

## CONSIDERAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO PLANEJAMENTO HÍDRICO: APLICAÇÃO DE MÉTODO NÃO PREDITIVO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU

*Daniel Thá<sup>1</sup> & João Luis Bittencourt Guimarães<sup>2</sup>*

**Resumo** – O planejamento de uma Bacia Hidrográfica deve considerar, *ex-ante*, estratégias de adaptação às mudanças climáticas (MC). Eis que a consideração das MC comumente esbarra na dificuldade de sua quantificação: ou se trata qualitativamente de tendências macrorregionais, sem disso derivar ação concreta; ou se aplica resultados de Modelo Climático Global (MCG) regionalizado de forma dinâmica, rebatendo a projeção de alteração de precipitação nas vazões, porém com potenciais imprecisões e falsas certezas. Em contraponto, propõe-se adoção de técnica não preditiva que considera variáveis-chave de temperatura e precipitação locais no sentido de identificar as modificações possíveis em padrões futuros e interpretar a influência destas nos recursos hídricos. Coletou-se dados de 19 modelos em 36 cenários para a temperatura (máxima e mínima) e precipitação da Bacia do Alto Iguaçu, concluindo-se que a variabilidade das chuvas deverá aumentar, com maior instabilidade na distribuição e acréscimo em eventos extremos. Enquanto não deverá haver modificação na precipitação média, dá-se como certo o incremento de temperatura (tanto máxima como mínima), cujo rebatimento hidrológico ainda demanda estudos a partir da alteração nos ciclos de evapotranspiração e interações com a cobertura vegetal e outros aspectos ecológico-climáticos.

**Palavras-Chave** – Mudanças Climáticas; Modelo Climático Global; Governança Antecipatória.

### CONSIDERING CLIMATE CHANGE IN BASIN PLANNING: NON- PREDICTIVE METHOD APPLIED TO BACIA DO ALTO IGUAÇU

**Abstract** – Watershed planning should consider *ex-ante* strategies for adaptation to climate change (CC). The consideration of CC, however, encounters the difficulty of quantification: planning either considers its tendencies from a qualitatively and macro-regional level; or applies results of a regionalized General Circulation Model dynamically downscaled, rebutting precipitation change in flow change, but with potential inaccuracies and false certainties. In contrast, a proposed non-predictive method considers key local variables of temperature and precipitation to identify the possible modifications in future patterns and to interpret their influence on water resources. Data were collected from 19 models in 36 scenarios for maximum and minimum the temperature and precipitation of the Alto Iguaçu Basin, concluding that rainfall variability should increase, with greater instability in distribution and increase in extreme events. While there should be no change in mean precipitation, the increase in temperature (both maximum and minimum) is assumed, whose hydrological recovery still requires further studies based on changes in evapotranspiration cycles and interactions with vegetation cover and other ecological-climatic conditions.

**Keywords** – Climate Change; General Circulation Model; Anticipatory Governance.

<sup>1</sup> Kralingen Economia Ambiental. Contato: daniel.tha@kralingen.com.br

<sup>2</sup> Aquaflorea Meio Ambiente. Contato: joao@aquaflorea.net.br

## INTRODUÇÃO

A efetividade da gestão dos recursos hídricos é diretamente afetada pela incerteza advinda das Mudanças Climáticas (MC). Alterações no padrão do clima global afetam o padrão climático a nível de bacia hidrográfica; uma vez modificados os regimes de chuvas, esperam-se novas frequências e magnitudes de eventos chuvosos e de estiagem, alterando por consequência os padrões observados das vazões naturais dos corpos d'água. Já as variações de temperatura deverão, além de influenciar a própria modificação nas vazões por conta da evapotranspiração, alterar ciclos biogeoquímicos na agricultura, na silvicultura e na vegetação nativa.

