

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E
SANEAMENTO AMBIENTAL

RAÍZA CRISTÓVÃO SCHUSTER

**ANÁLISE DE CENÁRIOS FUTUROS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS
NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DA
LAGUNA DOS PATOS**

Porto Alegre, RS – Brasil
2019

RAÍZA CRISTÓVÃO SCHUSTER

ANÁLISE DE CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA
DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGUNA
DOS PATOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento
Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de
mestre.

Orientador: Fernando Mainardi Fan

Coorientador: Walter Collischonn

Porto Alegre, RS – Brasil
2019

CIP - Catalogação na Publicação

Schuster, Raíza

Análise de cenários futuros de mudanças climáticas na disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica da Laguna dos Patos / Raíza Schuster. -- 2019.

144 f.

Orientador: Fernando Fan.

Coorientador: Walter Collischonn.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Mudanças climáticas. 2. Laguna dos Patos. 3. Disponibilidade hídrica. I. Fan, Fernando, orient. II. Collischonn, Walter, coorient. III. Título.

RAÍZA CRISTÓVÃO SCHUSTER

**ANÁLISE DE CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA
DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DA
LAGUNA DOS PATOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento
Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de
mestre.

Aprovada em: Porto Alegre, 4 de fevereiro de 2019

Prof. Dr. Fernando Mainardi Fan – IPH/UFRGS

Orientador

Prof. Dr. Joel Avruch Goldenfum – IPH/UFRGS

Examinador

Prof. Dr. Fernando Dornelles – IPH/UFRGS

Examinador

Prof. Dr. Pedro Luiz Borges Chaffe – Universidade de Kyoto - Japão

Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família que desde o início da vida me proporcionou condições e oportunidades para estudar e crescer pessoal e profissionalmente, em especial aos meus pais, que são meus exemplos.

A todos os colegas de aula que se tornaram amigos, em especial ao Ayan Fleishmann e Pedro Jardim, que me socorreram em diversas momentos para resolver problemas que surgiam no desenvolvimento da dissertação.

Aos ex-colegas de trabalho da Água e Solo, Lucas, Alexandre, Jéssica e Luana, com quem aprendi e me diverti muito nos primeiros anos de vida profissional, e à direção da empresa, em especial ao Lawson, que permitiu e incentivou o cumprimento dos créditos do mestrado.

À Elisa, que passou de colega na graduação à colega de trabalho, colega de pós graduação e principalmente grande amiga e conselheira.

Aos colegas da SEMA, que tornam a rotina de trabalho mais leve.

Ao meu namorado e companheiro Guilherme, que esteve ao meu lado desde o primeiro ano da faculdade e torna meus dias mais felizes.

Aos professores que admiro e que foram inspiração para seguir na área da hidrologia, em especial ao professor Walter Collischonn, que me deu a oportunidade da bolsa de iniciação na área de hidrologia e foi meu orientador no trabalho de conclusão de curso e coorientador nesta dissertação.

Aos colegas com quem convivi por um período breve no Grupo de Pesquisa de Hidrologia de Grande Escala, que são grandes exemplos e inspirações.

Ao Juan Martim e à Vitória Lopes, que forneceram dados para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Fernando Fan, que foi um excelente mentor na bolsa de iniciação, me indicou para a vaga de estágio que posteriormente se tornou meu primeiro emprego, e teve fundamental participação nesta dissertação, compreendendo minhas limitações e orientando o trabalho de forma exemplar.

RESUMO

Os processos de tomada de decisão que envolvem recursos hídricos no Brasil vêm se baseando unicamente em análises do comportamento histórico de variáveis hidrológicas e climatológicas. Entretanto, isto pode levar a estratégias equivocadas relacionadas ao uso dos recursos naturais, pois o impacto das mudanças climáticas no comportamento das vazões futuras pode alterar consideravelmente a disponibilidade de recursos hídricos. Na presente pesquisa é proposta uma análise da variação das disponibilidades hídricas de bacias hidrográficas contidas na área de contribuição à Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil, que pode ser consequência das mudanças climáticas previstas por modelos globais do CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 5*), publicados no mais recente relatório do IPCC (*International Panel on Climate Change*). Dois períodos futuros de 30 anos foram simulados, de 2006 a 2035 e de 2051 a 2080, utilizando o modelo hidrológico MGB-IPH, considerando dois cenários extremos de emissões de gases de efeito estufa e vinte modelos climáticos. Foi possível verificar uma tendência de aumento das vazões na bacia hidrográfica simulada, pois mais de 60% das simulações realizadas indicou algum percentual de aumento de vazões médias em todas as unidades de discretização modeladas. A análise dos resultados das simulações indicou que os dados dos modelos climáticos HadGEM2-ES e GFDL-CM3 utilizados como dados de entrada no modelo hidrológico são os que fornecem, respectivamente, limiares superiores e inferiores de vazão do conjunto de resultado simulados. A avaliação conjunta dos resultados gerados por estes dois modelos, associados ao cenário de altas emissões de gases de efeito estufa, é capaz de gerar cenários extremos de vazões que são projetados para o futuro considerando as mudanças climáticas na bacia hidrográfica da Laguna dos Patos. Já os resultados fornecidos pelos modelos bcc-csm1-1, BNU-ESM e CNRM-CM5 são similares à mediana do conjunto das simulações geradas por todos os modelos avaliados nesta pesquisa. Além disso, a região mais ao norte da área de estudo foi identificada como a que apresenta maior sensibilidade às mudanças climáticas projetadas pelos modelos globais do CMIP5.

Palavras-chave: mudanças climáticas; bacia hidrográfica da Laguna dos Patos; disponibilidade hídrica

ABSTRACT

The decision-making processes involving water resources in Brazil have been based on the historical behavior of hydroclimatological variables. However, this may lead to inappropriate strategies related to the use of natural resources, since the impact of future climate may change the water resources availability. This research proposes an analysis of the water availability variation of hydrographic basins contained in the contribution area of Patos Lagoon, which can be a consequence of climatic changes predicted by climate models and scenarios of CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5), published in the latest International Panel on Climate Change (IPCC) report. Two 30-year future periods were simulated, from 2006 to 2035 and from 2051 to 2080, using the MGB-IPH hydrological model, considering two extreme scenarios of greenhouse gas emissions and twenty climate models. It was possible to verify a trend of increase of the flows in the simulated hydrographic basin, since more than 60% of the simulations performed indicated some percentage of increase of average flows in all the discretized modeling units. The analysis of the simulations results indicated that the data from climatic models HadGEM2-ES and GFDL-CM3 used as input data in the hydrological model are the ones that respectively provide upper and lower flow thresholds of the simulations' ensemble. The joint evaluation of the results generated by these two models, associated to the scenario of high greenhouse gas emissions, is capable of covering extreme flow scenarios predicted for the future considering climate change in Patos Lagoon basin. The results provided by the models bcc-csm1-1, BNU-ESM and CNRM-CM5 are similar to the median of the set of simulations generated by all the models evaluated in this research. In addition, the northernmost region of the study area was identified as having the highest sensitivity to climate change projected by global models of CMIP5 published in AR5.

Keywords: climate change; Patos Lagoon basin; water availability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<i>Figura 3.1 – Divisão hidrográfica do Rio Grande do Sul.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3.2 – Bacias hidrográficas do Estado e a situação da elaboração dos Planos de Bacia Hidrográfica em dezembro de 2018.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3.3 – Resumo das mudanças observadas no clima e outros fatores ambientais em regiões representativas da América Central e do Sul (IPCC, 2014).....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3.4 – Esquema do funcionamento conceitual do modelo MGB-IPH (LOPES, 2018).....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 4.1 – Localização das bacias hidrográficas estudadas e da bacia hidrográfica da Laguna dos Patos. ...</i>	<i>36</i>
<i>Figura 4.2 – Fluxograma de atividades.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 4.3 – Grade de pontos para os quais são fornecidos os dados das variáveis dos modelos climáticos bcc-csm1-1m e MRI-CGM3.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 4.4 – Grade de pontos para os quais são fornecidos os dados das variáveis dos modelos climáticos bcc-csm-1-1, BNU-ESM, CanESM2, MIROC-ESM e MIROC-ESM-CHEM.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 4.5 – Modelo Digital de elevação e batimetria da bacia da Laguna dos Patos (LOPES, 2017)</i>	<i>44</i>
<i>Figura 4.6 – Unidades de discretização do modelo hidrológico (minibacias).....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 4.7 – Unidades de discretização do modelo hidrológico (trechos de drenagem).....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 4.8 – Unidades de Resposta Hidrológica (LOPES, 2017).....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 4.9 – Estações pluviométricas (a) e fluviométricas (b) (LOPES, 2017)</i>	<i>46</i>
<i>Figura 4.10 – Fluxograma da aplicação dos dados de clima futuro no modelo hidrológico</i>	<i>48</i>
<i>Figura 5.1 – Hidrograma da simulação para a bacia hidrográfica do Caí, modelo HadGEM2-ES, RCP 8.5 (Altas emissões).....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 5.2 – Hidrograma da simulação para a bacia hidrográfica do Canal de São Gonçalo, modelo GFDL-CM3, RCP 2.6 (Baixas emissões).....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 5.3 – Pontos da área de estudo onde os resultados são analisados.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 5.4 – Variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (baixas emissões) no período futuro próximo (2006-2035).....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 5.5 – Variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (baixas emissões) no período futuro distante (2051-2080).....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 5.6 – Variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altas emissões) no período futuro próximo (2006-2035).....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 5.7 – Variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altas emissões) no período futuro distante (2051-2080).....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 5.8 – Diagrama Box Plot para as variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (baixas emissões) no período futuro próximo (2006-2035).....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 5.9 – Diagrama Box Plot para as variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (baixas emissões) no período futuro distante (2051-2080).....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 5.10 – Diagrama Box Plot para as variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altas emissões) no período futuro próximo (2006-2035).....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 5.11 – Diagrama Box Plot para as variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altas emissões) no período futuro distante (2051-2080).....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 5.12 – Porcentagem de simulações do conjunto que apontam para aumento da vazão, para cada cenário e período simulados.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 5.13 – Medianas das variações de vazões do conjunto de simulações, para cada cenário e período simulados.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 5.14 – Esquema para exemplificar a interpretação dos gráficos a seguir</i>	<i>71</i>
<i>Figura 5.15 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica do rio Gravataí.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 5.16 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica do rio dos Sinos.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 5.17 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica do rio Caí.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 5.18 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica do rio Jacuí</i>	<i>74</i>
<i>Figura 5.19 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica do rio Camaquã.....</i>	<i>74</i>

<i>Figura 5.20 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica do Canal de São Gonçalo</i>	<i>75</i>
<i>Figura 5.21 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica da Laguna dos Patos, na Barra de Rio Grande.....</i>	<i>75</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 3.1 – Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabela 4.1 – Modelos climáticos utilizados no estudo.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 5.1 – Modelos climáticos que geraram variações extremas de vazão para cada ponto de controle simulado</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 5.2 – Modelos climáticos que geraram variações extremas de chuva para cada ponto de controle simulado</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 5.3 – Porcentagem de simulações que indicaram variação negativa ou positiva das chuvas médias anuais e a mediana destas variações em cada bacia hidrográfica analisada.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 5.4 – Diferenças absolutas entre as variações de vazão média de cada simulação em comparação à mediana do conjunto de cada cenário e período.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 5.5 – Somas das diferenças entre as variações de cada simulação em comparação à mediana do conjunto de cada cenário e período</i>	<i>69</i>

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
AR4	Fourth Assessment Report
AR5	<i>Fifth Assessment Report</i>
ARH	Agências de Região Hidrográfica
CBH	Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CMIP5	<i>Coupled Model Intercomparison Project Phase 5</i>
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COP	<i>Conference of Parties</i>
CRH	Conselho de Recursos Hídricos
DKRZ	<i>Deutsches Klimarechenzentrum</i>
DRH	Departamento de Recursos Hídricos
FAR	<i>First Assessment Report</i>
FBMC	Fórum Brasileiro de Mudança do Clima
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler
GCM	<i>Global Circulation Model</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
Gex	Grupo Executivo sobre Mudanças Climáticas
IPCC	<i>International Panel on Climate Change</i>
MCG	Modelos Climáticos Globais
MCGAO	Modelos de Circulação Geral Atmosfera-Oceano
MDE	Modelo Digital de Elevação
MGB-IPH	Modelo de Grandes Bacias do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
MST	Modelos do Sistema Terrestre
MSTS	Modelos do Sistema Terrestre Simplificados
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
PBH	Planos de Bacia Hidrográfica
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PIB	Produto Interno Bruto
RCPs	<i>Representative Concentration Pathways</i>
SAR	Second Assessment Report
SEMA/RS	Secretaria Estadual do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SERH	Sistema Estadual de Recursos Hídricos
SRES	<i>Special Reports on Emissions Scenarios</i>
SRHU/MMA	Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente
TAR	<i>Third Assessment Report</i>
UHE	Usinas Hidrelétricas
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
UNFCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
URH	Unidades de Resposta Hidrológica

SUMÁRIO

1	<u>INTRODUÇÃO</u>	13
2	<u>OBJETIVOS</u>	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	<u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	17
3.1	GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO RIO GRANDE DO SUL	17
3.2	ESTUDO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	21
3.3	MODELAGEM CLIMÁTICA	22
3.4	MODELAGEM HIDROLÓGICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	25
3.4.1	MODELO DE GRANDES BACIAS – MGB-IPH	26
3.4.2	APLICAÇÕES E APERFEIÇOAMENTO DO MGB-IPH	27
3.4.3	UTILIZAÇÃO DO MGB-IPH PARA SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS	29
3.5	RESULTADOS DE ESTUDOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO RIO GRANDE DO SUL	30
3.6	MUDANÇAS CLIMÁTICAS E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL E NO RIO GRANDE DO SUL	31
4	<u>METODOLOGIA</u>	36
4.1	ÁREA DE ESTUDO	36
4.2	ESTRATÉGIA METODOLÓGICA	38
4.3	CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS CONSIDERADOS	39
4.4	MODELOS CLIMÁTICOS CONSIDERADOS	39
4.5	MODELAGEM HIDROLÓGICA	43
4.6	LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA UTILIZADA	48
5	<u>ANÁLISE DOS RESULTADOS</u>	50
5.1	ANÁLISE PONTUAL	51
5.2	ANÁLISE ESPACIAL	60
5.3	ANÁLISE DE MODELOS EXTREMOS E MEDIANOS	67
5.4	COMPARAÇÃO ENTRE OS INDICADORES DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA ANALISADOS	69
6	<u>CONCLUSÕES</u>	77
7	<u>RECOMENDAÇÕES</u>	79
8	<u>REFERÊNCIAS</u>	81
9	<u>APÊNDICES</u>	88

9.1 APÊNDICE A	88
9.1.1 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA O EXUTÓRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ	88
9.1.2 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA O EXUTÓRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SINOS	89
9.1.3 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA O EXUTÓRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ	90
9.1.4 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA O EXUTÓRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUÍ	91
9.1.5 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA O EXUTÓRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMAQUÃ	92
9.1.6 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA O EXUTÓRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CANAL DE SÃO GONÇALO	93
9.1.7 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA O EXUTÓRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGUNA DOS PATOS, NA BARRA DE RIO GRANDE	94
9.2 APÊNDICE B	95
9.2.1 VARIAÇÕES DE Q90% NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 2.6 (MITIGAÇÃO RIGOROSA) NO PERÍODO FUTURO PRÓXIMO (2006-2035)	95
9.2.2 VARIAÇÕES DE Q90% NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 2.6 (MITIGAÇÃO RIGOROSA) NO PERÍODO FUTURO DISTANTE (2051-2080)	96
9.2.3 VARIAÇÕES DE Q90% NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 8.5 (ALTÍSSIMAS EMISSÕES) NO PERÍODO FUTURO PRÓXIMO (2006-2035)	97
9.2.4 VARIAÇÕES DE Q90% NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 8.5 (ALTÍSSIMAS EMISSÕES) NO PERÍODO FUTURO DISTANTE (2051-2080)	98
9.2.5 VARIAÇÕES DE Q TR 5 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 2.6 (MITIGAÇÃO RIGOROSA) NO PERÍODO FUTURO PRÓXIMO (2006-2035)	99
9.2.6 VARIAÇÕES DE Q TR 5 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 2.6 (MITIGAÇÃO RIGOROSA) NO PERÍODO FUTURO DISTANTE (2051-2080)	100
9.2.7 VARIAÇÕES DE Q TR 5 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 8.5 (ALTÍSSIMAS EMISSÕES) NO PERÍODO FUTURO PRÓXIMO (2006-2035)	101
9.2.8 VARIAÇÕES DE Q TR 5 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 8.5 (ALTÍSSIMAS EMISSÕES) NO PERÍODO FUTURO DISTANTE (2051-2080)	102
9.2.9 VARIAÇÕES DE Q TR 100 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 2.6 (MITIGAÇÃO RIGOROSA) NO PERÍODO FUTURO PRÓXIMO (2006-2035)	103
9.2.10 VARIAÇÕES DE Q TR 100 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 2.6 (MITIGAÇÃO RIGOROSA) NO PERÍODO FUTURO DISTANTE (2051-2080)	104
9.2.11 VARIAÇÕES DE Q TR 100 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 8.5 (ALTÍSSIMAS EMISSÕES) NO PERÍODO FUTURO PRÓXIMO (2006-2035)	105
9.2.12 VARIAÇÕES DE Q TR 100 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 8.5 (ALTÍSSIMAS EMISSÕES) NO PERÍODO FUTURO DISTANTE (2051-2080)	106
9.2.13 VARIAÇÕES DE Q TR 1000 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 2.6 (MITIGAÇÃO RIGOROSA) NO PERÍODO FUTURO PRÓXIMO (2006-2035)	107
9.2.14 VARIAÇÕES DE Q TR 1000 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 2.6 (MITIGAÇÃO RIGOROSA) NO PERÍODO FUTURO DISTANTE (2051-2080)	108
9.2.15 VARIAÇÕES DE Q TR 1000 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 8.5 (ALTÍSSIMAS EMISSÕES) NO PERÍODO FUTURO PRÓXIMO (2006-2035)	109
9.2.16 VARIAÇÕES DE Q TR 1000 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE PARA AS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO RCP 8.5 (ALTÍSSIMAS EMISSÕES) NO PERÍODO FUTURO DISTANTE (2051-2080)	110
9.3 APÊNDICE C	111
9.3.1 DIAGRAMA BOX PLOT PARA AS VARIAÇÕES DE Q90% NOS PONTOS DE INTERESSE	111
9.3.2 DIAGRAMA BOX PLOT PARA AS VARIAÇÕES DE Q TR 5 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE	112
9.3.3 DIAGRAMA BOX PLOT PARA AS VARIAÇÕES DE Q TR 100 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE	113
9.3.4 DIAGRAMA BOX PLOT PARA AS VARIAÇÕES DE Q TR 1000 ANOS NOS PONTOS DE INTERESSE	114

9.4 APÊNDICE D	115
9.4.1 CHUVAS MÉDIAS ANUAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ EM CADA SIMULAÇÃO REALIZADA	115
9.4.2 VARIAÇÕES DAS CHUVAS MÉDIAS ANUAIS COM RELAÇÃO AO CENÁRIO ATUAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ	115
9.4.3 CHUVAS MÉDIAS ANUAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS EM CADA SIMULAÇÃO REALIZADA	116
9.4.4 VARIAÇÕES DAS CHUVAS MÉDIAS ANUAIS COM RELAÇÃO AO CENÁRIO ATUAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS	116
9.4.5 CHUVAS MÉDIAS ANUAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ EM CADA SIMULAÇÃO REALIZADA	117
9.4.6 VARIAÇÕES DAS CHUVAS MÉDIAS ANUAIS COM RELAÇÃO AO CENÁRIO ATUAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ	117
9.4.7 CHUVAS MÉDIAS ANUAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUÍ EM CADA SIMULAÇÃO REALIZADA	118
9.4.8 VARIAÇÕES DAS CHUVAS MÉDIAS ANUAIS COM RELAÇÃO AO CENÁRIO ATUAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUÍ	118
9.4.9 CHUVAS MÉDIAS ANUAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMAQUÃ EM CADA SIMULAÇÃO REALIZADA	119
9.4.10 VARIAÇÕES DAS CHUVAS MÉDIAS ANUAIS COM RELAÇÃO AO CENÁRIO ATUAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMAQUÃ	119
9.4.11 CHUVAS MÉDIAS ANUAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CANAL DE SÃO GONÇALO EM CADA SIMULAÇÃO REALIZADA	120
9.4.12 VARIAÇÕES DAS CHUVAS MÉDIAS ANUAIS COM RELAÇÃO AO CENÁRIO ATUAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CANAL DE SÃO GONÇALO	120
9.4.13 CHUVAS MÉDIAS ANUAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGUNA DOS PATOS, NA BARRA DE RIO GRANDE, EM CADA SIMULAÇÃO REALIZADA	121
9.4.14 VARIAÇÕES DAS CHUVAS MÉDIAS ANUAIS COM RELAÇÃO AO CENÁRIO ATUAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGUNA DOS PATOS, NA BARRA DE RIO GRANDE	121
9.5 APÊNDICE E	122

1 INTRODUÇÃO

Os processos de tomada de decisão que envolvem recursos hídricos no Brasil vêm se baseando em análises do comportamento histórico de variáveis como chuva, vazão, temperatura, etc, adotando a hipótese da estacionariedade das variáveis hidroclimáticas. Isto ocorre tanto na gestão de bacias hidrográficas quanto na construção de obras hidráulicas, como barragens para abastecimento público e geração de energia. Entretanto, o uso de séries temporais embasadas em observações do passado pode levar a estratégias equivocadas relacionadas ao uso dos recursos naturais, pois o impacto das mudanças climáticas no comportamento das precipitações futuras pode alterar consideravelmente a disponibilidade de recursos hídricos (LIMA et al., 2014).

Considerando que nas duas últimas décadas painéis de cientistas vêm alertando para o processo de mudanças climáticas em função da concentração na atmosfera de gases de efeito estufa, é necessário que os instrumentos de gestão de recursos hídricos estejam preparados para os impactos que estas mudanças podem originar.

O Painel Intergovernamental para a Mudança de Clima (IPCC, *International Panel on Climate Change*) avalia, interpreta e reúne informações relevantes relativas às mudanças climáticas e fornece relatórios periódicos destinados a subsidiar decisões políticas. Estes relatórios informam da importância de se considerar as mudanças do clima no âmbito mundial.

No Brasil, os instrumentos de gestão de recursos hídricos foram instituídos pela Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Os instrumentos são os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a municípios e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Antes mesmo da criação da Lei Federal nº 9.433, dois estados do país já possuíam legislações referentes aos recursos hídricos. O estado pioneiro foi São Paulo, que estabeleceu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos e ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos em 30 de dezembro de 1991, através da Lei Estadual nº 7.663.

O Rio Grande do Sul foi o segundo estado a publicar sua legislação de recursos hídricos, a Lei Estadual nº 10.350, em 30 de dezembro de 1994. A legislação gaúcha prevê a proposição, execução e atualização dos Planos de Bacia Hidrográfica (PBH) não como

instrumentos, mas como objetivos do Sistema Estadual de Recursos Hídricos. Planos de Bacia Hidrográfica têm por finalidade operacionalizar, no âmbito de cada bacia hidrográfica, por um período de 4 anos as disposições do Plano Estadual de Recursos Hídricos, compatibilizando os aspectos quantitativos e qualitativos, de modo a assegurar que as metas e usos previstos pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos sejam alcançados simultaneamente com melhorias sensíveis e contínuas dos aspectos qualitativos dos corpos de água (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

Os PBH já elaborados no estado apresentam balanços hídricos qualitativos e quantitativos em diferentes cenários, comparando usos de água atuais e futuros com a disponibilidade hídrica, sem considerar que a disponibilidade poderá variar no futuro, a não ser por regularização por reservatórios. Nesta pesquisa é proposta uma análise da variação das disponibilidades hídricas de bacias hidrográficas contidas na área de contribuição da Laguna dos Patos, que são consequência das mudanças climáticas previstas pelos modelos globais do Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5), publicados no mais recente relatório do IPCC.

Segundo KJERFVE (1986), a Laguna dos Patos é a maior laguna estrangulada do mundo (laguna com saída controlada por um canal), e suas águas salinidade dependente da influência das águas do Oceano. Em condições de vento Norte, a laguna possui apenas águas doces, porém com ventos vindos do Sul, suas águas se tornam salobras, até a entrada do Lago Guaíba (DELANEY, 1963).

A bacia hidrográfica da Laguna dos Patos possui cerca de 182 mil km² e cobre um pouco mais da metade da área do estado, além de uma porção do Uruguai, cobrindo uma grande diversidade de tipos de cobertura do solo, como irrigação, ocupação urbana, industrial, e vegetação natural. Esta porção do Rio Grande do Sul engloba a região metropolitana da capita do Estado, Porto Alegre, e abrange cerca de 75% da população estadual. Os municípios desta bacia são responsáveis por cerca de 87% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial e 80% do PIB total do estado¹.

Esta grande concentração populacional e industrialização causam uma grande pressão

¹ Dados obtidos a partir da multiplicação de valores de Produto Interno Bruto (PIB) total e estrutura do Valor Adicionado Bruto (VAB), e população dos municípios do Rio Grande do Sul – 2015 municipal da Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul com a porcentagem da área dos municípios incluída na bacia hidrográfica da Laguna dos Patos. A porcentagem da área dos municípios foi obtida a partir do cruzamento do *shapefile* de municípios da Base Cartográfica do Estado do Rio Grande do Sul na escala 1:25.000 (SEMA, 2018) com o limite da bacia hidrográfica delimitada para este estudo.

sobre os recursos naturais, como consequência, dois dos rios desta bacia, os rios Gravataí e dos Sinos, estão entre os rios mais poluídos do Brasil. Além disso, o uso da água para irrigação é Portanto, estudos de planejamento de recursos hídricos são de grande importância para esta região.

Conforme a análise de AMORIM e CHAFFE (2017), que avaliou 32 documentos científicos que integram as saídas de modelos de clima com modelagem hidrológica em estudos de caso no território brasileiro, não foram identificados estudos deste tipo na região da Laguna dos Patos, a relevância desta dissertação fica evidenciada.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é avaliar cenários futuros de mudanças climáticas previstas por modelos globais do 5º relatório do IPCC em indicadores da disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas que drenam para a Laguna dos Patos, metade leste do Rio Grande do Sul.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as vazões geradas pelo modelo hidrológico MGB-IPH considerando diversos cenários de mudanças climáticas previstos por modelos globais e compará-las ao cenário atual de vazões nos exutório das bacias hidrográficas gaúchas dos principais cursos hídricos que drenam para a Laguna dos Patos (Rio Caí, Rio dos Sinos, Rio Gravataí, Rio Jacuí, Rio Camaquã e Canal de São Gonçalo);
- Verificar se há uma tendência a aumento ou diminuição das vazões nas bacias hidrográficas analisadas;
- Selecionar modelos climáticos que forneçam cenários máximos, mínimos e medianos de vazões que possam ser usados para simplificar o planejamento da gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica da Laguna dos Patos;
- Identificar regiões mais sensíveis onde são projetados maiores impactos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão de trabalhos relacionados ao tema desta dissertação. Inicialmente é descrito brevemente o sistema de gestão de recursos hídricos do Rio Grande do Sul, em seguida são apresentadas duas ferramentas utilizadas para subsidiar o planejamento dos recursos hídricos para enfrentar possíveis mudanças na disponibilidade de água, decorrentes das mudanças climáticas, que são a modelagem climática e a modelagem hidrológica de bacias hidrográficas.

O último item desta revisão apresenta uma inserção do presente trabalho no contexto do gerenciamento dos recursos hídricos do Brasil e do Estado. Visto que um dos objetivos deste trabalho é subsidiar futuros estudos no estado, como planos de bacia e outros estudos hidrológicos específicos.

3.1 Gestão de recursos hídricos no Rio Grande do Sul

O gerenciamento dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio Grande do Sul é regido pela Lei Estadual nº 10.350 de 30 de dezembro de 1994, também conhecida como Lei Estadual das Águas, que instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos (SERH), que integra o sistema nacional de gerenciamento desses recursos, conforme o artigo 171 da Constituição Estadual. O SERH adota as bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento e gestão, considerando os recursos hídricos na unidade do balanço hídrico, compreendendo as fases aérea, superficial e subterrânea da água.

Para fins de gestão e planejamento, o Rio Grande do Sul é dividido em 25 bacias hidrográficas, agrupadas em três regiões hidrográficas, apresentadas na Tabela 3.1 e na Figura 3.1.

Tabela 3.1 – Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul

Região Hidrográfica	Código	Unidade de Planejamento
Região Hidrográfica do Guaíba	G010	Bacia Hidrográfica do rio Gravataí
	G020	Bacia Hidrográfica do rio Sinos
	G030	Bacia Hidrográfica do rio Caí
	G040	Bacia Hidrográfica Taquari-Antas
	G050	Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí
	G060	Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Vacacaí Mirim
	G070	Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí
	G080	Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba
	G090	Bacia Hidrográfica do rio Pardo

Região Hidrográfica	Código	Unidade de Planejamento
Região Hidrográfica do Litoral	L010	Bacia Hidrográfica do rio Tramandaí
	L020	Bacia Hidrográfica do Litoral Médio
	L030	Bacia Hidrográfica do rio Camaquã
	L040	Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo
	L050	Bacia Hidrográfica do rio Mampituba
Região Hidrográfica do Uruguai	U010	Bacia Hidrográfica Apuaê-Inhandava
	U020	Bacia Hidrográfica do rio Passo Fundo
	U030	Bacia Hidrográfica Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo
	U040	Bacia Hidrográfica do rio Piratimim
	U050	Bacia Hidrográfica do rio Ibicuí
	U060	Bacia Hidrográfica do rio Quaraí
	U070	Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria
	U080	Bacia Hidrográfica do rio Negro
	U090	Bacia Hidrográfica do rio Ijuí
	U100	Bacia Hidrográfica do rio da Várzea
	U110	Bacia Hidrográfica dos rios Butuí-Icamaquã

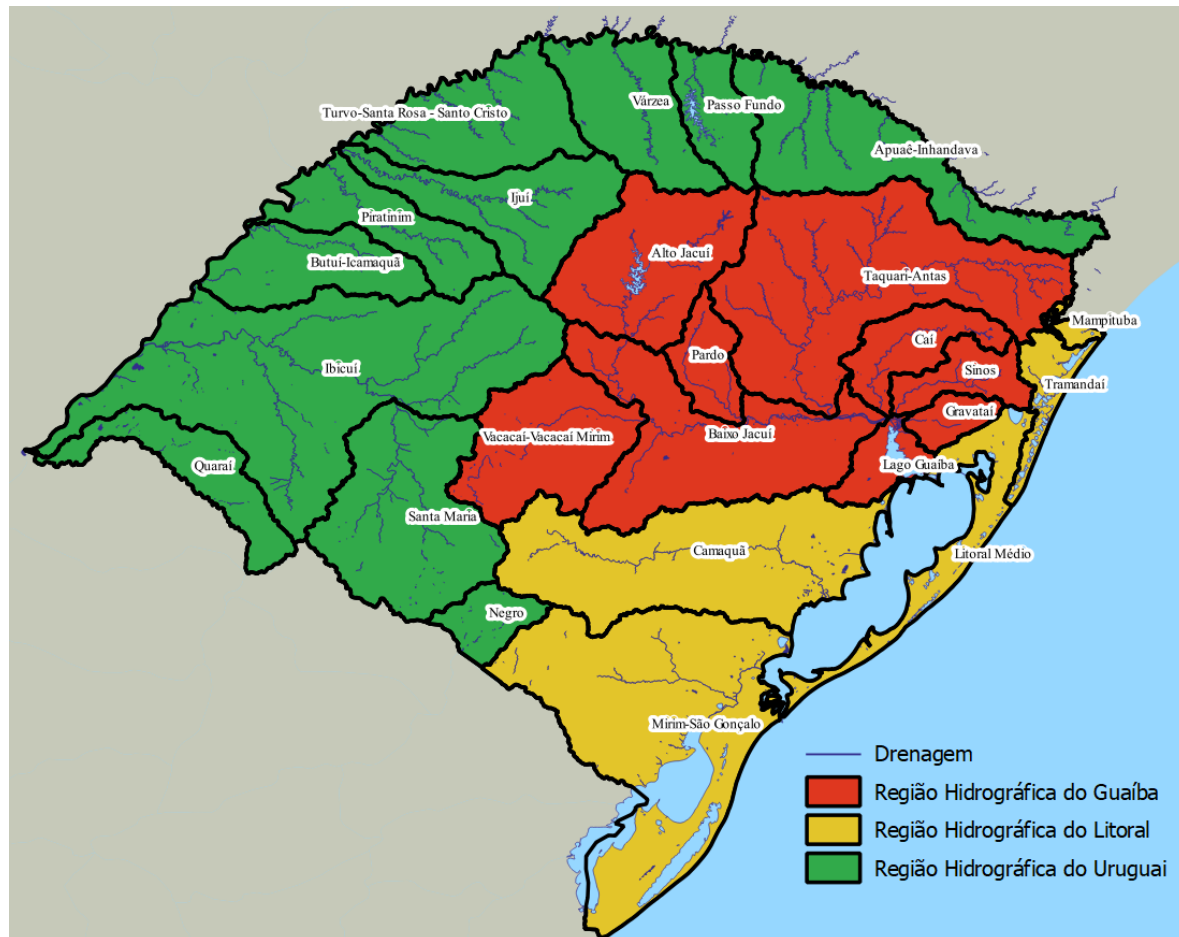


Figura 3.1 – Divisão hidrográfica do Rio Grande do Sul

Os Planos de Recursos Hídricos são instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. No Estado do Rio Grande do Sul, o PERH e os Planos de Bacia Hidrográfica (PBH) discriminam os objetivos, princípios e diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos.

O PERH do Rio Grande do Sul foi instituído pela Resolução CRH nº 141, de 21 de março de 2014, como instrumento de planejamento estratégico da Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelecendo diretrizes gerais para o gerenciamento dos recursos hídricos do Estado. O PERH tem o intuito de promover a harmonização e adequação de políticas públicas na busca do equilíbrio entre a oferta e a demanda de água, por meio do uso racional deste bem público finito e dotado de valor econômico, de forma a assegurar a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, garantindo seu uso sustentável.

Conforme o PERH, a gestão das águas deve ser realizada de forma descentralizada, através da divisão do território do estado em bacias hidrográficas, e compartilhada com a sociedade, por meio de Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH).

Conforme a Lei Federal das Águas, os conteúdos mínimos dos Planos de Recursos Hídricos são:

- Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
- Análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
- Balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- Metas de racionalização de uso, aumento de quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- Medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
- Prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
- Diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e
- Propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

No Rio Grande do Sul, apenas 8 das 25 bacias hidrográficas já possuem Planos de

Bacia Hidrográfica completos, ou seja, com diagnóstico (Etapa A), prognóstico e enquadramento (Etapa B) e plano de ações (Etapa C). As bacias hidrográficas com PBH completos são as bacias do rio Gravataí, rio Caí, Baixo Jacuí, Lago Guaíba, rio Camaquã, rio Santa Maria e rio Quarai.

As bacias hidrográficas do Taquari-Antas, Alto Jacuí, rio Pardo, rio Tramandaí, rio Passo Fundo, rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo, rio Ibicuí e rio Ijuí possuem PBH parcial, contendo apenas as Etapas A e B. O PBH da bacia hidrográfica do rio Tramandaí está sendo revisto e a Etapa C do Plano desta bacia e da bacia dos rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo está sendo elaborada.

As bacias hidrográficas Vacacaí-Vacacaí Mirim, Litoral Médio, Mirim-São Gonçalo, rio Piratinim, rio Mampituba, rio Negro e Apuaê-Inhandava estão em elaboração. As bacias dos rios da Várzea, Piratinim e Butuí-Icamaquã ainda não possuem PBH.

A Figura 3.2 apresenta as bacias hidrográficas do Estado e a situação da elaboração dos Planos de Bacia Hidrográfica.

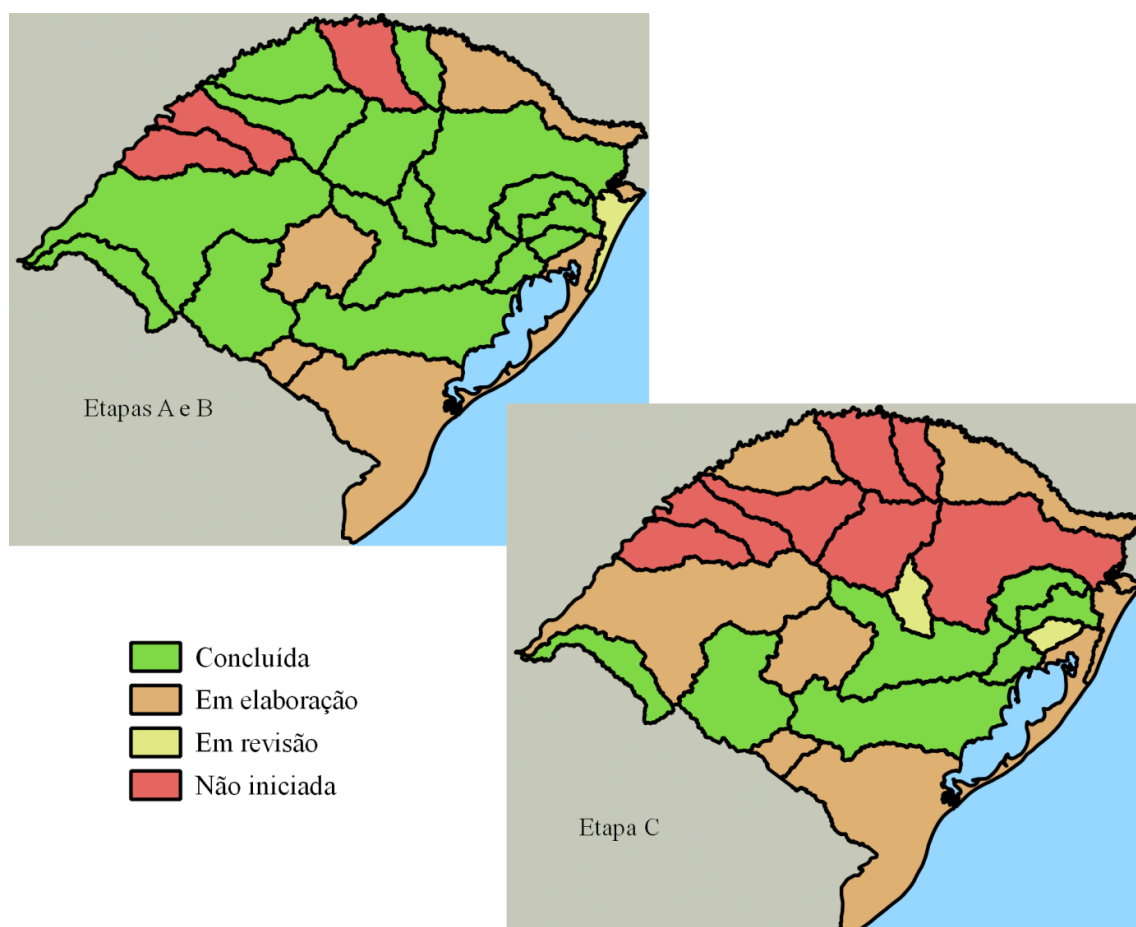


Figura 3.2 – Bacias hidrográficas do Estado e a situação da elaboração dos Planos de Bacia Hidrográfica em dezembro de 2018

Idealmente, a elaboração dos PBH, bem como a revisão dos PBH já elaborados, deve incorporar estudos objetivando a definição das consequências que mudanças climáticas podem ocasionar na disponibilidade hídrica no futuro. Desta forma, os CBH e demais atores institucionais envolvidos na gestão dos recursos hídricos possuirão ferramentas para subsidiar tomadas de decisão para enfrentar possíveis mudanças na disponibilidade de água. Este assunto é tratado no item a seguir.

3.2 Estudo das Mudanças Climáticas

Com a formação do Programa Climático Global após a 1ª Conferência Mundial do Clima em 1979, a Organização Meteorológica Global, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, *United Nations Environment Programme*) e o Conselho Internacional de Ciências sinalizaram seu interesse em buscar conhecimento em mudanças climáticas. O esforço conjunto criou a base para as atuais atividades internacionais em aquecimento global (IPCC, 1992).

Em 1988, foi criado o Painel Intergovernamental para a Mudança de Clima (IPCC, *International Panel on Climate Change*) pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pela UNEP, com o intuito de avaliar, interpretar e reunir todas as informações relevantes dos diversos estudos a respeito das mudanças climáticas que estavam sendo desenvolvidos na época. O IPCC gera periodicamente relatórios abrangentes, de fácil compreensão e acessíveis a todos, principalmente a decisores políticos (IPEA, 2017).

O IPCC é organizado em três grupos de trabalho: O Grupo I se concentra no estudo das bases científicas do clima, o Grupo II trata dos impactos e adaptação das mudanças de clima e o Grupo III atualmente estuda a mitigação para mudanças climáticas. Desde a sua criação, o IPCC já divulgou quatro grandes relatórios: o primeiro em 1992 (FAR, *First Assessment Report*), o segundo em 1995 (SAR, *Second Assessment Report*), o terceiro em 2001 (TAR, *Third Assessment Report*), o quarto em 2007 (AR4, *Fourth Assessment Report*) e o último em 2014 (AR5, *Fifth Assessment Report*).

