

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS, AGRICULTURA IRRIGADA E INTEGRAÇÃO DE MODELOS

Rubens Sonsol Gondim<sup>1</sup>, Aline de Holanda Nunes Maia<sup>2</sup>, Sérgio César de França Fuck Júnior<sup>3</sup>, Sílvio Roberto Medeiros Evangelista<sup>4</sup>

**Resumo** - As mudanças climáticas podem afetar a disponibilidade e a demanda de água para a agricultura irrigada, a qual depende da evaporação e precipitação. O objetivo deste artigo é propor metodologia para análise de impactos de mudanças climáticas em nível de bacia hidrográfica, através de integração de modelos globais e locais. Os Modelos de Circulação Global (GCMs) geralmente utilizados para simular o clima presente e projetar o clima futuro simulam processos na escala global ou continental. O método usado para converter saídas dos Modelos de Circulação Global em variáveis meteorológicas locais requeridas para modelagem hidrológica viável é geralmente referido como técnicas de redução de escala. A definição de um modelo conceitual permite ainda a visualização da forma de integração dos modelos e verificação das respectivas compatibilidades das escalas temporais, avaliando-se a viabilidade da própria integração e necessidade de ajustes.

**Palavras-Chave:** mudanças climáticas, irrigação, modelagem.

**Summary** – Climate change may impact water availability and demand to irrigated agriculture, which depends on evaporation and rainfall. The goal of this technical paper is to propose methodology to climate change impact analysis in river basin scale, through model integration. Global Circulation Models (GCMs) generally used to simulate present climate and future projections work at the global or continental scale. The method used to convert GCMs outputs into local meteorological variables required to hydrological modeling is usually referred to downscaling techniques. A conceptual model definition allows model integration and compatibility of temporal scales and an evaluation of integration feasibility and possible adjustments needed.

**Keywords:** climate change, irrigation, modelling.

---

<sup>1</sup> Pesquisador, Doutor, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

<sup>2</sup> Pesquisadora, Doutora, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

<sup>3</sup> Analista, Mestre, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

<sup>4</sup> Pesquisador, Doutor, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

## 1. Introdução

A demanda hídrica está em constante incremento devido ao aumento populacional e desenvolvimento econômico. Temperaturas mais elevadas causam maior demanda para evapotranspiração das plantas e a tendência seria em direção a um incremento da demanda de água para irrigação. Desta forma, mudança climática é outra fonte de pressão de incremento para demanda de água. De fato, os impactos das mudanças climáticas nas vazões e recarga de aquíferos variam regionalmente e entre cenários. Espera-se que a qualidade da água seja afetada por alterações nas vazões. Mudanças climáticas podem substancialmente afetar a retirada de água para irrigação, a qual depende de como a evaporação e precipitação irão se comportar (IPCC, 2001).

A demanda de água para agricultura, particularmente para irrigação, é considerada mais sensível à mudança climática que as demandas industrial e municipal. Há dois efeitos potenciais: uma mudança do clima em escala de parcela irrigada pode alterar a necessidade e época de irrigação. Secas prolongadas podem levar ao aumento de demandas, mas também podem ser reduzidas se a precipitação e conseqüentemente a umidade do solo aumentar (IPCC, 2001).

Apesar da importância do assunto ser um consenso, os impactos das mudanças climáticas na demanda de água para irrigação têm sido pouco estudados, principalmente porque Modelos de Circulação Global, os quais são largamente utilizados para simular cenários climáticos futuros, não são adequados para fazer previsões de mudanças em escalas locais. Binder (2006) recomendou maior detalhamento das projeções de mudanças climáticas para a escala de bacia hidrográfica, que acopladas a modelos hidrológicos, possibilita o estudo de impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos.

A agricultura irrigada influencia diretamente na disponibilidade da água numa bacia hidrográfica, especialmente numa região onde essa atividade é intensiva. O conhecimento local sobre o assunto permitirá o desenvolvimento de políticas para reduzir impactos e vulnerabilidades. Perdas sociais, econômicas e ambientais causadas por planejamento deficiente e ausência de critérios de decisão para definir medidas de mitigação e adaptação tornariam a equidade de acesso e sustentabilidade do uso da água, incertos.

