentais.

Atualmente, existem diversos modelos hidrológicos com potencial de geração de informações úteis para a gestão de recursos hídricos, um desses modelos é o Soil and Water Assessment Tool (SWAT). O SWAT é um modelo matemático de parâmetros distribuídos e contínuos (Arnold et al., 1998). Por meio dessa tecnologia diferentes processos físicos podem ser simulados de forma sequencial (Tim & Jolly, 1994), com o objetivo de quantificar os impactos das alterações de uso do solo no escoamento superficial e sub-superficial, produção de sedimentos e qualidade de água (Srinivasan & Arnold, 1994). Por meio do SWAT diferentes cenários de uso e ocupação do solo podem ser simulados e os impactos dessas alterações sobre o regime hidrológico podem ser quantificados e comparados.

As informações essenciais para a aplicação do SWAT compreendem dados tabulares (dados de temperatura do ar; precipitação; umidade relativa do ar; velocidade do vento e radiação solar) e informações cartográficas (modelo digital de elevação; mapa de uso e ocupação e mapa de solos). Com base nessas informações básicas torna-se possível representar matematicamente a dinâmica do sistema solo-água-planta-atmosfera, em nível de bacias hidrográficas e quantificar as alterações oriundas da ação antrópica sobre os sistemas naturais.

A hipótese central deste estudo foi de que o modelo SWAT poderia ser utilizado para a representação da dinâmica de água na bacia hidrográfica estudada a fim de disponibilizar informações essenciais para a gestão de recursos hídricos. Os objetivos específicos foram: (i) calibrar e validar o modelo SWAT na bacia hidrográfica do rio Araranguá; (ii) quantificar a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica em função do uso do solo; (iii) quantificar os impactos ocasionados pelo cultivo de arroz irrigado sobre a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica.

## METODOLOGIA

A bacia hidrográfica do rio Araranguá, objeto de estudo deste trabalho, tem uma área aproximada de 3.000 km<sup>2</sup>, localiza-se no extremo sul do Estado de Santa Catarina – Brasil (Figura 1), entre as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) 595.000, 673.000, 6.781.000 e 6.854.000 m N (Datum SAD-69, Fuso 22, meridiano central 51°W). Suas cabeceiras drenam uma extensa escarpa da Serra Geral e trechos do Planalto Meridional, convergindo em três principais afluentes: rio Mãe Luzia, rio Manoel Alves e rio Itoupava, todos formadores do rio Araranguá, esse que segue por uma extensa baixada litorânea até a desembocadura no Oceano Atlântico. Compõe a hidrografia local cerca de 15 principais cursos d'água, com destaque para os rios Turvo, Itoupava, Manoel Alves, Mãe Luzia, Sangão, São Bento, dos Porcos e Araranguá, constituindo, dessa forma, uma densidade de drenagem de 1,95 km/km<sup>2</sup> e drenando os territórios de 14 municípios: Araranguá, Criciúma, Ermo, Forquilha, Içara, Jacinto Machado, Maracajá, Meleiro, Morro Grande, Nova Veneza, Siderópolis, Timbé do Sul, Treviso e Turvo.



**Figura 1** – Esquema de localização da bacia hidrográfica do rio Araranguá.

O clima da região sul de Santa Catarina foi classificado, segundo Koppen, como Cfa (mesotérmico úmido), com temperatura média anual de 18,0°C. A região do extremo sul é caracterizada pelos menores valores de precipitação anual do estado, variando de 1220 a 1660 mm (Pandolfo et al., 2002).

Os principais usos do solo, identificados a partir de imagens de satélite Landsat, datadas de 2003, foram: floresta e vegetação nativa com 41,8%, agricultura não irrigada (37,1%) e rizicultura com 16,7% do total de área da bacia hidrográfica (Tabela 1).

As principais classes de solo identificadas a partir do levantamento de reconhecimento de solos do estado de Santa Catarina, escala 1:250.000 (Embrapa, 1998) foram: Cambissolo Háplico (30,5%), Gleissolo Háplico (28,5%) e Neossolo Litólico com 21,5 % do total da bacia hidrográfica (Tabela 1).