No FAR é afirmada a existência do efeito estufa natural e que as emissões geradas por atividades humanas aumentam substancialmente a concentração dos gases causadores deste efeito na atmosfera, resultando em um aumento médio da temperatura global. Este primeiro relatório do IPCC forneceu bases científicas e técnicas para a Convenção das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas (UNFCCC, *United Nations Framework Convention on Climate Change*), aberta para inscrições na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e

Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro, em 1992, evento conhecido como Rio 92 (IPCC, 1995).

O SAR alertou para mudanças climáticas identificadas em algumas regiões, como o aumento da incidência de temperaturas extremas, inundações e secas. Este relatório também afirmou que as evidências sugerem a influência do homem no clima global, estimulando muitos governos a intensificar as negociações que geraram o Protocolo de Kyoto (UNFCCC, s/d).

O TAR confirmou as descobertas do relatório anterior, fornecendo novas e mais fortes evidências do aquecimento do globo. O AR4 forneceu a base científica para os acordos de Marrakech. O AR5 informa sobre a importância da consideração de suas descobertas científicas nas negociações e formulações de políticas na 21ª Conferência das Partes (COP, Conference of the Parties), realizada em Paris em 2015.

O estudo das mudanças climáticas é realizado através da aplicação de modelos climáticos, que simulam as condições das variáveis climatológicas para o futuro. Este assunto é tratado no item a seguir.

3.3 Modelagem climática

Modelagem climática é a representação matemática do sistema terrestre, dos processos que ocorrem na atmosfera e suas interações com a superfície da terra e do oceano. Modelos climáticos são usados para representar os processos naturais que possam afetar o comportamento meteorológico e o clima, possibilitando a obtenção de previsões em várias escalas de tempo (MARENGO, 2014).

Uma importante ferramenta para previsão meteorológica e de clima, e para projeções de cenários prováveis de alterações climáticas, são os modelos matemáticos do sistema climático global, ou modelos climáticos globais, que levam em conta de forma quantitativa (numérica) o comportamento dos componentes do sistema climático, como atmosfera, oceanos, criosfera (áreas com gelo e neve), vegetação, ciclos biogeoquímicos, hidrosfera, litosfera, etc. e suas interações. Esses modelos permitem que se simulem prováveis cenários de evolução do clima considerando vários níveis de emissão dos gases de efeito estufa (GEE), além de incluir mudanças no uso e cobertura do solo (LIMA, 2014).

Modelos climáticos podem variar desde simples modelos de balanço de energia até complexos Modelos do Sistema Terrestre (MST). Quanto maior a complexidade do modelo,

maior o requerimento computacional associado (IPCC, 2014).

Existem também Modelos do Sistema Terrestre Simplificados (MSTS) que realizam a análise de componentes relevantes do sistema terrestre de uma maneira idealizada e com menor resolução que os MST. Estes modelos são aplicados para responder a questões como entender o clima passado em escalas milenares ou explorar sensibilidade em simulações de longo período ou de grandes conjuntos de modelos.

O 4º Relatório do IPCC, publicado em 2007, avaliou Modelos de Circulação Geral Atmosfera-Oceano (MCGAO), que tem como principal função compreender a dinâmica dos componentes físicos do sistema climático (atmosfera, oceano, terra e gelo marinho), para realizar projeções baseadas em emissões futuras de GEE e aerossóis. No AR4, assim como no TAR, de 2001, os diferentes cenários de mudanças climáticas foram criados a partir de relatórios especiais sobre cenários de emissões (SRES – *Special Reports on Emissions Scenarios*), que apresentaram quatro cenários de emissão: A1, que descreve um futuro onde os indivíduos procuram riqueza pessoal em lugar de qualidade ambiental, por três caminhos diferentes: A1B (cenário de estabilização), A1F (máximo uso de combustível fóssil) e A1T (mínimo uso de combustível fóssil); A2, que prevê um crescimento populacional alto e menos preocupação em relação ao desenvolvimento econômico rápido; B1, que apresenta uma rápida mudança na estrutura econômica mundial, onde ocorre uma introdução de tecnologias limpas; e B2, que descreve um mundo no qual a ênfase está em soluções locais, a sustentabilidade econômica, social e ambiental.

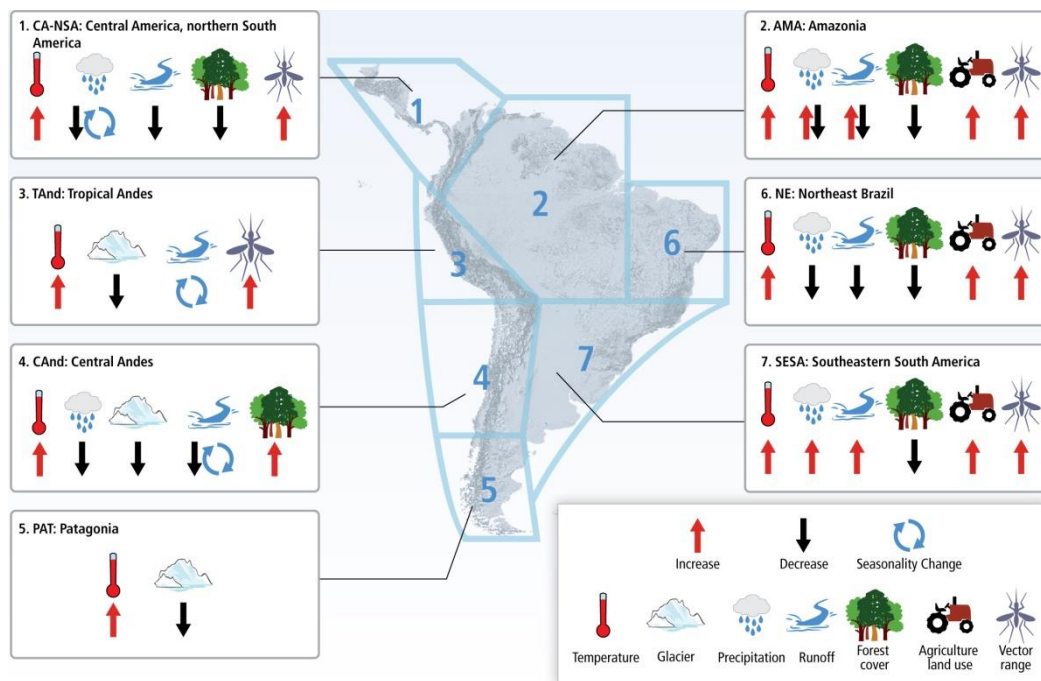
No 5º Relatório do IPCC, de 2014 (AR5) são avaliados também MST, que são o estado da arte em modelagem climática, que incluem a capacidade de representar explicitamente os processos biogeoquímicos que interagem com o clima, como os que envolvem o ciclo do carbono, do enxofre e ozônio. Desta forma, forçantes como as associadas às emissões de gases de efeito estufa pelo homem alteram a resposta do modelo (LIMA, 2014). O AR5 avaliou cerca de 50 MCGAO e MST, bem como 15 MSTS.

O conjunto de cenários utilizados no AR5, chamados de Caminhos de Concentração Representativos (RCPs – *Representative Concentration Pathways*), se baseiam em variações de crescimento populacional, estilo de vida e comportamento, uso do solo, tecnologia e políticas climáticas, que são os principais fatores responsáveis pelas emissões antropogênicas de gases de efeito estufa. Os RCP descrevem quatro diferentes possibilidades de emissões e concentrações atmosféricas de GEE, emissões de poluentes atmosféricos e padrões de uso da

terra (IPCC, 2014).

Os RCP incluem um cenário de mitigação rigorosa (RCP 2.6), dois cenários intermediários (RCP 4.5 e RCP 6.0) e um cenário com altíssimas emissões de GEE (RCP 8.5). Segundo as projeções do AR5 para estes quatro possíveis cenários, a temperatura global irá aumentar, os oceanos continuarão aquecendo e acidificando e o nível médio global dos mares irá subir. Também há grandes probabilidades de que ondas de calor e eventos de precipitações extremas se tornem mais frequentes em diversas regiões.

O AR5 indica tendências para mudanças no clima e outros fatores ambientais em diversas regiões, a Figura 3.3 apresenta um resumo destas mudanças em regiões representativas da América Central e do Sul. Verifica-se que em todas as regiões a tendência de aumento das temperaturas é unânime, enquanto outros fatores são variáveis conforme a região. No Nordeste do Brasil, a tendência para as vazões nos cursos hídricos é de diminuição, enquanto na região Sul, é indicado um aumento de vazões.



Increase: Aumento; *Decrease:* Diminuição; *Seasonality Change:* mudança sazonal; *Temperature:* Temperatura; *Glacier:* geleiras; *Precipitation:* Precipitação; *Runoff:* Escoamento; *Forest cover:* cobertura florestal; *Agriculture and land use:* agricultura e uso do solo; *Vector range:* alcance de vetores.

Figura 3.3 – Resumo das mudanças observadas no clima e outros fatores ambientais em regiões representativas da América Central e do Sul (IPCC, 2014)

Em um sistema hídrico, a relação entre as variáveis de entrada, como temperatura, precipitação, umidade, e saída, como vazão nos cursos hídricos, apresentam um comportamento não-linear em função dos diferentes sub-sistemas e características do sistema físico (ANA, 2002). O impacto da mudança climática nas vazões geralmente é avaliado

através da aplicação dados gerados por Modelos de Circulação Global (GCM – *Global Circulation Models*) como dados de entrada em modelos hidrológicos, que é o assunto tratado no item a seguir.

3.4 Modelagem hidrológica de bacias hidrográficas

Modelagem hidrológica é a representação matemática dos processos naturais de transformação de chuva em vazão em um sistema hídrico. Modelos hidrológicos podem ser concentrados, semi-distribuídos ou distribuídos. Os modelos concentrados são mais simplificados e não consideram a variação espacial dos fenômenos, variáveis e parâmetros do sistema hídrico, atribuindo um valor médio dos fatores para toda a bacia. Já os modelos distribuídos consideram a variação destes fatores do espaço, discretizando a bacia em pequenas subdivisões (TUCCI, 2005). Os modelos semi-distribuídos também tem suas variáveis e parâmetros variando dependentemente do espaço, entretanto, ao invés de apresentar a subdivisão em pequenas unidades (por exemplo, células quadradas), tem seus dados variando em pequenas sub-bacias que funcionam como um conjunto de modelos concentrados integrados (PETRUCCI e BONHOMME, 2014)

Os modelos concentrados de transformação de chuva em vazão são capazes de responder questões simples, como a estimativa de vazão em uma seção de curso d'água em que não há registros de descarga líquida. Modelos hidrológicos distribuídos de grande escala mais robustos são capazes de realizar estimativas de vazões em diversos pontos de uma bacia hidrográfica, e, além disso, permitem avaliar efeitos de modificações hipotéticas ou previstas em variáveis ou parâmetros do modelo.

Alguns estudos utilizaram modelos hidrológicos combinados com dados de GCMs para analisar impactos das mudanças climáticas em vazões. Por exemplo, MINVILLE et al. (2009) avaliaram os impactos que mudanças climáticas podem causar no regime hidrológico de uma usina hidrelétrica no Canadá, utilizando modelo climático associado ao modelo hidrológico Hydrotel.

Outro exemplo é o trabalho de BRAVO et al. (2013), que utiliza dados de 20 modelos climáticos de circulação global, associados a técnicas de *Delta Change* e *downscaling* espacial, para avaliar impactos de mudanças climáticas no regime hidrológico da bacia hidrográfica do alto rio Paraguai, considerando os cenários A2 e B2 do IPCC, e utilizando os modelos MGB-IPH e HEC-RAS para modelagem hidrológica e hidráulica do sistema.

O Modelo de Grandes Bacias desenvolvido no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (MGB-IPH) é um importante modelo, já utilizado em diversas aplicações, inclusive para a avaliação de impactos de mudanças do clima e é apresentado no próximo item. Outros exemplos de estudos que utilizaram modelos hidrológicos combinados com dados de modelos climáticos globais são apresentados no item 3.4.3, onde são descritos estudos semelhantes utilizando o modelo MGB-IPH para modelagem hidrológica de cenários de mudanças climáticas.

3.4.1 Modelo de Grandes Bacias – MGB-IPH

O MGB-IPH é um modelo que permite a simulação hidrológica de bacias de grande escala, foi descrito em 2001 por COLLISCHONN e TUCCI, que apresentaram o modelo e uma etapa de validação, permitindo concluir que o MGB é adequado para a representação de bacias hidrográficas com área superior a 1.000 km², verificando uma tendência de melhora na qualidade dos resultados com o aumento da área da bacia. Os autores realizaram também uma análise de mudança de uso do solo para o MGB, a qual apresentou resultados coerentes.

O MGB é capaz de realizar a simulação da transformação da precipitação em vazão e da propagação da vazão ao longo de sistemas de drenagem, considerando as características físicas distribuídas das bacias hidrográficas, como cobertura, tipo e uso do solo, tanto na descrição determinística dos processos quanto na forma de estimativa dos parâmetros para calibração do modelo. A estrutura do MGB-IPH é baseada na estrutura do modelo LARSIM (BREMICKER, 1998), com algumas adaptações (COLLISCHONN e TUCCI, 2001).

No código original do MGB, a bacia hidrográfica simulada era sub-dividida em células quadradas, entretanto, nas versões mais recentes do modelo, a bacia é discretizada em unidades irregulares, definidas a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE), denominadas minibacias, que são áreas de drenagem incrementais para segmentos da rede de drenagem. Cada uma das unidades de discretização é subdividida em Unidades de Resposta Hidrológica (URH), que são áreas de comportamento hidrológico similar, considerando que o comportamento hidrológico possa ser explicado por características físicas relacionadas aos solos e à cobertura vegetal (FAN, 2011).

O modelo é baseado em um balanço de água no solo que é realizado de maneira independente para cada URH, considerando que o armazenamento de água na camada do solo é dado pela precipitação descontando a interceptação, a evapotranspiração, os escoamentos superficial, subsuperficial e subterrâneo, adicionando-se o fluxo do reservatório subterrâneo para a camada superficial do solo (COLLISCHONN e TUCCI, 2001).

O escoamento gerado em cada unidade de discretização é propagado ao longo da rede de drenagem, conforme esquematizado na

Originalmente, o MGB realizava a propagação da vazão pelo método de Muskingum-Cunge, mas recentemente PONTES et al. (2015), incluíram o método de propagação inercial de vazões ao algoritmo do modelo.

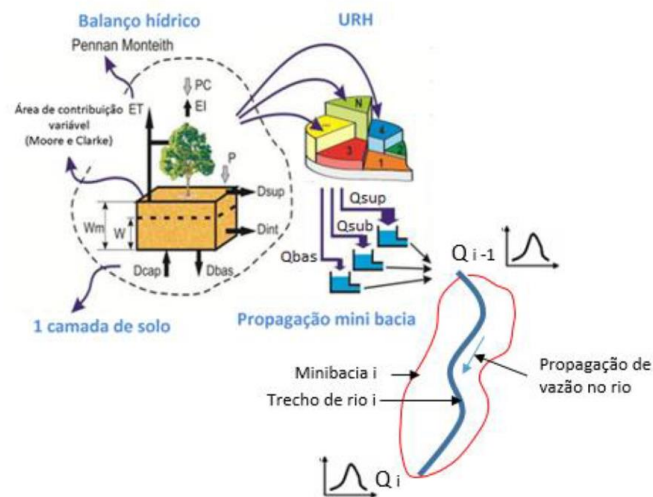


Figura 3.4 – Esquema do funcionamento conceitual do modelo MGB-IPH (LOPES, 2018)

Este modelo hidrológico pode ser utilizado para previsão de vazões em grandes bacias, na geração de séries de vazões em locais sem dados e na análise das consequências das mudanças de uso do solo. Além disso, o modelo pode ser aplicado em qualquer grande bacia brasileira, pois os dados de entrada, como imagens de sensoriamento remoto, modelos numéricos de terreno e dados hidrometeorológicos, estão disponíveis em quase todo o território (COLLISCHONN e TUCCI, 2001).

Como desvantagens, pode-se citar que os resultados do modelo quando analisados em intervalo de tempo diário mostram uma maior sensibilidade com à qualidade e à quantidade de dados pluviométricos, e que em bacias hidrográficas com área inferior a 1.000 km², o ajuste do modelo não pode ser considerado satisfatório (COLLISCHONN e TUCCI, 2001).

3.4.2 Aplicações e aperfeiçoamento do MGB-IPH

Desde a sua criação, o MGB-IPH vem sendo aprimorado e amplamente aplicado e validado em diversas bacias hidrográficas na América do Sul. O modelo foi utilizado por TUCCI et al. (2003), COLLISCHONN et al. (2005) e COLLISCHONN e TUCCI (2005) para estimativa de previsão de vazões a longo prazo na bacia hidrográfica do rio Uruguai, utilizando dados de previsão de chuva do modelo climático global do Centro de Previsão de

Tempo e Clima (CPTEC). Os autores sugerem é necessário que estudos relativos a previsões de vazões a partir de modelos climáticos globais explorem modelos hidrológicos de base física.

Em 2006, RIBEIRO NETO et al. realizaram estimativa de vazões no rio Madeira, afluente do rio Amazonas, a partir de dados de precipitação e climáticos de diferentes fontes utilizando o MGB-IPH. ANDREOLLI et al. (2006) utilizaram o MGB-IPH para prever a vazão afluente no reservatório da Usina Hidrelétrica de Machadinho, na bacia hidrográfica do rio Uruguai, com antecedência de até 48 horas, utilizando previsões de chuva de um modelo meteorológico regional desenvolvido para a região.

ALLASIA et al. (2006) apresentou resultados de simulações hidrológicas utilizando o MGB-IPH nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas, Uruguai, Alto Paraguai e São Francisco. O MGB-IPH foi aplicado em diversos outros locais e com diferentes objetivos: previsão de vazões incrementais no rio Paranaíba (COLLISCHONN et al., 2007), previsão de vazão em curto e longo prazo no rio Grande (TUCCI et al., 2008), simulação da planície de inundação do Alto rio Paraguai (PAZ, 2010), modelagem hidrológica utilizando dados de altimetria espacial no rio Negro (GETIRANA et al., 2010) e no rio Amazonas (PAIVA et al., 2011), análise do impacto da irrigação e da regularização da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do rio Quaraí (COLLISCHONN et al., 2011), previsão de cheias em tempo real no rio Piracicaba (MELLER et al., 2012), previsão de cheias por conjunto em curto prazo no rio Paraopeba (MELLER et al., 2014) e Laguna dos Patos (LOPES et al., 2015 e 2018)

Como aprimoramentos acrescentados ao modelo, pode-se citar o trabalho FAN (2011) e FAN e COLLISCHONN (2014), que consistiu do acoplamento do MGB-IPH com Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitindo a simplificação da utilização do modelo, facilitando a preparação das informações de entrada para o modelo hidrológico e a visualização espacial de seus resultados. PEREIRA et al. (2012) realizaram a integração do MGB-IPH a SIG para suporte à decisão de outorga de direito de uso da água. FAN et al. (2013) incluíram rotinas de cálculo de vazões de referência para cada trecho de rio simulado com o MGB-IPH.

LOPES et al. (2015) realizaram a simulação preliminar da bacia hidrográfica da Laguna dos Patos, no Rio Grande do Sul, utilizando o MGB-IPH com propagação de vazão pelo método de Muskingum-Cunge, visando viabilizar uma série de análises hidrológicas, como o impacto das mudanças do uso do solo ou da variabilidade de eventos extremos de

cheias e estiagens. Os resultados mostraram que o modelo é satisfatório para representar a hidrologia das principais sub-bacias do sistema, porém foi detectada a necessidade de aprimorar o método de propagação de cheias a fim de obter-se melhores resultados em rios de baixa declividade.

PONTES et al. (2015) criaram uma nova versão do MGB-IPH em que o módulo de propagação de vazões na rede de drenagem, originalmente baseado no Método de Muskingum-Cunge, é substituído pelo método inercial. Esta nova versão tende a apresentar melhores resultados principalmente para bacias hidrográficas com grandes planícies inundáveis, permitindo não só uma estimativa de vazão mais exata, mas também representar satisfatoriamente áreas inundadas, desta forma, é possível a obtenção de simulações com melhores resultados em bacias com rios de baixa declividade e com trechos sujeitos a remanso.

LOPES et al. (2018) realizaram a modelagem hidrológica e hidrodinâmica do mesmo sistema lagunar simulado em 2015, utilizando a versão do MGB-IPH de PONTES et al. (2015), incluindo a influência do vento no algoritmo inercial de propagação de vazões. Dessa forma, foi obtida uma melhora na representação do sistema modelado.

Recentemente, SIQUEIRA et al. (2018) obtiveram resultados satisfatórios de vazões e níveis em cursos hídricos aplicando o modelo MGB-IPH em escala continental para a América do Sul utilizando dados diários.

3.4.3 Utilização do MGB-IPH para simulação de cenários de mudanças climáticas

O Modelo de Grandes Bacias do IPH também já foi utilizado por alguns autores para avaliar a resposta hidrológica de bacias hidrográficas às mudanças climáticas.

NÓBREGA et al. (2011), realizaram estudo de impacto de mudanças climáticas no rio Grande, afluente do rio Paraná, aplicando a saída de seis GCMs, considerando cenários de emissão de gases de efeito estufa (A1b, A2, B1, B2) e aumentos na temperatura média global do ar de 1 a 6 °C, ao modelo hidrológico MGB-IPH. Concluiu-se que, no caso estudado, a fonte mais importante de incerteza deriva do GCM em vez do cenário de emissões ou da magnitude do aumento da temperatura global média.

ADAM e COLLISCHONN (2013) analisaram impactos de mudanças climáticas nos regimes vazão na bacia hidrográfica do rio Ibicuí utilizando o MGB-IPH para simulação hidrológica. Foram considerados vinte modelos de circulação geral utilizados no AR4 do

IPCC sob três cenários de emissão de gases de efeito estufa (A1B, A2 e B2). As análises de sensibilidade deste estudo mostraram que as vazões médias e altas são mais sensíveis a mudanças na precipitação.

O estudo de ADAM et al. (2014) avaliou o impacto de mudanças climáticas nas vazões máximas para diversos tempos de retorno em pontos de controle da bacia hidrográfica do rio Paraná, através da aplicação do MGB-IPH, considerando dados climáticos diários de quatro membros do modelo regional do ETA-CPTEC, sob o cenário de emissões A1B. Verificaram-se muitas discrepâncias na intensidade e sinal das modificações nas vazões máximas. Com base nos resultados, os autores sugerem que a utilização de outros modelos climatológicos podem melhorar as estimativas de cenários futuros.

LIMA et al. (2014) realizaram simulações dos impactos de cenários climáticos do AR4 nas vazões afluentes de mais de 250 Usinas Hidrelétricas (UHE) brasileiras, considerando UHEs existentes, em fase de projeto, em construção ou previstas para entrar em operação até 2025, para estudar os efeitos das mudanças climáticas na geração de energia elétrica. As usinas estudadas localizam-se nas bacias hidrográficas dos rios Madeira, Tapajós, Xingu, Branco, Araguari, Curuá-Uná, Umatã, Jari (todas estas inseridas na bacia hidrográfica Amazônica), Tocantins, Paraíba do Sul, Parnaíba, Paraná, Iguaçu, Taquari-Antas, Jacuí, Uruguai, Paraguai, Capivari e Itajaí. Foi utilizado o MGB-IPH para a simulação das bacias hidrográficas, exceto nas bacias dos rios Tocantins, Paraíba do Sul e Parnaíba, onde foi aplicada uma versão modificada do modelo, denominada MGB-INPE. Os modelos climatológicos considerados foram GFCM, MPEH, MRCG, HADCM, NCCC e ETA.

Mais recentemente, SORRIBAS et al. (2016) avaliaram os efeitos de mudanças climáticas na vazão e inundação na bacia Amazônica, utilizando dados de cinco modelos climáticos globais do AR5 do IPCC no cenário RCP8.5 aplicados ao MGB-IPH. As vazões simuladas mostraram uma grande variabilidade dependendo do modelo climático considerado, mas, apesar das limitações da abordagem utilizada, foi possível se obter uma visão geral razoável dos efeitos que as mudanças climáticas podem causar na bacia hidrográfica do rio Amazonas.

3.5 Resultados de estudos de mudanças climáticas no Rio Grande do Sul

TUCCI e DAMIANI (1994) utilizaram dados de precipitação e temperatura de modelos climáticos globais para avaliar condições potenciais das mudanças climáticas sobre a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do rio Uruguai, utilizando o modelo hidrológico

IPH-II (TUCCI et al. 1981). Foram avaliados três modelos climáticos. Dois dos modelos indicaram tendência a aumento de vazões médias e máximas, enquanto um indicou diminuição. Para vazões mínimas, todos os modelos indicaram redução de vazão para o futuro.

O estudo de ADAM e COLLISCHONN (2013), apresentado no item anterior, não identificou uma tendência de aumento ou diminuição das vazões na bacia hidrográfica do rio Ibicuí, importante afluente do rio Uruguai, devido à discordância dos resultados previstos pelo conjunto dos vinte modelos do AR4 do IPCC analisados.

Já LIMA et al. (2014), identificaram, em seu estudo avaliando diferentes regiões do país, sob o efeito das mudanças do clima previstas por modelos climáticos do AR4, uma predominância de previsões de aumento das vazões para a região Sul, que inclui as bacias rio-grandenses do rio Taquari-Antas, Alto Jacuí e porções alta e média do rio Uruguai, sendo que a anomalia calculada em relação ao cenário atual chega a mais de 15% em simulações para diversos modelos.

3.6 Mudanças climáticas e gestão de recursos hídricos no Brasil e no Rio Grande do Sul

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) acordou o conjunto dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que sucedem e atualizam os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) da ONU, adotados no ano 2000. O Brasil desempenhou papel fundamental na implementação dos ODM e tem mostrado grande empenho no processo em torno dos ODS. Tendo sediado a primeira Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92), bem como a Conferência Rio +20, em 2012, o Brasil tem um papel importante a desempenhar na promoção da Agenda Pós-2015 (MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES, s/d).

Dentre as diversificadas temáticas dos ODS, está o combate às mudanças climáticas e seus impactos, reconhecendo que a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima é o fórum internacional governamental para negociar a resposta global à mudança do clima.

Desde o ano de sua criação, a Agência Nacional de Águas (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, faz parte do Fórum Brasileiro de Mudança do Clima (FBMC), que tem por objetivo conscientizar e mobilizar a sociedade e contribuir

para a discussão das ações necessárias para enfrentar a mudança global do clima, conforme o disposto na Política Nacional sobre Mudança do Clima, na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e nos acordos internacionais dela decorrentes, inclusive o Acordo de Paris e as contribuições nacionalmente determinadas do Brasil (BRASIL, 2017)

A III Conferência Nacional de Meio Ambiente realizada em 2008 resultou em diversas deliberações a respeito de adaptação a mudanças climáticas no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, gerando diversos avanços neste sentido, como a participação da ANA e da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente (SRHU/MMA) nas discussões na Rede Água, no âmbito do Grupo Executivo sobre Mudanças Climáticas (GEx).

Estas discussões visam a elaboração de uma estratégia nacional de adaptação dos recursos hídricos aos efeitos da mudança do clima. Esta iniciativa é também parte dos esforços da Secretaria de Mudanças Climáticas do MMA no que se refere à elaboração do Plano Nacional de Adaptação às Mudanças do Clima, instituído em 10 de maio de 2016 por meio da Portaria nº 150, que objetiva promover a gestão e redução do risco climático no país frente aos efeitos adversos associados à mudança do clima, de forma a aproveitar as oportunidades emergentes, evitar perdas e danos e construir instrumentos que permitam a adaptação dos sistemas naturais, humanos, produtivos e de infraestrutura.

Outro avanço é o fortalecimento do monitoramento hidrometeorológico com melhor qualidade, permitindo conhecer, cada vez melhor, a situação de quantidade e qualidade da água no país e as influências no regime hidrológico em função de ações antrópicas e de alterações climáticas. Esses dados alimentam um banco de informações hidrológicas que dá suporte a projetos de infraestrutura, à gestão dos recursos hídricos e uso do solo e à tomada de decisão em situações de eventos críticos e extremos para as ações necessárias, com vistas à minimização dos efeitos danosos de secas e inundações.

Em 2012, foi lançado o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, o qual integra órgãos como a ANA, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD) e a Defesa Civil em ações de prevenção de eventos hidrológicos críticos. A ANA é uma das responsáveis pelo fornecimento de dados às demais instituições citadas, que por sua vez atuam diretamente no alerta e resposta aos desastres. A ANA também acompanha, por meio de sua Sala de Situação, as condições hidrometeorológicas das

principais bacias hidrográficas e reservatórios brasileiros, com vistas a subsidiar a tomada de decisão no que se refere à minimização dos efeitos de secas e inundações (MMA, 2008).

Em razão dos eventos extremos que ocorrem no estado desde os anos 2000, o governo do Estado do Rio Grande do Sul vem discutindo a temática das mudanças climáticas e seus impactos, visando o planejamento das ações de adaptação. Em função disso, o Rio Grande do Sul, juntamente com outros governos subnacionais como Rio de Janeiro e Catalúnia, iniciou seu envolvimento na iniciativa global *RegionsAdapt*, criada em 2015, durante a COP 21 em Paris. Esta iniciativa pretende estabelecer a cooperação entre as regiões-membro para o intercâmbio de experiências e boas práticas no âmbito de ações de adaptações e desafios de frente às mudanças climáticas (SEMA, 2017).

O Rio Grande do Sul, além de um dos membros fundadores da iniciativa, é coordenador do Grupo de Trabalho de Recursos Hídricos e Gestão. No contexto deste Grupo de Trabalho, o Rio Grande do Sul trouxe aos participantes um Programa de Gerenciamento de Eventos Extremos que está sendo desenvolvido na Secretaria. Este Programa abrange sete Projetos:

- Programa de Gerenciamento de Riscos de Desastres: projeto tem por objetivo dotar o Estado do Rio Grande do Sul de uma política de gestão de risco de desastre atualizada, em consonância com as diretrizes e normas estabelecidas pela legislação nacional, e com as atribuições conferidas ao Estado como integrante do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, prevendo ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação;
- Sala de Situação: este projeto é apoiado pela ANA e é focado na prevenção a eventos hidrológicos extremos. A Sala de Situação é responsável pelo envio de boletins e avisos hidrometeorológicos à Defesa Civil estadual;
- Monitoramento e modelagem hidroclimatológica: este projeto tem como foco a previsão de condições climáticas e hidrológicas com diferentes horizontes. A modelagem permite a adoção de medidas preventivas em caso de secas e inundações, emissões de alertas, e gerenciamento de conflitos de uso de água superficial;
- Expansão da rede hidrometeorológica estadual: este projeto tem como objetivo expandir a rede de monitoramento hidrometeorológico em articulação com o Uruguai, Argentina, Santa Catarina e a ANA. A SEMA/RS continua a instalação de estações de monitoramento de nível fluvial e precipitação, e no ano de 2018, contratou o fornecimento e

instalação de mais 160 estações de monitoramento. Além disso, a SEMA e a Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação estão realizando a instalação de 20 estações meteorológicas automáticas;

- Construção de uma rede de radares meteorológicos: este projeto visa cobrir todo o estado com radares meteorológicos capazes de realizar monitoramento em tempo real das condições meteorológicas. A leitura da rede de radares será utilizada como insumo para a modelagem hidrometeorológica. A construção desta rede está sendo discutida junto à Argentina, Uruguai, Santa Catarina e o Departamento Nacional de Controle do Espaço Aéreo, para se juntar às redes de radar entre os países, ampliar a área de monitoramento e compartilhar dados de radar;

- Incorporação do conceito de resiliência a mudanças climáticas nos planos de recursos hídricos: este projeto propõe que, após a revisão dos Planos de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas, os conceitos de resiliência às mudanças climáticas sejam incorporados, permitindo que medidas específicas sejam tomadas pelos Comitês e outros atores institucionais para enfrentar mudanças na disponibilidade de água no futuro;

- Estabelecimento de critérios e indicadores para adaptação às mudanças climáticas: este projeto consiste em desenvolver um sistema para avaliar as ações do governo subnacional para a adaptação às mudanças climáticas em relação aos recursos hídricos. Foi elaborada uma proposta de matriz em que sete dimensões (Política, Infraestrutura, Formação Técnica, Recursos Financeiros, Impactos, Arranjo Institucional e Agricultura) relacionaram-se com uma lista de indicadores correspondentes.

Assim, o presente trabalho visa contribuir para o conhecimento relativo aos possíveis impactos das mudanças climáticas de bacias hidrográficas gaúchas, fornecendo subsídios para guiar a alocação de esforços para o gerenciamento dos recursos hídricos.

No estudo é verificado se há uma tendência relacionada ao aumento ou diminuição das vazões nas bacias hidrográficas analisadas. Também é feita uma discussão sobre quais são os modelos climáticos que captam a abrangência das possíveis alterações futuras, e poderiam ser adotados como referência no planejamento da gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica da Laguna dos Patos. Finalmente, são identificadas regiões onde são projetados maiores impactos, indicando quais planos deveriam prestar mais cuidados com relação à alterações de disponibilidade hídrica no futuro.

Assim, o presente projeto coaduna com os objetivos recentes de atuação da Secretaria de Meio Ambiente do Estado do RS, e os resultados aqui apresentados também servem de subsídio para a elaboração de termos de referência e estudos futuros no Rio Grande do Sul.

4 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os materiais e métodos que foram utilizados para o desenvolvimento dos resultados gerados nesta dissertação.

Inicialmente é apresentada a área de estudo considerada, apresentando os dados existentes que foram utilizados para comparação com os resultados gerados. Depois, é exposto um fluxograma de atividades, que resume as etapas do trabalho. Na sequência são apresentados os cenários de mudanças climáticas que foram considerados, os modelos climáticos utilizados e a metodologia da modelagem hidrológica que foi aplicada.

4.1 Área de estudo

A área de enfoque deste estudo é a área de drenagem da Laguna dos Patos. A Figura 4.1 apresenta a localização da área de estudo e a divisão hidrográfica do Rio Grande do Sul.



Figura 4.1 – Localização das bacias hidrográficas estudadas e da bacia hidrográfica da Laguna dos Patos.

A bacia hidrográfica da Laguna dos Patos engloba total ou parcialmente 12 bacias

hidrográficas da divisão estadual. As nove bacias da Região Hidrográfica do Guaíba estão totalmente inseridas na área de estudo. As bacias do Alto Jacuí, Vacacaí-Vacacaí Mirim, Pardo, Taquari-Antas e Baixo Jacuí formam a bacia hidrográfica do Rio Jacuí. Este, juntamente com os rios Gravataí, Sinos e Caí, forma do Delta do Jacuí, que deságua no Lago Guaíba, que por sua vez desagua na Laguna dos Patos. As Bacias Hidrográficas do rio Camaquã e do Mirim-São Gonçalo deságuam diretamente na Laguna dos Patos, e fazem parte da Região Hidrográfica do Litoral. Este estudo irá focar nas bacias hidrográficas dos rios Gravataí, Sinos, Caí, Jacuí, Camaquã e do canal de São Gonçalo (exutório da bacia Mirim-São Gonçalo), que a seguir serão brevemente caracterizadas.

As informações de áreas apresentadas nos parágrafos a seguir foram calculadas por técnicas de geoprocessamento a partir do shapefile das sub-bacias utilizadas no modelo hidrológico que será apresentado no item 4.5. As chuvas médias foram obtidas pela média das chuvas em cada unidade de discretização das bacias, e vazões apresentadas são resultados da modelagem hidrológica nos exutório das bacias considerando o período de controle desta pesquisa (período 1961-1990).

A bacia hidrográfica do rio Gravataí possui área de aproximadamente 2 mil km², abrangendo nove municípios, sendo que apenas dois deles, Alvorada e Glorinha, estão totalmente inseridos na área de contribuição. A vazão média desta bacia é de 66 m³/s, sendo a menos expressiva em contribuição de vazão à Laguna dos Patos, entre as bacias consideradas neste estudo, e a chuva média anual é de 1.414 mm. Esta bacia possui uma grande extensão de banhados, composta pelo Complexo do Banhado Grande, formado pelos Banhados Grande, Chico Lomã e dos Pachecos, e também por áreas inundáveis localizadas em uma porção de terras baixas (SEMA, 2012a).

Assim como a bacia do rio Gravataí, a bacia hidrográfica do rio dos Sinos está localizada na região metropolitana de Porto Alegre. Esta bacia tem área aproximada de 3,7 mil km², sua vazão média anual é de cerca de 132 m³/s e a chuva média é de 1.572 mm/ano. A parte alta desta bacia tem ocupação urbana rarefeita e o uso do solo é predominantemente rural, enquanto a região baixa, que tem o relevo marcado por baixas altitudes, tem como características importantes a ocupação urbana e o cultivo do arroz irrigado nas várzeas do rio dos Sinos (SEMA, 2011).

A área de drenagem do rio Caí abrange 42 municípios, tem quase 5 mil km² e produz em média 179 m³/s, e a chuva anual média é de 1.625 mm. Na porção alta da bacia está

localizado um importante conjunto de barragens (Salto, Blang e Divisa), que influenciam o comportamento do rio Caí, e o polo turístico e de serviços de Canela, Gramado e Nova Petrópolis. No Médio Caí localizam-se as áreas mais urbanizadas e industrializadas da bacia, e na parte baixa a ocorrência de terrenos planos e áreas baixas favorece a ocorrência de inundações, assim como a influência do rio Jacuí sobre o rio Caí (SEMA, 2015a).

A área de contribuição do rio Jacuí, conforme a divisão hidrográfica do estado, é dividida em cinco bacias, são elas: Alto Jacuí, rios Vacacaí-Vacacaí Mirim, rio Pardo, rio Taquari-Antas e Baixo Jacuí. No total, a área da bacia hidrográfica tem mais de 71 mil km², e o rio Jacuí tem vazão média de cerca de 2.790 m³/s e a chuva média é 1.583 mm/ano.

A bacia hidrográfica do rio Camaquã possui cerca de 17 mil km² de área e chuva média de 1.434 mm anuais. A porção alta da bacia é a mais preservada, e tem como principal atividade a agropecuária extensiva e a silvicultura, a região média é bastante alterada e possui terreno suscetível à erosão e a porção baixa é caracterizada pela existência de planícies que favorecem a irrigação, especialmente de arroz. A vazão média anual desta bacia é de 533 m³/s, cerca de 17% do total da área de estudo.

Conforme a divisão hidrográfica estadual, a bacia hidrográfica do canal de São Gonçalo é denominada Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim e Canal de São Gonçalo. Esta bacia hidrográfica abrange parte do território do Uruguai em seus limites e tem área de drenagem de cerca de 57 mil km². A vazão média da bacia é de 1.670 m³/s e a chuva anual média é de 1.285 mm.

4.2 Estratégia metodológica

A Figura 4.2 apresenta de forma esquemática e resumida a estratégia metodológica para o desenvolvimento deste trabalho. A primeira atividade consistiu na extração dos dados climatológicos dos modelos climáticos considerados, para cada cenário analisado. Após, estes dados foram adaptados ao formato necessário para aplicação ao modelo hidrológico. Na sequência as simulações hidrológicas foram realizadas para cada cenário e modelo climático, gerando séries de vazões que serão analisadas na forma de estatísticas e mapas.

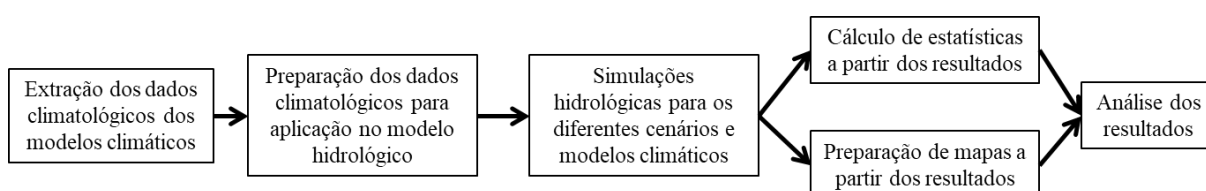


Figura 4.2 – Fluxograma de atividades

Nos itens a seguir são apresentados os cenários de mudanças climáticas considerados, os modelos climáticos e o modelo hidrológico utilizados.

4.3 Cenários de mudanças climáticas considerados

Foram considerados os dois cenários extremos de emissões de gases de efeito estufa do 5º relatório do IPCC, o RCP 2.6, considerado um cenário de mitigação rigorosa, e o cenário RCP 8.5, com altíssimas emissões de GEE. Estes cenários foram utilizados na intenção de se gerar cenários discrepantes entre si, visando possibilitar a avaliação da variabilidade à qual a bacia hidrográfica poderá estar sujeita.

Foram simulados dois períodos futuros de 30 anos para os quais os modelos climáticos do AR5 foram divulgados: de 2006 a 2035, que neste trabalho é denominado “futuro próximo”, e de 2051 a 2080, que é denominado “futuro distante”. Foram utilizados períodos de 30 anos, devido à metodologia de geração dos dados de entrada para o modelo hidrológico, que se baseia na perturbação dos dados do período de controle, que neste trabalho tem 30 anos, de 1961 a 1990.