O objetivo deste artigo é transmitir a experiência de análise de impactos de mudanças climáticas em nível de bacia hidrográfica, através de integração de modelos globais e locais.

## 2. Descrição do assunto

Modelos matemáticos podem ser aplicados para simular impactos e são definidos como expressões formais dos elementos essenciais de um problema, em termos numéricos. O primeiro reconhecimento do problema é geralmente verbal. Entretanto um modelo verbal é difícil de ser visualizado e, portanto, mais convenientemente traduzido num diagrama conceitual, o qual contém as variáveis, as forças e como estes componentes estão inter-relacionados por formulações matemáticas dos processos. As forças são algo como radiação solar, temperatura, etc. que não são necessariamente mostradas num diagrama, mas influenciam nas taxas dos processos (Jørgesen & Bendricchio, 2001).

Para elaboração de um modelo conceitual objetivando a visualização dos processos envolvidos num fenômeno físico, inicialmente relacionam-se os efeitos do clima (precipitação e temperatura) com a evapotranspiração de referência. Esta por sua vez, influencia nas necessidades hídricas das plantas e na demanda de água para irrigação numa bacia, a qual depende das culturas irrigadas, tecnologia de irrigação adotada e respectivas áreas irrigadas.

As mudanças climáticas interferem diretamente no processo, uma vez que envolvem mudanças no regime de precipitação e na temperatura, assim como na frequência de eventos climáticos extremos. No semi-árido os eventos extremos estão relacionados com o fenômeno *El Niño* e especialmente, alterações na temperatura da superfície do mar (TSM) com mudanças no dipolo norte-sul e implicações na entrada da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no continente, responsável pela quadra invernal na região. Estas mudanças impactam diretamente na evapotranspiração das plantas que influencia nas necessidades hídricas das culturas e na demanda de água para irrigação numa bacia. A vazão do rio pode ser alterada. Uma barragem pode funcionar como regularizador das alterações de demandas, através da liberação de água, controlando a vazão regularizada do rio (Figura 1).