O planejamento de uma Bacia Hidrográfica (BH) deve considerar a (nova) variabilidade climática, racionalizando seus potenciais efeitos sistêmicos e concebendo *ex-ante* estratégias de adaptação adequadas. Caso uma determinada BH venha a ter menores índices pluviométricos (ou seja, redução na normal climática média), altera-se a oferta hídrica. Deve-se, assim, conduzir simulações de balanço hídrico considerando vazões mais restritivas para adaptar os volumes outorgáveis à nova realidade, trabalhando com outorgas sazonais ou ainda com outorgas negociáveis. Caso a agricultura irrigada seja responsável por parte significativa dos usos consuntivos, maiores temperaturas também devem promover alterações importantes na demanda: um dos impactos das temperaturas mais altas é justamente no aumento da lâmina de irrigação (ou seja, aumento na demanda de água) para compensar a maior evapotranspiração.

A ocorrência de eventos extremos climáticos (que podem aumentar em intensidade e/ou frequência) demanda ainda outro perfil de ação: a reação (*ex-post*) às situações extremas, em detrimento ao planejamento contingencial para suas consequências, multiplica custos financeiros, ambientais e sociais. Compreende-se que o planejamento adequado para a adaptação às mudanças climáticas permite que a intensidade dos impactos seja reduzida. Esse planejamento pode se dar por meio de cenários de contingência que simulam as situações antevistas e permitem identificar pontos frágeis, locais sensíveis e possíveis arranjos de gestão e mitigação capazes de atenuar os efeitos negativos de tal situação.

Eis que a consideração das MC comumente esbarra na dificuldade de sua quantificação. De forma geral, o tratamento deriva para dois extremos, ambos inadequados. O primeiro destes tratamentos é de natureza exclusivamente qualitativa, no mais das vezes realizada por meio de revisão bibliográfica sobre os impactos climáticos a nível macrorregional. Os resultados, assim, são incapazes de fazer permear a complexidade das alterações antevistas em termos de ações de planejamento da gestão do recurso hídrico específicos à BH em questão.

Já o segundo tratamento é por meio da aplicação preditiva dos resultados de um Modelo Climático Global (MCG) regionalizado, rebatendo a projeção de alteração de precipitação nas vazões via modelagem de chuva-vazão. Essa concepção de sistemas hídricos é sustentada pela replicação da estacionariedade de variáveis hidroclimáticas, permitindo aplicação das simulações de clima futuro via resultados de um MCG. Eis que tais resultados sofrem o risco de serem prontamente assumidos como cenários futuros prováveis, muito embora não o possam ser pois: (i) nem sempre há estacionariedade nas séries de vazão, visto que outros fatores como as mudanças de uso da terra podem alterar os padrões do regime hídrico de uma BH (Muller *et al.*, 1998); (ii) os resultados regionalizados de um MCG, embora demonstrem (pseudo)precisões, podem estar na contramão da maioria dos modelos, ou mesmo exagerando ou subestimando um efeito.

Em contraponto aos tratamentos descritos, propõe-se adoção de técnica não preditiva que considera a variabilidade das variáveis-chave de temperatura e precipitação no sentido de, com especificidade local, identificar as modificações possíveis em seus padrões e interpretar a influência destas nos recursos hídricos. Tal como defendido por Quay (2010), trata-se de "governança

antecipatória", que consiste em abraçar a incerteza inerente ao exercício de se planejar para o futuro e assim incorporá-la no processo de decisões, criando sistemas mais versáteis e, conseqüentemente, resilientes. Isso se dá pela observação da variabilidade esperada, e não pela estimativa precisa de seu resultado.

## MÉTODOS

Exemplifica-se a aplicação da análise comparativa de projeções de MC para a Bacia do Alto Iguaçu (BAI), no estado do Paraná. A parte central da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) praticamente coincide com os limites das cabeceiras do rio Iguaçu, que é formado pelos rios Atuba e Iraí, no próprio município de Curitiba. Estes dois rios nascem alguns quilômetros a nordeste, na vertente oeste da Serra do Mar. A BAI abrange territórios de 18 municípios, correspondendo a cerca de 40% da área total e de 95% da população destes (estando Balsa Nova, Curitiba, Fazenda Rio Grande e Pinhais totalmente inseridos no Alto Iguaçu). Composta por 39 sub-bacias, 5 delas (Belém, Palmital, Padilha, Atuba e Barigui) representam aproximadamente 28,5% da área total do Alto Iguaçu e concentram cerca de 77% da população total.