4.4 Modelos climáticos considerados

Foram considerados dados de 20 modelos climáticos selecionados pelo Grupo I de desenvolvimento do AR5 do IPCC, disponibilizados pelo Centro Climático Alemão (DKRZ, *Deutsches Klimarechenzentrum*). Estes modelos foram selecionados por que eles eram os únicos que continham dados de todas as variáveis climáticas necessárias para a aplicação do modelo hidrológico (velocidade do vento, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, radiação solar e temperatura) no banco de dados. Na Tabela 4.1 os modelos são apresentados:

Tabela 4.1 – Modelos climáticos utilizados no estudo

Modelo climático	Instituição	País	Resolução espacial
bcc-csm1.1	Centro Climático de Beijing (BBC, <i>Beijing Climate Center</i>)	China	2,7906° x 2,8125°
bcc-csm1.1m			1,1215° x 1,125°
BNU-ESM	Universidade Normal de Beijing (BNU, <i>Beijing Normal University</i>)		2,7906° x 2,8125°
CanESM2	Centro de Modelagem e Análise Climática Canadense (CCCma, <i>Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis</i>)	Canadá	2,7906° x 2,8125°
CNRM-CM5	Centro Nacional de Pesquisas Meteorológicas (CNRM-CERFACS, <i>Centre National de Recherches Météorologiques</i>)	França	1,4008° x 1,40625°
IPSL-CMA5-LR	Instituto Pierre Simon Laplace (IPSL)		1,8947° x 3,75°
IPSL-CMA5-MR			1,2676° x 2,5°

Modelo climático	Instituição	País	Resolução espacial
CSIRO-Mk3.6.0	Organização Científica e Industrial (<i>Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO</i>)	Austrália	1, 8653° x 1,875°
GFDL-CM3	Laboratório de Dinâmica de Fluidos Geofísicos (GFDL, <i>Geophysical Fluid Dynamic Laboratory</i>)	Estados Unidos	2° x 2,5°
GFDL-ESM2G			2,0225° x 2°
GFDL-ESM2M			2,0225° x 2,5°
GISS-E2-H	Instituto Goddard de Estudos Espaciais da NASA (NASA-GISS, <i>Goddard Institute for Space Studies</i>)		2° x 2,5°
GISS-E2-R			2° x 2,5°
HadGEM2-AO	<i>Met Office Hadley Centre (MOHC)</i>	Reino Unido	1,25° x 1,875°
HadGEM2-ES			1,25° x 1,875°
MIROC5	Instituto de Pesquisa Oceânica e Atmosférica da Universidade de Tokio e Instituto Nacional de Estudos Ambientais e pela Agência Japonesa de Ciência e Tecnologia Marinha-Terrestre	Japão	1,4008° x 1,40625°
MIROC-ESM			2,7906° x 2,8125°
MIROC-ESM-CHEM			2,7906° x 2,8125°
MRI-CGM3	Meteorological Research Institute (MRI)	Noruega	1,12148° x 1,125°
NorESM1-M	Centro de Pesquisa Climática da Instituto Norueguês de Pesquisa (NCC, <i>Norwegian Meteorological Institute</i>)		1,8947° x 2,5°

Cada um dos modelos climáticos fornece séries de dados para períodos futuros para as seguintes variáveis: insolação, radiação, precipitação, pressão, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Os dados são fornecidos para a América do Sul em grades regulares de pontos, que variam de modelo para modelo, como apresentado anteriormente, como por exemplo a grade dos modelos bcc-csm1-1m e MRI-CGM3, apresentadas na Figura 4.3, e a grade dos modelos bcc-csm-1-1, BNU-ESM, CanESM2, MIROC-ESM e MIROC-ESM-CHEM, apresentados na Figura 4.4. Estas diferenças nas grades faz com que diferentes modelos apresentem diferentes graus de variação espacial em seus dados. Ressalta-se que alguns dos modelos climáticos utilizados fazem parte da mesma “família”, pois são desenvolvidos por uma mesma instituição de pesquisa, e isto pode ter reflexos nos dados.

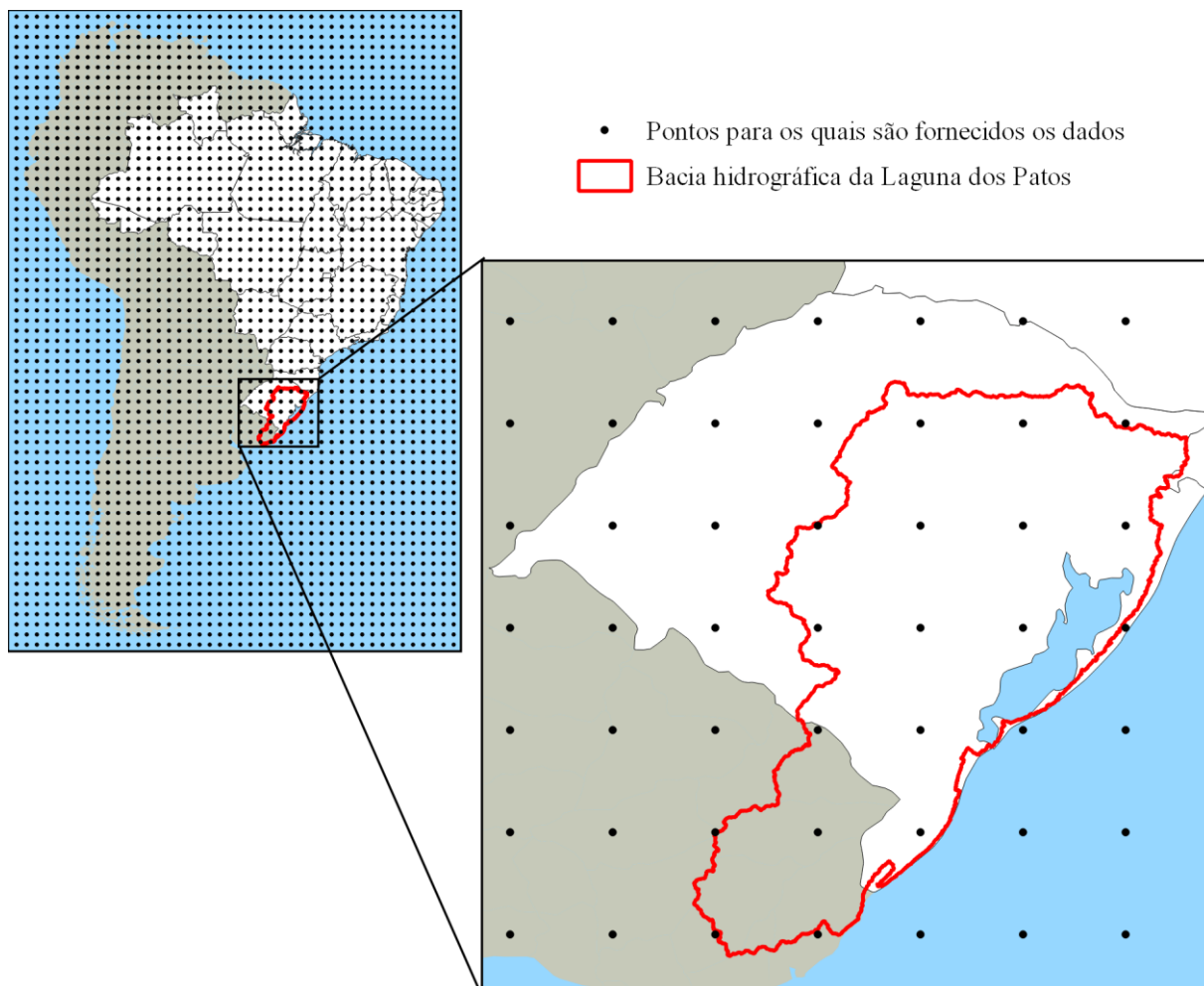


Figura 4.3 – Grade de pontos para os quais são fornecidos os dados das variáveis dos modelos climáticos bcc-csm1-1m e MRI-CGM3

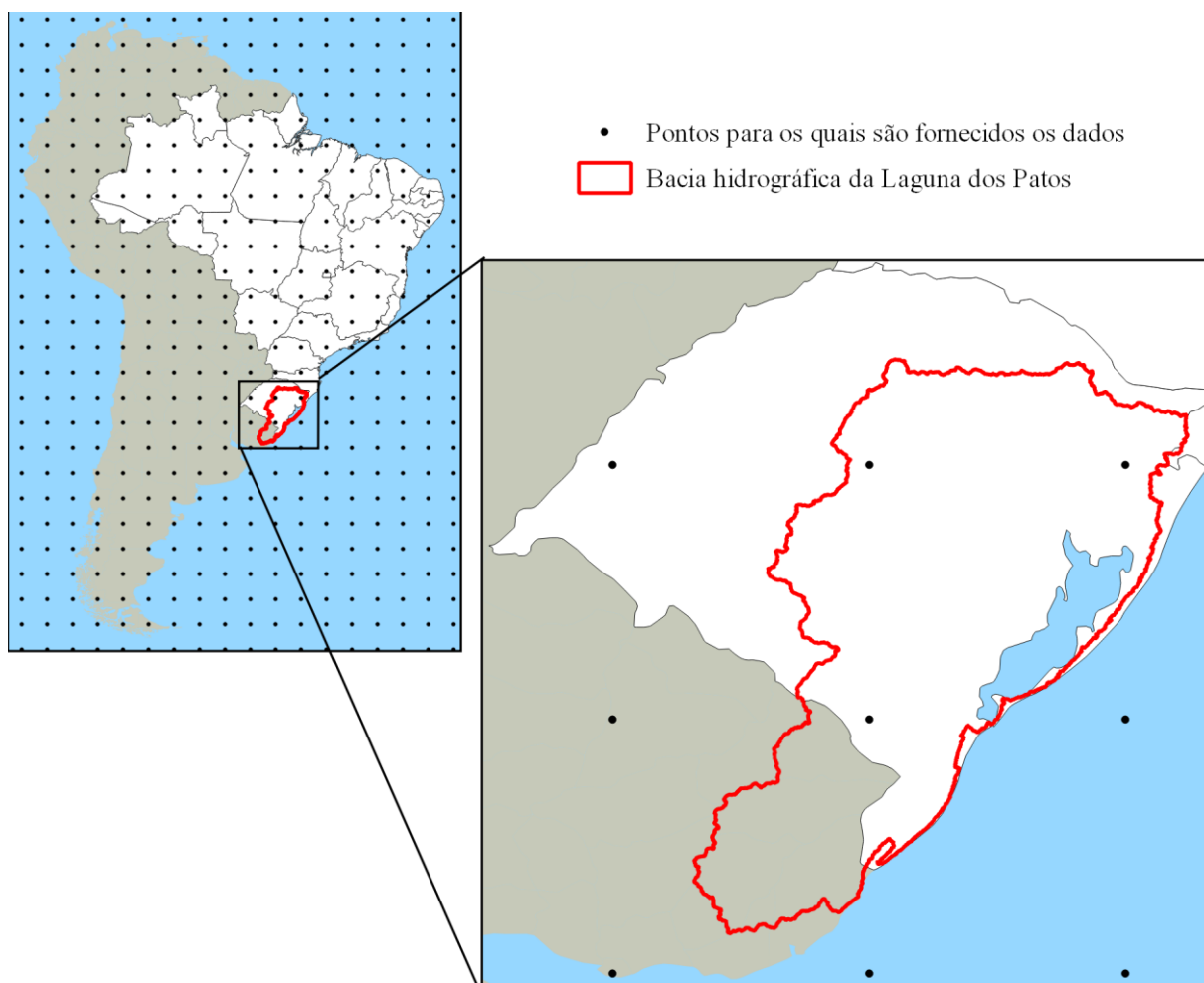


Figura 4.4 – Grade de pontos para os quais são fornecidos os dados das variáveis dos modelos climáticos bcc-csm-1-1, BNU-ESM, CanESM2, MIROC-ESM e MIROC-ESM-CHEM

4.5 Modelagem Hidrológica

Foi utilizado neste trabalho o modelo hidrológico proposto por LOPES et al. (2018), que simula, em um mesmo modelo computacional, todas as bacias contribuintes aos complexos lagunares costeiros do Rio Grande do Sul, que engloba todas as bacias hidrográficas da Região Hidrográfica do Guaíba e da Região Hidrográfica do Litoral, excetuando-se as áreas que drenam diretamente para o Oceano Atlântico (bacias dos rios Mampituba e Tramandaí, e partes das bacias do Litoral Médio e Mirim-São Gonçalo).

Mesmo que algumas das bacias estudadas já tenham sido modeladas em maior detalhe pelo MGB-IPH em estudos de planos de bacias, optou-se pela utilização do modelo de LOPES et al. (2018), pois este possibilita que todas as bacias sejam simuladas de uma vez só, e o objetivo do estudo não foi avaliar detalhadamente cada bacia hidrográfica, e sim o conjunto delas.

LOPES et al. (2018) modelou a Laguna nos Patos utilizando o MGB-IPH, com dados de relevo do Modelo Digital de Elevação (MDE) do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 90 metros e resolução vertical de 1 metro. A autora interpolou dados da carta de hidrografia e navegação da Marinha do Brasil para completar o MDE nos corpos d'água da área de estudo (Figura 4.5). O MDE foi utilizado para discretização da região simulada em 2627 minibacias (Figura 4.6), sendo que cada uma representa a área de drenagem incremental dos trechos de cursos hídricos simulados (Figura 4.7).

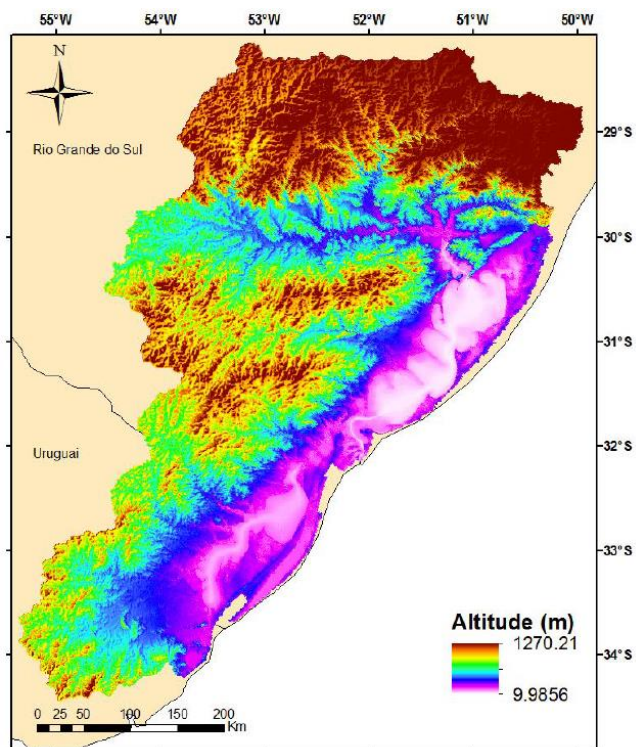


Figura 4.5 – Modelo Digital de elevação e batimetria da bacia da Laguna dos Patos (LOPES, 2017)



Figura 4.6 – Unidades de discretização do modelo hidrológico (minibacias)



Figura 4.7 – Unidades de discretização do modelo hidrológico (trechos de drenagem)

O modelo de LOPES (2018) utilizou o mapa de Unidades de Resposta Hidrológica desenvolvido por FAN et al. (2015), apresentado na Figura 4.8.

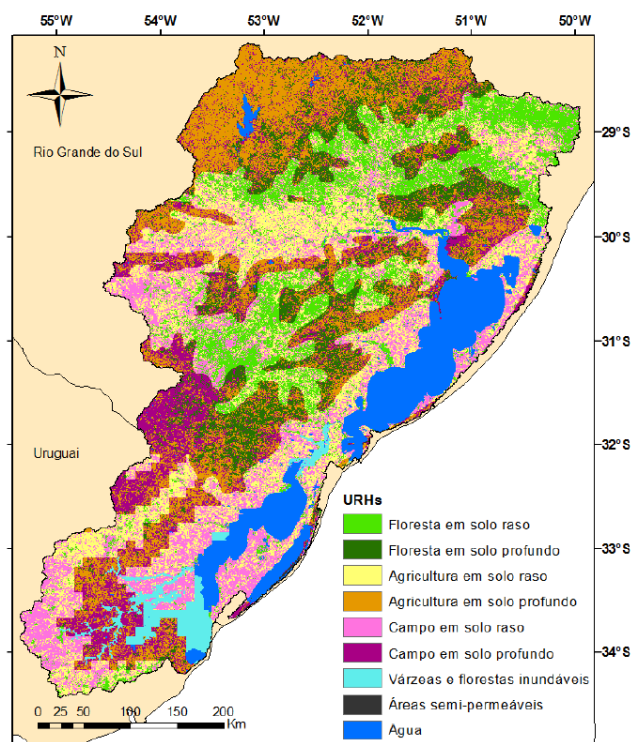


Figura 4.8 – Unidades de Resposta Hidrológica (LOPES, 2017)

Séries de dados diários de precipitação de 663 estações pluviométricas, incluindo

estações uruguaias (Figura 5.1), e dados mensais de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, pressão atmosférica e insolação de estações de monitoramento do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram utilizados como dados de entrada ao modelo. Segundo COLLISCHONN e TUCCI (2001), o intervalo de tempo diário utilizado no modelo é sub-dividido em intervalos menores durante a propagação por Muskingun-Cunge na rede de drenagem, considerando o intervalo de tempo ideal para a propagação apresentar precisão no tempo de viagem e no amortecimento do hidrograma, conforme descrito em TUCCI (1998)

Vazões diárias de 71 estações fluviométricas (Figura 5.1), foram utilizados para a calibração manual e validação da simulação.

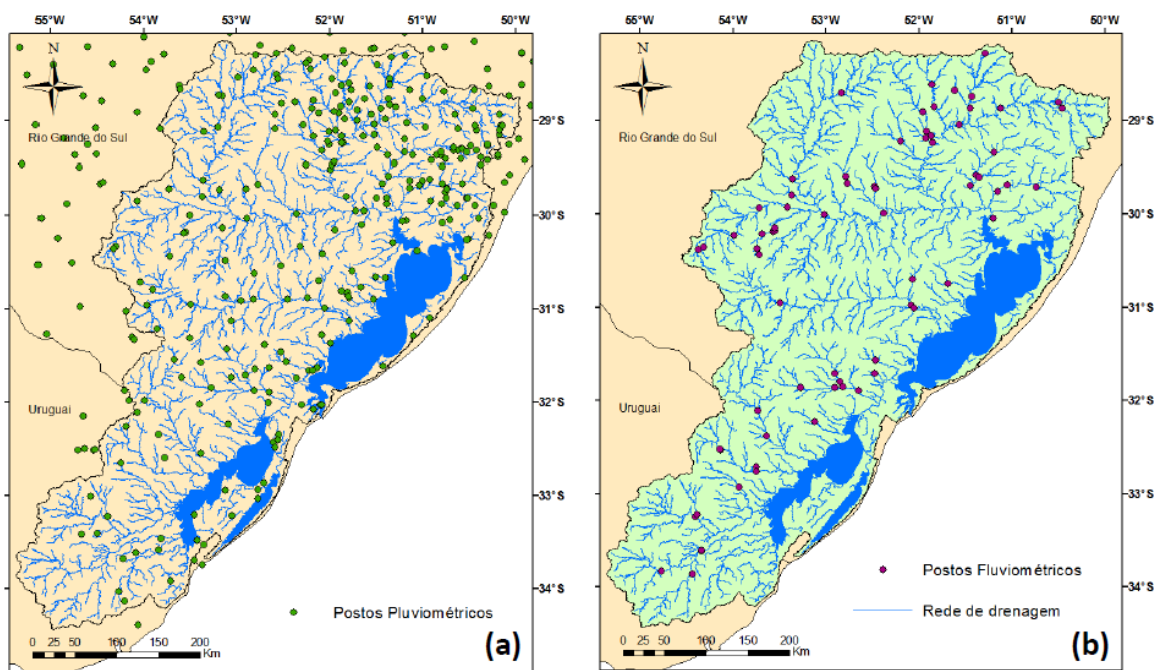


Figura 4.9 – Estações pluviométricas (a) e fluviométricas (b) (LOPES, 2017)

Em função da disponibilidade de dados fluviométricos, LOPES (2018) calibrou o modelo hidrológico para o período de 1º de janeiro de 1990 a 31 de dezembro de 2010. O modelo foi validado para o período de 1º de janeiro de 1970 a 31 de dezembro de 1989, em função da disponibilidade de dados pluviométricos.

Neste trabalho, o modelo de LOPES (2018) foi aplicado utilizando o método de Muskingun-Cunge para a propagação de vazão em rios, permitindo tempos relativamente curtos de processamento, o que é uma característica importante a ser considerada quando há a intenção de realizar uma grande quantidade simulações em mais de um cenário com longos

períodos de simulações, como é o caso deste trabalho.

O método de Muskingum-Cunge, por ser simplificado, comparativamente ao método inercial de propagação de vazões, também existente no modelo (LOPES et al., 2018), não representa adequadamente regiões de planície, entretanto, como foram avaliados os resultados em regiões de declividade relativamente altas, esta desvantagem não é importante.

As séries de vazões resultantes da aplicação do modelo de LOPES et al. (2018) para o período de 1961 a 1990 foram consideradas como o cenário de controle. O modelo hidrológico foi aplicado para a simulação de cada cenário de mudança climática considerando as variáveis climatológicas previstas por cada modelo climático no futuro.

A aplicação dos dados dos modelos climatológicos sobre os dados de entrada ao modelo hidrológico foi realizada através de metodologia denominada *Delta Change*, que se baseia no cálculo das anomalias entre os valores estimados pelos modelos climáticos para as variáveis climatológicas no período atual e no período futuro (LIMA et al., 2014), aplicada também no trabalho de BRAVO et al., 2013. O valor da anomalia entre as séries de dados estimados pelo modelo climático nos períodos de controle (1961-1990) e os períodos de simulação (2006-2035 e 2051-2080) foram utilizados para perturbar as séries de dados climáticos do período de 1961 a 1990 das estações de monitoramento do INMET e as séries de chuva interpoladas para cada minibacias a partir dos dados de estações pluviométricas, conforme esquematizado na Figura 5.1

Foi realizado um *downscaling* espacial, de forma a encontrar a coordenada do modelo climático que está mais próxima de cada estação de dados climatológicos e de cada unidade de discretização da modelagem hidrológica. Para cada estação do INMET foi selecionado o ponto mais próximo da grade do modelo climatológico, e o valor da anomalia foi utilizado para perturbar as séries de dados de temperatura, umidade, velocidade do vento, radiação, insolação e pressão atmosférica, gerando assim séries de dados futuros para estas variáveis.

Para cada minibacia do modelo hidrológico, foi selecionado o ponto mais próximo da grade do modelo climatológico, e o valor da anomalia foi utilizado para perturbar as séries de dados de chuva interpolados na modelagem, gerando séries de dados futuros de precipitação.

Assim, utilizando as séries de dados históricos (de 1961 a 1990) das variáveis como entrada ao modelo hidrológico, foi gerada uma série de dados de vazão para o período de controle, e utilizando as séries de dados futuros como entrada ao modelo hidrológico, foram

geradas as séries de dados de vazão para os períodos futuros. Os passos indicados em vermelho no esquema da Figura 5.1 foram repetidos 80 vezes, para os 20 modelos climático, em 2 cenários de emissões e 2 horizontes de tempo.

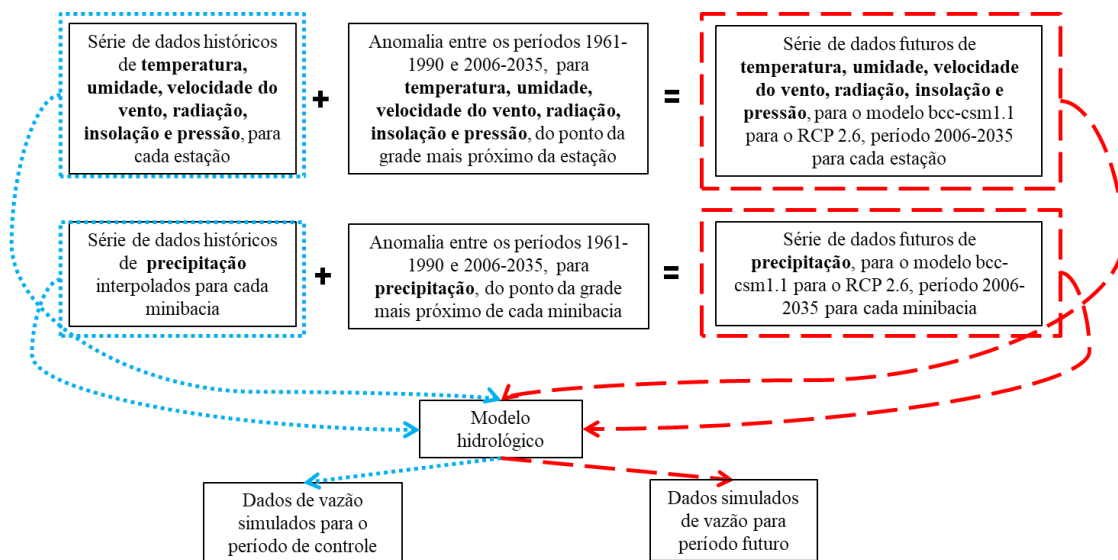


Figura 4.10 – Fluxograma da aplicação dos dados de clima futuro no modelo hidrológico

A metodologia *Delta Change* tem como principal premissa de que as séries de dados futuras são perturbações da série de dados diários em um período de controle, portanto, existe a hipótese da estacionaridade das séries de dados climáticos utilizados como dados de entrada. Além disso, mudanças climáticas relacionadas a mudanças no período de ocorrência de chuvas, sequência de eventos chuvosos, e ocorrência de eventos extremos além dos baseados na série original, não são consideradas neste tipo de aplicação.

Adicionalmente, destaca-se que esta forma de *downscaling* utilizada, considerando o espaçamento nas grades dos modelos climáticos, faz com que a mudança projetada pelos modelos tenha pouca variação no espaço.

4.6 Limitações da metodologia utilizada

A metodologia aplicada neste trabalho apresenta algumas limitações:

- No trabalho não foram discutidas as previsões dos modelos climáticos, estes são considerados como premissas;
- A geração de cenários de vazões a partir de métodos simplificados como o *Delta Change*, utilizado neste trabalho, não é muito aconselhável para análise de vazões mínimas e vazões máximas, portanto os resultados obtidos são principalmente mais confiáveis para a análise das vazões médias (ADAM et

al., 2017). Por este motivo, os resultados deste trabalho são focados para vazões médias.

- A propagação do escoamento é realizada através do método de Muskingum-Cunge, diminuindo a precisão dos resultados em locais onde existem planícies, especialmente na região do baixo rio Jacuí.
- Reservatórios não foram representados na simulação hidrológica, pelo fato de que o modelo hidrológico foi ajustado considerando os reservatórios existentes no período de calibração, portanto, nos períodos futuros os mesmos reservatórios estão considerados.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir da metodologia apresentada, o modelo hidrológico gerou séries de vazões para cada unidade de discretização da bacia hidrográfica da Laguna dos Patos do modelo de LOPES et al. (2018), para cada um dos períodos analisados, para cada um dos cenários avaliados e para cada um dos 20 modelos climatológicos, ou seja, 80 séries de vazões foram geradas para cada uma das 2627 minibacias ou trechos de drenagem.

Na Figura 5.1 e na Figura 5.2 são apresentados exemplos de resultados gerados na forma de hidrogramas. No hidrograma da Figura 5.1, que apresenta as vazões geradas para o exutório da bacia hidrográfica do rio Caí, utilizando o modelo climático HadGEM2-ES para o cenário RCP 8.5, observa-se um aumento em grande parte dos picos de vazões nos dois períodos simulados (2006 a 2035 e 2051 a 2080) com relação ao cenário de controle (1961 a 1990), e percebe-se que no período futuro distante o aumento é ainda mais expressivo.

Por outro lado, o hidrograma da Figura 5.2 demonstra que a simulação para o exutório da bacia hidrográfica do Canal de São Gonçalo, utilizando o modelo climático GFDL-CM3 para o cenário RCP 2.6, resultou em uma diminuição de grande parte dos picos de vazões.

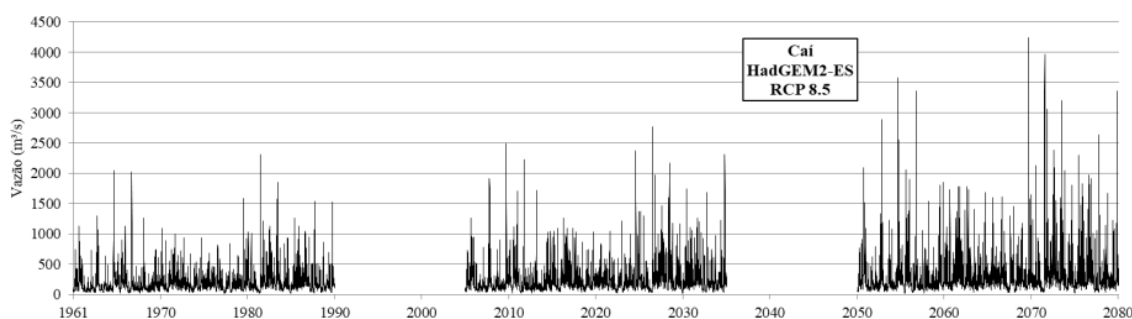


Figura 5.1 – Hidrograma da simulação para a bacia hidrográfica do Caí, modelo HadGEM2-ES, RCP 8.5 (Altas emissões)

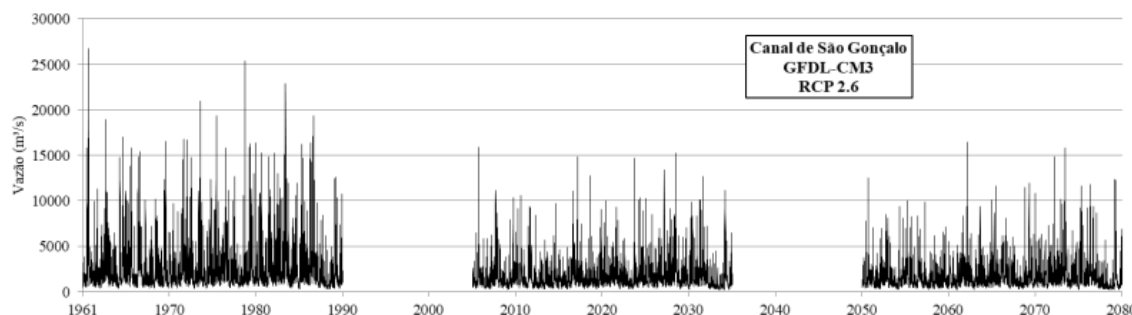


Figura 5.2 – Hidrograma da simulação para a bacia hidrográfica do Canal de São Gonçalo, modelo GFDL-CM3, RCP 2.6 (Baixas emissões)

Entretanto, somente com base na observação dos hidrogramas não é possível realizar

uma análise quantitativa ou resumir os resultados das simulações realizadas. Para possibilitar a análise e considerando a grande quantidade de dados gerados foram calculadas estatísticas dos hidrogramas gerados para cada período, cenário e modelo climático, e estas foram comparadas às estatísticas calculadas pelo hidrograma do período de controle. Foram calculadas as seguintes estatísticas:

- Q90%, vazão que é superada em 90% do tempo, indicativa de disponibilidade hídrica em períodos de estiagem;
- Vazões médias ($Q_{média}$), indicativas de disponibilidade hídrica média;
- Vazões de cheia com diferentes períodos de retorno: 5 anos (Q_{TR5}), 100 anos (Q_{TR100}) e 1000 anos (Q_{TR1000}), indicadores de vazões máximas geralmente adotadas como parâmetros de projetos em engenharia em micro e macrodrenagem e em grandes obras hidráulicas, calculadas utilizando a distribuição de Gumbel.

Os resultados foram avaliados de duas formas:

- Pontualmente, em alguns locais de interesse das bacia hidrográfica simulada; e
- Espacialmente, apresentando mapas com os resultados das simulações para os trechos de drenagem.

Em seguida, foram realizadas análises de forma a identificar modelos climáticos que produzem cenários de vazão extremos e medianos. Como as avaliações foram realizadas apenas para as estatísticas das médias das vazões geradas pelas simulações, foi procedida uma comparação entre os indicadores de disponibilidade hídrica analisados, a fim de verificar se as avaliações feitas para as médias podem ser extrapoladas para as vazões máximas e mínimas.

5.1 Análise pontual

Foram analisadas estatísticas de vazões que representam vazões de cheia para diferentes períodos de retorno, vazão média de longo período e vazão de estiagem, representada pela vazão que é superada ou igualada em 90% do tempo, em cinco pontos da área de estudo, apresentados na Figura 5.3:

- Exutório da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí;
- Exutório da Bacia Hidrográfica do rio Sinos;

- Exutório da Bacia Hidrográfica do rio Caí;
- Exutório da Bacia Hidrográfica do rio Jacuí;
- Exutório da Bacia Hidrográfica do rio Camaquã;
- Exutório da Bacia Hidrográfica do Canal de São Gonçalo, correspondente à Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo; e
- Exutório da Bacia Hidrográfica da Laguna dos Patos, na Barra de Rio Grande.

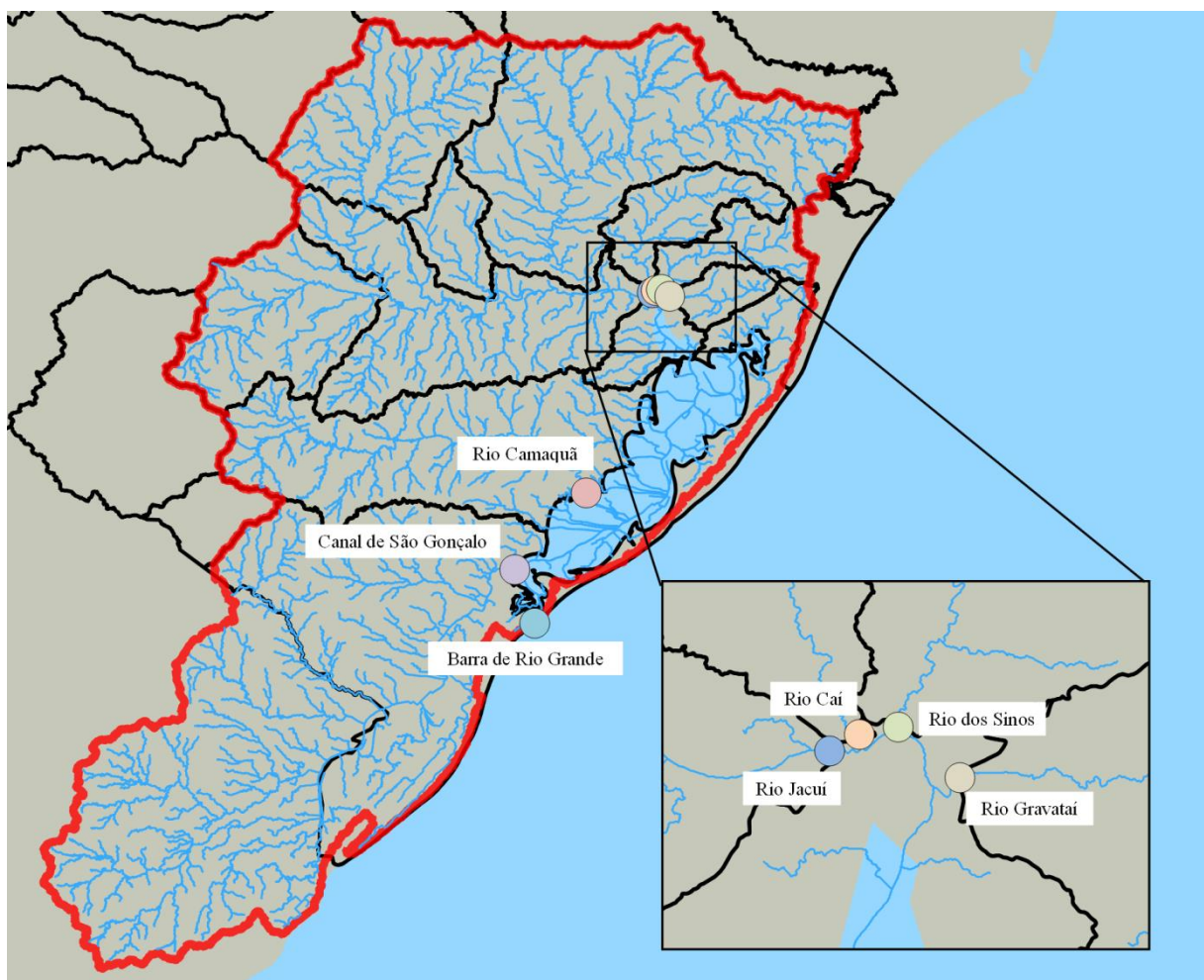


Figura 5.3 – Pontos da área de estudo onde os resultados são analisados

Os quadros do Apêndice A apresentam os resultados das 80 simulações realizadas nos pontos de controle, em termos de vazões absolutas e variações relativas às vazões no cenário de controle. Da Figura 5.4 à Figura 5.7 são apresentados gráficos que ilustram as variações das vazões médias simuladas a partir dos dados dos 20 modelos climáticos nos pontos de controle, para cada cenário e período considerado.

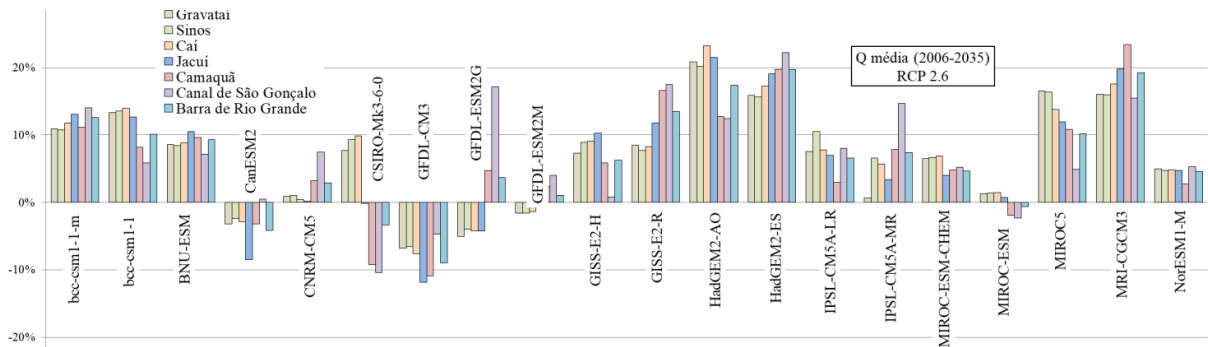


Figura 5.4 – Variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (baixas emissões) no período futuro próximo (2006-2035)

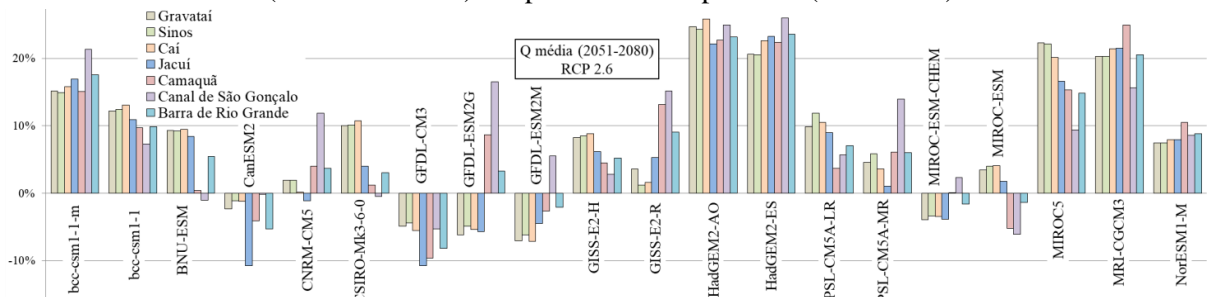


Figura 5.5 – Variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (baixas emissões) no período futuro distante (2051-2080)

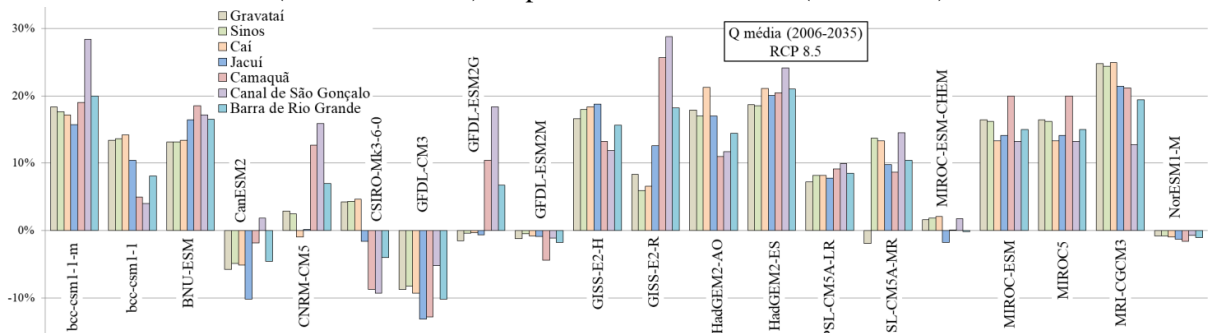


Figura 5.6 – Variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altas emissões) no período futuro próximo (2006-2035)

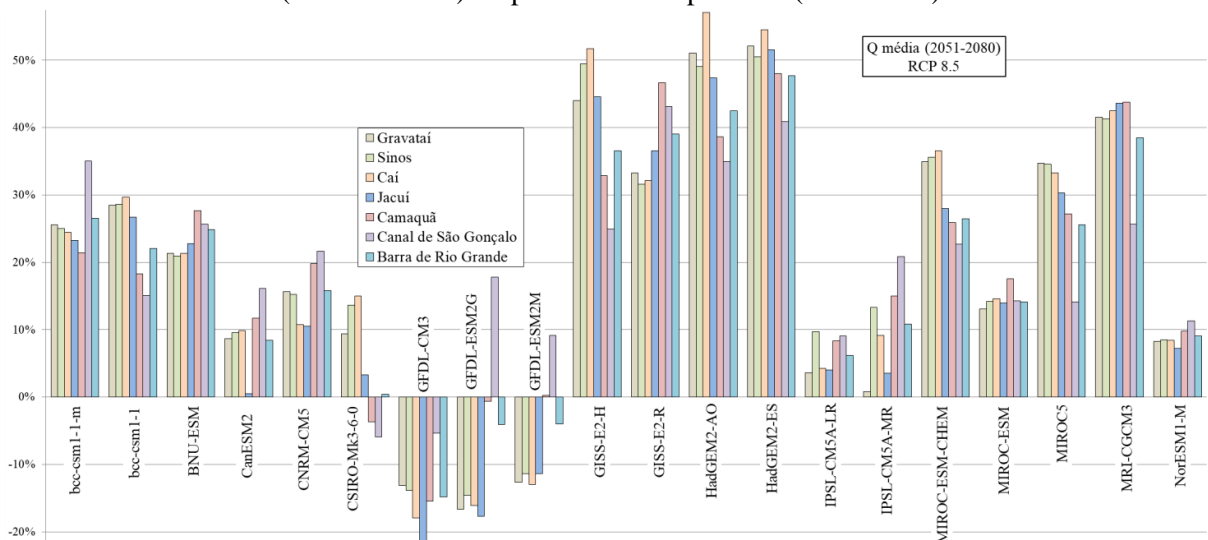


Figura 5.7 – Variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altas emissões) no período futuro distante (2051-2080)

O gráfico da Figura 5.4 apresenta as variações das vazões médias para o RCP 2.6 no período de 2006 a 2035 e mostra que a maior parte dos modelos climáticos produz uma tendência de aumento das vazões. Os valores de percentual de variação de vazão estão em uma faixa entre +23%, verificado no exutório das bacias hidrográficas dos rio Caí e Camaquã, e -12%, verificado no exutório da bacia hidrográfica do rio Jacuí.