**Tabela 1** – Uso, ocupação e classes de solos identificados na bacia hidrográfica do Rio Araranguá

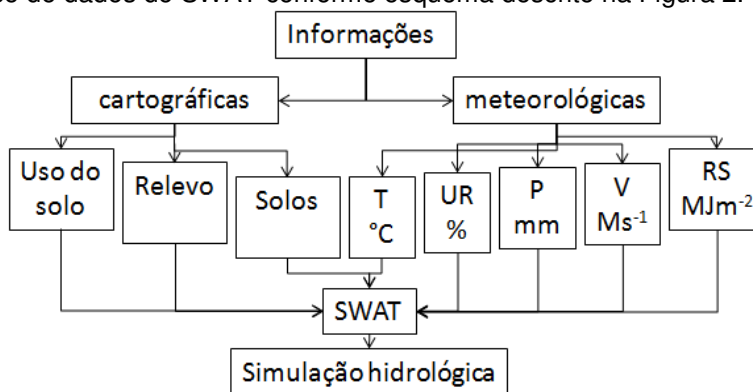
Cobertura	Área		Solo	Área	
	(ha)	(%)		(ha)	(%)
Floresta nativa	124.656	41,8	Cambissolo Háplico	91.017	30,5
Agric. não irrigada	110.506	37,1	Gleissolo Háplico	85.106	28,5
Rizicultura	49.942	16,7	Neossolo Litólico	64.239	21,5
Centros Urbanos	5.712	1,9	Argissolo Verm-Amarelo	23.966	8,0
Floresta plantada	4.702	1,6	Argissolo Vermelho	17.384	5,8
Pastagem nativa	1.458	0,5	Neossolo Quartzarênico	9.245	3,1
Lagoa / Laguna	658	0,2	Nitossolo Vermelho	2.398	0,8
Restinga	631	0,2	Organossolo Háplico	825	0,3
Dunas	132	0,04	Cambissolo Húmico	400	0,2
TOTAL	298.397	100	Outros <sup>1</sup>	3.818	1,3

<sup>1</sup> Compreende as áreas urbanas, cursos d'água e reservatórios.

Para a simulação do regime hidrológico na área de estudo foram utilizadas informações cartográficas e meteorológicas (Figura 2). Dentre as informações cartográficas, o relevo foi gerado a partir do modelo digital de elevação (MDE) da Shuttle Radar Topographic Mission – SRTM, 2000. O uso do solo foi obtido a partir de imagens de satélite Landsat (2003) e o mapa de solos foi gerado a partir do levantamento de reconhecimento de solos do estado de Santa Catarina, escala 1:250.000 (Embrapa, 1998).

A parametrização climática foi realizada a partir de uma série histórica de 20 anos de dados diários de precipitação, temperatura, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento (1988 a 2007), oriundos de estação climatológica localizada nas coordenadas (UTM) 641.813 e 6.835.422 m N.

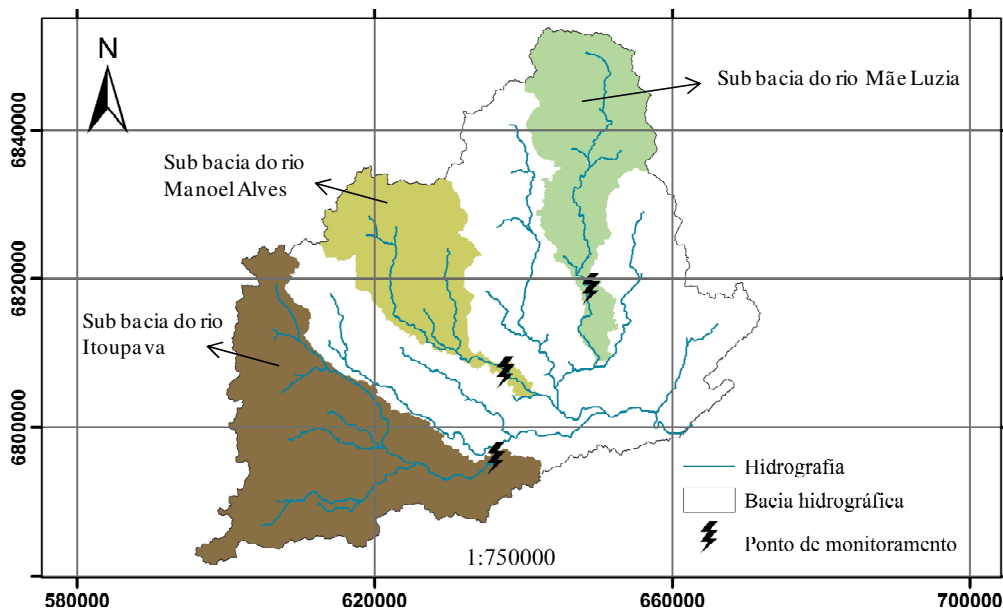
As informações meteorológicas foram obtidas a partir da rede de estações meteorológicas administrada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) e implementadas na base de dados do SWAT conforme esquema descrito na Figura 2.