Segundo documento norteador do planejamento do sistema de abastecimento de água (SANEPAR, 2013), a expansão industrial e o aumento contínuo da população impõem um desafio permanente no suprimento de água, seja para o abastecimento urbano (84% da demanda total de retirada), seja para captações industriais (12%) ou ainda para a irrigação de hortaliças e dessedentação de animais que abastecem, majoritariamente, a própria RMC (4%). Pelas projeções do documento, até 2049 a população de Curitiba e Região Metropolitana poderá ser acrescida em cerca de 1 milhão de habitantes. Esta leitura de aumento na pressão pelo recurso hídrico coincide com a materialização das MC, que adicionam insegurança ao planejamento.

Para tornar prática a consideração quanto às MC, realiza-se o emprego de técnica não-preditiva no exercício de entender e endereçar possíveis variações hidrológicas provocadas pelas mudanças do clima. Para tanto, considera-se que as séries de vazão projetadas para o futuro por diversos MCG e regionalizadas de forma espacialmente abrangente por meio de *downscaling* estatístico podem ser interpretadas - para além de seus valores absolutos - como indicativos de concentrações de tendências quanto às modificações possíveis.

Dentre as diversas variáveis climáticas que os modelos podem abordar, se destacam: (i) a precipitação, por razão direta de sua influência na vazão; e (ii) a temperatura, por razão de sua influência nas interações com o ambiente natural por meio da evapotranspiração. Para estas variáveis, portanto, foram consideradas projeções climáticas da maior quantidade possível de MCG, adotando-se os dois principais cenários climáticos do IPCC (2013) como referência: RCP4.5 e RCP8.5. Estas variáveis foram coletadas junto ao repositório WorldClim, cujos dados são oriundos das projeções climáticas mais recentes do IPCC (2013), reduzidas em escala espacial com a calibração de viés de forma estatística (Hijmans *et al.*, 2005)<sup>3</sup>.

No total, são 19 MCG analisados, sendo que todos apresentam dados sob o cenário RCP 4.5 do IPCC (2013), enquanto 17 apresentam dados para o RCP 8.5. Considerando-se cada cenário climático (RCP 4.5 ou 8.5) como uma possibilidade distinta de clima futuro, uma vez que não se opta por

<sup>3</sup> Disponível em: [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org). Trata-se de repositório online de dados climáticos para fomento de pesquisa e modelagem climática considerando as alterações previstas pelo IPCC. As projeções são regionalizadas da seguinte forma: as mudanças projetadas pelos modelos climáticos globais trazem modificações em variáveis climáticas, a exemplo da temperatura máxima e precipitação em junho de 2043. Para as modificações na temperatura, utiliza-se as diferenças absolutas, já para a precipitação usa-se as diferenças relativas. Esta diferença é calculada como o delta (absoluto ou relativo) entre a saída do MCG para o passado do modelo (1961-1990) e para os anos de projeção (futuro do modelo). Estas mudanças são então interpoladas para uma grade com uma resolução mais alta. A suposição que sustenta a interpolação é que a mudança no clima é relativamente estável ao longo do espaço, ou seja, exibe alta correlação espacial. Estas mudanças de alta resolução são então aplicadas aos dados interpolados de alta resolução para o período corrente real com base no passado do modelo. Faz-se, assim, a calibração do viés que é necessário para a passagem dos dados de modelos globais para dados regionais. Pelo método, observa-se a resposta à mudança prevista em relação às projeções de alterações climáticas com base ao clima atual.

analisar um ou outro potencial caminhar rumo ao futuro, mas sim desenhar estratégias de adaptação para quaisquer desenrolares futuros, tem-se um total de 36 resultados climáticos para serem analisados. As variáveis consideram o ponto de junção das seguintes sub-bacias do Alto Iguaçu: Rio Pequeno, Área de contribuição direita do rio Irai e área de contribuição direita do alto rio Iguaçu (25° 28' 59,47" S; 49° 10' 34,19" W). Coletaram-se para tal ponto as projeções climáticas mensais para as variáveis de precipitação, temperatura máxima e mínima relativas ao clima de 2050. O clima de 2050 é representativo da "normal climática" futura, pois é de fato a média de cada uma das variáveis tratadas no intervalo entre os anos projetados de 2041 e 2060. Em contraste ao clima projetado pelos diversos modelos, tem-se as médias de precipitação e temperatura (máxima e mínima) para o mesmo ponto, oriundas das normais climáticas de 1961 a 1990.