Constata-se que os modelos HadGEM-AO, HadGEM-ES e MRI-CGCM3 proporcionam as maiores tendências de aumento das vazões médias, sendo os únicos que ultrapassam 20% de aumento para algumas bacias. Já o modelo GFDL-CM3 é o único que indicou tendência de diminuição das vazões em todos os pontos de controle. Além disso, verifica-se que um mesmo modelo climático geralmente produz tendência de aumento em todas as bacias, ou tendência de diminuição em todas as bacias. Apenas os modelos CanESM2, CSIRO-Mk3-6-0, GFDL-ESM2G e MIROC-ESM apresentam tendência de aumento em alguns pontos de controle, e tendência de diminuição em outros.

Para o RCP 2.6 no período de 2051 a 2080 (Figura 5.5), verifica-se que a tendência para aumento das vazões é um pouco mais forte. A faixa de variações de percentual de aumento é deslocada para cima, variando entre +26% e -11% e outros dois modelos atingem variações superiores a 20% (bcc-csm-1-1m e MIROC5), além dos três já mencionados na situação anterior. Entretanto, neste futuro mais distante, percebe-se uma maior incerteza na tendência de alguns modelos, pois há uma quantidade maior de modelos que indicam tendência de aumento em alguns pontos de controle, e tendência de diminuição em outros

Na Figura 5.6 apresenta os resultados para o cenário com maiores emissões (RCP 8.5) em um futuro próximo, de 2006 a 2035. Nesta situação, a faixa de variações é ampliada, variando entre +29% e -13%. Neste gráfico percebe-se que nos exutório das bacias da região litorânea (Camaquã e Canal de São Gonçalo) geralmente são verificadas as maiores tendências a aumentos da vazão média.

No cenário mais extremos de emissões (RCP 8.5) em um futuro mais distante, de 2051 a 2080, (Figura 5.7), são verificados os maiores extremos de variação de vazões, que variam nos pontos de controle entre +57% e -22%. As maiores variações de aumento foram verificadas no exutório da bacia hidrográfica do rio Caí, e as variações mais extremas de diminuição foram verificadas no exutório da bacia hidrográfica do rio Jacuí. A tendência geral de aumento das vazões médias é reforçada nesta condição, onde 12 dos 20 modelos apresentam variações positivas acima de 20%. Ainda, dos 140 dados apresentados neste

gráfico, apenas 20, o que representa cerca de 14,3% dos dados, indicam variações negativas de vazão.

Para complementar a análise dos dados, foram preparados diagramas *Box Plot*, ou diagramas de caixa, apresentados da Figura 5.8 à Figura 5.11. Diagramas deste tipo permitem uma visão geral do valor central, da dispersão, da assimetria, das caudas e de eventuais pontos amostrais discordantes. O valor central é dado pela mediana e a dispersão pela amplitude inter-quartis. A simetria ou assimetria da distribuição pode ser visualizada pela posição do diagrama, e pode-se ter uma ideia das caudas superior e inferior por meio dos comprimentos das linhas verticais que saem do retângulo dos quartis. São particularmente úteis para comparar as características de duas ou mais amostras diferentes (NAGHETTINI & PINTO, 2007).

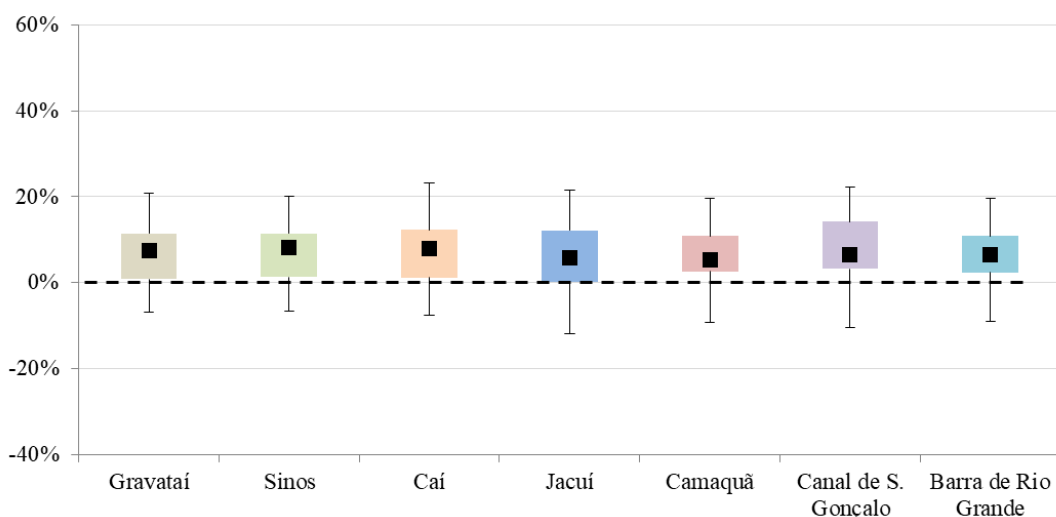


Figura 5.8 – Diagrama Box Plot para as variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (baixas emissões) no período futuro próximo (2006-2035)

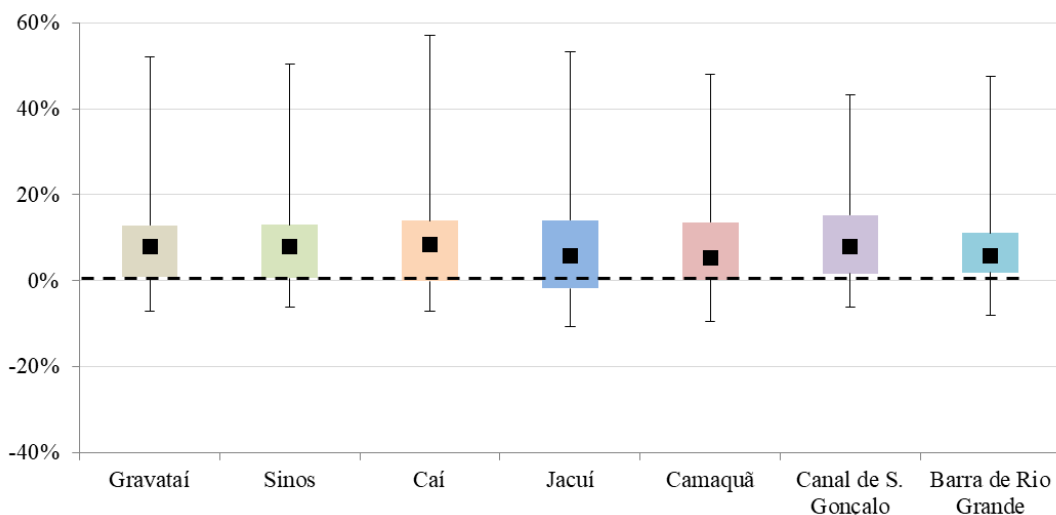


Figura 5.9 – Diagrama Box Plot para as variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (baixas emissões) no período futuro distante (2051-2080)

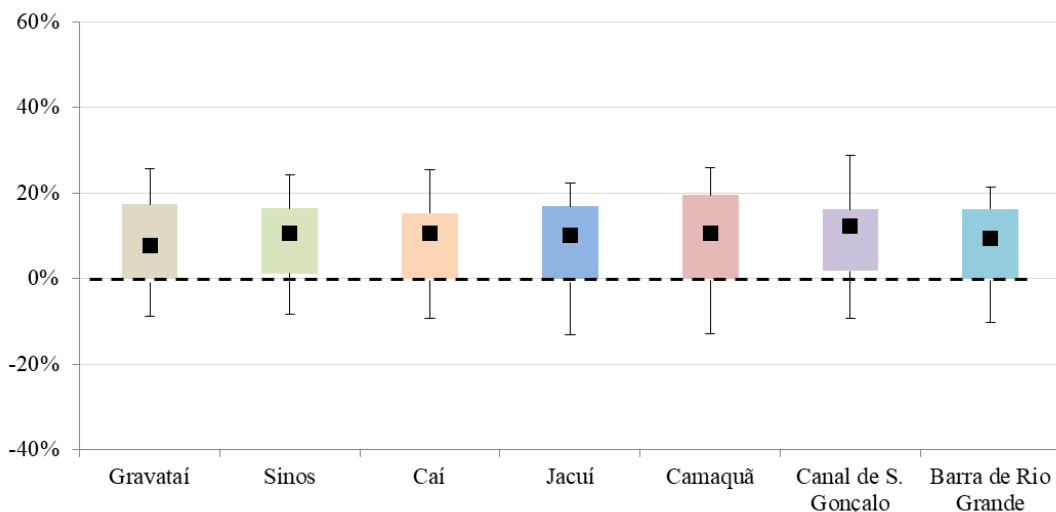


Figura 5.10 – Diagrama Box Plot para as variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altas emissões) no período futuro próximo (2006-2035)

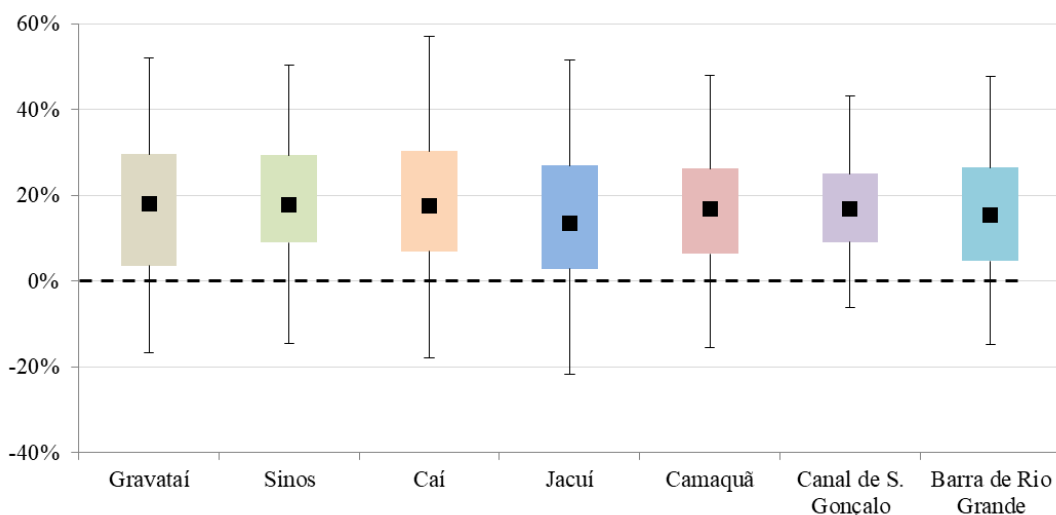


Figura 5.11 – Diagrama Box Plot para as variações de Q média nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altas emissões) no período futuro distante (2051-2080)

Analisando os gráficos *Box Plot*, percebe-se que a tendência de aumento das vazões é dominante nos locais de controle nos cenários e períodos apresentados, pois os retângulos dos diagramas encontram-se praticamente todos inteiramente acima do eixo zero. Na Figura 5.8, que mostra os resultados nos pontos de controle para o RCP 2.6 no período de 2006 a 2035, a amplitude inter-quartis e a distância entre as extremidades das caudas indicam uma variação pequena nos valores, quando em comparação com os gráficos da Figura 5.9 e Figura 5.11, que apresentam resultados para o período de 2051 a 2080 para os RCP 2.6 e 8.5, respectivamente, onde o comprimento das caudas é bem maior.

Na Figura 5.9 percebe-se que a cauda superior do gráfico é maior em comparação à cauda inferior, demonstrando que as variações positivas são mais frequentes e tem maior

módulo em relação às variações negativas. Já no gráfico da Figura 5.10, a cauda inferior dos diagramas é levemente maior do que a superior em alguns pontos de controle, como rio Jacuí e rio Camaquã, entretanto, como os retângulos estão inteiramente acima do eixo zero, a predominância é de variações positivas de vazões.

No cenário mais extremo de emissões e o período futuro mais distante (Figura 5.11), a dispersão dos valores é maior, pois as caudas superiores e inferiores dos diagramas são bastante pronunciadas, portanto, é o cenário com as maiores incertezas dentre os quatro avaliados.

Os gráficos e diagramas apresentados permitem verificar que as simulações para o cenário com altíssimas emissões (8.5) apresentam uma maior amplitude de variações de vazões com relação ao cenário de controle, quando em comparação com as variações de vazões geradas para o cenário com maior mitigação de emissões de GEE (2.6). Também, como já é esperado, as simulações para o período futuro distante (de 2051 a 2080) apresentam uma maior amplitude de variações de vazões, quando em comparação com as variações de vazões geradas para o futuro próximo (de 2006 a 2035). Portanto, as simulações para o cenário 8.5 e período futuro distante são as que apresentam maior dispersão em seus resultados.

Percebe-se também que a maior parte das simulações geraram variações positivas de vazão com relação ao cenário de controle, ou seja, há indícios de que existe uma maior probabilidade de ocorrer um aumento das vazões nos exutório dos principais rios da bacia hidrográfica da Laguna dos Patos, assim como no exutório da Laguna, na Barra de Rio Grande. Observando os diagramas box plot para as simulações para o cenário 8.5 e futuro distante, verifica-se que o primeiro e o terceiro quartis (e conseqüentemente a mediana) dos valores de variação de vazão são iguais ou superiores a zero, indicando que os modelos climáticos para cenários de maiores emissões e para períodos mais distantes levam a uma situação de maiores vazões na região de estudo, tanto máximas, quanto mínimas e médias.

Nos Apêndices B e C, são exibidos gráficos e diagramas similares aos apresentados nesta seção, apresentando os resultados em termos de vazões mínimas (Q90%) e vazões máximas (Q TR 5, 100 e 1000 anos). Observa-se que, em geral, o comportamento dos gráficos e diagramas são semelhantes para os indicadores de vazão apresentados nos Apêndices, variando principalmente em intensidade.

A Tabela 5.1 apresenta para cada simulação gerada, quais foram os modelos climáticos que provocaram as variações mais extremas em cada ponto de controle. Na tabela foram destacados os modelos que geraram as variações mais extremas considerando todos os resultados, para cada ponto de controle.

Tabela 5.1 – Modelos climáticos que geraram variações extremas de vazão para cada ponto de controle simulado

Bacia	Cenário	Período: 2006-2035		Período: 2051-2080	
		Extremo +	Extremo -	Extremo +	Extremo -
Gravataí	RCP 2.6	HadGEM2-AO	GFDL-CM3	HadGEM2-AO	GFDL-ESM2M
	RCP 8.5	MRI-CGCM3	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-ESM2G
Sinós	RCP 2.6	HadGEM2-AO	GFDL-CM3	HadGEM2-AO	GFDL-ESM2M
	RCP 8.5	MRI-CGCM3	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-ESM2G
Caí	RCP 2.6	HadGEM2-AO	GFDL-CM3	HadGEM2-AO	GFDL-ESM2M
	RCP 8.5	MRI-CGCM3	GFDL-CM3	HadGEM2-AO	GFDL-CM3
Jacuí	RCP 2.6	HadGEM2-AO	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	CanESM2
	RCP 8.5	MRI-CGCM3	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-CM3
Camaquã	RCP 2.6	MRI-CGCM3	GFDL-CM3	MRI-CGCM3	GFDL-CM3
	RCP 8.5	GISS-E2-R	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-CM3
Canal de São Gonçalo	RCP 2.6	HadGEM2-ES	CSIRO-Mk3-6-0	HadGEM2-ES	MIROC-ESM
	RCP 8.5	GISS-E2-R	CSIRO-Mk3-6-0	GISS-E2-R	CSIRO-Mk3-6-0
Barra de Rio Grande	RCP 2.6	HadGEM2-ES	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-CM3
	RCP 8.5	HadGEM2-ES	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-CM3

Considerando os 28 resultados apresentados para extremos positivos na tabela, foram identificados os modelos de clima futuro que provocam maiores variações positivas nas vazões médias, são eles:

- Modelo HadGEM2-ES, que em 11 dos 28 resultados pontuais de vazão média analisados foi o modelo que apresentou os valores mais extremos de variação positiva de vazão, e foi o modelo responsável pelas variações positivas de vazões mais elevadas em 5 dos 7 pontos analisados;
- Modelo HadGEM2-AO, que em 8 dos 28 resultados pontuais de vazão média analisados foi o modelo que apresentou os valores mais extremos de variação positiva de vazão, e foi o modelo responsável pelas variações positivas de vazões mais elevadas em 1 dos 7 pontos analisados;
- Modelo MRI-CGCM3, que em 6 dos 28 resultados pontuais de vazão média analisados foi o modelo que apresentou os valores mais extremos de variação positiva de vazão;

- Modelo GISS-E2-R, que em 3 dos 28 resultados pontuais de vazão média analisados foi o modelo que apresentou os valores mais extremos de variação positiva de vazão, e foi o modelo responsável pelas variações positivas de vazões mais elevadas em 1 dos 7 pontos analisados.

Da mesma forma, foram identificados os modelos climáticos que resultam em simulações mais tendências negativas mais expressivas, são eles:

- Modelo GFDL-CM3, que em 18 dos 28 resultados pontuais de vazão média analisados foi o modelo que apresentou os valores mais extremos de variação negativa de vazão, e foi o modelo responsável pelas variações negativas de vazões mais expressivas em 4 dos 7 pontos analisados;
- Modelo GFDL-ESM2M, que em 3 dos 28 resultados pontuais de vazão média analisados foi o modelo que apresentou os valores mais extremos de variação negativa de vazão;
- Modelo CSIRO-Mk3-6-0, que em 3 dos 28 resultados pontuais de vazão média analisados foi o modelo que apresentou os valores mais extremos de variação negativa de vazão, e foi o modelo responsável pelas variações negativas de vazões mais expressivas em 1 dos 7 pontos analisados;
- Modelo GFDL-ESM2G, que em 2 dos 28 resultados pontuais de vazão média analisados foi o modelo que apresentou os valores mais extremos de variação negativa de vazão, e foi o modelo responsável pelas variações negativas de vazões mais expressivas em 2 dos 7 pontos analisados;
- Modelo CanESM2 e MIROC-ESM, que em 1 dos 28 resultados pontuais de vazão média analisados foi o modelo que apresentou os valores mais extremos de variação negativa de vazão, cada.

Para avaliar uma das possíveis causas para a variabilidade nos resultados de variações de vazões produzidos em cada simulação foram produzidas as tabelas do Apêndice D, que apresentam as chuvas médias anuais nas bacias hidrográficas avaliadas em cada simulação realizada, bem como as variações destas chuvas médias de cada cenário, com relação à chuva média no período de controle (de 1961 a 1990). O Apêndice D foi produzido a partir das séries de dados de chuva gerados como dados de entrada às simulações, a partir da perturbação das séries de chuva do período de controle em cada uma das unidades de

discretização da modelagem hidrológica. Para cada bacia hidrográfica analisada, foram calculadas as médias das minibacias compõem a respectiva bacia.

A partir das tabelas do Apêndice D, foi elaborada a Tabela 5.4, que informa qual foi o modelo climático que provocou as maiores variações das chuvas médias anuais com relação ao período de controle, tanto em termos positivos quanto negativos, em cada uma das bacias analisadas. Percebe-se que na grande maioria dos casos, o mesmo modelo climático que provocou as maiores variações positivas nas chuvas, também provocou as maiores variações positivas nas vazões, e o mesmo vale para as variações negativas.

Tabela 5.2 – Modelos climáticos que geraram variações extremas de chuva para cada ponto de controle simulado

Bacia	Cenário	Período: 2006-2035		Período: 2051-2080	
		Extremo +	Extremo -	Extremo +	Extremo -
Gravataí	RCP 2.6	HadGEM2-AO	GFDL-CM3	HadGEM2-AO	GFDL-ESM2G
	RCP 8.5	MRI-CGCM3	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-ESM2G
Sinos	RCP 2.6	HadGEM2-AO	GFDL-CM3	HadGEM2-AO	GFDL-CM3
	RCP 8.5	MRI-CGCM3	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-ESM2G
Caí	RCP 2.6	HadGEM2-AO	GFDL-CM3	HadGEM2-AO	GFDL-CM3
	RCP 8.5	MRI-CGCM3	GFDL-CM3	HadGEM2-AO	GFDL-ESM2G
Jacuí	RCP 2.6	HadGEM2-AO	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-CM3
	RCP 8.5	MRI-CGCM3	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-CM3
Camaquã	RCP 2.6	MRI-CGCM3	GFDL-CM3	MRI-CGCM3	GFDL-CM3
	RCP 8.5	MRI-CGCM3	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-CM3
Canal de São Gonçalo	RCP 2.6	HadGEM2-ES	CSIRO-Mk3-6-0	HadGEM2-ES	MIROC-ESM
	RCP 8.5	bcc-csm1-1	CSIRO-Mk3-6-0	HadGEM2-ES	CSIRO-Mk3-6-0
Barra de Rio Grande	RCP 2.6	HadGEM2-ES	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-CM3
	RCP 8.5	HadGEM2-ES	GFDL-CM3	HadGEM2-ES	GFDL-CM3

Obs: Na tabela estão destacados os modelos climáticos que não coincidem com as variações extremas de vazões da Tabela 5.1

A análise pontual dos resultados nos exutório das principais sub-bacias da região estudada permite verificar que há uma grande amplitude na variação das vazões nos cenários futuros simulados, dependendo de qual modelo climático é utilizado, portanto a utilização de apenas um ou se poucos modelos climáticos para a geração de cenários futuros de vazões pode gerar conclusões equivocadas. Outra conclusão desta análise, é de que as variações de vazões são fortemente relacionadas às variações das chuvas, que são dados de entrada para as simulações.

5.2 Análise espacial

As figuras do Apêndice E apresentam mapas das variações com relação ao cenário de controle da vazão média para todas as simulações realizadas em todos os trechos hídricos

considerados na modelagem hidrológica. Desta forma, é possível analisar a variação espacial dos resultados que cada cenário gera na bacia hidrográfica da Laguna dos Patos, nos dois períodos simulados.

Considerando as simulações no cenário 2.6, tanto para o período de 2006 a 2035 quanto para o período de 2051 a 2080, e no cenário 8.5 para o período de 2006 a 2035, visualiza-se uma menor amplitude de variações de vazão com relação às simulações considerando o RCP 8.5, que ficam na faixa de -20% a +40% em todos os trechos simulados da bacia. A única exceção são alguns trechos das bacias do Pardo, Alto e Baixo Jacuí, em que são atingidas variações inferiores a -20%, na simulação com o modelo GFDL-CM3 no cenário 8.5 e futuro próximo. Valores mais extremos de variações positivas e negativas são atingidos apenas nas simulações para o cenário com altíssimas emissões de GEE no futuro distante.

Alguns modelos climáticos, como bcc-csm1-1-m, GISS-E2-H, GISS-E2-R, HadGEM2-AO, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-MR, MIROC5 e MRI-CGCM3, produziram resultados apenas em variações positivas das vazões médias, em todos os curso hídricos simulados. Já o modelo climático GFDL-CM3 é o único que gerou variações negativas das vazões médias em todos os trechos. Estes fatos indicam uma tendência geral ao aumento das vazões médias na bacia hidrográfica simulada.

Para uma análise desta tendência a aumento das vazões, foram preparados os mapas da Figura 5.12, que apresentam, para cada trecho hídrico simulado, a porcentagem de modelos que geraram variações positivas nas vazões, para cada cenário e período simulados. O mapa da esquerda superior desta figura apresenta a porcentagem de modelos que indicam aumento da vazão no período 2006 a 2035 considerando o RCP 2.6. Nestas condições, na maior parte dos trechos hídricos simulados, entre 70 e 80% das simulações realizadas indicam aumento das vazões. Alguns trechos tem entre 80 e 90% das simulações apontando para aumento de vazões, nas bacias hidrográficas do Alto Jacuí e do extremo sul da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim.

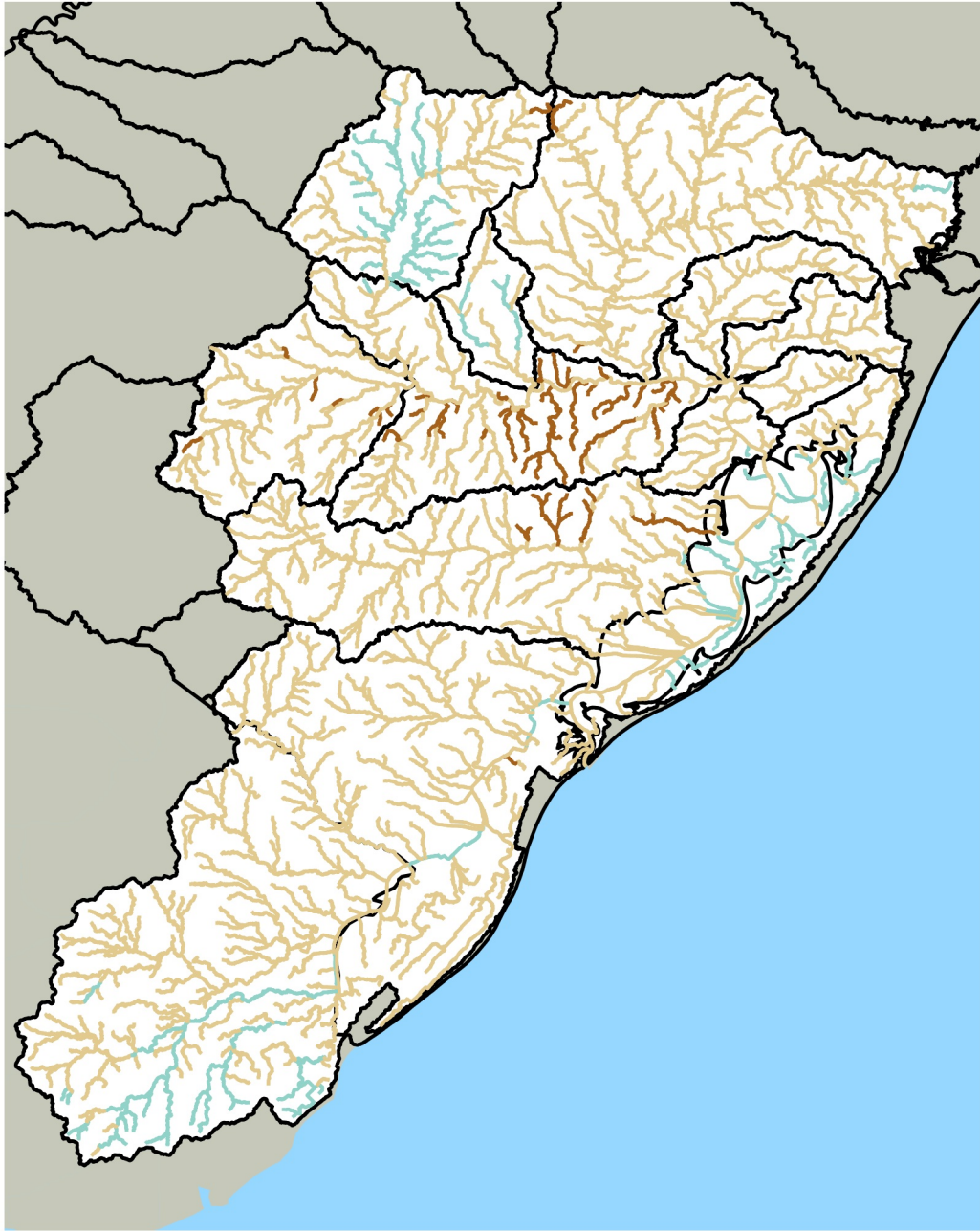
No mapa superior direito da Figura 5.12, são apresentadas as porcentagens de modelos climáticos que produziram resultados de aumento das vazões no RCP 2.6 no período de 2051 a 2080. Neste cenário, a imensa maioria dos trechos da porção norte da região simulada (bacias hidrográficas de contribuição do rio Jacuí) tem entre 60 e 70% dos modelos indicando aumento de vazões. A porção média da região simulada tem entre 70 e 80% das simulações

apontando para aumento de vazões, e a porção sul da parte uruguaia da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim tem entre 80 e 90% das simulações indicando para aumento das vazões.

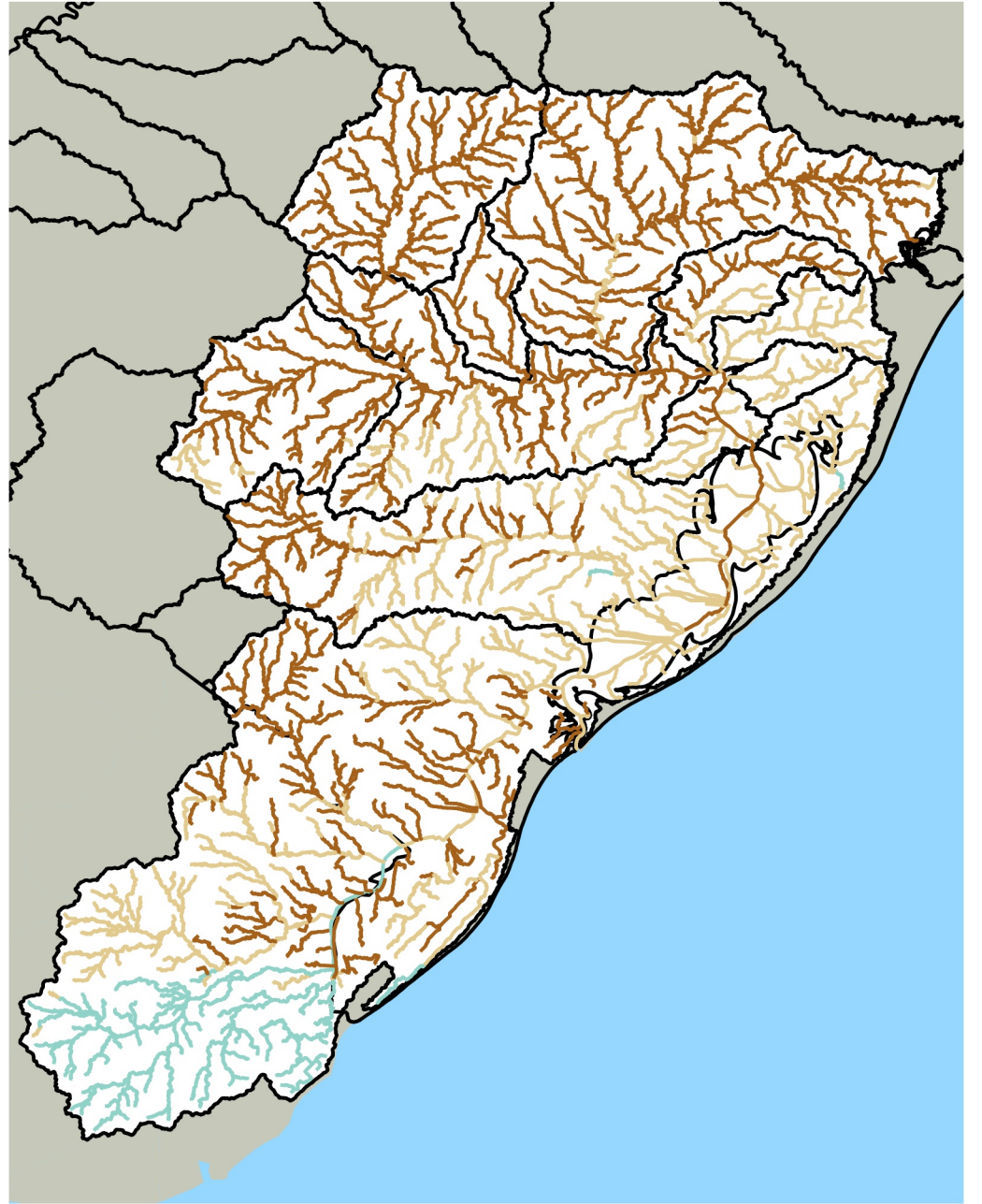
As porcentagens de modelos que apontam para aumento das vazões no cenário de altas emissões de gases de efeito estufa (RCP 8.5) no período de 2006 a 2035 são apresentadas no mapa inferior esquerdo da Figura 5.12. Neste mapa, é possível observar que nas bacias hidrográficas do Alto e Baixo Jacuí, Vacacaí-Vacacaí Mirim e a porção baixa da bacia hidrográfica do Taquari-Antas, entre 60 e 70% das simulações realizadas indicaram aumento de vazões médias. Na porção uruguaia da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim e na porção sul da mesma bacia na região brasileira a maior parte dos trechos tem entre 80 e 90% das simulações apontando para aumento das vazões.

Finalmente, no mapa inferior esquerdo da Figura 5.12, são apresentadas as porcentagens de modelos que indicam aumento de vazões no período de futuro distante (2051 a 2080), no RCP 8.5. Neste cenário, é visível que a porcentagem de simulações que produzem aumento nas vazões é elevada, entre 80 e 90%, na maior parte dos trechos hídricos simulados, excetuando-se as bacias hidrográficas do Alto e Baixo Jacuí, Vacacaí-Vacacaí Mirim e a porção baixa da bacia hidrográfica do Taquari-Antas, onde na maior parte dos trechos hídricos entre 70 e 80% das simulações indicaram aumento das vazões. Alguns trechos na parte uruguaia da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim 100% das simulações apontam para aumento das vazões.

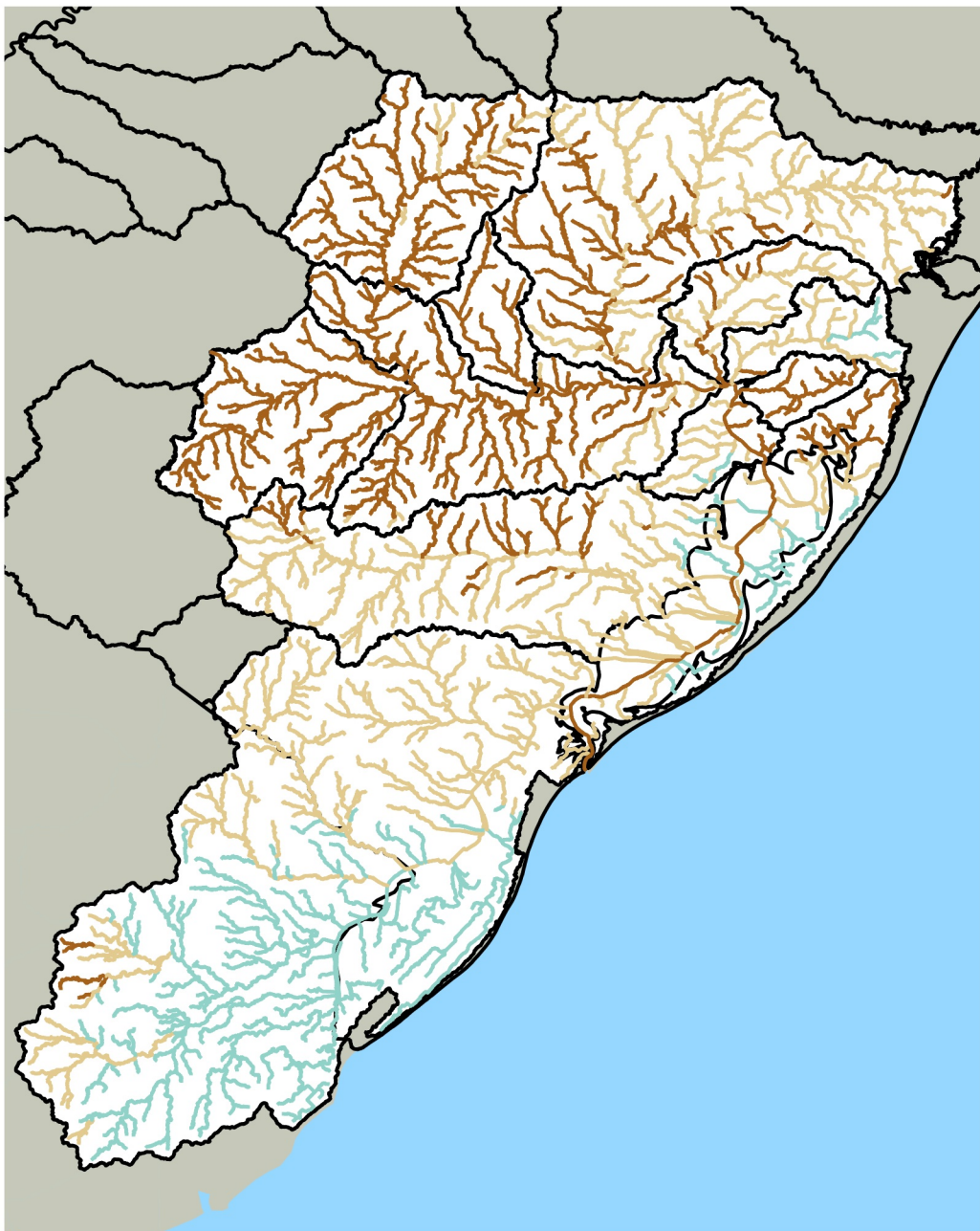
A avaliação conjunta dos mapas da Figura 5.12 permite perceber que em todos os trechos hídricos, mais de 60% do conjunto das simulações realizadas indicam para aumento das vazões médias com relação ao cenário de controle, independente do RCP considerado ou do período simulado. Verifica-se também, que os trechos hídricos da porção sul da região simulada, com destaque para a bacia de contribuição à Lagoa Mirim e Canal de São Gonçalo, são os que possuem um maior número de simulações resultando em aumento das vazões, em comparação com as demais regiões simuladas. Em alguns cursos hídricos da porção uruguaia da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim e Canal de São Gonçalo, esta porcentagem é superior a 80%, em todos os cenários e períodos considerados.