**Figura 2** – Organograma de funcionamento do modelo hidrológico SWAT com base nos dados de entrada de informações cartográficas e meteorológicas. T °C – temperatura (°C), UR – umidade relativa (%), Prec. – precipitação (mm), Vento – velocidade do vento (m.s<sup>-1</sup>) e Radiação – radiação solar (J.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>).

A evapotranspiração potencial (ETp) foi estimada pelo SWAT através do método de Penman-Monteith, descrita em Neitsch et al. (2005). Os parâmetros físicos de solo, características fisiológicas das culturas e técnicas de manejo empregadas foram inseridas diretamente na base de dados do SWAT, conforme descrito em Neitsch et al. (2005).

A calibração e validação do SWAT foram realizadas utilizando dados de vazão diária medidos em três pontos de monitoramento instalados, respectivamente, nos rios Mãe Luzia, Manoel Alves e Itoupava (Figura 3), principais afluentes do rio Araranguá.



**Figura 3** – Localização da bacia hidrográfica do rio Araranguá, hidrografia e pontos de monitoramento hidrológico. As áreas em destaque correspondem as sub-bacias dos rios Mãe Luzia, Manoel Alves e Itoupava.

A análise de eficiência do modelo foi realizada por meio do coeficiente de Nash e Sutcliffe (COE), descrito na equação 1 e pelo desvio dos dados simulados em relação aos dados medidos (DV%), descrito na equação 2.

$$COE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_{med} - E_{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (E_{med} - \bar{E})^2} \dots\dots\dots(1)$$

em que,

- COE é o coeficiente de Nash e Sutcliffe;
- $E_{med}$  é o evento medido;
- $E_{sim}$  é o evento simulado pelo modelo;
- $\bar{E}$  é a média do evento estimado no período;
- n é o número de eventos.

$$DV\% = \left( \frac{E_{med} - E_{sim}}{E_{med}} \right) \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

em que,

- DV% é o desvio dos dados simulados em relação aos dados medidos;
- $E_{med}$  é o evento medido;
- $E_{sim}$  é o evento simulado pelo modelo.

Após a calibração e validação do SWAT, procedeu-se o estudo dos cenários de uso e ocupação do solo. Esse procedimento foi realizado por meio da alteração do PI referente à área agrícola, atualmente com predominância do cultivo de arroz irrigado. Os demais usos e ocupações foram mantidos, conforme demonstrado na Figura 4.

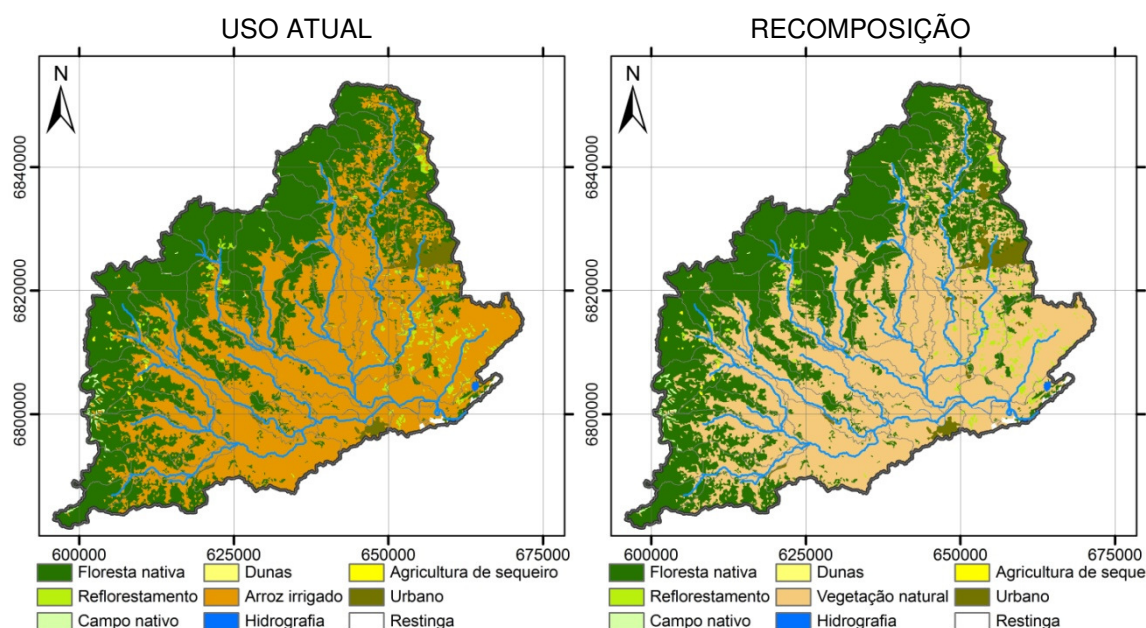
A influência das alterações de uso do solo sobre o regime hidrológico foi avaliada pela comparação entre os cenários propostos com o uso atual. Os cenários estudados foram:

**Cenário 1:** Uso do solo atual. Manteve-se a atividade agrícola atual em que a grande maioria das áreas agrícolas são ocupadas pela cultura do arroz irrigado em sistema pré-germinado. Este sistema de cultivo, predominante no estado de Santa Catarina, abrange cerca de 96% das áreas rizícolas do estado (Epagri, 2002).

**Cenário 2:** As áreas anteriormente ocupadas por rizicultura foram substituídas por florestas e demais formas de vegetação natural.

A interpretação dos resultados foi realizada, inicialmente, pela comparação de vazão média entre os cenários estudados. Em seguida, a vazão média diária simulada nos três pontos de monitoramento, foi comparada com a menor vazão que um determinado rio mantém durante 95% do tempo ( $Q_{95}$ ). A  $Q_{95}$  foi

obtida a partir de uma curva que apresenta a porcentagem do tempo em que um determinado valor de vazão foi igualado ou ultrapassado durante um período de observações. Para os rios em questão, Mãe Luzia, Manoel Alves e Itoupava, os períodos de observação utilizados para a determinação da  $Q_{95}$  foram: 43, 24 e 59 anos, respectivamente. O número de dias em que a vazão simulada ( $Q_{sim}$ ) permaneceu abaixo da  $Q_{95}$  foi utilizado como parâmetro ambiental para caracterizar a variação do regime hidrológico em função do uso e ocupação do solo.



**Figura 4.** Uso do solo na bacia hidrográfica do rio Araranguá para os cenários propostos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da simulação de vazão média mensal foram comparados com os dados medidos, no período de abril a setembro de 2006, nos pontos de monitoramento hidrológico instalados na bacia hidrográfica do rio Araranguá, conforme figura 3. Em todos os pontos de monitoramento o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi superior a 0,94, sugerindo que os dados simulados representam satisfatoriamente os dados medidos.

Os indicadores de desempenho do SWAT indicaram um ajuste satisfatório do modelo aos dados experimentais. O COE foi de 0,78 para o ponto de monitoramento instalado no rio Mãe Luzia e de 0,86 e 0,94 para os pontos situados nos rios Manoel Alves e Itoupava, respectivamente. Segundo Kryanova et al. (1998), para um bom ajuste do modelo são aceitos valores de COE superiores de 0,7. Portanto, o modelo apresentou-se como um estimador melhor do que a média dos dados medidos.

O  $DV\%$  entre a vazão medida ( $Q_{med}$ ) e a vazão simulada ( $Q_{sim}$ ) foi, respectivamente, de 13,9; 1,5 e 10,0% para os rios Mãe Luzia, Manoel Alves e Itoupava, indicando que, na média, a  $Q_{sim}$  foi menor que a  $Q_{med}$ , entretanto, dentro dos percentuais citados na literatura. A desuniformidade na distribuição de precipitação pode ter contribuído para as incertezas associadas à utilização do modelo hidrológico, uma vez que esta é considerada homogênea dentro do raio de abrangência de um determinado ponto de monitoramento (Goodrich et al., 1995). Entretanto, apresenta uma desuniformidade significativa, principalmente em eventos extremos (Machado & Vettorazzi, 2003 e Faures et al., 1995).