Tabela 1. Modelos Climáticos Globais Considerados

Modelo Climático Global	RCP 4.5	Siglas RCP 4.5	RCP 8.5	Siglas RCP 8.5
ACCESS1-0	considerado	ac4.5	considerado	ac8.5
BCC-CSM1-1	considerado	bc4.5	considerado	bc8.5
CCSM4	considerado	cc4.5	considerado	c8.5c
CESM1-CAM5-1-FV2	considerado	ce4.5	não considerado	-
CNRM-CM5	considerado	cn4.5	considerado	cn8.5
GFDL-CM3	considerado	gf4.5	considerado	gf8.5
GFDL-ESM2G	considerado	gd4.5	não considerado	-
GISS-E2-R	considerado	gs4.5	considerado	gs8.5
HadGEM2-AO	considerado	hd4.5	considerado	hd8.5
HadGEM2-CC	considerado	hg4.5	considerado	hg8.5
HadGEM2-ES	considerado	he4.5	considerado	he8.5
INMCM4	considerado	in4.5	considerado	in8.5
IPSL-CM5A-LR	considerado	ip4.5	considerado	ip8.5
MIROC5	considerado	mc4.5	considerado	mc8.5
MIROC-ESM	considerado	mr4.5	considerado	mr8.5
MIROC-ESM-CHEM	considerado	mi4.5	considerado	mi8.5
MPI-ESM-LR	considerado	mp4.5	considerado	mp8.5
MRI-CGCM3	considerado	mg4.5	considerado	mg8.5
NorESM1-M	considerado	no4.5	considerado	no8.5

## RESULTADOS

### Temperatura Máxima Futura na Bacia do Alto Iguaçu

A figura abaixo apresenta a comparação das variações futuras projetadas para cada um dos modelos em relação à normal climática de cada mês do ano, possibilitando identificar padrões de modificação quanto à intensidade e a alocação dos eventos climáticos. Uma vez que as variações percentuais são calculadas a partir das normais climáticas de 1961 a 1990, o zero indica, claramente, projeções idênticas à essa.

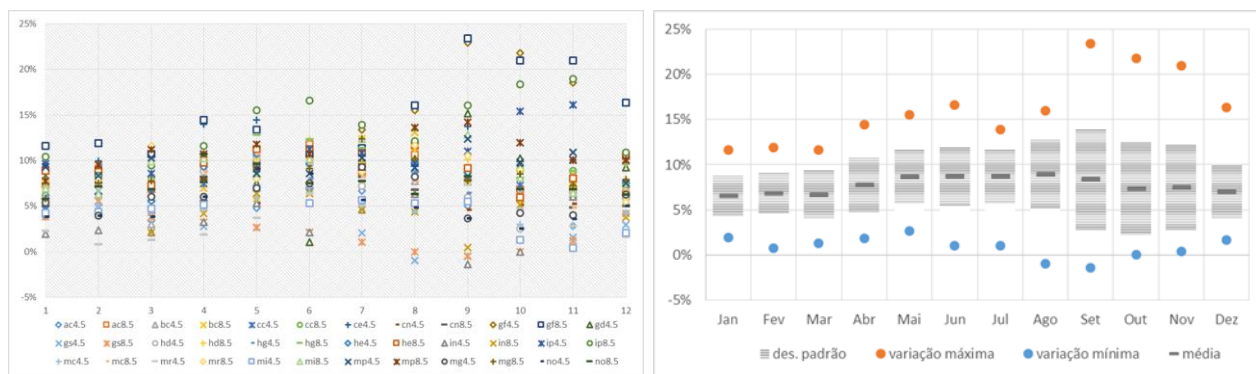


Figura 1 – Variações projetadas para a temperatura máxima dos 19 modelos e suas variações de cenários RCP4.5 e RCP8.5, ao longo dos 12 meses do ano (1=Jan), para a bacia do Alto Iguaçu (gráfico esquerdo) e Variações médias, desvio padrão, máximas e mínimas projetadas para a temperatura máxima (gráfico direito)