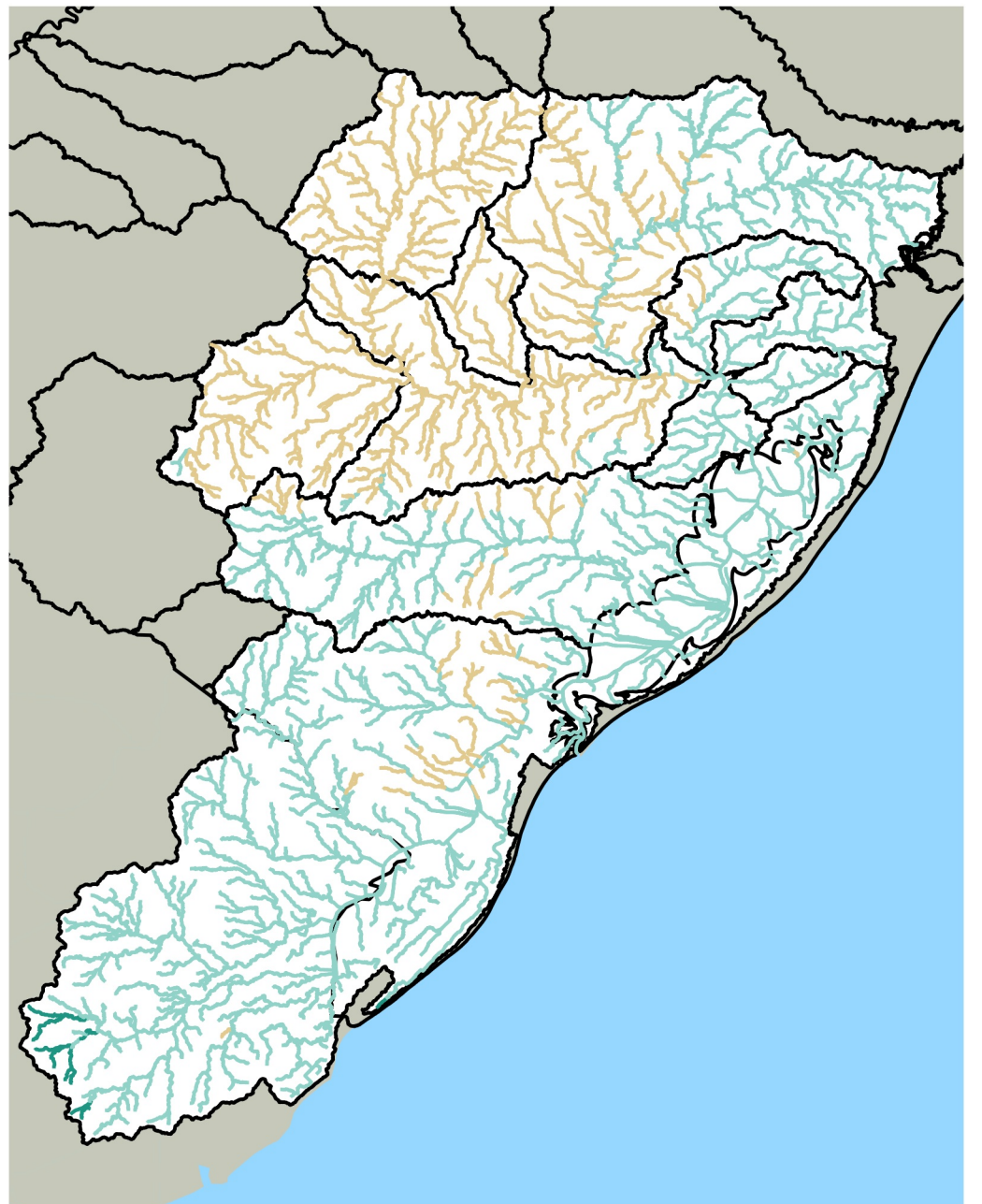
% de modelos que indicam aumento da vazão - RCP 2.6 (2006-2035)



% de modelos que indicam aumento da vazão - RCP 2.6 (2051-2080)



% de modelos que indicam aumento da vazão - RCP 8.5 (2006-2035)



% de modelos que indicam aumento da vazão - RCP 8.5 (2051-2080)

% de modelos que apontam para aumento da vazão:
 — 60% a 70% — 70% a 80% — 80% a 90% — 90 a 100%

Figura 5.12 – Porcentagem de simulações do conjunto que apontam para aumento da vazão, para cada cenário e período simulados

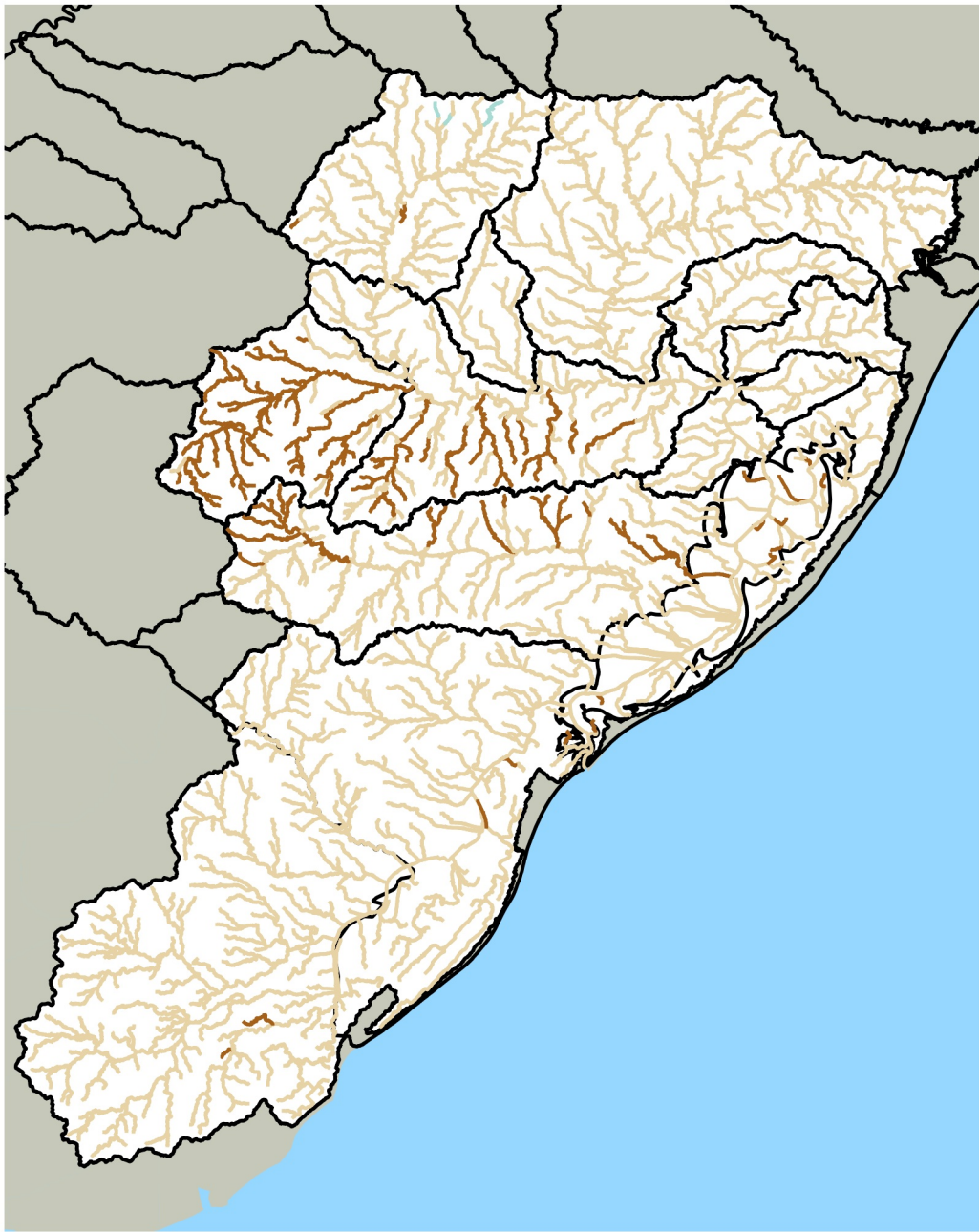
A Figura 5.13 apresenta as medianas das variações de vazões médias com relação ao cenário de controle do conjunto de modelos, para cada cenário e período simulados. O mapa superior esquerdo apresenta os resultados de medianas das variações geradas pelos modelos considerando o RCP 2.6 e o período de simulação de 2006 a 2035. Neste cenário, a mediana das variações na maior parte dos trechos hídricos está na faixa entre 5 e 10% de aumento de vazão, com alguns trechos nas bacias do Vacacaí-Vacacaí Mirim, Baixo Jacuí e Camaquã com variações entre 2 e 5%.

No RCP 2.6 no período de 2051 a 2080 (mapa superior direito da Figura 5.13), a mediana das variações de vazão também ficaram na faixa entre 5 e 10% de aumento de vazão na maior parte dos trechos, com alguns trechos nas bacias do Vacacaí-Vacacaí Mirim, Alto Jacuí e Camaquã entre 2 e 5%.

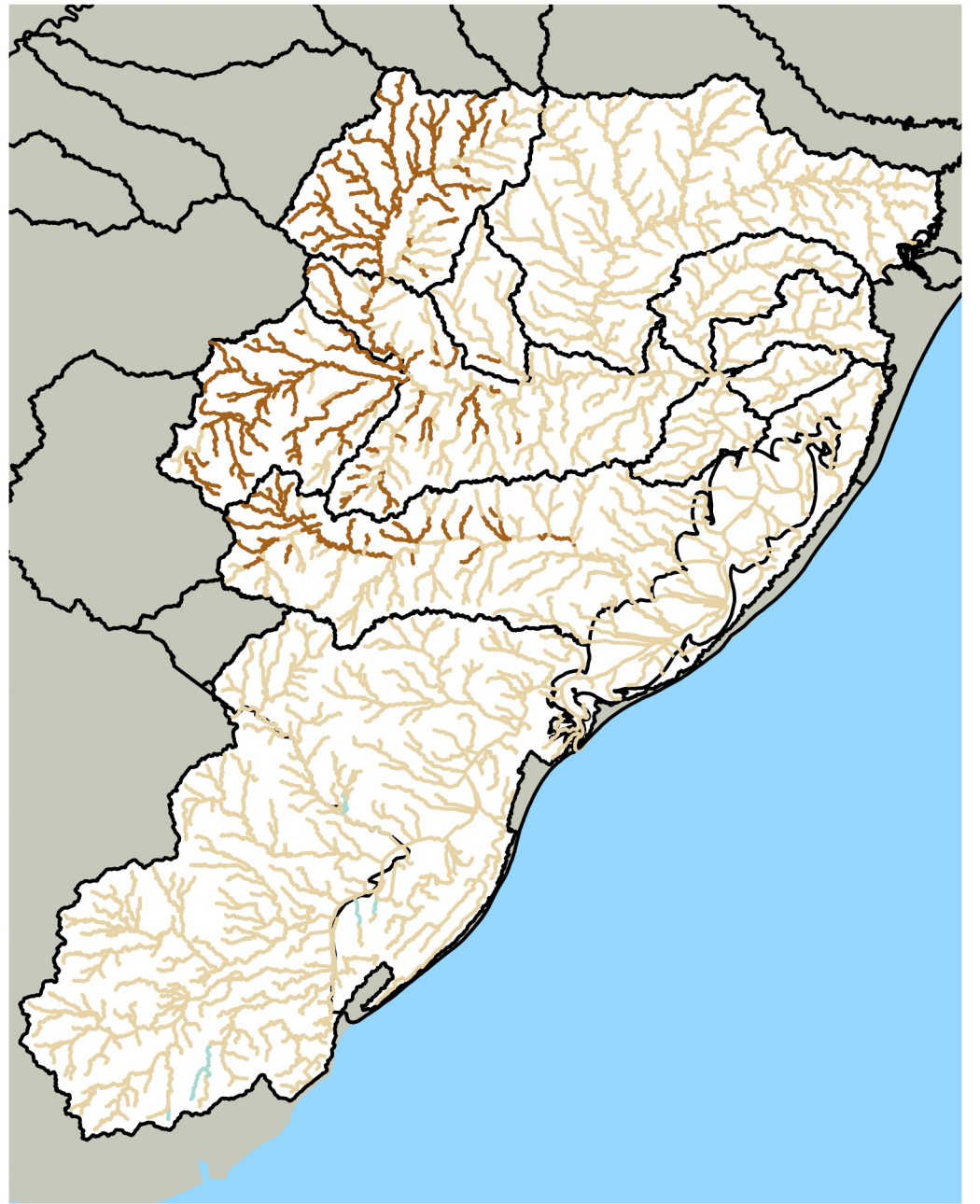
No mapa inferior esquerdo da Figura 5.13, onde são apresentadas as medianas de variações de vazão para o RCP 8.5 no período de 2006 a 2035, fica evidente uma tendência para variações positivas de vazões mais expressivas com relação ao que ocorre nas simulações no RCP 2.6, variando entre 5 e 20%. Neste cenário, os trechos com variações mais elevadas de vazões estão nas bacias hidrográficas do rio Camaquã e da Lagoa Mirim e Canal de São Gonçalo, enquanto que as menores variações, entre 5 e 10% encontram-se nos trechos hídricos das bacias mais ao norte da região simulada.

Já as simulações para o RCP 8.5 no período futuro distante (2051 a 2080), cujas medianas de variações são apresentadas no mapa inferior direito da Figura 5.13, são as que apresentam variações mais elevadas entre todos os cenários simulados. Neste caso, todas as simulações tem uma mediana de aumento de vazões superior a 10%, atingindo valores superiores a 20% de aumento na região norte da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim e Canal de São Gonçalo e nos contribuintes da margem direita do rio Camaquã.

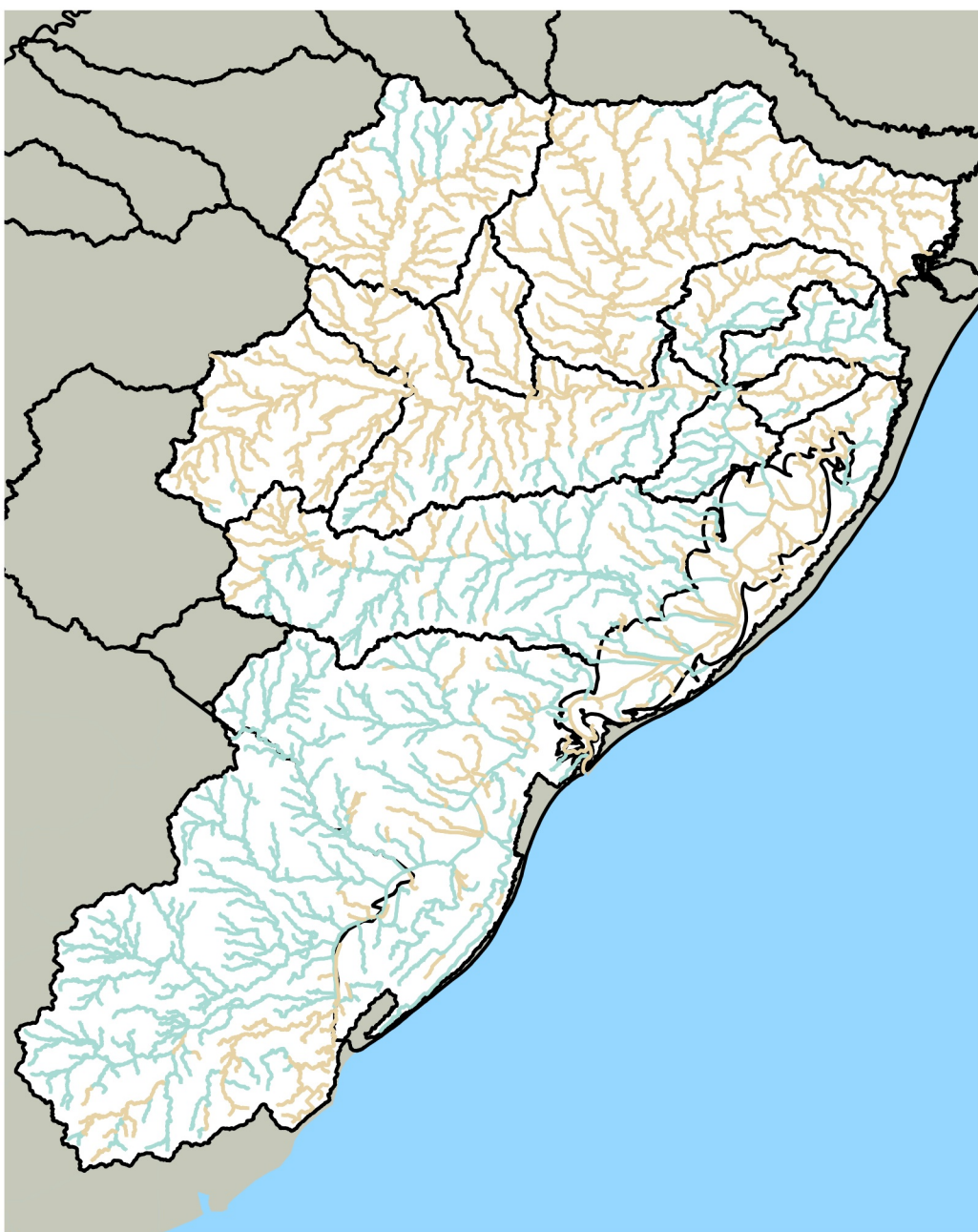
Avaliando-se o conjunto dos mapas da Figura 5.13, percebe-se que para todas as simulações realizadas, independente do cenário de emissão de gases de efeito estufa ou do período de simulação considerado, a tendência geral é de variações positivas, ou seja, aumento nas vazões médias, e esse aumento varia entre 2 e 28% com relação às vazões do cenário de controle simulado. E, novamente, a passagem do tempo em um cenário com maior mitigação das emissões de gases de efeito estufa, indica uma diminuição no aumento das vazões, enquanto que a passagem do tempo em um cenário com maiores emissões de GEE gera um agravamento na tendência de aumento de vazões.



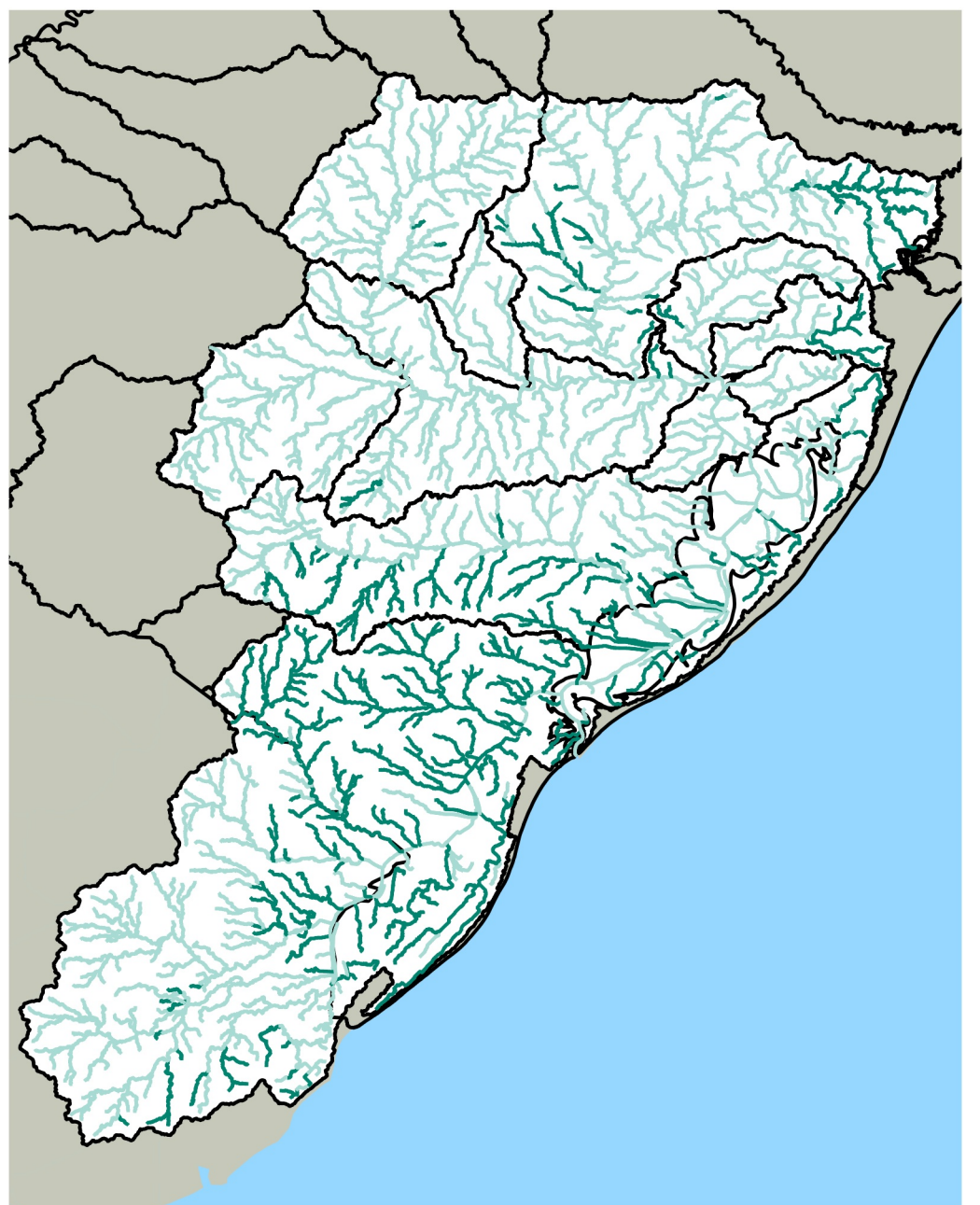
Medianas das variações de vazões - RCP 2.6 (2006-2035)



Medianas das variações de vazões - RCP 2.6 (2051-2080)



Medianas das variações de vazões - RCP 8.5 (2006-2035)



Medianas das variações de vazões - RCP 8.5 (2051-2080)

Varição de vazões:

2% - 5%	10% - 20%
5% - 10%	20 - 28%

Figura 5.13 – Medianas das variações de vazões do conjunto de simulações, para cada cenário e período simulados

Foi realizada uma análise dos mapas do Apêndice D com o objetivo identificar regiões onde foram projetados maiores impactos, tanto para aumento quanto para diminuição de vazões médias. A seguir serão destacados os modelos climáticos que geraram projeções de aumento das vazões médias acima de 40% com relação ao cenário atual, e as bacias hidrográficas (conforme a divisão hidrográfica estadual) onde estas situações ocorreram:

- Modelo bcc-csm1-1m: Mirim-São Gonçalo;
- Modelo GISS-E2-H: Todas as bacias da região hidrográfica do Guaíba (Gravataí, Sinos, Caí, Baixo Jacuí, Taquari-Antas, Pardo, Vacacaí-Vacacaí Mirim e Alto Jacuí);
- Modelo GISS-E2-R: Vacacaí-Vacacaí, Baixo Jacuí, Camaquã, Mirim-São Gonçalo;
- Modelos MRI-CGM3 e HadGEM2-AO: Todas as bacias da região hidrográfica do Guaíba e bacia hidrográfica do rio Camaquã;
- Modelo HadGEM2-ES: Todas as bacias hidrográficas.

Com relação à diminuição da vazão, os modelos destacados são GFDL-CM3 e GFDL-ESM2G, que geram diminuição da vazão média abaixo de -20% com relação ao cenário atual nas seguintes bacias hidrográficas: Alto Jacuí, Pardo, Vacacaí-Vacacaí-Mirim e Baixo Jacuí (somente no curso principal).

Para avaliar uma das possíveis causas para a variabilidade espacial nos resultados de variações de vazões, a partir dos dados do Apêndice D, foi elaborada a Tabela 5.3, que indica a porcentagem de simulações que indicaram variação negativa ou positiva das chuvas médias anuais e a mediana destas variações em cada bacia hidrográfica analisada.

Tabela 5.3 – Porcentagem de simulações que indicaram variação negativa ou positiva das chuvas médias anuais e a mediana destas variações em cada bacia hidrográfica analisada

Bacia	Varição negativa	Varição positiva	Mediana
Rio Gravataí	21,3%	78,8%	5,7%
Rio dos Sinos	21,3%	78,8%	7,9%
Rio Caí	22,5%	77,5%	7,5%
Rio Jacuí	22,5%	77,5%	6,7%
Rio Camaquã	17,5%	82,5%	6,2%
Canal de São Gonçalo	13,8%	86,3%	7,0%

Percebe-se que nas bacias hidrográficas mais ao sul da região de estudo, bacias do rio Camaquã e do canal de São Gonçalo, a quantidade de modelos climáticos que indicaram variação positiva da chuva média anual é superior às demais bacias. Esta informação fornece

uma explicação para os resultados apresentados na Figura 5.12, ou seja, uma maior quantidade de modelos climáticos provocou aumento nas chuvas médias projetadas para o futuro, gerando uma maior quantidade de simulações do modelo hidrológico com aumento nas vazões médias.

Entretanto, verifica-se que as medianas das variações de chuvas médias anuais nas bacias ao sul da área estudada não são as mais elevadas do conjunto de bacias estudadas, esta informação discorda dos dados apresentados na Figura 5.13. O esperado seria, que nas bacias com variações medianas superiores de chuvas médias anuais, as variações de vazões médias também seriam mais elevadas. Isto mostra que, mesmo com as chuvas médias não se elevando tanto, as variações positivas de vazões foram muito mais expressivas nas bacias mais ao sul da área de estudo.

5.3 Análise de modelos extremos e medianos

A fim de selecionar modelos climáticos que forneçam os limites máximos, mínimos e medianos das simulações realizadas, foram calculadas para cada minibacia as medianas das variações de vazões médias das 20 simulações em cada cenário e período. Após, para cada uma das 80 simulações em cada minibacia, foram calculadas as diferenças absolutas entre as variações de vazões médias e a mediana calculada para o mesmo cenário e período da simulação em questão. A Tabela 5.4 apresenta as somas destas diferenças para todas as minibacias de cada simulação. Na última coluna desta tabela é apresentada a média dos valores de diferenças para cada modelo. Esta tabela facilita a identificação de simulações que fornecem resultados mais próximos e mais distantes da mediana do conjunto.

Tabela 5.4 – Diferenças absolutas entre as variações de vazão média de cada simulação em comparação à mediana do conjunto de cada cenário e período

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média
	2006-2035	2051-2080	2006-2035	2051-2080	
bcc-csm1-1-m	170	288	286	210	239
bcc-csm1-1	116	106	108	192	130
BNU-ESM	84	137	183	149	138
CanESM2	272	318	364	301	313
CNRM-CM5	101	145	180	115	135
CSIRO-Mk3-6-0	292	135	381	513	330
GFDL-CM3	392	392	513	874	543
GFDL-ESM2G	242	230	191	650	329
GFDL-ESM2M	128	227	301	573	307
GISS-E2-H	107	69	144	423	186
GISS-E2-R	201	138	281	532	288

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média
	2006-2035	2051-2080	2006-2035	2051-2080	
HadGEM2-AO	278	427	121	586	353
HadGEM2-ES	357	438	302	728	456
IPSL-CM5A-LR	87	131	76	343	159
IPSL-CM5A-MR	133	129	96	253	153
MIROC-ESM-CHEM	43	215	257	203	180
MIROC-ESM	185	228	142	137	173
MIROC5	138	210	142	271	190
MRI-CGCM3	337	349	239	487	353
NorESM1-M	52	80	285	269	171

Escala de cores na tabela: células em vermelho indicam simulações mais distantes da mediana do conjunto, e células em branco indicam simulações mais próximas à mediana do conjunto.

A Tabela 5.4 mostra que, para a simulação no RCP 2.6 no período futuro próximo, os modelos que apresentam as menores diferenças são MIROC-ESM-CHEM e NorESM1-M, este último também apresenta pequenas diferenças para o futuro distante no RCP 8.5, entretanto o modelo com menor diferença nesse cenário é o GISS-E2-H. Para as simulações no RCP 8.5, os modelos com menores diferenças são IPSL-CM5A-LR e bcc-csm1-1, para o período futuro próximo, e CNRM-CM5 e BNU-ESM, para o período futuro distante. Estes modelos com pequenas diferenças são aqueles que representam variações próximas à mediana das variações de todas as simulações realizadas.

A última coluna da Tabela 5.4 apresenta a média das diferenças quadráticas de todos os cenários e períodos, e permite inferir que os modelos bcc-csm1-1, BNU-ESM e CNRM-CM5 são os modelos com as menores médias de diferenças absolutas com relação à mediana. Já os modelos cujos valores apresentados na última coluna da Tabela 5.4 são elevados, são os modelos que representam variações extremas, tanto positivas, quanto negativas. Os modelos com médias de diferenças absolutas mais elevadas, são GFDL-CM3 e HadGEM2-ES.

Como a Tabela 5.4 não permite identificar se as variações são positivas ou negativas, os dados foram avaliados com a seguinte abordagem: foram calculadas as diferenças entre as medianas do conjunto de cada modelo e os resultados de cada simulação em cada minibacia. Na Tabela 5.5 são apresentadas estas diferenças somadas para todas as minibacias de cada simulação. .

Tabela 5.5 – Somas das diferenças entre as variações de cada simulação em comparação à mediana do conjunto de cada cenário e período

RCP	2.6		8.5	
Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035	2051-2080
bcc-csm1-1	89,3	65,7	-53,6	54,4
bcc-csm1-1-m	170,1	288,1	286,1	206,2
BNU-ESM	74,7	-54,0	182,6	146,4
CanESM2	-264,9	-315,2	-363,6	-274,8
CNRM-CM5	-80,8	-69,2	-61,5	-87,8
CSIRO-Mk3-6-0	-278,0	-113,3	-380,8	-513,4
GFDL-CM3	-391,7	-392,3	-513,2	-874,3
GFDL-ESM2G	-32,8	-59,2	-47,2	-558,2
GFDL-ESM2M	-127,6	-216,1	-301,1	-573,1
GISS-E2-H	-11,7	-51,8	138,4	421,9
GISS-E2-R	199,7	70,4	251,2	531,5
HadGEM2-AO	278,4	426,6	115,8	585,9
HadGEM2-ES	356,9	438,4	302,0	727,9
IPSL-CM5A-LR	21,5	6,7	-19,7	-316,0
IPSL-CM5A-MR	48,1	-1,4	38,5	-196,1
MIROC5	88,8	191,1	131,6	134,1
MIROC-ESM	-184,6	-227,5	131,6	-136,6
MIROC-ESM-CHEM	-41,9	-214,8	-257,5	176,7
MRI-CGCM3	337,3	349,3	236,5	478,0
NorESM1-M	-45,9	41,2	-284,6	-269,1

Esta tabela permite observar que o modelo GFDL-CM3 apresenta as maiores diferenças negativas e o modelo HadGEM2-ES apresenta as maiores diferenças positivas, para todos os cenários e períodos simulados, portanto, são os modelos que fornecem cenários de vazões baixas e elevadas, respectivamente, conforme já observado nos itens anteriores.

5.4 Comparação entre os indicadores de disponibilidade hídrica analisados

As variações das estatísticas das séries de vazões simuladas foram comparadas entre si, para verificar se existem relações entre os resultados para os diferentes indicadores de disponibilidade hídrica calculados. Da Figura 5.15 à Figura 5.21 são apresentados gráficos que mostram a relação entre as variações de vazões médias e das demais estatísticas calculadas para as séries de vazões geradas por cada simulação realizada nos pontos de controle avaliados. Em cada gráfico são apresentados 80 pontos para cada estatística e é mostrada uma reta 1:1 que representa uma relação linearmente proporcional, para facilitar a análise.

A Figura 5.15 apresenta um esquema para exemplificar como devem ser interpretados os gráficos da Figura 5.15 à Figura 5.21. Um ponto no gráfico indica qual é a porcentagem de

variação da vazão média em uma determinada simulação (eixo X) e a variação de outro indicador de disponibilidade hídrica (Q90%, Q TR 5 anos, Q TR 100 anos ou Q TR 1000 anos), dependendo da região do gráfico em que o ponto estiver localizado, diferentes interpretações podem ser feitas, conforme a seguir:

- Região em vermelho na Figura 5.15: indica que ambos os indicadores de vazão apresentam variação positiva, porém a vazão média apresenta aumento menos expressivo.
- Região em amarelo na Figura 5.15: a variação de vazão média é negativa, e a do outro indicador de vazão é positiva.
- Região em verde na Figura 5.15: indica que ambos os indicadores de vazão apresentam variação negativa, porém a vazão média apresenta diminuição mais expressiva.
- Região em lilás na Figura 5.15: indica que ambos os indicadores de vazão apresentam variação negativa, porém a vazão média apresenta diminuição menos expressiva.
- Região em laranja na Figura 5.15: a variação de vazão média é positiva, e a do outro indicador de vazão é negativa.
- Região em azul na Figura 5.15: indica que ambos os indicadores de vazão apresentam variação positiva, porém a vazão média apresenta aumento mais expressivo.

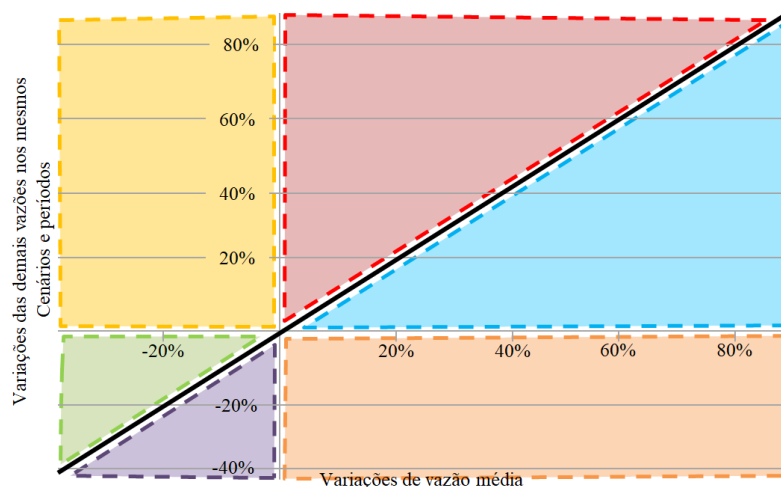


Figura 5.14 – Esquema para exemplificar a interpretação dos gráficos a seguir

Na Figura 5.15 é possível observar esta comparação para os resultados das simulações no exutório da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí. Percebe-se que na maior parte das simulações, quando a variação da vazão média é positiva, a variação das demais estatísticas de vazões também é positiva, e vice-versa. É visível também que para estatística de vazão mínima, as variações de vazão média possuem módulos superiores às variações de Q90%. Para as vazões máximas ocorre o contrário, os módulos das variações de Q TR 5, 100 e 1000 anos geralmente são superiores aos módulos das variações de vazões médias. Neste ponto de controle, a Q90% atinge variações entre -10 e -23%, enquanto as variações de Q TR 5 anos atingem valores entre -28 e +81%.

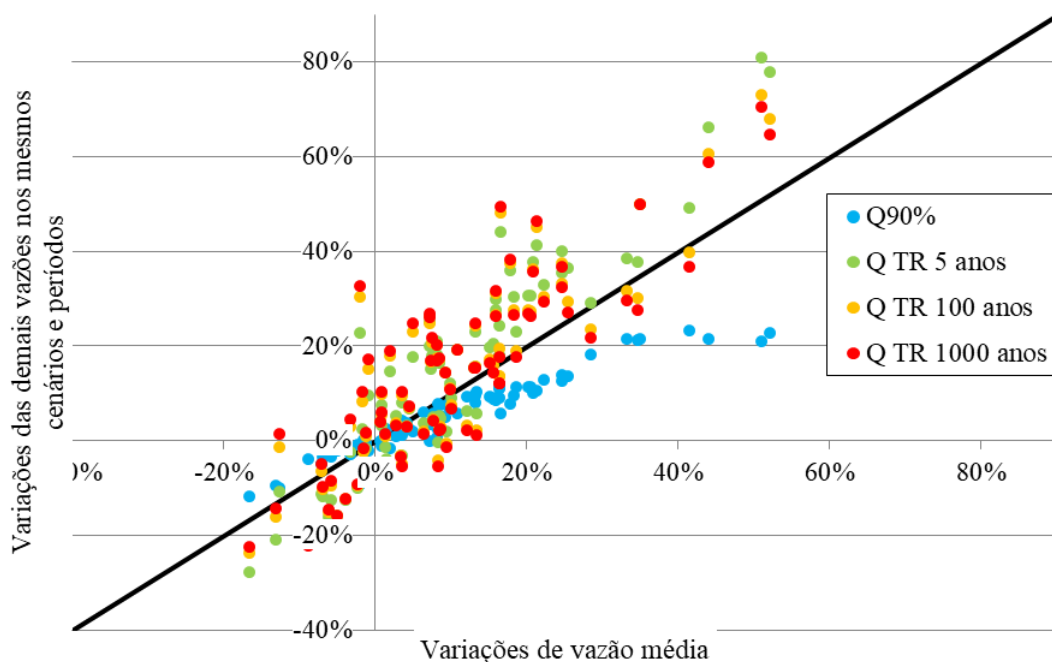


Figura 5.15 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica do rio Gravataí

Na bacia hidrográfica do rio dos Sinos (Figura 5.16), também percebe-se que as variações de vazões das estatísticas de vazões são diretamente proporcionais com relação umas às outras, e os módulos das variações de vazões máximas são superiores aos módulos de variações das vazões médias. Entretanto, neste caso, a relação das variações mínimas e médias é praticamente linearmente proporcional. Neste ponto de controle, as variações mais altas foram atingidas para a estatística Q TR 5 anos (+74%), e as mais baixas foram atingidas para a estatística Q TR 1000 anos (-29%).

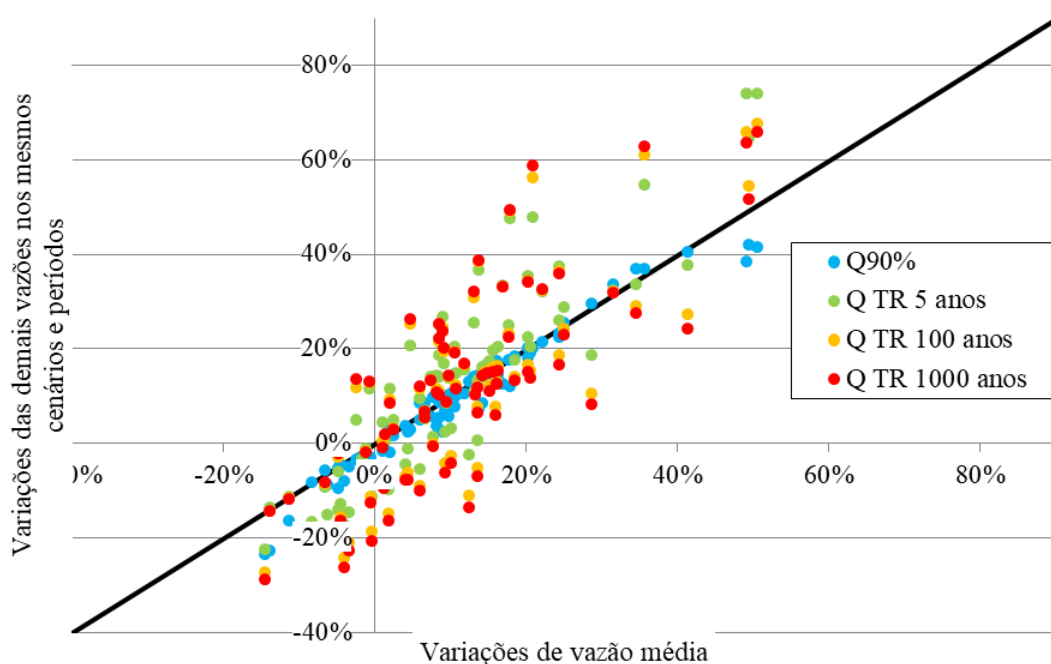


Figura 5.16 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica do rio dos Sinos

A Figura 5.17 mostra a mesma comparação para os resultados do exutório da bacia hidrográfica do rio Caí. A análise que pode ser realizada para esse local, é semelhante à apresentada para o rio dos Sinos, mas nesse caso, a relação de linearidade entre as vazões médias e a Q90% é perdida nos valores extremos das variações dessas vazões. Já para as vazões máximas, percebe-se que as variações positivas são bastante elevadas, atingindo variação de +96% para as vazões Q TR 100 e 1000 anos. A variação mínima atingida foi -34% para a Q90%.

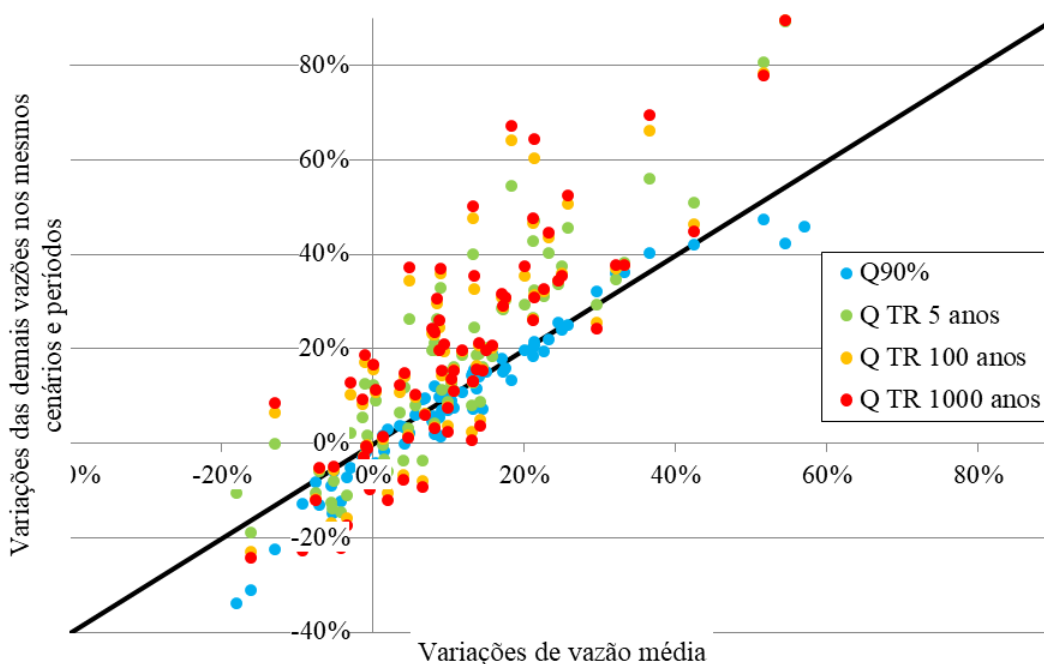


Figura 5.17 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica do rio Caí

Para os exutórios das bacias hidrográficas dos rios Jacuí e Camaquã (Figura 5.18 e Figura 5.19, respectivamente), as variações da Q90% perdem a relação de proporcionalidade linear conforme as variações de vazão média aumentam. As variações de vazões máximas possuem em geral valores superiores aos das vazões médias, assim como para as demais bacias já analisadas. Os valores extremos para a bacia do Jacuí foram +62% para Q TR 100 e 1000 anos, e -26% para a Q90%. Para a bacia do rio Camaquã, as variações extremas foram +68% para Q TR 1000 anos, e -20% para a Q90%.