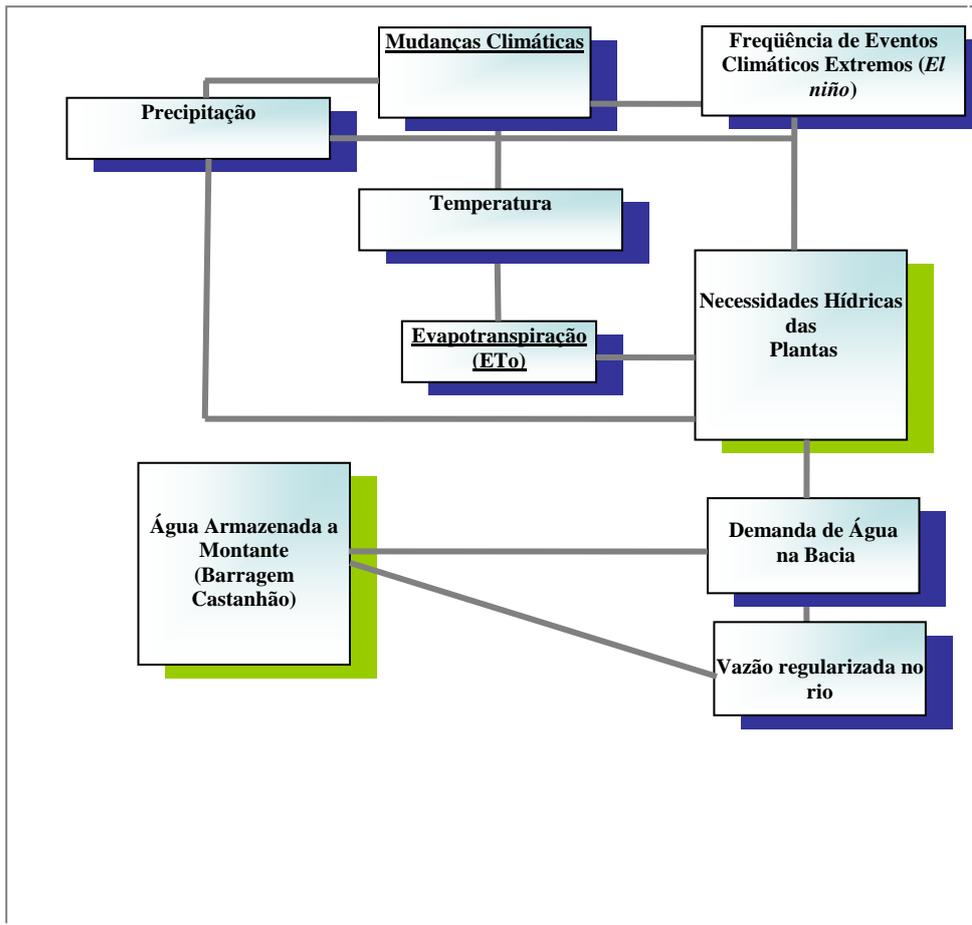


Figura 1 – Esquema do modelo conceitual da dinâmica das mudanças climáticas na bacia.

Os Modelos de Circulação Global (GCMs) geralmente utilizados para simular o clima presente e projetar o clima futuro com forçantes de gases de efeito estufa e aerossóis, tipicamente dividem a atmosfera e oceano em grades de resolução horizontal de 2 a 4° de latitude e longitude com 10 a 20 camadas na vertical. Em geral, a maioria dos Modelos de Circulação Global simulam processos na escala global ou continental em detalhe e provêm uma representação de precisão razoável da média climática planetária (Dibike & Coulibaly, 2005). Por outro lado, estes são incapazes de representar características locais.

O método usado para converter saídas dos Modelos de Circulação Global em variáveis meteorológicas locais requeridas para modelagem hidrológica viável é geralmente referido como técnicas de redução de escala (*downscaling*) (Dibike & Coulibaly, 2005).

A abordagem no contexto do sistema de recursos hídricos numa bacia hidrográfica pode ser dividida em cinco partes: *i.* forçantes, tais como: crescimento populacional, crescimento econômico e mudanças climáticas que atuam sobre: *ii.* pressões: atividades ou poluentes resultantes da influência das forçantes. Essas pressões causam alterações no: *iii.* estado do

sistema de recursos hídricos: expresso em termos de indicadores que quantificam uma mudança: *iv.* impactos: que podem induzir a uma: *v.* resposta (Aerts & Droogers, 2004).

Os instrumentos computacionais de geoprocessamento, chamados de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados (Câmara & Medeiros, 1998).

A definição de um modelo conceitual permite ainda a visualização da forma de integração dos modelos e verificação das respectivas compatibilidades das escalas temporais, avaliando-se a viabilidade da própria integração e necessidade de ajustes.

A integração de modelos possui o seguinte formato com fluxos de entradas e saídas (Figura 2):