Importante frisar que os dados apresentam o clima padrão representativo do futuro, ou seja, modificações no próprio resultado médio, não devendo ser confundidas com faixas de variabilidade natural que ocorrem ao redor da normal climática atual (faixas de variabilidade estas que deverão ser ampliadas no futuro com o efeito mais contundente das mudanças climáticas). Ou seja, não se tratam de projeções de eventos extremos climáticos, mas sim de médias futuras - denotando o potencial de incremento nas temperaturas máximas médias. Mesmo com a suposição de que as faixas de variabilidade climática não se alterem, as alterações previstas na média naturalmente deslocarão os máximos e mínimos das faixas de amplitude de acordo com a direção apontada.

Percebe-se que praticamente a totalidade das projeções indica que a temperatura máxima em 2050 ("normal climática" entre 2041 e 2060) será mais alta do que aquela no intervalo de 1961 a 1990. Embora alguns modelos projetem tal variação como sendo de até 23,4% (em setembro), a maior concentração de modelos indica variações na faixa entre 5% e 15%. Nota-se que há uma maior amplitude no leque de variações projetadas nos meses de setembro, outubro e novembro, sendo que justo nestes meses os eventos extremos deverão ser mais intensificados.

Adotando-se o mês de setembro como exemplo para a interpretação dos dados, tem-se que a média das temperaturas máximas ao longo deste mês deve ser no futuro entre 1% mais baixa do que a atual (conforme sugere o MCG INMCM4 no cenário RCP4.5) até 23,4% mais alta (segundo o MCG GFDL-CM3 no cenário RCP8.5). Para este mês específico, a média dos 36 cenários aponta para uma modificação positiva de 8,36%, com mediana de 7,8%, sendo que apenas 2 MCG sugerem reduções na variável (e mesmo assim bastante pequenas). Uma vez que a média mensal das temperaturas máximas na normal climática é de 21,8°C, poderia se chegar até 26,9°C, sendo que a variação média dos MCG aponta para 23,62°C.

As figuras permitem observar que na média, todos os meses do ano devem ter temperaturas máximas médias mais altas. Nota-se que justamente nos meses de agosto a novembro é que se encontram as maiores amplitudes (observadas pelo desvio padrão). Já as médias mensais ficam sempre acima de 6,5% de acréscimo em relação à temperatura máxima atual, quais sejam: janeiro em 6,5%, fevereiro em 6,8%, março em 6,7%, abril em 7,8%, de maio a julho em 8,7%, agosto em 9,0%, setembro em 8,4%, outubro em 7,3%, novembro em 7,5% e dezembro em 7,0%.

### Temperatura Mínima Futura na Bacia do Alto Iguaçu

Percebe-se pela figura 2 que a totalidade das projeções indica que a temperatura mínima em 2050 será mais alta do que aquela no intervalo de 1961 a 1990.