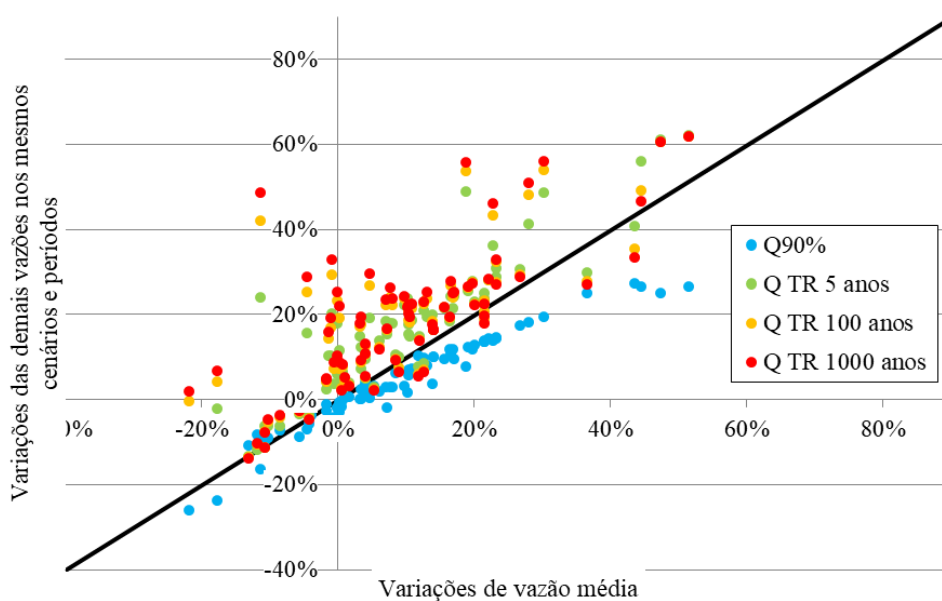


Figura 5.18 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica do rio Jacuí

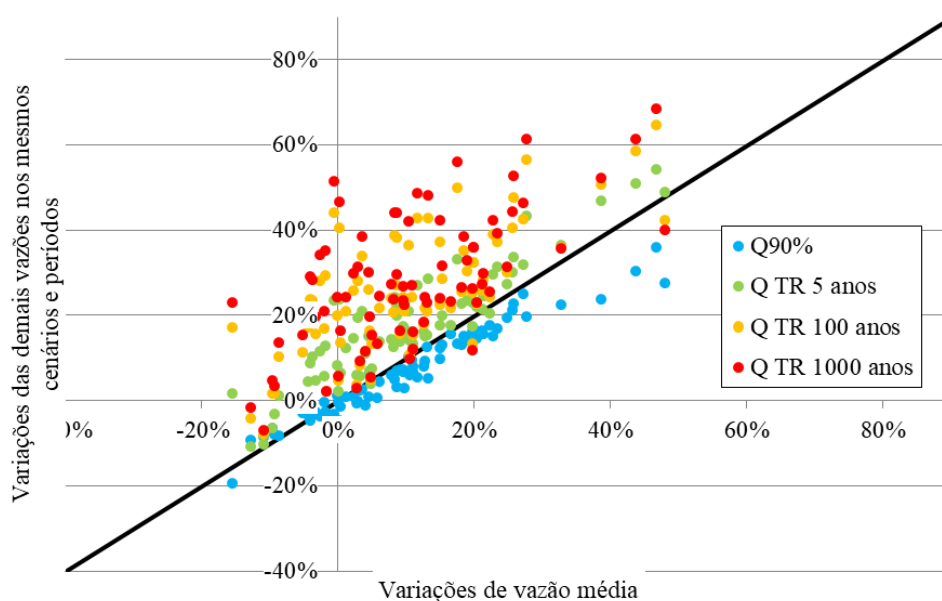


Figura 5.19 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica do rio Camaquã

Nos gráficos da Figura 5.20 e da Figura 5.21, que representam a comparação para os exutórios das bacias hidrográficas do Canal de São Gonçalo e da Laguna dos Patos (Barra de Rio Grande), percebe-se que a distribuição dos pontos é menos espalhada, ou seja, a dispersão é menor do que nos demais casos analisados. Nestes dois locais, as variações da Q90% também perdem a relação de proporcionalidade linear conforme as variações de vazão média aumentam. Para a bacia hidrográfica do Canal de São Gonçalo, os extremos de variações foram + 53% para a vazão Q TR 100 e 1000 anos, e -10% para a vazão média. Para a bacia hidrográfica da Laguna dos Patos, os extremos de variações foram + 66% para a vazão Q TR 1000 anos, e -19% para a Q90%.

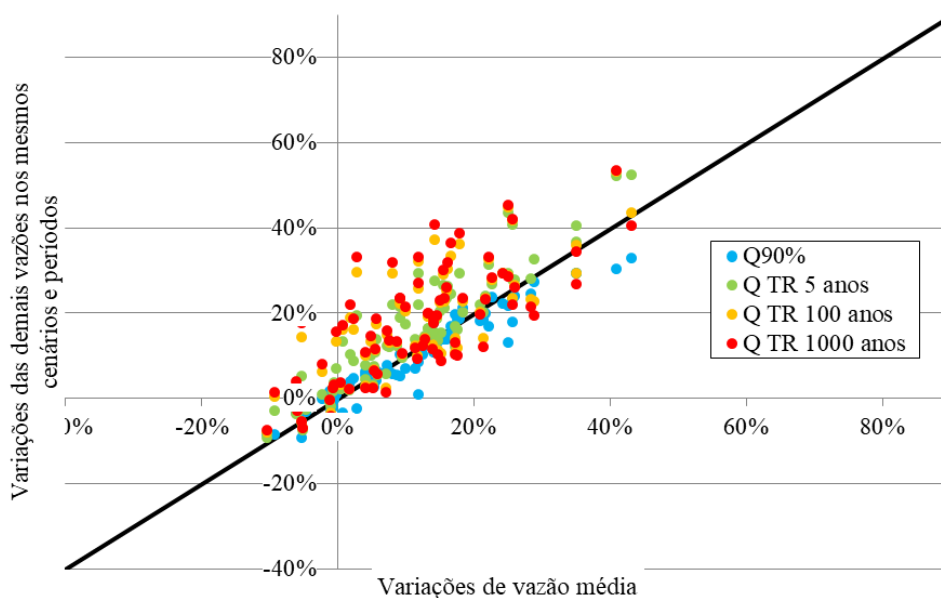


Figura 5.20 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica do Canal de São Gonçalo

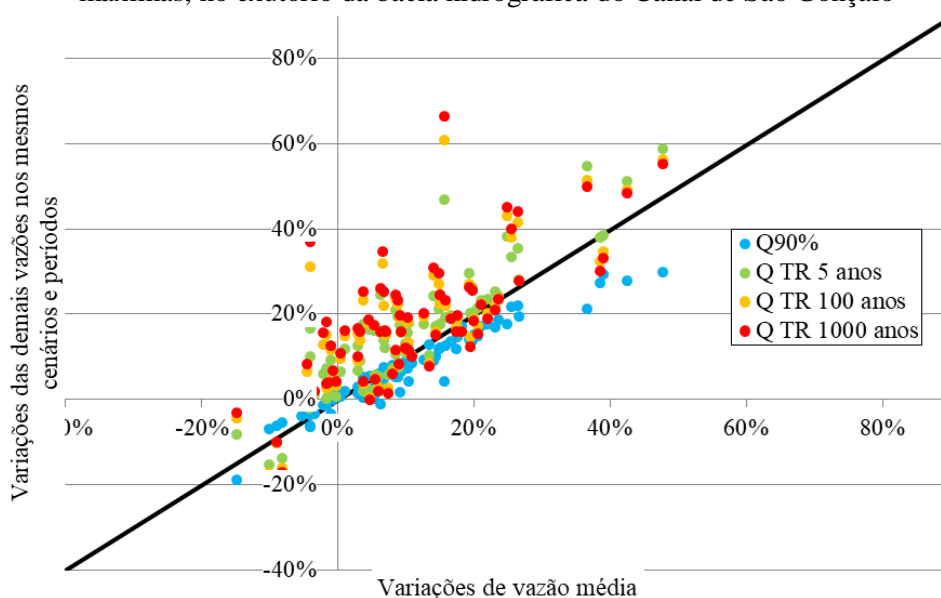


Figura 5.21 – Relação entre as variações das vazões médias simuladas e as vazões mínimas e máximas, no exutório da bacia hidrográfica da Laguna dos Patos, na Barra de Rio Grande

Verificou-se que há uma relação direta entre as vazões mínimas (Q90%) e máximas (Q TR 5, 100 e 1000 anos) com relação às vazões médias simuladas, ou seja, em geral, nas simulações onde houve aumento das vazões médias, houve também um aumento das vazões mínimas e máximas simuladas, e vice-versa. Todavia, fica destacado também que a relação estabelecida não é linear, indicando uma tendência a um maior aumento das vazões máximas e um menor aumento das vazões mínimas com relação às médias.

Ficou evidente, que em geral, as variações das vazões máximas têm módulo superior aos das vazões médias, e as variações das vazões mínimas possuem módulos menores em relação aos das variações das vazões médias. Portanto, a análise destes gráficos permite que os resultados apresentados para vazões médias apresentados no item 5.2 sejam extrapolados para as demais vazões analisadas no item 5.1, considerando que os efeitos são mais extremos para as vazões máximas e menos extremos para as vazões mínimas, e a relação de proporcionalidade varia de bacia para bacia.

Verifica-se, a partir dos gráficos da relação entre as variações das vazões médias simuladas, com relação às vazões mínimas e máximas, que, em geral, as mudanças climáticas provocaram variações mais expressivas nas vazões médias e máximas, comparativamente à vazões mínimas, concordando com os resultados da análise de sensibilidade avaliados por ADAM e COLLISCHONN (2013). Esta menor sensibilidade das vazões mínimas pode ser devida ao fato de os valores de anomalia utilizados para perturbar a séries históricas não tem efeito quando multiplicados por chuvas nulas, que ocorrem nos períodos de estiagem. Já nos períodos de vazões médias ou cheias, os valores de anomalia multiplicam chuvas não nulas e por vezes elevadas, levando a consequentes aumentos mais significativos nas vazões geradas pelo modelo hidrológico.

6 CONCLUSÕES

Foi avaliada a influência de cenários futuros de mudanças climáticas na disponibilidade hídrica dos cursos hídricos que drenam para a Laguna dos Patos, considerando diversos cenários previstos por modelos globais do 5º relatório do IPCC. Foi possível verificar uma tendência de aumento das vazões na bacia hidrográfica simulada, pois a maior parte dos modelos climáticos avaliados indicou algum percentual de aumento de vazões médias em todas as unidades de discretização modeladas, e as medianas das variações das vazões médias com relação ao cenário de controle são positivas em todos os cenários simulados. Esta conclusão concorda com os resultados do trabalho de LIMA et al. (2014) e IPCC (2014), que verificam uma predominância de previsões de aumento das vazões para a região Sul a partir de dados de cinco modelos climáticos do AR5.

No presente trabalho, porcentagem de simulações do *ensemble* que geraram variações positivas nas vazões médias ficou dentro da faixa de 60% a 100%, considerando todo o conjunto de simulações realizadas. O aumento mediano das vazões médias calculado ficou na faixa de 2% a 28% com relação ao cenário de controle simulado, sendo que a mediana das variações de chuvas médias anuais ficaram em torno de 7%. Ficou evidenciada uma maior tendência no aumento das vazões dos cursos hídricos mais ao sul da área de estudo, nas bacias hidrográficas do rio Camaquã e da Lagoa Mirim e Canal de São Gonçalo, principalmente no futuro distante (de 2051 a 2080) considerando o RCP 8.5. Nas bacias hidrográficas mais ao norte, principalmente Alto Jacuí, Vacacaí-Vacacaí Mirim, Taquari-Antas e Pardo, a quantidade de modelos que indica aumento de vazões é menor e os aumentos medianos dos conjuntos são menores, em comparação aos resultados para as duas bacias citadas anteriormente.

Como foi verificada uma relação proporcional na variação das vazões médias com as estatísticas Q90%, Q TR 5, 100 e 1000 anos nos pontos de controle analisados, é possível inferir que este aumento é generalizado, tanto para vazões médias, quanto mínimas e máximas.

A análise dos resultados das simulações permitiu a indicação dos modelos climáticos mais adequados para este propósito. As simulações com o modelo HadGEM2-ES foram as que apresentaram uma maior tendência a elevar as vazões, e as simulações com o modelo GFDL-CM3 foram as que apresentaram uma maior tendência a diminuir as vazões. A avaliação conjunta dos resultados gerados por estes dois modelos, associados ao cenário de

altas emissões de gases de efeito estufa (RCP 8.5), é capaz de criar cenários extremos de vazões tanto máximos quanto mínimos que são projetados para o futuro considerando as mudanças climáticas na bacia hidrográfica da Laguna dos Patos. Já para a obtenção de cenários que representam a mediana do conjunto das vazões observadas nas projeções futuras, os modelos mais indicados são bcc-csm1-1, BNU-ESM e CNRM-CM5.

Com relação a identificação de regiões onde são projetados os maiores impactos, destacam-se as bacias hidrográficas em que foram projetadas as maiores amplitudes de variações:

- Alto Jacuí, nessa bacia, quatro dos 20 modelos resultaram em variações superiores a +40% e dois modelos resultaram em variações inferiores a -20%;
- Vacacaí-Vacacaí Mirim, onde cinco dos 20 modelos resultaram em variações superiores a +40% e dois modelos resultaram em variações inferiores a -20%;
- Baixo Jacuí, onde cinco dos 20 modelos resultaram em variações superiores a +40% e dois modelos resultaram em variações inferiores a -20%;
- Rio Pardo, nessa bacia, quatro dos 20 modelos resultaram em variações superiores a +40% e dois modelos resultaram em variações inferiores a -20%.

Ou seja, as bacias hidrográficas mais ao norte da região de estudo foram identificadas como as que apresentam maior sensibilidade às mudanças climáticas projetadas pelos modelos globais do CMIP5 publicados no AR5.

7 RECOMENDAÇÕES

Este trabalho permitiu elencar recomendações úteis ao Departamento de Recursos Hídricos com relação à gestão de recursos hídricos e mudanças climáticas de bacias hidrográficas sul-rio-grandenses. A principal delas é o indício de que existe uma maior chance de aumento nas vazões no futuro, portanto, os impactos relacionados à enchentes requerem mais atenção.

Entretanto, vale ressaltar que, mesmo que a maior parte dos modelos climáticos indique aumento nas vazões, inclusive para as vazões mínimas, não significa que os conflitos de uso da água em situações de escassez não existirão. É necessário avaliar o impacto que as mudanças climáticas poderão causar nas demandas hídricas, pois se estas aumentarem em um ritmo mais acelerado do que o aumento previsto para as vazões mínimas, conflitos de uso da água poderão ser deflagrados.

Outra importante recomendação ao DRH é a indicação de um conjunto de modelos de previsão de clima futuro mais adequados para consideração em estudos que envolvem recursos hídricos nas bacias hidrográficas de contribuição à Laguna dos Patos, quando não é viável a realização de simulações considerando *ensembles* de uma maior quantidade de modelos, são eles:

- Modelos bcc-csm1-1, BNU-ESM e CNRM-CM5, para a representação de cenários medianos;
- Modelo HadGEM2-ES, para a representação de cenários de aumento de vazões;
- Modelo GFDL-CM3, para a representação de cenários de diminuição de vazões.

Ressalta-se que estes modelos possuem este comportamento no CMIP5, e estas informações podem sofrer variações no CMIP6, por exemplo. O trabalho também aponta que as bacias da região hidrográfica do Guaíba necessitam de uma atenção especial com relação à grande variabilidade das previsões tanto para aumento quanto para diminuição de vazões, especial as bacias do Alto Jacuí, Vacacaí-Vacacaí Mirim, Baixo Jacuí e rio Pardo.

Para a avaliação das tendências de variações de vazão no restante do estado do Rio Grande do Sul, recomenda-se a realização de estudo semelhante a este para a bacia hidrográfica do rio Uruguai, que abrangeria outras dez bacias hidrográficas da divisão hidrográfica estadual, faltando apenas as simulações para as bacias hidrográficas dos rios

Negro, Tramandaí e Mampituba para completar o estado.

Recomenda-se a avaliação conjunta entre as variações de vazão causadas por mudanças climáticas e as possíveis variações nas demandas hídricas que estas mudanças climáticas podem causar. Por exemplo, um aumento de temperatura pode gerar aumento nas demandas hídricas para irrigação ou abastecimento urbano, e este aumento de demanda pode ser superior ao aumento das vazões previsto neste estudo.

Por fim, sugere-se a realização de outras formas de simulação de cenários futuros de vazão utilizando outros métodos para aplicação dos dados de mudança climática sobre o modelo hidrológico, como o método de escalonamento linear, mapeamento quantil-quantil, transformação exponencial da precipitação (LENDERINK et al., 2007; BÁRDOSSY e PEGRAM, 2011; LEANDER e BUIHAND, 2007; LEANDER et al., 2008). E, no que tange a modelagem hidrológica em si, sugere-se a utilização de versões mais sofisticadas do modelo, como modelagem hidráulica hidrodinâmica dos trechos hídricos, como a versão com propagação inercial do próprio modelo MGB-IPH, permitindo gerar cenários de manchas de inundação, por exemplo.

8 REFERÊNCIAS

ADAM, K. N.; COLLISCHONN, W. Análise dos impactos de mudanças climáticas nos regimes de precipitação e vazão na bacia hidrográfica do rio Ibicuí. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Volume 18 n. 3 – Jul/Set 2013.

ADAM, K. N.; COLLISCHONN, W.; FAN, F. M.; BRAVO, J. M. Influência da técnica de remoção de viés aplicada em estudos de mudanças climáticas na bacia do rio Uruguai. *XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. 2017.

ADAM, K. N.; FAN, F. M.; PONTES, P. R.; BRAVO, J. M.; COLLISCHONN, W. Climate change and floods in Paraná river basin. *6th International Conference in Flood Management*. São Paulo. Setembro, 2014.

ALLASIA, D. G. COLLISCHONN, W. ; SILVA, B. C. ; TUCCI, C. E. M. Large basin simulation experience in South America. *IAHS Publication n. 303, v. 303, p. 360-370, 2006*.

AMORIM, P. B. e CHAFFE, P. L. B. Integração de modelos hidrológicos: uma meta-análise de estudos no Brasil. *XXII SBRH, Florianópolis, 2017*.

ANA, Agência Nacional de Águas. Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos. *Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2002*.

ANA, 2017. Página da Agência Nacional de Água sobre Comitês de Bacias Hidrográficas, <http://www.cbh.gov.br/DataGrid/GridRioGrande.aspx>. Consultado em outubro de 2017.

BÁRDOSSY, A.; PEGRAM, G. Downscaling precipitation using regional climate models and circulation patterns toward hydrology. *Water Resources Research*, v. 47, doi: 10.1029/2018WR009689. 2011.

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos

Hídricos, e dá outras providências.

BRASIL. Decreto Nº 9.082, de 26 de junho de 2017. Institui o Fórum Brasileiro de Mudança do Clima.

BRAVO, J. M.; COLLISCHONN, B.; PAZ, A. R.; ALLASIA, D. G. DOMECCO, F. Impact of projected climate change on hydrologic regime of the Upper Paraguay River basin (DOI: 10.1007/s10584-013-0816-2). 2013.

BREMICKER, M. *Aufbau eines Wasserhaushaltsmodells für das Weser und das Oostee Eizzugsgebiet als Baustein eines Atmosphären-Hydrologie-Modells. Dissertation Geowissenschaftlicher Fakultät, Albert-Ludwigs-Universität. Freiburg. Juli, 1998.*

COLLISCHONN, B. ; PAIVA, R. C. D. ; MEIRELLES, F. S. C. ; COLLISCHONN, W. ; FAN, F. M. ; CAMANO, E. . Modelagem Hidrológica de uma Bacia com Uso Intensivo de Água: Caso do rio Quaraí-RS. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, p. 119-133, 2011.

COLLISCHONN, W. Simulação hidrológica de grandes bacias. Tese submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia, 2001.

COLLISCHONN, W. ; TUCCI, C. E. M. Simulação hidrológica de grandes bacias. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n.2, 2001.

COLLISCHONN, W. ; TUCCI, C. E. M. . Previsão Sazonal de vazão na bacia do rio Uruguai 1: Ajuste e verificação do modelo hidrológico distribuído. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n.4, p. 43-59, 2005.

COLLISCHONN, W. ; TUCCI, C. E. M. ; CLARKE, R. T. ; DIAS, P. L. S. ; SAMPAIO, G. O. . Previsão sazonal de vazão na bacia do rio Uruguai 2: Previsão Climática-Hidrológica. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n.4, p. 60-72, 2005.

COLLISCHONN, W. ; TUCCI, C. E. M. ; CLARKE, R. T. ; DELGADO, M. C. ; SILVA, B. C. ; COLLISCHONN, B. ; ALLASIA, D. G. ; PAZ, A. R. . Modelo hidrológico distribuído para previsão de vazões incrementais na bacia do rio Paranaíba entre Itumbiara e São Simão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 12, p. 43-56, 2007.

DELANEY, P. J. V. Quaternary geologic history of the coastal plano of Rio Grande

do Sul, Brazil. Tech. Rep. 7, Coastal Studies Institute, Louisiana State University, Baton Rouge. 1963

FAN, M. F. Acoplamento entre Modelos Hidrológicos e Sistemas de Informação Geográfica: Integração do Modelo MGB-IPH. 2011. 179 p. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas e Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FAN, F. M. ; COLLISCHONN, W. ; RIGO, D. . Modelo analítico de qualidade da água acoplado com Sistema de Informação Geográfica para simulação de lançamentos com duração variada. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, p. 359-370, 2013.

FAN, F. M.; COLLISCHONN, W. .Integração do Modelo MGB-IPH com Sistema de Informação Geográfica. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, p. 243-254, 2014.

FAN, F. M.; BUARQUE, D. C.; PONTES, P. R.; COLLISCHONN, W. Um mapa de Unidades de Resposta Hidrológica para a América do Sul. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília, DF, 2015.

GETIRANA, A. C. V.; BONNET, M. P.; ROTUNNO FILHO, O. C.; COLLISCHONN, W.; GUYOT, J. L.; SEYLER, F.; MANSUL, W. J. Hydrological modelling and water balance of the Negro River basin: evaluation based on in situ and spatial altimetry data. Hydrological Processes, p. n/a-n/a, 2010.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Desafios do Desenvolvimento. Ano 4; nº 34. Maio de 2007.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change: The IPCC 1990 and 1992 Assessments. 1992.

IPCC. IPCC Second Assesment Climate Change 1995. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 1995.

IPCC. Climate Change 2014: Systhesis Report. Contributions of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p. 2014.

IPEA. O que é IPCC?. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Revista Desafios do Desenvolvimento. Ano 4, Edição 34, 2007.

KJERFVE, B. Comparative oceanography of coastal lagoons. 1986.

LEANDER R.; BUISHAND, T.A. Resampling of regional climate model output for the simulation of extreme river flows. *J. Hydrol.* 332 (3–4), 487–496. 2007;

LEANDER, R., BUISHAND, T.A., VAN DEN HURK, B.J.J.M., DE WIT, M.J.M. Estimated changes in flood quantiles of the river Meuse from resampling of regional climate model output. *J. Hydrol.* 351(3–4), 331–343. 2008

LENDERINK, G.; BUISHAND, A.; VAN DEURSEN, W. Estimates of future discharges of the river Rhine using two scenario methodologies: direct versus delta approach. *Hydrol. Earth Syst Sci.* 11 (3), 1145-1159, 2007

LIMA, J. W. M; COLLISCHONN, W.; MARENGO, J. A. Efeitos das Mudanças Climáticas na Geração de Energia Elétrica. São Paulo: AES Tietê, 2014.

LOPES, V. A. R. Modelagem hidrológica e hidrodinâmica integrada de bacias e sistemas lagunares com influência do Vento. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Julho de 2017.

LOPES, V. A. R.; FAN, F. M.; COLLISCHONN, W.; PONTES, P. R. M. e SIQUEIRA, V. A. Aplicação preliminar do modelo MGB-IPH para a bacia hidrográfica completa da Laguna dos Patos. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília, 2015.

LOPES, V. A. R.; FAN, F. M.; PONTES, P. R. M. e SIQUEIRA, V. A. COLLISCHONN, W.; MARQUES, D. M. A first integrated modelling of a river-lagoon large-scale hydrological system for forecasting purposes, *Journal of Hydrology*, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.011>. 2018

MARENGO, J. A. Modelagem Climática: Apresentação dos cenários do IPCC AR4 e AR5 e considerações para estudos usando modelagem climática para estudos de IVA. 2014. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/saep/Modelagem-climatica-apresentao-dos-cenrios-ipcc-ar4-e-ar5-e-consideraes-para-estudos-usando-modelagem-climtica-para-estudos-de-iva-33901471>

MELLER, A. ; BRAVO, J. M. ; COLLISCHONN, W. . Assimilação de Dados de Vazão na Previsão de Cheias em Tempo-Real com o Modelo Hidrológico MGB-IPH. *Revista*

Brasileira de Recursos Hídricos, v. 17, p. 209-224, 2012.

MELLER, A. ; COLLISCHONN, W. ; FAN, F. M. ; BUARQUE, D. C. ; PAIVA, R. C. D. ; DIAS, P. ; MOREIRA, D. . Previsão de Cheias por Conjunto em Curto Prazo. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, p. 33-49, 2014.

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Disponível em: <<http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/134-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

MINVILLE, M.; BRISSETTE, F.; KRAU, S.; LECONTE, R. Adaptation to Climate Change in the Management of Canadian Water-Resources System Exploited for Hydropower (DOI 10.1007/s11269-009-9418-1. 2009.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Deliberações da III Conferência Nacional do Meio Ambiente. 2008.

NAGHETTINI, M., PINTO, E. J. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

PAIVA, R. ; BUARQUE, Diogo ; COLLISCHONN, W. ; SORRIBAS, M. ; ALLASIA, D. G. P. ; MENDES, C. A. B. ; TUCCI, C. E. M. ; BONNET, M. . Using TRMM rainfall estimates in hydrological and hydrodynamic modelling of the Amazon Basin. IAHS-AISH Publication, v. 343, p. 72-77, 2011.

PAZ, A. R. Simulação hidrológica de rios com grandes planícies de inundação. Tese submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia, 2010.

PEREIRA, M.; Kayser, R. B.; COLLISCHONN, W. Integração do Modelo Hidrológico para Grandes Bacias MGB-IPH e Sistemas de Informação Geográfica para suporte à decisão de outorga de direito de uso da água. In: Rega: revista de gestión del agua de America Latina. Porto Alegre, RS. Vol. 9, n. 2 (jul./dez. 2012), p. 21-33.

PETRUCCI, G. BONHOMME, C. The dilemma of spatial representation for urban hydrology semi-distributed modelling. Trade-offs among complexity, calibration and geographical data. Journal of Hydrology. V. 517. p. 997-1007. 2014.

PONTES, P.R.M.; COLLISCHONN, W.; FAN, F.M.; PAIVA, R.C.D.; BUARQUE, D.C. Modelagem hidrológica e hidráulica de grande escala com propagação inercial de vazões. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 20, n. 4. 2015.

RIBEIRO Neto, A.; COLLISCHONN, W.; SILVA, R. C. V.; TUCCI, C. E. . Hydrological modelling in Amazonia use of the MGB-IPH model and alternative databases. *IAHS-AISH Publication*, v. 303, p. 246-254, 2006.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 10.350 de 30 de dezembro de 1994. Publicada no DOE nº 1, de 1º de janeiro de 1995.

SEMA. Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul, Relatório Síntese da Fase A, Diagnóstico e Prognóstico Hídrico das Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul. 2007.

SEMA. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos, Relatório Síntese do Plano. 2011.

SEMA. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí, Revista do Plano. 2012a.

SEMA. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí, Relatório da Etapa A. 2012b.

SEMA. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Caí, Revista da Fase C. 2015a.

SEMA. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, Relatório Fase A: Diagnóstico e Prognóstico dos Recursos Hídricos. 2015b.

SEMA. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Camaquã. Relatório Síntese. 2016.

SEMA. Rio Grande do Sul & *RegionsAdapt* 2016-2017 Report. Working Group: Water resources and management. 2017

SEMA. Base Cartográfica do Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1:25.000 – BCRS25. Versão 1.0. Abril, 2018.

SORRIBAS, M. V.; PAIVA, R. C. D.; MELACK, J. M.; BRAVO, J. M.; JONES, C.; CARVALHO, L.; BEIGHLEY, E.; FOSBERG, B.; COSTA, M. H. Projections of climate

change effects on discharge and inundation in the Amazon basin. *Climatic Change* (2016) 136: 555. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1640-2>

TUCCI, C.E.M. e DAMIANI, A. Potenciais Modificações Climáticas no rio Uruguai, RBE, Caderno de Recursos Hídricos, vol. 12. n.2, junho, 1994.

TUCCI, C.E.M. Modelos Hidrológicos. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – ABRH, p. 669.

TUCCI, C. E. M. ; DIAS, P. L. S. ; CLARKE, R. T. ; SAMPAIO, G. O. ; COLLISCHONN, W. . Long-term flow forecasts based on climate and hydrologic modeling: Uruguay river basin. *Water Resources Research*, New York, v. 39, n.7, p. 1-2, 2003.

TUCCI, C. E. M. Modelos Hidrológicos . Colaboração da Associação Brasileira de Recursos Hídricos/ABRH. 2ª ed. Porto Alegre, Editora da UFRGS. 2005.

TUCCI, C. E. M. ; COLLISCHONN, W. ; CLARKE, R. T. ; PAZ, A. R. ; ALLASIA, D. . Short- and long-term flow forecasting in the Rio Grande watershed (Brazil). *Atmospheric Science Letters*, v. 9, p. 53-56, 2008.

UNFCCC. Climate Change Newsroom from the United Nations Framework Convention on Climate Change. <http://newsroom.unfccc.int/>

9 APÊNDICES

9.1 Apêndice A

9.1.1 Resultados das simulações para o exutório da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí

Cenário	Modelo Climático	Q90% (m³/s)				Q média (m³/s)				Q TR 5 anos (m³/s)				Q TR 100 anos (m³/s)				Q TR 1000 anos (m³/s)			
		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)	
		Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa
RCP 2.6 (mitigação rigorosa)	bcc-csm1-1-m	32,5	5%	33,6	9%	72,8	11%	75,6	15%	539,7	19%	542,3	20%	942,4	19%	926,0	17%	1.242,0	19%	1.211,6	16%
	bcc-csm1-1	33,7	9%	33,7	9%	74,4	13%	73,6	12%	523,4	15%	480,8	6%	912,9	15%	815,1	3%	1.202,7	15%	1.063,8	2%
	BNU-ESM	32,3	5%	32,3	5%	71,3	9%	71,7	9%	526,9	16%	518,3	14%	926,2	17%	903,8	14%	1.223,4	17%	1.190,7	14%
	CanESM2	29,8	-3%	30,5	-1%	63,6	-3%	64,1	-2%	442,6	-2%	408,1	-10%	812,7	3%	715,8	-10%	1.088,1	4%	944,8	-9%
	CNRM-CM5	30,7	0%	30,3	-2%	66,2	1%	66,9	2%	487,4	7%	519,2	14%	866,9	10%	931,7	18%	1.149,3	10%	1.238,7	19%
	CSIRO-Mk3-6-0	32,5	6%	32,9	7%	70,7	8%	72,2	10%	475,9	5%	494,2	9%	824,7	4%	848,7	7%	1.084,3	4%	1.112,5	7%
	GFDL-CM3	29,7	-4%	30,5	-1%	61,1	-7%	62,5	-5%	399,3	-12%	373,2	-18%	708,9	-10%	643,6	-19%	939,3	-10%	844,8	-19%
	GFDL-ESM2G	30,1	-2%	29,8	-3%	62,3	-5%	61,6	-6%	380,6	-16%	379,9	-16%	664,3	-16%	671,0	-15%	875,5	-16%	887,7	-15%
	GFDL-ESM2M	30,6	-1%	29,3	-5%	64,6	-2%	61,0	-7%	463,7	2%	402,3	-11%	855,7	8%	739,2	-7%	1.147,4	10%	990,0	-5%
	GISS-E2-H	30,7	0%	31,6	3%	70,4	7%	71,1	8%	566,9	25%	535,9	18%	998,8	26%	927,1	17%	1.320,2	27%	1.218,3	17%
	GISS-E2-R	33,1	7%	32,1	4%	71,2	8%	68,0	4%	477,1	5%	438,6	-3%	812,7	3%	751,1	-5%	1.062,5	2%	983,7	-6%
	HadGEM2-AO	33,9	10%	34,7	13%	79,3	21%	81,8	25%	624,1	38%	634,6	40%	1.077,2	36%	1.087,0	37%	1.414,3	36%	1.423,7	37%
	HadGEM2-ES	33,4	8%	34,2	11%	76,1	16%	79,2	21%	578,4	27%	591,6	30%	1.001,0	27%	1.006,6	27%	1.315,6	26%	1.315,4	26%
	IPSL-CM5A-LR	31,8	3%	32,8	7%	70,6	8%	72,1	10%	534,1	18%	507,5	12%	955,0	21%	878,1	11%	1.268,1	22%	1.153,8	11%
	IPSL-CM5A-MR	30,7	0%	31,6	2%	66,1	1%	68,7	5%	470,3	4%	483,8	7%	821,4	4%	846,1	7%	1.082,7	4%	1.115,7	7%
	MIROC-ESM-CHEM	32,6	6%	30,4	-1%	69,9	6%	63,1	-4%	470,3	4%	395,7	-13%	805,5	2%	692,2	-13%	1.054,9	1%	912,9	-12%
	MIROC-ESM	31,4	2%	32,0	4%	66,5	1%	67,9	3%	446,5	-2%	438,4	-3%	796,6	1%	764,2	-3%	1.057,1	1%	1.006,7	-3%
	MIROC5	33,6	9%	34,7	13%	76,5	17%	80,3	22%	563,4	24%	601,7	33%	943,4	19%	1.029,6	30%	1.226,1	18%	1.348,1	29%
MRI-CGCM3	33,5	9%	34,2	11%	76,2	16%	79,0	20%	588,7	30%	592,3	31%	1.036,9	31%	1.009,1	28%	1.370,4	31%	1.319,2	27%	
NorESM1-M	31,3	2%	31,8	3%	68,9	5%	70,5	7%	533,2	18%	521,6	15%	971,8	23%	921,0	16%	1.298,2	25%	1.218,2	17%	
RCP 8.5 (altíssimas emissões)	bcc-csm1-1-m	33,7	9%	34,9	13%	77,7	18%	82,4	26%	590,2	30%	617,9	36%	1.007,7	27%	1.022,9	29%	1.318,3	26%	1.324,3	27%
	bcc-csm1-1	34,0	10%	36,4	18%	74,4	13%	84,3	28%	478,7	6%	584,8	29%	808,2	2%	975,7	23%	1.053,4	1%	1.266,7	22%
	BNU-ESM	33,2	8%	34,1	11%	74,3	13%	79,6	21%	557,2	23%	639,9	41%	982,5	24%	1.147,2	45%	1.299,0	25%	1.524,7	46%
	CanESM2	29,7	-4%	32,4	5%	61,9	-6%	71,3	9%	396,5	-13%	474,7	5%	714,6	-10%	814,3	3%	951,4	-9%	1.067,1	2%
	CNRM-CM5	31,0	1%	33,5	9%	67,5	3%	75,9	16%	476,7	5%	546,2	20%	819,3	4%	916,3	16%	1.074,2	3%	1.191,6	14%
	CSIRO-Mk3-6-0	31,9	3%	33,1	7%	68,4	4%	71,8	9%	467,7	3%	461,7	2%	814,2	3%	784,9	-1%	1.072,2	3%	1.025,4	-2%
	GFDL-CM3	29,6	-4%	27,8	-10%	59,9	-9%	57,0	-13%	354,2	-22%	357,6	-21%	615,9	-22%	663,4	-16%	810,6	-22%	890,9	-15%
	GFDL-ESM2G	30,8	0%	27,1	-12%	64,7	-1%	54,7	-17%	429,5	-5%	326,7	-28%	770,5	-3%	602,7	-24%	1.024,3	-2%	808,1	-22%
	GFDL-ESM2M	30,6	-1%	27,7	-10%	64,9	-1%	57,3	-13%	445,3	-2%	404,2	-11%	796,5	1%	778,3	-2%	1.057,8	1%	1.056,7	1%
	GISS-E2-H	32,5	6%	37,3	21%	76,5	17%	94,5	44%	652,4	44%	752,8	66%	1.170,1	48%	1.268,9	60%	1.555,3	49%	1.653,0	59%
	GISS-E2-R	33,1	8%	37,3	21%	71,1	8%	87,5	33%	451,8	0%	627,3	38%	756,4	-4%	1.041,4	32%	983,1	-6%	1.349,5	29%
	HadGEM2-AO	33,2	8%	37,2	21%	77,4	18%	99,2	51%	615,7	36%	820,1	81%	1.087,5	37%	1.367,8	73%	1.438,7	38%	1.775,4	70%
	HadGEM2-ES	34,2	11%	37,8	23%	77,9	19%	99,8	52%	557,2	23%	805,9	78%	940,2	19%	1.327,6	68%	1.225,2	18%	1.715,8	65%
	IPSL-CM5A-LR	31,8	3%	31,1	1%	70,4	7%	68,0	4%	543,9	20%	489,0	8%	985,2	25%	866,5	10%	1.313,6	26%	1.147,3	10%
	IPSL-CM5A-MR	27,9	-9%	30,4	-1%	64,4	-2%	66,2	1%	556,3	23%	467,6	3%	1.029,6	30%	832,8	5%	1.381,8	33%	1.104,6	6%
	MIROC-ESM-CHEM	31,5	2%	37,4	21%	66,7	2%	88,6	35%	434,7	-4%	679,6	50%	745,1	-6%	1.185,1	50%	976,0	-6%	1.561,2	50%
	MIROC-ESM	34,2	11%	33,7	9%	76,4	16%	74,2	13%	534,0	18%	523,3	15%	897,6	13%	911,8	15%	1.168,3	12%	1.200,9	15%
	MIROC5	34,2	11%	37,3	21%	76,4	16%	88,4	35%	534,0	18%	624,0	38%	897,6	13%	1.028,4	30%	1.168,3	12%	1.329,3	28%
MRI-CGCM3	35,1	14%	37,9	23%	81,9	25%	92,9	42%	613,8	35%	675,6	49%	1.053,0	33%	1.104,7	40%	1.379,9	32%	1.424,1	37%	
NorESM1-M	30,1	-2%	31,0	1%	65,1	-1%	71,0	8%	496,1	9%	548,2	21%	910,6	15%	951,0	20%	1.219,0	17%	1.250,8	20%	