Com base nos resultados descritos anteriormente, foi possível corroborar a hipótese de que o SWAT seria capaz de simular a vazão e representar o regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio Araranguá e, eficiente para a simulação de cenários agrícolas de uso e ocupação do solo.

Os resultados da simulação de vazão média diária anual, obtidos em função dos cenários estudados, para o período de 2001 a 2009, são mostrados na tabela 2. Os coeficientes de variação variaram de 32,4 a 39,5% para os rios Mãe Luzia, Manoel Alves e Itoupava. Esses resultados sugerem uma significativa variação de disponibilidade hídrica ao longo do ano, seguindo a variação de distribuição de precipitação. De maneira geral, não houve diferença significativa entre a vazão média anual para os dois cenários ( $\alpha=0,05$ ), para o período estudado.

**Tabela 2** – Simulação de vazão anual com base nos cenários agrícolas propostos para a bacia hidrográfica do rio Araranguá

Cenário	Vazão anual - mm			Dp	Cv (%)	Intervalo de confiança	
	média	mínima	máxima			L. inferior	L. superior
----- Rio Mãe Luzia -----							
Uso atual	3,50 a	1,27	5,46	1,3824	39,5	3,24	3,76
Recomposição	3,37 a	1,48	5,35	1,2632	37,5	3,13	3,61
----- Rio Manoel Alves -----							
Uso atual	3,42 a	1,60	5,88	1,2991	38,0	3,18	3,67
Recomposição	3,22 a	1,79	5,51	1,0697	33,2	3,02	3,42
----- Rio Itoupava -----							
Uso atual	3,55 a	1,67	5,47	1,2781	36,0	3,31	3,79
Recomposição	3,39 a	1,83	5,41	1,0998	32,4	3,18	3,60

Os resultados do somatório de dias em que a  $Q_{sim}$  foi inferior a  $Q_{95}$  ( $Q_{sim} < Q_{95}$ ) para os três pontos de monitoramento são mostrados na Tabela 3. Foi possível identificar uma variação no número de dias anual em que a  $Q_{sim} < Q_{95}$  dentro do período estudado. Esses resultados sinalizaram para uma desuniformidade do padrão de chuvas, e conseqüentemente vazão, entre 2001 e 2009. Nos anos mais secos, observou-se um maior número de dias com  $Q_{sim} < Q_{95}$ . Além disso, por se tratar de uma área de estudos relativamente extensa (3.000 km<sup>2</sup>), observou-se uma variação na ocorrência de  $Q_{sim} < Q_{95}$  entre as sub-bacias estudadas. Para a sub-bacia do rio Mãe Luzia as maiores ocorrências de  $Q_{sim} < Q_{95}$  foram nos anos de 2003, 2009, 2008 e 2004, enquanto que para a sub-bacia do rio Manoel Alves, os períodos críticos foram 2003, 2006, 2008 e 2004, respectivamente (Tabela 3). Para a sub-bacia do rio Itoupava (extremidade sul da bacia hidrográfica) a maior ocorrência de  $Q_{sim} < Q_{95}$  foi registrada nos anos de 2006, 2003, 2008 e 2004. Apesar da variação de ordem, observa-se que para as três sub-bacias os anos de 2003, 2004, 2006, 2008 e 2009, foram os anos com as menores disponibilidades hídricas e maior ocorrência de  $Q_{sim} < Q_{95}$ , entretanto com intensidade variável.

Entre os cenários estudados, observou-se que a condição de uso atual, caracterizada pela grande extensão de área cultivada com arroz irrigado, apresentou um número de dias com ocorrência de  $Q_{sim} < Q_{95}$  maior do que no cenário com reconstituição da vegetação nativa (recomposição). Em média, apesar de não ter sido identificado diferença significativa na vazão média anual entre os cenários (Tabela 2), constatou-se que no cenário com recomposição da vegetação natural ocorreu uma redução média de 47,5% na ocorrência de  $Q_{sim} < Q_{95}$  para o rio Mãe Luzia, nos rios Manoel Alves e Itoupava, a redução na ocorrência de  $Q_{sim} < Q_{95}$  foi de 53,4 e 46,2%, respectivamente, em função da alteração do uso do solo. Esses resultados corroboram a importância da manutenção da vegetação natural na regularização de vazão dos rios.