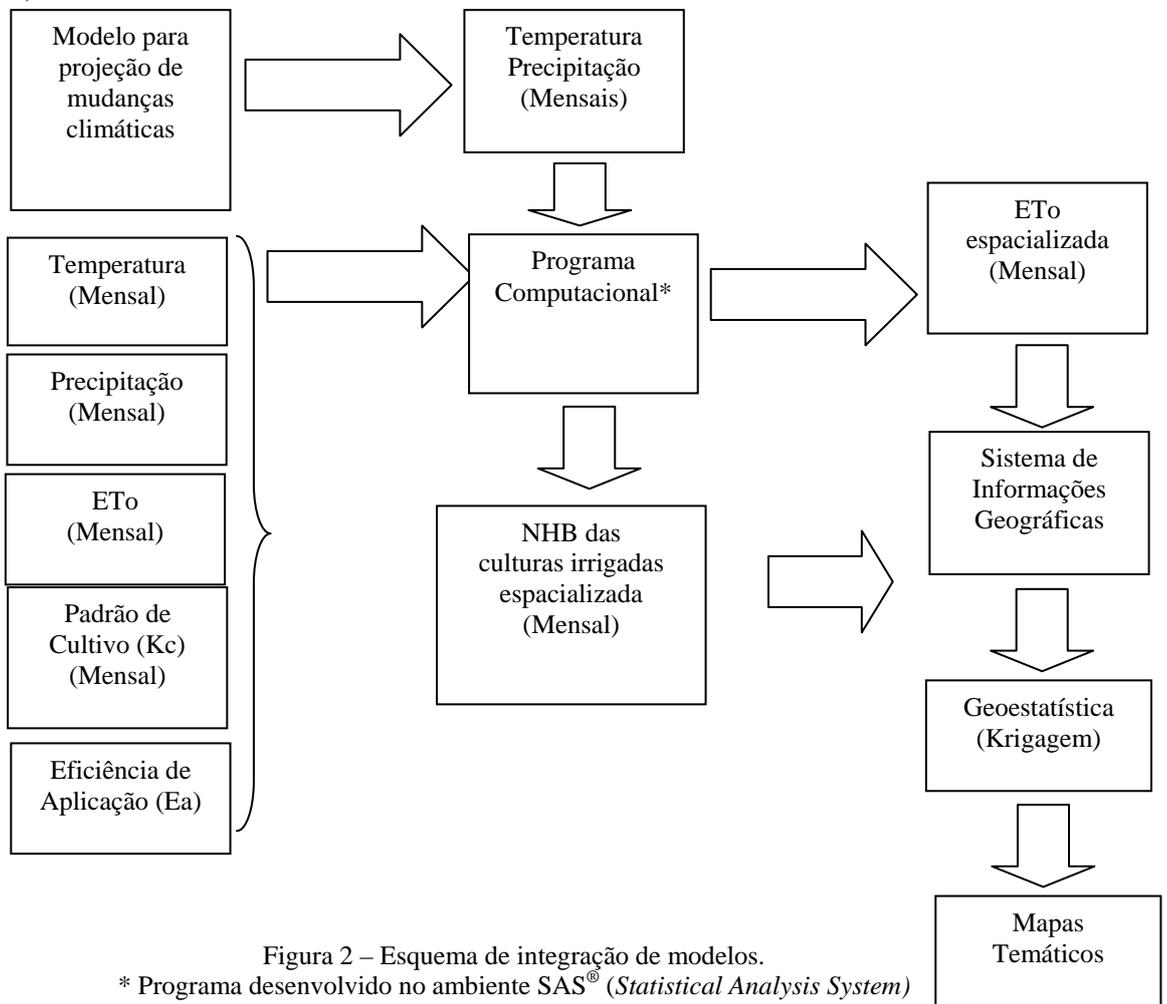


Figura 2 – Esquema de integração de modelos.

\* Programa desenvolvido no ambiente SAS® (Statistical Analysis System)

### 3. Conclusões

A utilização de modelo de mudanças climáticas, integrado a um sistema de informação geográfica funciona como uma ferramenta potencial para avaliação de impactos em escala menor que global ou continental, ou seja, em nível de bacia hidrográfica, pois permite a incorporação da variedade das culturas irrigadas e a eficiência dos sistemas de irrigação adotados.

### 4. Referências bibliográficas

AERTS, J.C.J.H.; DROOGERS, P. Adaptation for regional water management In: Climate Change in Contrasting River Basins – adaptation strategies for water, food and environment.

AERTS, J.C.J.H.; DROOGERS, P. eds. Cambridge: CABI Publishing. p. 1-24, 2004.

ALVES, L.M. Simulações da variabilidade do clima presente sobre a América do Sul utilizando um modelo climático regional. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Especiais – INPE. São José dos Campos, 2007.

BINDER, L.C.W. Climate change and watershed planning in Washington state. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 42, n. 4, p. 915-926, 2006.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. de. Princípios básicos em geoprocessamento. In Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura (ASSAD, E.D.; SANO, E.E. eds.). 2ª. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA SPAC. 434 p., 1998.

DIBIKE, Y. B.; COULIBALY, P. Hydrologic impact of climate change in the Saguenay watershed: comparison of downscaling methods and hydrologic models. **Journal of Hydrology**, v. 307, n. 1-4, p. 145–163, 2005.

JØRGESEN, S.E.; BENDORICCHIO, G. Fundamentals of ecological modeling. Oxford: Elsevier Science Ltda. 530 p. 2001.