Legenda de cores

< -20%

-20 a 0%

0% a 20%

20 a 40%

> 40%

9.1.2 Resultados das simulações para o exutório da Bacia Hidrográfica do rio Sinos

Cenário	Modelo Climático	Q90% (m³/s)				Q média (m³/s)				Q TR 5 anos (m³/s)				Q TR 100 anos (m³/s)				Q TR 1000 anos (m³/s)			
		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)	
		Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa
RCP 2.6 (mitigação rigorosa)	bcc-csm1-1-m	57,7	10%	61,3	17%	145,8	11%	151,2	15%	1.239,2	15%	1.258,6	17%	2.329,7	12%	2.392,5	15%	3.141,1	11%	3.236,3	15%
	bcc-csm1-1	59,7	13%	59,4	13%	149,4	14%	148,0	12%	1.223,8	13%	1.054,1	-2%	2.325,8	12%	1.846,0	-11%	3.145,9	12%	2.435,3	-14%
	BNU-ESM	57,2	9%	57,7	10%	142,7	8%	143,7	9%	1.280,7	19%	1.260,4	17%	2.520,1	21%	2.477,3	19%	3.442,4	22%	3.382,9	20%
	CanESM2	50,7	-4%	51,3	-2%	128,4	-2%	130,2	-1%	1.133,6	5%	1.067,1	-1%	2.317,4	12%	2.040,3	-2%	3.198,4	13%	2.764,5	-2%
	CNRM-CM5	51,7	-2%	51,5	-2%	133,0	1%	134,2	2%	1.126,5	4%	1.204,5	12%	2.081,8	0%	2.267,5	9%	2.792,7	-1%	3.058,6	9%
	CSIRO-Mk3-6-0	56,2	7%	58,0	10%	143,9	9%	145,0	10%	1.106,0	2%	1.113,2	3%	1.986,3	-4%	2.020,4	-3%	2.641,4	-6%	2.695,5	-4%
	GFDL-CM3	49,4	-6%	50,1	-5%	123,0	-7%	125,8	-4%	979,4	-9%	939,3	-13%	1.899,8	-9%	1.750,3	-16%	2.584,8	-8%	2.353,9	-16%
	GFDL-ESM2G	48,3	-8%	47,6	-10%	126,4	-4%	125,2	-5%	893,0	-17%	926,8	-14%	1.569,8	-24%	1.694,3	-18%	2.073,5	-26%	2.265,4	-20%
	GFDL-ESM2M	51,0	-3%	47,9	-9%	129,5	-2%	123,5	-6%	1.043,7	-3%	915,9	-15%	1.948,9	-6%	1.678,0	-19%	2.622,4	-7%	2.245,1	-20%
	GISS-E2-H	53,8	2%	55,3	5%	143,4	9%	142,8	9%	1.368,5	27%	1.231,1	14%	2.582,9	24%	2.304,6	11%	3.486,5	24%	3.103,5	10%
	GISS-E2-R	57,6	10%	52,5	0%	141,8	8%	133,2	1%	1.093,3	1%	1.025,7	-5%	2.071,4	0%	1.898,5	-9%	2.799,2	-1%	2.548,0	-10%
	HadGEM2-AO	62,0	18%	64,7	23%	158,2	20%	163,6	24%	1.460,5	35%	1.484,0	37%	2.790,9	34%	2.829,6	36%	3.781,0	34%	3.831,0	36%
	HadGEM2-ES	59,8	14%	62,6	19%	152,2	16%	158,7	21%	1.290,3	19%	1.298,3	20%	2.407,9	16%	2.391,3	15%	3.239,6	15%	3.204,6	14%
	IPSL-CM5A-LR	56,5	8%	58,0	10%	145,5	11%	147,3	12%	1.299,3	20%	1.246,4	15%	2.478,2	19%	2.418,4	16%	3.355,5	19%	3.290,5	17%
	IPSL-CM5A-MR	55,9	6%	55,0	5%	140,3	7%	139,4	6%	1.154,1	7%	1.181,3	9%	2.214,2	7%	2.312,9	11%	3.003,1	7%	3.155,0	12%
	MIROC-ESM-CHEM	56,9	8%	49,9	-5%	140,4	7%	127,2	-3%	1.135,0	5%	920,7	-15%	2.188,0	5%	1.637,6	-21%	2.971,6	5%	2.171,0	-23%
	MIROC-ESM	53,0	1%	54,4	4%	133,5	1%	136,9	4%	1.081,9	0%	1.031,2	-5%	2.106,3	1%	1.927,8	-7%	2.868,6	2%	2.595,0	-8%
	MIROC5	60,1	14%	63,8	21%	153,2	16%	160,8	22%	1.300,9	20%	1.426,5	32%	2.416,0	16%	2.749,3	32%	3.245,9	15%	3.733,7	32%
	MRI-CGCM3	59,6	13%	63,1	20%	152,7	16%	158,3	20%	1.240,2	15%	1.320,6	22%	2.237,8	8%	2.422,4	17%	2.980,2	6%	3.242,4	15%
NorESM1-M	54,1	3%	55,5	6%	137,8	5%	141,5	7%	1.302,8	21%	1.230,1	14%	2.596,6	25%	2.353,6	13%	3.559,5	26%	3.189,6	13%	
RCP 8.5 (altíssimas emissões)	bcc-csm1-1-m	61,8	18%	66,0	25%	154,9	18%	164,5	25%	1.349,7	25%	1.391,1	29%	2.554,7	23%	2.580,3	24%	3.451,4	22%	3.465,3	23%
	bcc-csm1-1	60,1	14%	68,0	29%	149,5	14%	169,3	29%	1.086,7	1%	1.279,5	18%	1.965,5	-5%	2.293,9	10%	2.619,6	-7%	3.048,9	8%
	BNU-ESM	59,9	14%	63,1	20%	148,9	13%	159,2	21%	1.355,8	26%	1.595,3	48%	2.712,5	31%	3.243,1	56%	3.722,2	32%	4.469,3	59%
	CanESM2	49,7	-5%	57,8	10%	125,2	-5%	144,2	10%	1.013,5	-6%	1.169,9	8%	2.011,8	-3%	2.256,1	9%	2.754,8	-2%	3.064,3	9%
	CNRM-CM5	53,4	2%	59,7	13%	134,9	2%	151,6	15%	1.132,4	5%	1.265,8	17%	2.142,4	3%	2.331,3	12%	2.894,1	3%	3.124,1	11%
	CSIRO-Mk3-6-0	53,8	2%	59,3	13%	137,4	4%	149,6	14%	1.065,6	-1%	1.208,5	12%	1.942,9	-6%	2.235,3	8%	2.595,8	-8%	2.999,4	6%
	GFDL-CM3	48,2	-8%	40,5	-23%	120,8	-8%	113,4	-14%	898,6	-17%	933,3	-14%	1.679,0	-19%	1.778,4	-14%	2.259,7	-20%	2.407,3	-15%
	GFDL-ESM2G	50,0	-5%	40,1	-24%	131,2	0%	112,5	-15%	956,3	-11%	837,3	-22%	1.687,9	-19%	1.505,1	-28%	2.232,3	-21%	2.002,1	-29%
	GFDL-ESM2M	51,0	-3%	44,0	-16%	131,0	0%	116,7	-11%	1.006,1	-7%	956,5	-11%	1.841,3	-11%	1.832,9	-12%	2.462,9	-13%	2.485,1	-12%
	GISS-E2-H	58,8	12%	74,6	42%	155,3	18%	196,8	49%	1.593,6	48%	1.776,3	64%	3.093,6	49%	3.205,6	54%	4.209,8	49%	4.269,3	51%
	GISS-E2-R	57,0	8%	70,2	34%	139,5	6%	173,2	32%	1.018,6	-6%	1.428,6	32%	1.885,5	-9%	2.739,9	32%	2.530,7	-10%	3.715,7	32%
	HadGEM2-AO	59,2	13%	72,7	38%	154,0	17%	196,2	49%	1.438,4	33%	1.877,3	74%	2.764,8	33%	3.443,3	66%	3.751,8	33%	4.608,8	64%
	HadGEM2-ES	62,2	18%	74,3	41%	156,0	19%	198,1	51%	1.268,4	17%	1.879,2	74%	2.368,9	14%	3.478,8	68%	3.187,8	13%	4.669,2	66%
	IPSL-CM5A-LR	54,5	4%	55,5	6%	142,4	8%	144,4	10%	1.234,9	14%	1.227,3	14%	2.315,8	12%	2.368,7	14%	3.120,1	11%	3.218,1	14%
	IPSL-CM5A-MR	56,2	7%	58,8	12%	149,7	14%	149,2	13%	1.476,4	37%	1.199,1	11%	2.870,9	38%	2.291,9	10%	3.908,6	39%	3.105,2	10%
	MIROC-ESM-CHEM	54,0	3%	72,0	37%	134,0	2%	178,5	36%	974,5	-10%	1.669,6	55%	1.766,4	-15%	3.343,6	61%	2.355,6	-16%	4.589,3	63%
	MIROC-ESM	61,7	17%	57,0	8%	152,9	16%	150,4	14%	1.242,3	15%	1.253,1	16%	2.348,3	13%	2.379,0	15%	3.171,4	13%	3.216,8	14%
	MIROC5	61,7	17%	71,9	37%	152,9	16%	177,1	35%	1.242,3	15%	1.442,7	34%	2.348,3	13%	2.676,2	29%	3.171,4	13%	3.594,1	28%
	MRI-CGCM3	64,3	22%	73,8	40%	163,7	24%	186,0	41%	1.360,8	26%	1.485,7	38%	2.464,0	19%	2.641,1	27%	3.284,9	17%	3.500,9	24%
NorESM1-M	50,5	-4%	54,0	3%	130,6	-1%	142,8	9%	1.203,2	11%	1.348,5	25%	2.339,4	13%	2.599,2	25%	3.184,9	13%	3.530,0	25%	

Legenda de cores	< -20%	-20 a 0%	0% a 20%	20 a 40%	> 40%
------------------	--------	----------	----------	----------	-------

9.1.3 Resultados das simulações para o exutório da Bacia Hidrográfica do rio Cai

Cenário	Modelo Climático	Q90% (m³/s)				Q média (m³/s)				Q TR 5 anos (m³/s)				Q TR 100 anos (m³/s)				Q TR 1000 anos (m³/s)			
		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)	
		Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa
RCP 2.6 (mitigação rigorosa)	bcc-csm1-1-m	65,1	11%	69,9	19%	200,4	12%	207,5	16%	1.742,9	19%	1.739,6	18%	3.110,9	19%	3.130,6	20%	4.128,9	19%	4.165,7	21%
	bcc-csm1-1	67,1	14%	67,2	14%	204,3	14%	202,6	13%	1.747,8	19%	1.586,7	8%	3.147,2	21%	2.670,7	2%	4.188,6	21%	3.477,4	1%
	BNU-ESM	64,6	10%	65,0	10%	195,0	9%	196,1	9%	1.759,9	20%	1.689,6	15%	3.247,3	24%	3.113,5	19%	4.354,3	26%	4.173,2	21%
	CanESM2	55,7	-5%	55,8	-5%	174,0	-3%	177,1	-1%	1.500,0	2%	1.429,0	-3%	2.875,4	10%	2.529,8	-3%	3.898,9	13%	3.348,9	-3%
	CNRM-CM5	56,3	-4%	56,0	-5%	179,9	0%	179,5	0%	1.599,2	9%	1.649,4	12%	2.885,4	11%	3.013,8	16%	3.842,6	11%	4.029,2	17%
	CSIRO-Mk3-6-0	62,9	7%	65,3	11%	196,9	10%	198,5	11%	1.583,0	8%	1.632,0	11%	2.701,1	4%	2.893,1	11%	3.533,2	2%	3.831,5	11%
	GFDL-CM3	53,9	-8%	53,5	-9%	165,6	-8%	169,4	-5%	1.311,9	-11%	1.282,6	-13%	2.297,4	-12%	2.162,4	-17%	3.030,8	-12%	2.817,2	-18%
	GFDL-ESM2G	51,6	-12%	50,1	-15%	171,6	-4%	169,6	-5%	1.255,0	-15%	1.266,2	-14%	2.073,2	-21%	2.134,7	-18%	2.682,1	-22%	2.781,1	-20%
	GFDL-ESM2M	56,9	-3%	51,1	-13%	176,8	-1%	166,5	-7%	1.547,2	5%	1.379,0	-6%	2.823,8	8%	2.465,0	-6%	3.773,8	9%	3.273,2	-5%
	GISS-E2-H	59,6	1%	62,0	5%	195,4	9%	195,1	9%	1.951,2	33%	1.755,8	19%	3.541,5	36%	3.120,1	20%	4.724,9	37%	4.135,3	20%
	GISS-E2-R	65,9	12%	57,8	-2%	194,0	8%	182,1	2%	1.531,4	4%	1.416,9	-4%	2.694,0	3%	2.435,8	-7%	3.559,1	3%	3.194,1	-8%
	HadGEM2-AO	71,7	22%	73,5	25%	220,9	23%	225,5	26%	2.059,5	40%	2.138,7	45%	3.741,5	43%	3.929,8	51%	4.993,3	44%	5.262,7	52%
	HadGEM2-ES	67,7	15%	70,2	19%	210,1	17%	219,7	23%	1.886,2	28%	1.924,3	31%	3.357,8	29%	3.446,7	32%	4.452,9	29%	4.579,5	32%
	IPSL-CM5A-LR	61,6	5%	64,0	9%	193,2	8%	198,0	10%	1.756,8	19%	1.654,5	13%	3.210,4	23%	2.956,3	13%	4.292,2	24%	3.925,1	14%
	IPSL-CM5A-MR	62,3	6%	60,9	3%	189,4	6%	185,6	4%	1.587,1	8%	1.562,3	6%	2.862,4	10%	2.887,9	11%	3.811,4	10%	3.874,5	12%
	MIROC-ESM-CHEM	64,4	9%	54,6	-7%	191,6	7%	173,1	-3%	1.560,3	6%	1.306,3	-11%	2.765,5	6%	2.192,9	-16%	3.662,4	6%	2.852,6	-17%
	MIROC-ESM	59,7	1%	60,8	3%	181,8	1%	186,6	4%	1.462,1	-1%	1.415,5	-4%	2.630,0	1%	2.431,5	-7%	3.499,0	1%	3.187,6	-8%
	MIROC5	65,6	11%	70,4	20%	204,0	14%	215,2	20%	1.742,9	19%	1.900,7	29%	3.033,1	16%	3.532,6	35%	3.993,2	16%	4.747,0	37%
	MRI-CGCM3	68,2	16%	71,0	21%	210,7	18%	217,5	21%	1.913,7	30%	1.944,9	32%	3.405,6	31%	3.421,9	31%	4.515,8	31%	4.521,0	31%
	NorESM1-M	60,0	2%	62,2	6%	187,9	5%	193,5	8%	1.853,1	26%	1.758,2	20%	3.505,9	34%	3.206,2	23%	4.735,9	37%	4.283,8	24%
RCP 8.5 (altíssimas emissões)	bcc-csm1-1-m	69,3	18%	73,8	25%	209,9	17%	223,1	24%	1.887,0	28%	1.964,4	34%	3.410,7	31%	3.500,7	34%	4.544,7	31%	4.643,9	34%
	bcc-csm1-1	68,0	16%	77,7	32%	204,6	14%	232,4	30%	1.598,7	9%	1.900,7	29%	2.732,8	5%	3.272,2	25%	3.576,8	3%	4.292,9	24%
	BNU-ESM	68,0	16%	71,4	21%	203,3	13%	217,5	21%	1.828,3	24%	2.161,3	47%	3.459,3	33%	4.178,5	60%	4.673,1	35%	5.679,7	64%
	CanESM2	55,2	-6%	64,0	9%	170,0	-5%	196,9	10%	1.349,8	-8%	1.597,4	9%	2.457,6	-6%	2.807,6	8%	3.282,0	-5%	3.708,3	7%
	CNRM-CM5	57,7	-2%	63,2	7%	177,5	-1%	198,5	11%	1.457,3	-1%	1.705,3	16%	2.589,9	-1%	3.013,6	16%	3.432,7	-1%	3.987,2	15%
	CSIRO-Mk3-6-0	60,3	2%	67,6	15%	187,5	5%	206,0	15%	1.513,9	3%	1.766,1	20%	2.648,7	2%	3.125,0	20%	3.493,2	1%	4.136,2	20%
	GFDL-CM3	51,2	-13%	38,9	-34%	162,6	-9%	147,0	-18%	1.206,5	-18%	1.312,7	-11%	2.044,4	-22%	2.385,0	-9%	2.667,9	-23%	3.182,9	-8%
	GFDL-ESM2G	54,0	-8%	40,5	-31%	178,6	0%	150,3	-16%	1.356,9	-8%	1.190,9	-19%	2.361,9	-9%	2.007,4	-23%	3.109,8	-10%	2.615,0	-24%
	GFDL-ESM2M	55,0	-7%	45,6	-23%	177,8	-1%	156,0	-13%	1.491,9	1%	1.467,2	0%	2.595,6	-1%	2.772,7	6%	3.416,9	-1%	3.744,2	8%
	GISS-E2-H	66,7	13%	86,6	47%	212,1	18%	271,9	52%	2.268,1	54%	2.652,7	80%	4.275,9	64%	4.652,0	78%	5.770,0	67%	6.139,8	78%
	GISS-E2-R	64,3	9%	79,9	36%	190,9	7%	236,8	32%	1.414,1	-4%	1.976,1	34%	2.396,4	-8%	3.567,4	37%	3.127,5	-10%	4.751,7	37%
	HadGEM2-AO	69,6	18%	85,7	46%	217,3	21%	281,5	57%	2.099,1	43%	2.893,4	97%	3.820,3	46%	5.124,6	96%	5.101,1	48%	6.784,9	96%
	HadGEM2-ES	70,7	20%	83,7	42%	217,1	21%	277,0	55%	1.859,4	26%	2.781,8	89%	3.288,3	26%	4.939,5	89%	4.351,7	26%	6.545,2	89%
	IPSL-CM5A-LR	59,9	2%	58,8	0%	193,8	8%	186,8	4%	1.781,1	21%	1.643,2	12%	3.205,7	23%	2.972,6	14%	4.265,8	23%	3.962,0	15%
	IPSL-CM5A-MR	63,1	7%	63,0	7%	203,1	13%	195,6	9%	2.057,3	40%	1.634,7	11%	3.849,9	48%	2.983,3	14%	5.183,8	50%	3.986,9	15%
	MIROC-ESM-CHEM	60,5	3%	82,5	40%	182,9	2%	244,7	37%	1.379,6	-6%	2.290,6	56%	2.328,1	-11%	4.332,4	66%	3.033,9	-12%	5.851,9	69%
	MIROC-ESM	67,5	15%	63,0	7%	203,1	13%	205,3	15%	1.657,0	13%	1.706,4	16%	2.944,9	13%	3.010,9	15%	3.903,4	13%	3.981,7	15%
	MIROC5	67,5	15%	80,0	36%	203,1	13%	238,8	33%	1.657,0	13%	2.028,5	38%	2.944,9	13%	3.591,6	38%	3.903,4	13%	4.754,9	38%
	MRI-CGCM3	73,0	24%	83,6	42%	223,9	25%	255,3	42%	2.020,4	37%	2.217,8	51%	3.543,0	36%	3.813,7	46%	4.676,1	35%	5.001,4	45%
	NorESM1-M	55,0	-7%	59,9	2%	177,4	-1%	194,4	8%	1.653,5	12%	1.855,9	26%	3.054,2	17%	3.378,8	30%	4.096,5	19%	4.512,1	31%

Legenda de cores < -20% -20 a 0% 0% a 20% 20 a 40% > 40%

9.1.4 Resultados das simulações para o exutório da Bacia Hidrográfica do rio Jacuí

Cenário	Modelo Climático	Q90% (m³/s)				Q média (m³/s)				Q TR 5 anos (m³/s)				Q TR 100 anos (m³/s)				Q TR 1000 anos (m³/s)			
		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)	
		Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa
RCP 2.6 (mitigação rigorosa)	bcc-csm1-1-m	1.040,8	8%	1.077,1	12%	3.154,8	13%	3.262,0	17%	24.397,9	19%	24.806,5	21%	39.272,6	24%	39.367,7	24%	50.342,0	25%	50.203,9	25%
	bcc-csm1-1	1.039,6	8%	1.034,3	7%	3.143,4	13%	3.094,0	11%	24.709,6	21%	24.206,1	18%	38.910,0	22%	38.554,3	21%	49.477,6	23%	49.232,0	22%
	BNU-ESM	1.028,9	7%	1.023,7	6%	3.084,1	11%	3.026,5	8%	23.424,8	15%	22.542,3	10%	37.510,0	18%	34.797,8	9%	47.991,9	19%	43.918,1	9%
	CanESM2	894,7	-7%	869,5	-10%	2.554,3	-8%	2.491,3	-11%	19.153,1	-6%	19.110,3	-6%	30.378,9	-4%	29.404,2	-7%	38.732,9	-4%	37.064,6	-8%
	CNRM-CM5	934,9	-3%	917,6	-5%	2.796,1	0%	2.760,1	-1%	22.749,5	11%	22.527,8	10%	37.800,7	19%	37.075,2	17%	49.001,5	22%	47.901,1	19%
	CSIRO-Mk3-6-0	945,9	-2%	987,1	2%	2.787,2	0%	2.902,5	4%	21.622,9	6%	22.634,2	11%	34.662,8	9%	35.732,2	12%	44.366,8	10%	45.479,5	13%
	GFDL-CM3	884,8	-8%	878,4	-9%	2.458,9	-12%	2.491,8	-11%	17.982,0	-12%	18.095,4	-11%	28.365,9	-11%	28.173,9	-11%	36.093,4	-10%	35.674,1	-11%
	GFDL-ESM2G	909,0	-6%	880,4	-9%	2.672,5	-4%	2.632,4	-6%	19.724,0	-3%	19.685,3	-4%	30.356,5	-4%	30.821,5	-3%	38.268,9	-5%	39.108,9	-3%
	GFDL-ESM2M	946,2	-2%	896,2	-7%	2.790,0	0%	2.664,9	-4%	24.075,7	18%	23.575,6	15%	39.137,3	23%	39.775,4	25%	50.345,8	25%	51.830,9	29%
	GISS-E2-H	980,0	2%	982,0	2%	3.077,6	10%	2.963,5	6%	25.277,1	24%	23.215,1	14%	38.825,2	22%	35.656,9	12%	48.907,3	22%	44.915,8	12%
	GISS-E2-R	1.062,1	10%	993,6	3%	3.119,5	12%	2.939,5	5%	21.991,0	8%	21.017,4	3%	33.660,5	6%	32.515,7	2%	42.344,8	5%	41.072,5	2%
	HadGEM2-AO	1.094,4	13%	1.103,5	14%	3.389,2	21%	3.407,2	22%	25.236,7	24%	26.134,9	28%	38.335,0	21%	40.697,7	28%	48.082,5	20%	51.535,1	28%
	HadGEM2-ES	1.081,6	12%	1.103,8	14%	3.322,7	19%	3.438,9	23%	25.628,6	25%	26.313,8	29%	40.099,6	26%	40.524,4	27%	50.868,6	26%	51.099,6	27%
	IPSL-CM5A-LR	992,4	3%	1.028,8	7%	2.986,3	7%	3.041,4	9%	24.171,7	18%	22.443,8	10%	38.777,1	22%	34.120,5	7%	49.646,1	23%	42.809,9	6%
	IPSL-CM5A-MR	986,1	2%	970,9	1%	2.884,3	3%	2.820,1	1%	21.863,4	7%	21.025,9	3%	34.503,5	9%	33.196,2	4%	43.910,0	9%	42.253,1	5%
	MIROC-ESM-CHEM	1.002,3	4%	928,5	-4%	2.903,4	4%	2.683,1	-4%	21.404,3	5%	20.082,5	-2%	33.408,9	5%	31.553,3	-1%	42.342,5	5%	40.089,6	0%
	MIROC-ESM	961,9	0%	969,1	0%	2.811,3	1%	2.839,1	2%	21.718,5	6%	21.231,6	4%	34.206,2	8%	32.861,0	3%	43.499,3	8%	41.515,3	3%
MIROC5	1.036,1	7%	1.068,1	11%	3.124,4	12%	3.254,0	17%	23.416,6	15%	25.338,7	24%	36.202,5	14%	40.254,6	27%	45.717,4	14%	51.354,7	28%	
MRI-CGCM3	1.078,9	12%	1.096,4	14%	3.343,4	20%	3.390,9	22%	26.062,2	28%	24.932,8	22%	40.469,1	27%	37.791,0	19%	51.190,4	27%	47.359,7	18%	
NorESM1-M	968,3	0%	992,4	3%	2.923,2	5%	3.012,5	8%	24.346,4	19%	24.071,8	18%	40.259,7	27%	38.771,0	22%	52.102,1	29%	49.709,7	24%	
RCP 8.5 (altíssimas emissões)	bcc-csm1-1-m	1.055,3	9%	1.103,0	14%	3.229,1	16%	3.439,5	23%	24.811,3	21%	26.720,0	31%	38.636,9	22%	42.055,4	32%	48.925,6	22%	53.467,7	33%
	bcc-csm1-1	1.030,5	7%	1.132,8	17%	3.081,8	10%	3.535,3	27%	24.025,1	18%	26.673,2	31%	38.436,7	21%	41.049,2	29%	49.161,5	22%	51.747,6	29%
	BNU-ESM	1.079,0	12%	1.098,6	14%	3.248,4	16%	3.425,1	23%	24.148,2	18%	27.781,7	36%	37.825,5	19%	45.509,0	43%	48.003,8	19%	58.701,3	46%
	CanESM2	877,7	-9%	948,5	-2%	2.505,8	-10%	2.804,3	0%	19.123,5	-6%	21.150,6	4%	30.129,2	-5%	32.569,1	2%	38.319,3	-5%	41.066,5	2%
	CNRM-CM5	956,7	-1%	1.019,4	6%	2.795,4	0%	3.083,0	10%	21.203,5	4%	23.532,7	15%	34.086,6	7%	37.715,1	19%	43.673,9	9%	48.269,3	20%
	CSIRO-Mk3-6-0	937,5	-3%	966,1	0%	2.745,0	-2%	2.883,5	3%	21.256,0	4%	23.450,4	15%	33.276,9	5%	37.164,9	17%	42.222,6	5%	47.371,0	18%
	GFDL-CM3	859,5	-11%	713,6	-26%	2.424,3	-13%	2.181,4	-22%	17.692,0	-13%	19.106,7	-6%	27.425,5	-14%	31.654,3	0%	34.668,9	-14%	40.991,9	2%
	GFDL-ESM2G	923,6	-4%	734,4	-24%	2.774,0	-1%	2.295,8	-18%	21.141,6	3%	19.982,2	-2%	34.060,9	7%	33.114,7	4%	43.675,1	9%	42.887,6	7%
	GFDL-ESM2M	917,7	-5%	806,3	-16%	2.766,0	-1%	2.472,3	-11%	24.505,0	20%	25.308,6	24%	41.101,5	29%	45.084,1	42%	53.452,1	33%	59.800,6	49%
	GISS-E2-H	1.037,8	8%	1.218,8	26%	3.313,9	19%	4.033,4	45%	30.388,0	49%	31.855,2	56%	48.838,5	54%	47.400,2	49%	62.568,9	56%	58.968,4	47%
	GISS-E2-R	1.058,9	10%	1.206,2	25%	3.141,5	13%	3.810,9	37%	22.143,9	8%	26.516,0	30%	34.003,9	7%	40.567,8	28%	42.829,8	6%	51.024,8	27%
	HadGEM2-AO	1.055,1	9%	1.205,8	25%	3.265,5	17%	4.112,5	47%	25.360,0	24%	32.875,3	61%	39.667,6	25%	51.011,8	60%	50.315,1	25%	64.508,6	60%
	HadGEM2-ES	1.087,0	13%	1.219,2	26%	3.350,6	20%	4.229,7	52%	25.100,4	23%	33.094,2	62%	38.867,2	22%	51.407,8	62%	49.112,1	22%	65.036,3	62%
	IPSL-CM5A-LR	992,9	3%	975,8	1%	3.007,0	8%	2.903,5	4%	24.053,4	18%	22.372,1	10%	39.370,7	24%	35.060,3	10%	50.769,6	26%	44.502,6	11%
	IPSL-CM5A-MR	993,4	3%	966,2	0%	3.063,0	10%	2.888,3	4%	24.922,6	22%	22.908,7	12%	39.285,0	24%	37.325,4	17%	49.973,2	24%	48.054,1	19%
	MIROC-ESM-CHEM	953,5	-1%	1.139,8	18%	2.742,2	-2%	3.571,2	28%	20.922,2	2%	28.840,3	41%	33.062,8	4%	47.071,6	48%	42.097,6	5%	60.639,0	51%
	MIROC-ESM	1.060,4	10%	998,4	3%	3.184,5	14%	3.179,3	14%	23.772,1	16%	24.462,7	20%	36.948,4	16%	37.568,0	18%	46.753,9	16%	47.320,6	18%
MIROC5	1.060,4	10%	1.151,5	19%	3.184,5	14%	3.636,1	30%	23.772,1	16%	30.324,7	48%	36.948,4	16%	48.876,1	54%	46.753,9	16%	62.681,7	56%	
MRI-CGCM3	1.094,2	13%	1.226,2	27%	3.389,0	21%	4.007,5	44%	25.488,9	25%	28.717,7	41%	39.096,9	23%	42.988,9	35%	49.223,6	22%	53.609,2	33%	
NorESM1-M	916,8	-5%	946,0	-2%	2.754,6	-1%	2.991,4	7%	22.481,5	10%	23.536,4	15%	36.285,9	14%	36.948,6	16%	46.558,9	16%	46.929,7	17%	
Legenda de cores		< -20%	-20 a 0%	0% a 20%		20 a 40%		> 40%													

9.1.5 Resultados das simulações para o exutório da Bacia Hidrográfica do rio Camaquã

Cenário	Modelo Climático	Q90% (m³/s)				Q média (m³/s)				Q TR 5 anos (m³/s)				Q TR 100 anos (m³/s)				Q TR 1000 anos (m³/s)			
		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)	
		Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa
RCP 2.6 (mitigação rigorosa)	bcc-csm1-1-m	176,3	8%	183,0	12%	592,0	11%	613,1	15%	5.117,1	12%	5.370,8	17%	8.123,6	12%	8.864,8	22%	10.361,0	12%	11.464,9	24%
	bcc-csm1-1	173,1	6%	174,7	7%	576,6	8%	584,4	10%	5.145,4	13%	5.276,7	15%	8.747,8	21%	8.785,8	21%	11.428,7	24%	11.397,2	23%
	BNU-ESM	174,0	7%	160,9	-1%	584,0	10%	534,8	0%	5.365,3	17%	4.863,5	6%	9.001,9	24%	8.233,4	14%	11.708,3	27%	10.741,3	16%
	CanESM2	158,8	-3%	155,6	-5%	515,8	-3%	511,2	-4%	4.786,9	5%	4.961,8	9%	8.380,2	16%	8.959,8	24%	11.054,3	20%	11.934,9	29%
	CNRM-CM5	166,9	2%	161,2	-1%	550,1	3%	554,1	4%	4.830,9	6%	5.068,8	11%	7.851,2	8%	8.072,7	11%	10.098,8	9%	10.308,2	11%
	CSIRO-Mk3-6-0	150,1	-8%	164,6	1%	483,6	-9%	539,4	1%	4.424,6	-3%	5.125,7	12%	7.363,9	2%	8.764,2	21%	9.551,3	3%	11.472,0	24%
	GFDL-CM3	149,0	-9%	152,6	-7%	474,9	-11%	481,6	-10%	4.100,2	-10%	4.272,1	-7%	6.671,2	-8%	7.361,2	2%	8.584,5	-7%	9.660,1	4%
	GFDL-ESM2G	173,9	7%	174,6	7%	558,0	5%	578,9	9%	4.887,8	7%	5.580,3	22%	8.427,2	16%	10.014,3	38%	11.061,1	20%	13.313,9	44%
	GFDL-ESM2M	164,6	1%	156,9	-4%	545,1	2%	518,9	-3%	5.235,1	14%	5.096,2	11%	9.109,7	26%	9.273,9	28%	11.993,1	30%	12.382,8	34%
	GISS-E2-H	163,9	0%	164,6	1%	563,9	6%	556,6	4%	5.173,2	13%	5.253,8	15%	8.208,0	13%	9.127,9	26%	10.466,4	13%	12.011,0	30%
	GISS-E2-R	188,5	15%	183,5	12%	621,2	17%	603,0	13%	5.367,8	17%	5.264,0	15%	8.819,1	22%	8.759,7	21%	11.387,4	23%	11.361,2	23%
	HadGEM2-AO	178,1	9%	187,9	15%	600,6	13%	653,8	23%	5.262,5	15%	5.913,5	29%	8.824,5	22%	10.062,8	39%	11.475,2	24%	13.150,6	42%
	HadGEM2-ES	184,8	13%	191,9	18%	637,9	20%	651,9	22%	5.365,9	17%	5.504,9	20%	8.207,0	13%	8.995,9	24%	10.321,3	12%	11.593,9	25%
	IPSL-CM5A-LR	162,8	0%	167,4	3%	548,6	3%	552,3	4%	5.456,5	19%	5.525,9	21%	9.280,0	28%	9.696,5	34%	12.125,5	31%	12.800,1	38%
	IPSL-CM5A-MR	172,6	6%	170,2	4%	574,6	8%	565,5	6%	5.227,1	14%	5.199,9	14%	8.978,7	24%	8.812,2	22%	11.770,6	27%	11.500,5	24%
	MIROC-ESM-CHEM	170,2	4%	164,8	1%	558,6	5%	532,8	0%	4.741,5	4%	4.938,6	8%	7.602,0	5%	8.687,1	20%	9.730,6	5%	11.476,7	24%
	MIROC-ESM	162,4	-1%	158,5	-3%	522,5	-2%	505,2	-5%	4.823,7	6%	4.592,0	0%	8.465,7	17%	8.067,4	11%	11.176,0	21%	10.653,8	15%
	MIROC5	178,4	9%	184,6	13%	590,6	11%	614,2	15%	5.307,1	16%	5.473,9	20%	8.999,4	24%	9.306,9	28%	11.747,1	27%	12.159,3	31%
MRI-CGCM3	190,7	17%	195,0	19%	657,6	23%	665,5	25%	6.001,0	31%	5.809,9	27%	9.935,7	37%	9.431,4	30%	12.863,8	39%	12.126,5	31%	
NorESM1-M	162,2	-1%	172,7	6%	547,4	3%	589,0	11%	4.841,1	6%	5.209,9	14%	7.516,1	4%	8.032,0	11%	9.506,8	3%	10.132,2	10%	
RCP 8.5 (altíssimas emissões)	bcc-csm1-1-m	186,1	14%	188,4	15%	633,9	19%	646,9	21%	5.641,7	23%	5.686,9	24%	9.439,0	30%	9.297,3	28%	12.264,9	33%	11.984,0	30%
	bcc-csm1-1	170,7	5%	184,5	13%	559,3	5%	630,1	18%	4.905,2	7%	5.600,5	22%	8.201,4	13%	9.086,0	25%	10.654,3	15%	11.679,7	26%
	BNU-ESM	187,7	15%	195,0	19%	631,5	19%	680,3	28%	5.762,4	26%	6.544,0	43%	9.797,2	35%	11.335,9	56%	12.799,8	38%	14.901,9	61%
	CanESM2	158,8	-3%	172,1	5%	523,0	-2%	595,3	12%	5.149,3	13%	5.798,2	27%	9.361,9	29%	10.349,4	43%	12.496,8	35%	13.736,3	49%
	CNRM-CM5	176,3	8%	189,3	16%	600,2	13%	638,4	20%	5.304,6	16%	5.615,4	23%	8.537,8	18%	9.085,1	25%	10.943,9	18%	11.667,1	26%
	CSIRO-Mk3-6-0	149,7	-8%	158,1	-3%	486,5	-9%	513,1	-4%	4.617,9	1%	5.040,0	10%	7.982,8	10%	8.946,7	23%	10.486,8	13%	11.854,0	28%
	GFDL-CM3	148,1	-9%	131,2	-20%	464,6	-13%	450,4	-15%	4.072,0	-11%	4.641,1	2%	6.945,7	-4%	8.492,9	17%	9.084,2	-2%	11.359,3	23%
	GFDL-ESM2G	180,0	10%	157,8	-3%	588,2	10%	529,6	-1%	5.526,6	21%	5.639,4	23%	9.887,4	36%	10.431,7	44%	13.132,6	42%	13.998,1	51%
	GFDL-ESM2M	157,3	-4%	155,6	-5%	509,4	-4%	534,1	0%	4.767,3	4%	5.656,9	24%	8.494,2	17%	10.175,0	40%	11.267,7	22%	13.537,2	46%
	GISS-E2-H	171,7	5%	199,6	22%	603,3	13%	707,9	33%	5.873,0	28%	6.230,9	36%	10.348,6	43%	9.848,4	36%	13.679,3	48%	12.540,5	36%
	GISS-E2-R	197,8	21%	221,8	36%	669,5	26%	781,5	47%	5.938,3	30%	7.043,9	54%	10.172,1	40%	11.932,6	65%	13.322,9	44%	15.570,7	68%
	HadGEM2-AO	174,2	7%	201,7	24%	591,5	11%	738,8	39%	5.173,4	13%	6.714,3	47%	8.359,6	15%	10.921,6	51%	10.730,7	16%	14.052,5	52%
	HadGEM2-ES	187,0	15%	208,1	27%	641,8	20%	788,7	48%	5.568,8	22%	6.801,2	49%	8.889,4	23%	10.316,0	42%	11.360,6	23%	12.931,6	40%
	IPSL-CM5A-LR	174,7	7%	171,0	5%	581,4	9%	577,4	8%	5.201,3	14%	5.675,9	24%	8.377,1	16%	10.047,8	39%	10.740,4	16%	13.301,4	44%
	IPSL-CM5A-MR	168,2	3%	178,9	10%	579,0	9%	612,8	15%	5.480,0	20%	5.617,0	23%	9.208,2	27%	9.933,3	37%	11.982,6	30%	13.145,5	42%
	MIROC-ESM-CHEM	162,6	0%	200,3	23%	533,3	0%	670,6	26%	4.663,4	2%	6.104,4	34%	7.588,1	5%	10.695,0	47%	9.764,6	6%	14.111,2	53%
	MIROC-ESM	190,7	17%	185,0	13%	639,0	20%	626,3	18%	5.629,8	23%	6.076,3	33%	9.599,4	32%	10.853,1	50%	12.553,5	36%	14.407,9	56%
	MIROC5	190,7	17%	203,9	25%	639,0	20%	677,6	27%	5.629,8	23%	6.022,6	32%	9.599,4	32%	10.320,2	42%	12.553,5	36%	13.518,3	46%
MRI-CGCM3	190,0	16%	212,8	30%	645,5	21%	766,0	44%	5.548,5	21%	6.890,0	51%	9.108,0	26%	11.483,9	58%	11.757,0	27%	14.902,6	61%	
NorESM1-M	157,9	-3%	168,0	3%	524,1	-2%	585,1	10%	4.667,4	2%	5.340,8	17%	7.398,3	2%	8.766,3	21%	9.430,5	2%	11.315,5	22%	

Legenda de cores < -20% -20 a 0% 0% a 20% 20 a 40% > 40%

9.1.6 Resultados das simulações para o exutório da Bacia Hidrográfica do Canal de São Gonçalo

Cenário	Modelo Climático	Q90% (m³/s)				Q média (m³/s)				Q TR 5 anos (m³/s)				Q TR 100 anos (m³/s)				Q TR 1000 anos (m³/s)			
		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)	
		Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa	Varição absoluta	Varição relativa
RCP 2.6 (mitigação rigorosa)	bcc-csm1-1-m	584,0	11%	624,1	18%	1.905,0	14%	2.027,5	21%	14.764,9	19%	28.941,9	20%	23.715,6	18%	22.950,5	14%	30.376,5	17%	28.941,9	12%
	bcc-csm1-1	559,2	6%	567,3	8%	1.768,2	6%	1.792,7	7%	13.062,8	5%	29.934,8	12%	21.226,8	6%	23.094,8	15%	27.302,3	6%	29.934,8	16%
	BNU-ESM	559,9	6%	510,9	-3%	1.789,3	7%	1.653,2	-1%	13.105,3	6%	24.769,7	-2%	20.593,8	2%	19.388,9	-4%	26.166,5	1%	24.769,7	-4%
	CanESM2	542,9	3%	531,5	1%	1.678,6	0%	1.667,7	0%	12.655,9	2%	29.858,5	7%	20.745,4	3%	22.769,2	13%	26.765,5	3%	29.858,5	15%
	CNRM-CM5	560,0	6%	571,8	8%	1.795,8	8%	1.869,6	12%	13.887,7	12%	32.859,9	22%	22.747,4	13%	25.283,6	26%	29.340,6	13%	32.859,9	27%
	CSIRO-Mk3-6-0	481,4	-9%	525,2	0%	1.496,2	-10%	1.662,8	0%	11.234,6	-9%	26.660,4	3%	18.509,3	-8%	20.759,2	3%	23.923,0	-8%	26.660,4	3%
	GFDL-CM3	509,6	-3%	509,6	-3%	1.592,1	-5%	1.582,0	-5%	12.042,4	-3%	24.432,6	-6%	19.820,7	-1%	18.991,9	-6%	25.609,2	-1%	24.432,6	-6%
	GFDL-ESM2G	630,6	20%	615,2	17%	1.957,3	17%	1.947,1	17%	13.894,0	12%	35.252,2	24%	22.267,5	11%	26.791,1	33%	28.498,9	10%	35.252,2	36%
	GFDL-ESM2M	559,1	6%	562,6	7%	1.737,9	4%	1.762,5	6%	13.355,1	8%	28.801,2	11%	22.107,9	10%	22.370,3	11%	28.621,5	11%	28.801,2	11%
	GISS-E2-H	508,3	-4%	513,9	-3%	1.683,5	1%	1.717,0	3%	14.026,5	13%	34.417,4	19%	23.319,3	16%	26.045,4	29%	30.234,8	17%	34.417,4	33%
	GISS-E2-R	624,1	18%	603,0	14%	1.962,6	17%	1.923,2	15%	14.386,6	16%	28.104,6	15%	22.453,3	12%	22.214,8	10%	28.456,4	10%	28.104,6	9%
	HadGEM2-AO	581,4	10%	641,6	22%	1.878,2	12%	2.087,4	25%	14.113,3	14%	33.208,0	29%	22.670,8	13%	25.875,0	29%	29.039,0	12%	33.208,0	28%
	HadGEM2-ES	616,0	17%	652,7	24%	2.041,1	22%	2.105,2	26%	16.263,5	31%	32.578,7	28%	26.673,8	33%	25.428,1	26%	34.421,0	33%	32.578,7	26%
	IPSL-CM5A-LR	557,1	6%	548,7	4%	1.804,8	8%	1.765,6	6%	15.114,7	22%	30.648,7	14%	25.992,2	29%	23.592,3	17%	34.087,0	32%	30.648,7	18%
	IPSL-CM5A-MR	606,3	15%	600,7	14%	1.915,2	15%	1.903,6	14%	14.068,7	13%	28.827,0	15%	22.353,5	11%	22.611,2	12%	28.518,9	10%	28.827,0	11%
	MIROC-ESM-CHEM	563,7	7%	551,5	5%	1.757,4	5%	1.709,3	2%	12.765,8	3%	30.652,9	9%	20.615,2	2%	23.317,8	16%	26.456,5	2%	30.652,9	19%
MIROC-ESM	525,3	0%	508,4	-4%	1.631,6	-2%	1.569,2	-6%	12.490,9	1%	26.871,9	-4%	21.344,8	6%	20.493,2	2%	27.933,7	8%	26.871,9	4%	
MIROC5	550,8	4%	580,9	10%	1.752,8	5%	1.827,3	9%	13.625,1	10%	28.562,4	9%	22.785,7	13%	22.165,8	10%	29.602,9	14%	28.562,4	10%	
MRI-CGCM3	598,9	14%	601,3	14%	1.928,6	15%	1.931,8	16%	15.669,7	26%	31.883,2	21%	25.951,0	29%	24.688,0	23%	33.602,2	30%	31.883,2	23%	
NorESM1-M	541,3	3%	556,1	5%	1.759,4	5%	1.814,0	9%	13.298,9	7%	29.299,5	12%	21.441,0	7%	22.732,4	13%	27.500,1	6%	29.299,5	13%	
RCP 8.5 (altíssimas emissões)	bcc-csm1-1-m	656,1	24%	681,6	29%	2.144,4	28%	2.255,9	35%	15.854,8	28%	32.748,6	37%	24.774,2	23%	25.999,9	29%	31.411,9	21%	32.748,6	27%
	bcc-csm1-1	554,8	5%	605,3	15%	1.738,3	4%	1.922,0	15%	12.939,5	4%	31.793,8	20%	20.692,6	3%	24.595,0	22%	26.462,2	2%	31.793,8	23%
	BNU-ESM	613,5	16%	649,3	23%	1.957,6	17%	2.098,7	26%	14.483,2	17%	31.501,2	28%	22.921,6	14%	24.816,8	23%	29.201,2	13%	31.501,2	22%
	CanESM2	547,1	4%	605,5	15%	1.702,1	2%	1.939,6	16%	13.662,1	10%	34.048,0	26%	23.883,6	19%	26.201,2	30%	31.490,2	22%	34.048,0	32%
	CNRM-CM5	599,3	14%	631,7	20%	1.936,4	16%	2.031,7	22%	15.287,8	23%	31.814,6	24%	25.193,6	25%	24.800,6	23%	32.565,3	26%	31.814,6	23%
	CSIRO-Mk3-6-0	481,8	-9%	510,8	-3%	1.515,7	-9%	1.571,9	-6%	12.009,3	-3%	25.105,1	-4%	20.160,7	0%	19.498,9	-3%	26.226,9	1%	25.105,1	-3%
	GFDL-CM3	511,5	-3%	477,2	-9%	1.584,0	-5%	1.581,0	-5%	11.446,6	-8%	30.416,7	5%	18.668,5	-7%	22.997,1	14%	24.042,9	-7%	30.416,7	18%
	GFDL-ESM2G	638,5	21%	625,4	19%	1.977,2	18%	1.968,0	18%	14.882,6	20%	35.866,8	29%	24.661,5	23%	27.397,0	36%	31.938,7	23%	35.866,8	39%
	GFDL-ESM2M	535,3	2%	580,6	10%	1.651,4	-1%	1.823,2	9%	12.284,0	-1%	31.924,2	21%	20.000,3	-1%	24.721,9	23%	25.742,6	0%	31.924,2	23%
	GISS-E2-H	530,7	1%	595,6	13%	1.869,5	12%	2.087,4	25%	16.019,3	29%	37.561,7	44%	26.577,8	32%	29.128,0	45%	34.435,1	33%	37.561,7	45%
	GISS-E2-R	670,0	27%	699,7	33%	2.151,6	29%	2.391,8	43%	16.421,1	32%	36.330,0	52%	24.690,8	23%	28.883,2	44%	30.845,0	19%	36.330,0	40%
	HadGEM2-AO	593,2	12%	681,3	29%	1.866,1	12%	2.254,2	35%	13.931,5	12%	34.727,3	40%	22.124,4	10%	27.341,7	36%	28.221,3	9%	34.727,3	34%
	HadGEM2-ES	643,6	22%	687,0	30%	2.073,9	24%	2.353,2	41%	16.030,5	29%	39.691,0	52%	26.012,1	29%	30.803,0	53%	33.440,2	29%	39.691,0	53%
	IPSL-CM5A-LR	563,5	7%	554,0	5%	1.837,2	10%	1.822,2	9%	14.546,7	17%	31.892,4	19%	24.188,4	20%	24.575,8	22%	31.363,5	21%	31.892,4	23%
	IPSL-CM5A-MR	594,5	13%	623,0	18%	1.913,4	15%	2.018,5	21%	14.685,3	18%	30.901,8	22%	23.948,4	19%	24.163,6	20%	30.841,7	19%	30.901,8	19%
	MIROC-ESM-CHEM	544,0	3%	652,5	24%	1.699,7	2%	2.049,6	23%	12.631,6	2%	33.167,9	27%	20.524,9	2%	25.715,0	28%	26.399,0	2%	33.167,9	28%
MIROC-ESM	598,2	13%	603,4	14%	1.891,3	13%	1.909,2	14%	14.423,9	16%	36.357,5	28%	23.930,4	19%	27.593,1	37%	31.004,9	20%	36.357,5	41%	
MIROC5	598,2	13%	619,7	18%	1.891,3	13%	1.906,7	14%	14.423,9	16%	30.667,0	15%	23.930,4	19%	23.692,5	18%	31.004,9	20%	30.667,0	19%	
MRI-CGCM3	591,2	12%	621,0	18%	1.883,3	13%	2.099,0	26%	14.205,6	15%	36.706,8	41%	22.918,8	14%	28.481,4	42%	29.403,0	14%	36.706,8	42%	
NorESM1-M	515,7	-2%	563,5	7%	1.658,9	-1%	1.859,9	11%	12.603,2	2%	28.895,4	14%	20.556,2	2%	22.576,4	12%	26.474,7	2%	28.895,4	12%	