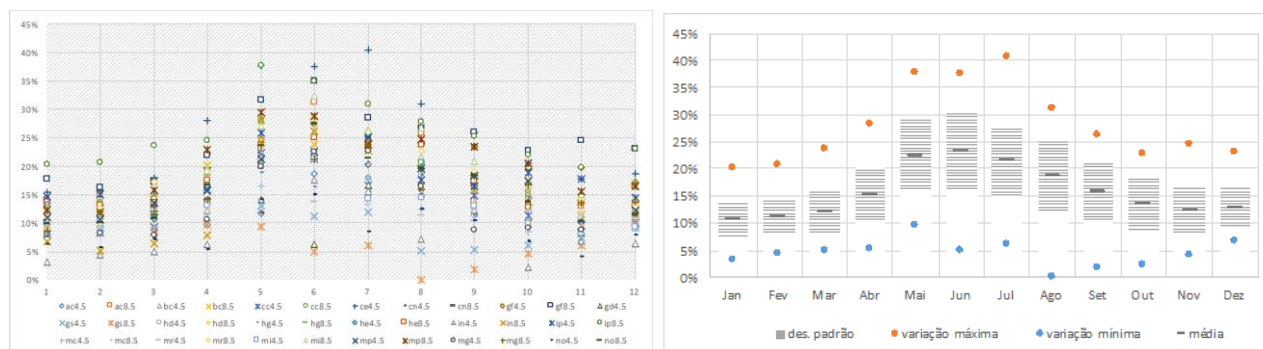


Figura 2 – Variações projetadas para a temperatura mínima dos 19 modelos e suas variações de cenários RCP4.5 e RCP8.5, ao longo dos 12 meses do ano (1=Jan), para a bacia do Alto Iguaçu (gráfico esquerdo) e Variações médias, desvio padrão, máximas e mínimas projetadas para a temperatura mínima (gráfico direito)

Nenhum modelo em nenhum cenário projeta variação negativa em relação à normal climática, sendo que a maior concentração de modelos indica variações na faixa entre 10% e 20%, com aumento

de amplitude justamente nos meses de inverno - maio a julho. Para estes três meses, alguns modelos projetam temperaturas mínimas de até 40% mais alta (MCG CESM1-CAM5-1-FV2 no RCP 4.5). Adotando-se o mês de junho como exemplo para a interpretação dos dados, tem-se que a média das temperaturas mínimas ao longo deste mês deve ser no futuro de até 37,5% mais alta do que a atual (segundo o MCG CESM1-CAM5-1-FV2 no RCP 4.5). Para este mês específico, a média dos 36 modelos aponta para um acréscimo de 23,3%, com mediana de 23,1%. Uma vez que a média mensal das temperaturas mínimas na normal climática é de 8,0°C para junho, tem-se que esse piso pode chegar a ser de 11°C, sendo que a variação média dos MCG aponta para 9,9°C.

Pode-se observar que as projeções de todos os modelos convergem quanto ao aumento da temperatura mínima média ao longo de todos os meses do ano. Justamente nos meses de inverno é que se encontram as maiores amplitudes. Já as médias mensais ficam sempre acima de 10,7% de acréscimo em relação à mínima atual, quais sejam: janeiro em 10,7%, fevereiro em 11,1%, março em 12,1%, abril em 15,2%, maio em 22,5%, junho em 23,3%, julho em 21,5%, agosto em 18,7%, setembro em 15,8%, outubro em 13,5%, novembro em 12,2% e dezembro em 12,9%.

### Precipitação Futura na Bacia do Alto Iguaçu

Diferentemente do que se observou para as projeções de temperatura futura, tanto máxima quanto mínima, tem-se que no quesito precipitação não há convergência quanto ao padrão climático futuro. Ou seja, não se pode concluir pela análise realizada que as precipitações médias deverão ser mais altas ou mais baixas do que as atuais (normal climática). Percebe-se pela figura 3 que as projeções variam no entorno da normal climática (demarcada pelo 0% de variação), porém com amplitudes que vão desde cerca de 10% para mais ou para menos em janeiro até variações que vão de mais 82,9% (no MCG ACCESS1-0, RCP 8.5) até menos 32,9% (MCG MRI-CGCM3, RCP 8.5) no mês de junho. Na média, os modelos demonstram uma precipitação maior em cerca de 6%, embora a média apenas dos MCG que indicam variações positivas seja de 16%; enquanto que a média dos MCG que apontam variações negativas indica uma redução na precipitação média de 11%.