**Tabela 3** – Número de dias em que a vazão simulada permaneceu abaixo da  $Q_{95}$  para os rios Mãe Luzia; Manoel Alves e Itoupava, para o período de 2001 a 2009, considerando os cenários: uso atual; e reflorestamento, para as áreas agrícolas

Cenário	Número de dias com vazão abaixo da $Q_{95}$								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
----- Rio Mãe Luzia -----									
Uso atual	2	0	42	16	0	9	0	19	34
Reflorestamento	0	0	27	8	0	0	0	0	29
----- Rio Manoel Alves -----									
Uso atual	5	0	82	33	31	62	0	39	27
Reflorestamento	0	0	31	18	15	34	0	20	12
----- Rio Itoupava -----									
Uso atual	23	0	99	45	43	110	2	59	37
Reflorestamento	0	0	68	27	20	62	0	39	9

## CONCLUSÕES

Os resultados desse estudo demonstraram a habilidade do modelo hidrológico SWAT em simular a vazão na bacia hidrográfica do rio Araranguá;

Os processos hidrológicos associados ao uso do solo exerceram influência no regime hidrológico, principalmente sobre a vazão média diária;

No cenário com uso atual, observou-se uma maior ocorrência de  $Q_{sim} < Q_{95}$ . Na simulação com reconstituição da vegetação natural, recomposição, observou-se uma redução média de 47,5% na ocorrência de  $Q_{sim} < Q_{95}$  para o rio Mãe Luzia, 53,4% para o rio Manoel Alves e 46,2% para o rio Itoupava.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, J.G.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R.S.; WILLIAMS, J.R. Large area hydrologic modeling and assessment part I. model development. **American Water Research Association**, v.34, p.73-89, 1998.

CHRISTOFIDIS, D. A água e a crise alimentar. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/Aguatab/Demetrios%20Christofidis/P2TB01.htm>>. 1997. Acesso em: 15 de fevereiro de 2008. 14p.

CORRÊA, N.; CAICEDO, N.; FEDDES, R.; LOUZADA, J. A.; BELTRAME, L. F. S. Consumo de água na irrigação do arroz por inundação. **Lavoura Arrozeira**, v.50, n.432, p.3-8, 1997.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Embrapa – Solos). **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1998.

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. 1998. (CD-Rom).

FAURES, J.; GOODRICH, D.C.; WOOLHISER, D.A.; SOROOSHIAN, S. Impact of small-scale spatial on runoff modeling. **Hydrology**, v.173, p.309-326, 1995.

GOODRICH, D.C.; FAURES, J.; WOOLHISER, D.A.; LANE, L.J.; SOROOSHIAN, S. Measurement and analysis of small-scale convective storm rainfall variability. **Hydrology**, v.173, p.283-308, 1995.

IRGA. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. 3.ed. Cachoeirinha, 1996. 88p.

KRYSANOVA, V.; MÜLLER-WOHLFEIL, D.; BECKER, A. Development and test of a spatially distributed hydrological / water quality model for mesoscale watersheds. **Ecological Modelling**, v.106, p.261-289, 1998.

MACHADO, R. E.; VETTORAZZI, C. A.; CRUCIANI, D. E. Simulação de escoamento em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, p.147-155, 2003.

MACHADO, R.E.; VETTORAZZI, C.A. Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do ribeirão dos Marins (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.735-741, 2003.

NEITSCH, S.L.; ARNOLD, J.G.; KINIRY, J.R.; SPRINIVASAN, R. & WILLIAMS, J.R. **Soil and water assessment tool input/output file documentation, version 2005**. Disponível em: <<http://www.brc.tamus.edu/swat/downloads/doc/swat2005/SWAT%202005%20io.pdf>>. Acesso em: 31 de agosto de 2010. 530p.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P.; MASSIGNAN, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, Epagri, 2002. CD-Rom.

SRINIVASAN, R.; ARNOLD, J.G. Integration of a basin-scale water quality model with GIS, **Water Resouces Research**, v.30, p.453-462, 1994.

TIM, U.S.; JOLLY, R. Evaluating Agricultural Nonpoint-Source Pollution Using Integrad Geographic Information Systems and Hidrology/Water Quality Model. **Jounal in Environmental Quality**, v.23, p.25-35, 1994.

TUCCI, C.E.M. **Modelos Hidrológicos**. 2.ed. Porto Alegre, 2005. 669p.