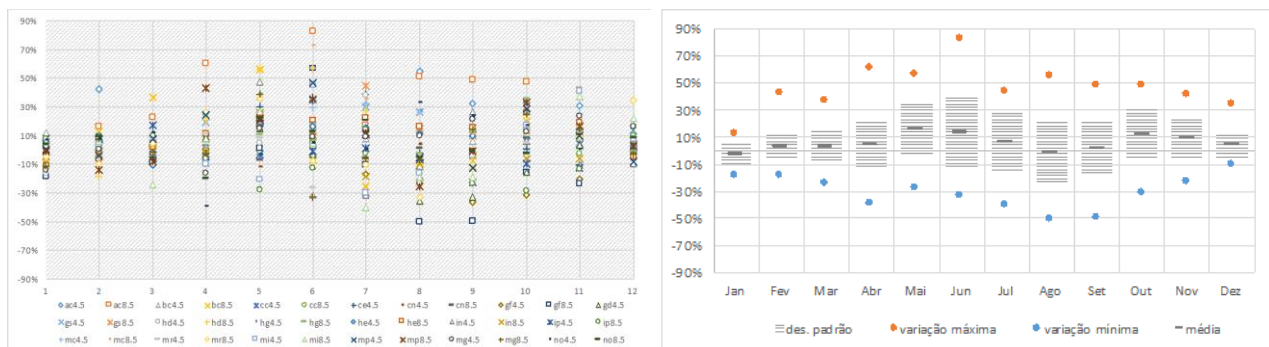


Figura 3 – Variações projetadas para a precipitação dos 19 modelos e suas variações de cenários RCP4.5 e RCP8.5, ao longo dos 12 meses do ano (1=Jan), para a bacia do Alto Iguaçu (gráfico esquerdo) e Variações médias, desvio padrão, máximas e mínimas projetadas para a precipitação (gráfico direito)

Torna-se interessante notar que não há distinção entre as projeções a maior ou a menor em relação aos cenários de clima futuro do IPCC, os RCP 4.5 e o RCP 8.5. Na média, os MCG no cenário RCP 8.5 mostram amplitudes de precipitação maiores, mas não geram consistências entre mais ou menos precipitação em nenhum determinado mês do ano. As projeções dos modelos não convergem quanto ao aumento ou redução da precipitação média ao longo dos meses do ano, sendo que os intervalos demonstrados pelo desvio padrão se encontram no entorno do zero (normal climática) para todos os meses do ano. Uma vez que as variações indicadas pelos modelos não trazem consistência quanto à direção da variação futura, é provável que a precipitação média entre 2041 e 2060 (ou seja, a nova "normal climática") recaia sobre a faixas de variabilidade natural com que ocorrem atualmente.

Não obstante as projeções não indiquem variações de precipitação na média, a observação dos MCG em relação à amplitude das variações indica que os eventos extremos poderão ser de fato intensificados. Embora não se tratem de projeções de eventos extremos climáticos, mas sim de médias futuras, observar variações projetadas por alguns dos modelos da ordem de 50% a 80% demonstra que há potencial alteração nos padrões climáticos futuros quanto à precipitação, embora na média de cada mês possa não haver grandes variações.

## DISCUSSÕES

Espera-se para a BAI variações de intensidade de precipitação com mais confiabilidade do que variações na média. Identifica-se, ainda, que a variabilidade das chuvas deverá aumentar - de fato, os MCG não permitem inferir que haverá variações nas médias de precipitação, mas sim que haverá maior instabilidade na distribuição e acréscimo em eventos extremos. Em contraste, dá-se como certo o incremento de temperatura (tanto máxima como mínima), cujo rebatimento hidrológico ainda demanda estudos a partir da alteração nos ciclos de evapotranspiração e interações com a cobertura vegetal e outros aspectos ecológico-climáticos.

Os resultados encontrados corroboram dados observacionais analisados por Vincent *et al.* (2005). Utilizando dados históricos das estações meteorológicas em Cambará, Curitiba e Ponta Grossa para um período de aproximadamente 40 anos para a temperatura do ar, os autores identificam clara tendência de redução na frequência de ocorrência das noites frias. Já Marengo *et al.* (2010), também com base em observações climáticas históricas, notam aumento expressivo das noites quentes nos últimos anos, onde o número máximo de dias secos consecutivos exibe tendências negativas, com redução entre 10 e 40 dias. Também mediante dados observacionais, em séries de 35 anos (1976-2010) de totais pluviométricos diários e de temperaturas máximas e mínimas diárias de 20 estações do Instituto Agrônomo do Paraná, Silva *et al.* (2015) concluem que há claro padrão de aquecimento generalizado - estatisticamente significativo - em grande parte do Estado do Paraná, incluindo a região da BAI. Estes mesmos autores não encontram alterações com significância estatística nos indicadores de extremos climáticos associados à precipitação.

Fazendo uso de MCG regionalizado (Eta-HadCM3), Marengo *et al.* (2012) encontram projeções de forte aquecimento (entre 4°C e 6°C) para o clima futuro da América do Sul, mas inconclusas projeções para a variável de precipitação. Há projeções de maiores extremos de precipitação, além de aumento de temperatura em Valverde e Marengo (2014), com o modelo HadGEM2-ES na análise de climas extremos em Regiões Hidrográficas estratégicas no Brasil, entre elas a RH do rio Paraná. Também recentemente, Chang *et al.* (2014) utilizam do modelo Eta-HadCM3 para projetar modificações no padrão de distribuição da precipitação, concluindo por chuvas mais intensas, maior precipitação anual e maiores períodos de estiagem para o estado do Paraná como um todo, sendo a região do Alto Iguaçu bastante afetada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do método não-preditivo permitiu considerar a especificidade dos efeitos locais esperados pelas MC de forma quantitativa e qualitativa, derivando-se base mais sólida para o planejamento da BH em questão. De fato, não se vislumbram vantagens na construção de uma curva de vazão média sob cenários de mudanças climáticas, sequer a aplicação de um MCG regionalizado de forma dinâmica, pois este pode apontar um aumento (ou uma diminuição) de precipitação inconsistente.

Tratar a natureza incerta dos cenários climáticos globais não no sentido de intentar responder aos prováveis acontecimentos, mas sim para se preparar para seus possíveis desdobramentos se prova estratégia robusta de planejamento. Exemplificam-se os potenciais desdobramentos da análise

realizada para o planejamento dos recursos hídricos por meio: (i) da consideração de situações de contingência (secas e enchentes); (ii) avaliação das repercussões de chuvas mais “duras”, que provocam mais erosão (mais carreamento de sedimentos, mais turbidez etc.); (iii) temperaturas mais altas que demandam mais irrigação; (iv) interações com a cobertura florestal.

## REFERÊNCIAS

CHANG, M.; DEREZYNSKI, M.; FREITAS, M.A.; CHOU, S.C. (2014). Climate Change Index: A Proposed Methodology for Assessing Susceptibility to Future Climatic Extremes. *American Journal of Climate Change*, nº 3, p. 326-337.

HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G., JARVIS, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* vol. 25, p. 1965-1978.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers (2013). In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

MARENGO, J. A.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O.; RENOM, M. (2010). An Intercomparison of Observed and Simulated Extreme Rainfall and Temperature Events during the Last Half of the Twentieth Century: part 2: Historical Trends. *Climatic Change* vol. 98, p. 509–529.

MARENGO, J.A. *et al.* (2012) Development of Regional Future Climate Change Scenarios in South America Using the Eta CPTEC/HadCM3 Climate Change Projections: Climatology and Regional Analyses for the Amazon, São Francisco and the Parana River Basins. *Climate Dynamics* nº 38, p. 1829-1848.

MÜLLER, I. I.; KRÜGER, C. M.; KAVISKI, E. (1998). Análise de estacionariedade de séries hidrológicas na bacia incremental de Itaipu. *RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos* vol. 3, nº 4, p. 51-71.

QUAY, R. (2010). Anticipatory Governance - A Tool for Climate Change Adaptation. *Journal of the American Planning Association* vol. 76, nº 4.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná (2013). *Plano Diretor SAIC: Sistema de Abastecimento de Água Integrado de Curitiba e Região Metropolitana*. Curitiba-PR, 142 p.

SILVA, L. W.; DEREZYNSKI, C.; CHANG, M.; FREITAS, M.; MACHADO, B. J.; TRISTÃO, L.; RUGGERI, J. (2015). Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Meteorologia* vol. 30, nº 2, 181-194.

VALVERDE, M. C.; MARENGO, J.A. (2014). Extreme rainfall indices in the hydrographic basins of Brazil. *Open Journal of Modern Hydrology* vol. 4, nº 1, p. 10-26.

VINCENT, L. A.; *et al.* (2005) Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960-2000. *Bulletin of the American Meteorological Society* vol. 18, p. 5011-5023.

WORLDCLIM. Dados climáticos globais. Disponível em [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org). Acesso em 18 nov. 2016.