Legenda de cores < -20% -20 a 0% 0% a 20% 20 a 40% > 40%

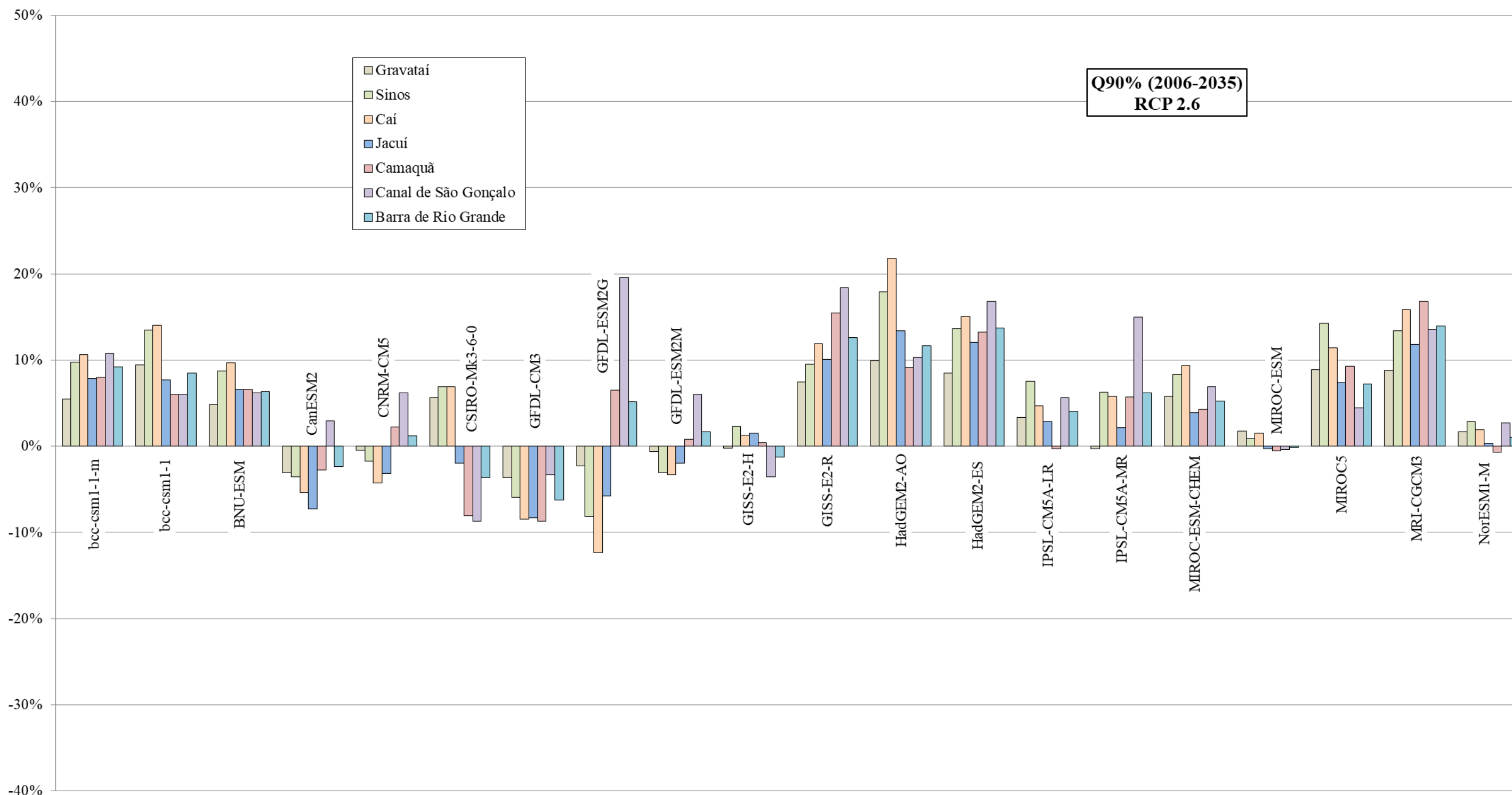
9.1.7 Resultados das simulações para o exutório da Bacia Hidrográfica da Laguna dos Patos, na Barra de Rio Grande

Cenário	Modelo Climático	Q90% (m³/s)				Q média (m³/s)				Q TR 5 anos (m³/s)				Q TR 100 anos (m³/s)				Q TR 1000 anos (m³/s)			
		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)		Futuro próximo (2006-2035)		Futuro distante (2051-2080)	
		Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa	Variação absoluta	Variação relativa
RCP 2.6 (mitigação rigorosa)	bcc-csm1-1-m	2.347,9	9%	2.460,3	14%	6.651,7	13%	6.945,3	18%	37.392,9	18%	71.163,3	17%	56.945,8	19%	56.660,8	19%	71.496,7	20%	71.163,3	20%
	bcc-csm1-1	2.333,3	9%	2.334,0	9%	6.502,8	10%	6.490,3	10%	35.197,7	11%	66.612,5	13%	53.156,2	11%	53.509,5	12%	66.520,5	12%	66.612,5	12%
	BNU-ESM	2.286,6	6%	2.215,8	3%	6.456,8	9%	6.227,3	5%	36.680,8	15%	62.308,9	6%	55.182,9	16%	50.053,8	5%	68.951,7	16%	62.308,9	5%
	CanESM2	2.099,5	-2%	2.064,7	-4%	5.659,8	-4%	5.592,9	-5%	31.092,2	-2%	60.783,7	-1%	47.415,9	-1%	48.275,8	1%	59.563,7	0%	60.783,7	2%
	CNRM-CM5	2.176,5	1%	2.155,0	0%	6.077,0	3%	6.126,8	4%	35.723,6	12%	74.511,9	18%	54.991,3	15%	58.670,9	23%	69.329,8	16%	74.511,9	25%
	CSIRO-Mk3-6-0	2.071,7	-4%	2.212,9	3%	5.709,4	-3%	6.085,5	3%	32.104,5	1%	65.432,8	7%	48.470,6	2%	51.987,3	9%	60.649,8	2%	65.432,8	10%
	GFDL-CM3	2.016,4	-6%	2.027,9	-6%	5.376,5	-9%	5.425,0	-8%	28.482,5	-10%	49.264,2	-14%	42.791,2	-10%	39.908,9	-16%	53.439,5	-10%	49.264,2	-17%
	GFDL-ESM2G	2.261,8	5%	2.206,4	3%	6.126,0	4%	6.099,8	3%	32.370,7	2%	68.874,1	9%	49.368,3	4%	54.245,7	14%	62.017,5	4%	68.874,1	16%
	GFDL-ESM2M	2.187,0	2%	2.119,9	-1%	5.970,6	1%	5.785,1	-2%	35.474,0	12%	68.738,0	6%	54.699,9	15%	53.758,0	13%	69.007,4	16%	68.738,0	15%
	GISS-E2-H	2.122,9	-1%	2.152,5	0%	6.277,7	6%	6.217,2	5%	39.569,3	24%	69.846,9	16%	59.899,8	26%	55.780,2	17%	75.029,4	26%	69.846,9	17%
	GISS-E2-R	2.420,6	13%	2.327,4	8%	6.702,3	13%	6.440,1	9%	35.017,0	10%	64.436,0	7%	51.656,2	8%	51.515,4	8%	64.038,7	8%	64.436,0	8%
	HadGEM2-AO	2.401,4	12%	2.509,4	17%	6.934,2	17%	7.276,2	23%	37.493,4	18%	71.941,3	25%	55.523,4	16%	58.209,5	22%	68.940,8	16%	71.941,3	21%
	HadGEM2-ES	2.445,5	14%	2.547,0	18%	7.071,3	20%	7.300,6	24%	40.083,3	26%	73.433,4	24%	59.914,6	26%	58.955,3	24%	74.672,6	25%	73.433,4	23%
	IPSL-CM5A-LR	2.236,7	4%	2.274,7	6%	6.295,1	7%	6.323,7	7%	39.725,1	25%	68.952,4	15%	62.883,4	32%	55.140,4	16%	80.117,2	35%	68.952,4	16%
	IPSL-CM5A-MR	2.282,9	6%	2.277,8	6%	6.341,9	7%	6.262,1	6%	33.548,3	6%	60.580,9	5%	48.857,9	2%	49.028,7	3%	60.251,0	1%	60.580,9	2%
	MIROC-ESM-CHEM	2.263,1	5%	2.144,2	0%	6.181,7	5%	5.812,1	-2%	32.416,5	2%	61.601,2	0%	47.869,9	0%	48.897,1	3%	59.369,9	0%	61.601,2	3%
	MIROC-ESM	2.147,1	0%	2.140,6	0%	5.868,2	-1%	5.826,5	-1%	32.941,4	4%	61.848,8	1%	50.456,9	6%	49.186,1	3%	63.491,6	7%	61.848,8	4%
	MIROC5	2.304,7	7%	2.404,0	12%	6.510,8	10%	6.784,8	15%	36.752,5	16%	77.002,8	21%	56.272,5	18%	60.584,0	27%	70.798,8	19%	77.002,8	29%
	MRI-CGCM3	2.450,4	14%	2.464,4	15%	7.043,1	19%	7.120,4	21%	41.153,9	29%	68.560,3	21%	60.579,9	27%	55.767,5	17%	75.036,3	26%	68.560,3	15%
	NorESM1-M	2.172,7	1%	2.257,8	5%	6.178,6	5%	6.428,5	9%	36.976,2	16%	73.333,3	19%	56.216,8	18%	58.216,2	22%	70.535,2	18%	73.333,3	23%
RCP 8.5 (altíssimas emissões)	bcc-csm1-1-m	2.470,4	15%	2.567,5	19%	7.087,3	20%	7.475,2	27%	38.284,8	20%	75.972,1	28%	56.706,6	19%	60.895,9	28%	70.415,8	18%	75.972,1	28%
	bcc-csm1-1	2.319,8	8%	2.525,7	17%	6.384,1	8%	7.209,0	22%	34.062,7	7%	70.790,8	23%	50.692,5	6%	57.326,7	20%	63.068,0	6%	70.790,8	19%
	BNU-ESM	2.437,4	13%	2.525,4	17%	6.884,4	17%	7.376,5	25%	37.998,6	20%	86.276,6	38%	56.769,7	19%	68.193,9	43%	70.738,8	19%	86.276,6	45%
	CanESM2	2.082,7	-3%	2.286,8	6%	5.638,6	-5%	6.405,7	8%	32.310,8	2%	66.356,3	10%	50.713,7	6%	53.032,8	11%	64.408,8	8%	66.356,3	11%
	CNRM-CM5	2.258,6	5%	2.417,1	12%	6.318,9	7%	6.839,1	16%	35.589,2	12%	73.227,2	19%	54.798,7	15%	58.130,5	22%	69.093,9	16%	73.227,2	23%
	CSIRO-Mk3-6-0	2.068,0	-4%	2.160,1	0%	5.669,5	-4%	5.929,8	0%	32.182,9	1%	65.891,8	6%	48.185,0	1%	52.195,5	9%	60.093,5	1%	65.891,8	11%
	GFDL-CM3	1.998,3	-7%	1.739,0	-19%	5.307,8	-10%	5.029,9	-15%	26.850,8	-16%	57.590,1	-8%	39.365,9	-17%	45.461,4	-5%	48.679,3	-18%	57.590,1	-3%
	GFDL-ESM2G	2.307,2	7%	2.005,9	-7%	6.306,1	7%	5.667,8	-4%	36.149,7	14%	72.652,2	10%	58.172,1	22%	56.565,6	19%	74.560,8	25%	72.652,2	22%
	GFDL-ESM2M	2.115,4	-2%	2.012,3	-6%	5.805,5	-2%	5.670,3	-4%	34.061,9	7%	81.502,2	16%	54.859,0	15%	62.524,7	31%	70.335,8	18%	81.502,2	37%
	GISS-E2-H	2.238,8	4%	2.602,9	21%	6.832,2	16%	8.064,7	37%	46.657,4	47%	89.219,8	55%	76.622,4	61%	72.133,7	51%	98.921,8	66%	89.219,8	50%
	GISS-E2-R	2.514,2	17%	2.778,2	29%	6.980,4	18%	8.211,2	39%	36.762,6	16%	79.127,0	38%	55.214,0	16%	64.141,9	34%	68.945,1	16%	79.127,0	33%
	HadGEM2-AO	2.360,8	10%	2.747,9	28%	6.759,3	14%	8.416,3	42%	37.201,2	17%	88.283,3	51%	55.152,9	16%	71.121,1	49%	68.512,2	15%	88.283,3	48%
	HadGEM2-ES	2.516,1	17%	2.789,9	30%	7.145,8	21%	8.723,6	48%	39.136,2	23%	92.356,4	59%	58.347,0	22%	74.480,2	56%	72.643,3	22%	92.356,4	55%
	IPSL-CM5A-LR	2.257,4	5%	2.216,0	3%	6.407,7	8%	6.273,7	6%	38.442,5	21%	68.952,4	15%	58.816,0	23%	55.183,1	16%	73.977,6	24%	68.952,4	16%
	IPSL-CM5A-MR	2.240,1	4%	2.329,9	8%	6.523,1	10%	6.545,5	11%	37.429,5	18%	65.488,5	10%	53.972,6	13%	52.502,6	10%	66.283,6	11%	65.488,5	10%
	MIROC-ESM-CHEM	2.172,8	1%	2.622,0	22%	5.896,2	0%	7.468,1	26%	31.962,8	1%	85.615,8	35%	49.179,6	3%	67.449,0	41%	61.991,9	4%	85.615,8	44%
	MIROC-ESM	2.406,6	12%	2.342,5	9%	6.793,4	15%	6.739,5	14%	37.367,6	18%	77.850,2	24%	58.388,3	22%	61.483,9	29%	74.031,5	24%	77.850,2	31%
	MIROC5	2.406,6	12%	2.615,4	22%	6.793,4	15%	7.416,8	26%	37.367,6	18%	83.236,9	33%	58.388,3	22%	65.790,1	38%	74.031,5	24%	83.236,9	40%
	MRI-CGCM3	2.458,4	14%	2.732,1	27%	7.051,8	19%	8.178,0	38%	38.164,6	20%	77.381,3	38%	54.597,5	14%	63.067,5	32%	66.826,5	12%	77.381,3	30%
	NorESM1-M	2.072,4	-4%	2.184,4	2%	5.845,0	-1%	6.443,4	9%	34.662,8	9%	71.108,9	17%	53.187,1	12%	56.675,2	19%	66.972,4	12%	71.108,9	19%

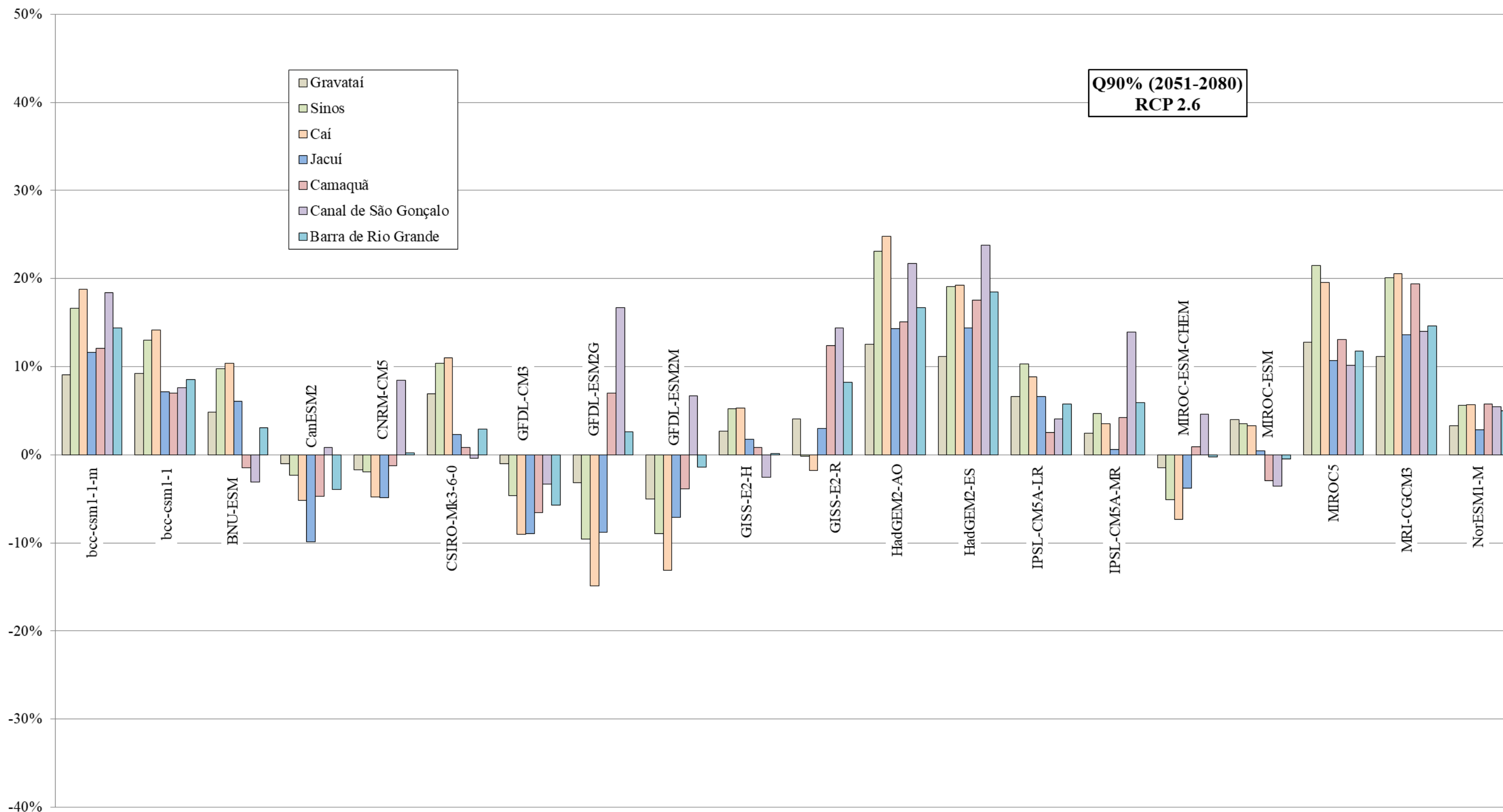
Legenda de cores: < -20% (vermelho), -20 a 0% (laranja), 0% a 20% (verde claro), 20 a 40% (verde médio), > 40% (verde escuro)

9.2 Apêndice B

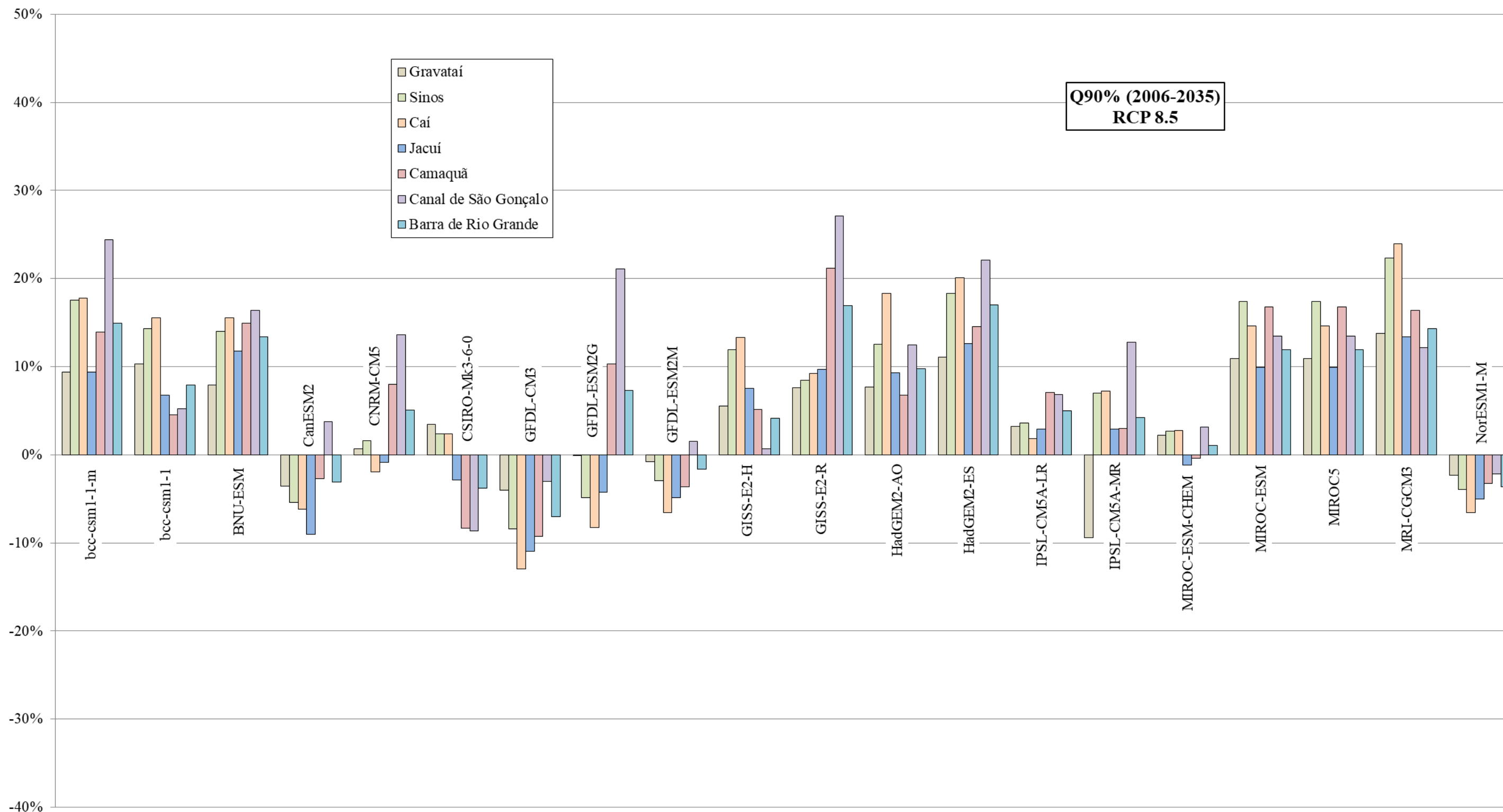
9.2.1 Variações de Q90% nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro próximo (2006-2035)



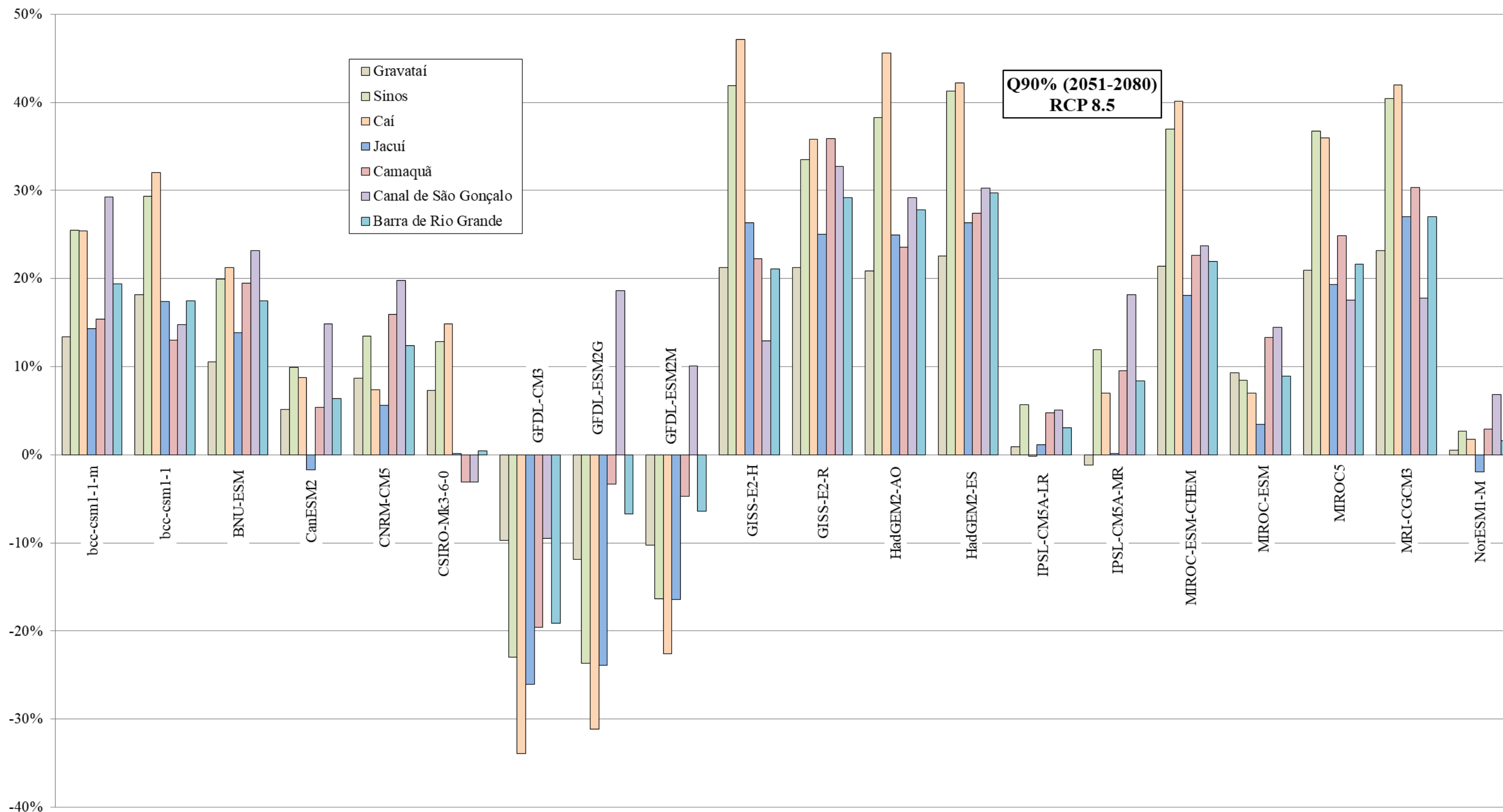
9.2.2 Variações de Q90% nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro distante (2051-2080)



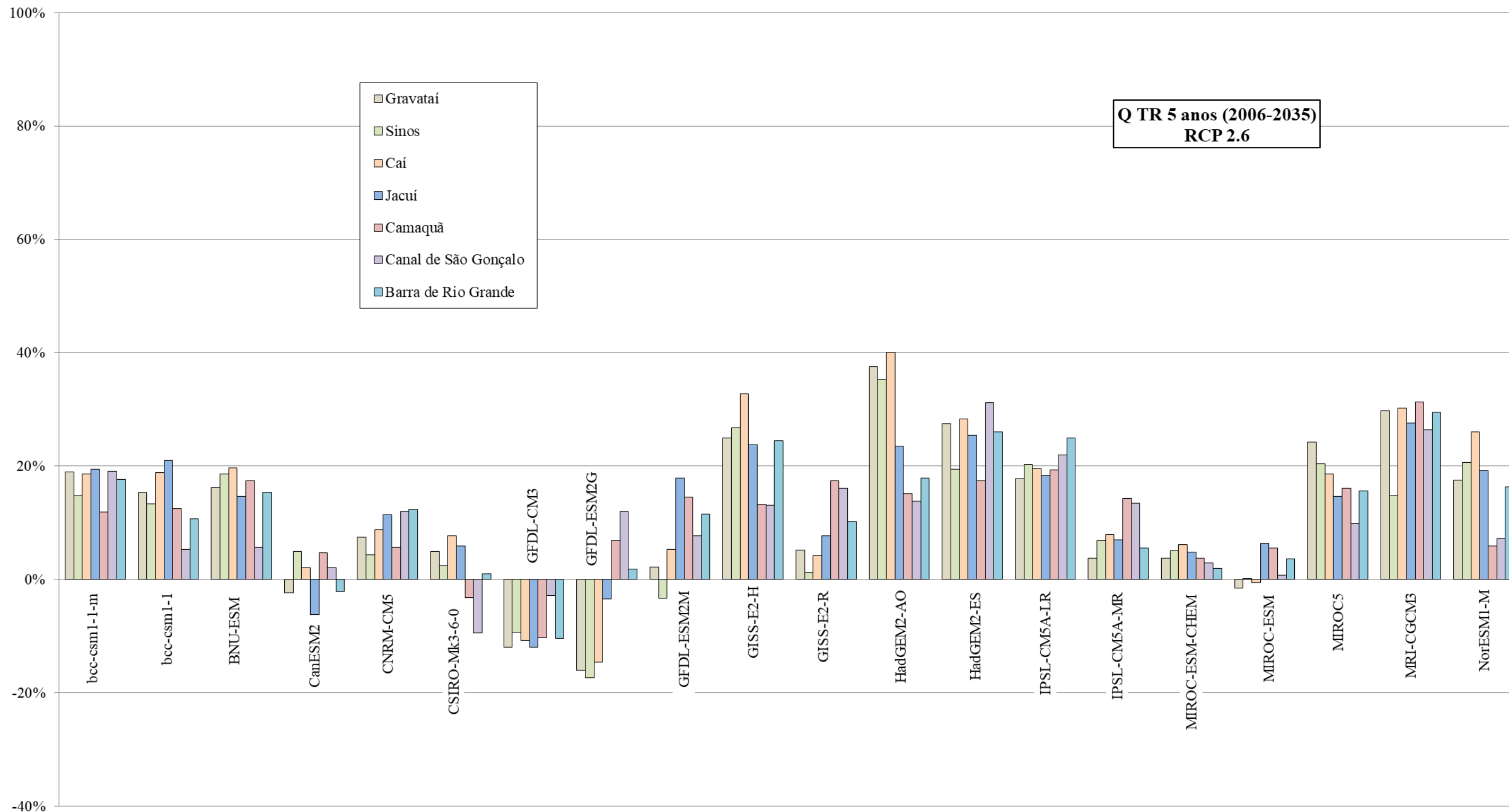
9.2.3 Variações de Q90% nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro próximo (2006-2035)



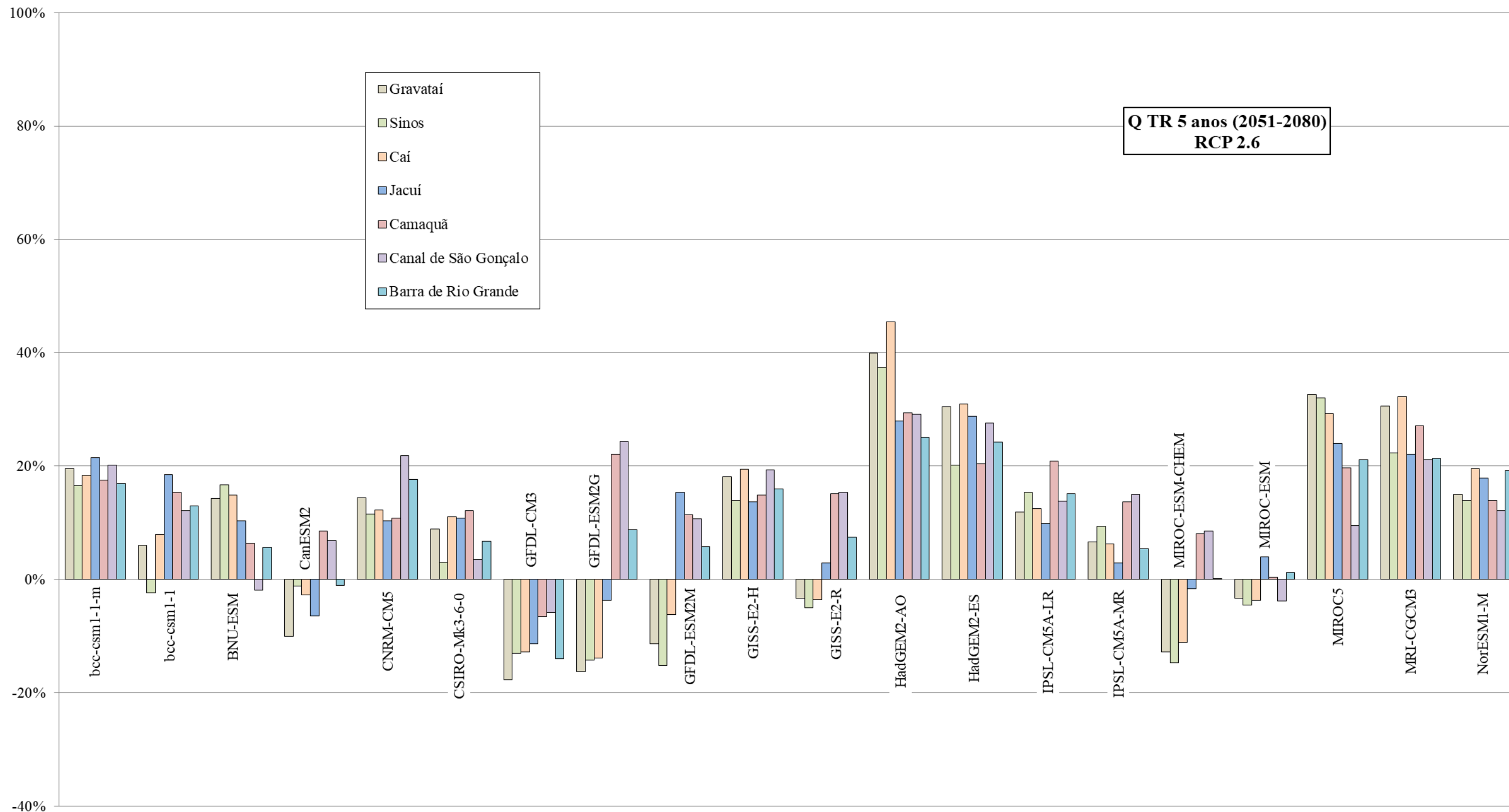
9.2.4 Variações de Q90% nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro distante (2051-2080)



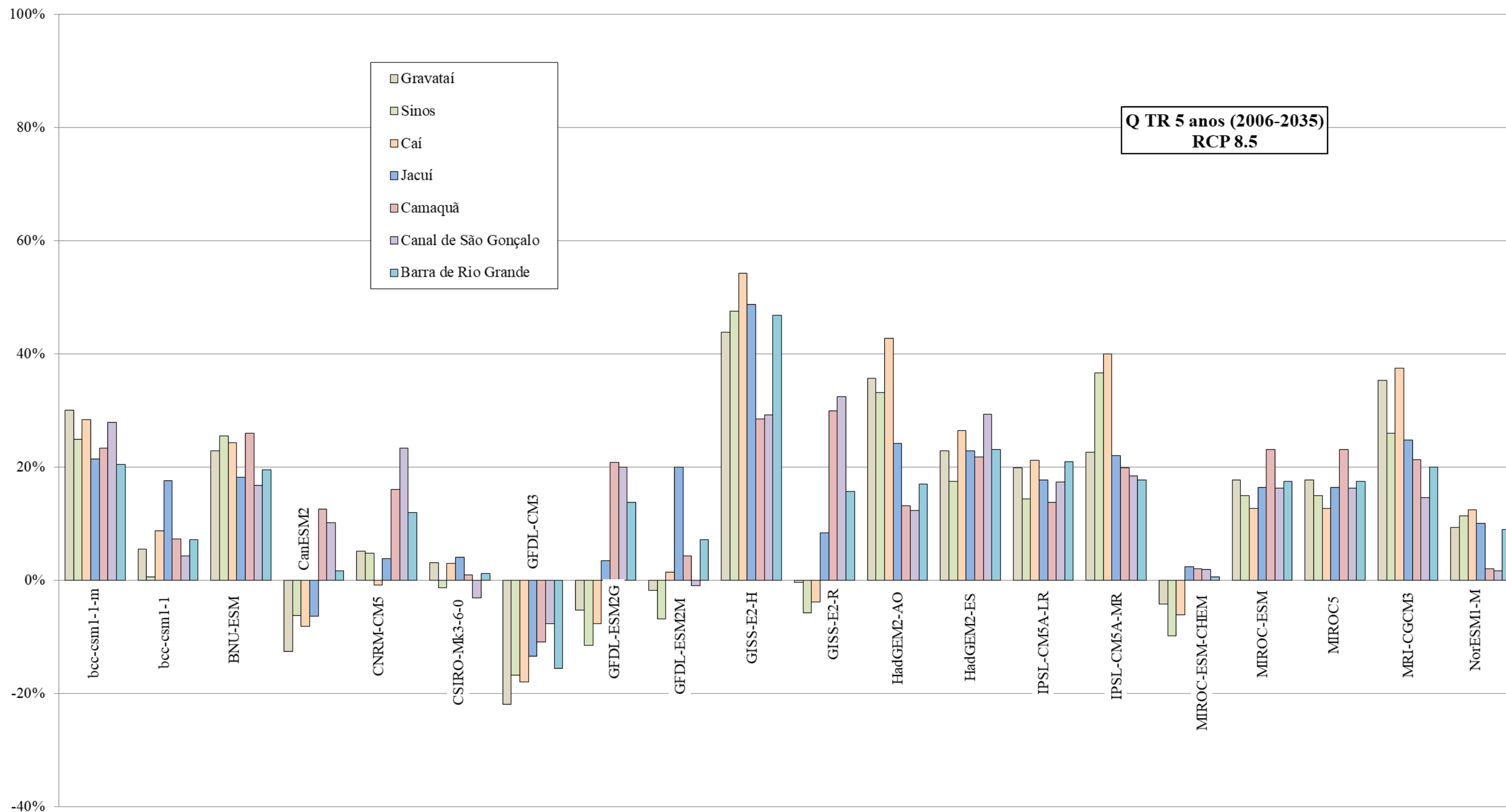
9.2.5 Variações de Q TR 5 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro próximo (2006-2035)



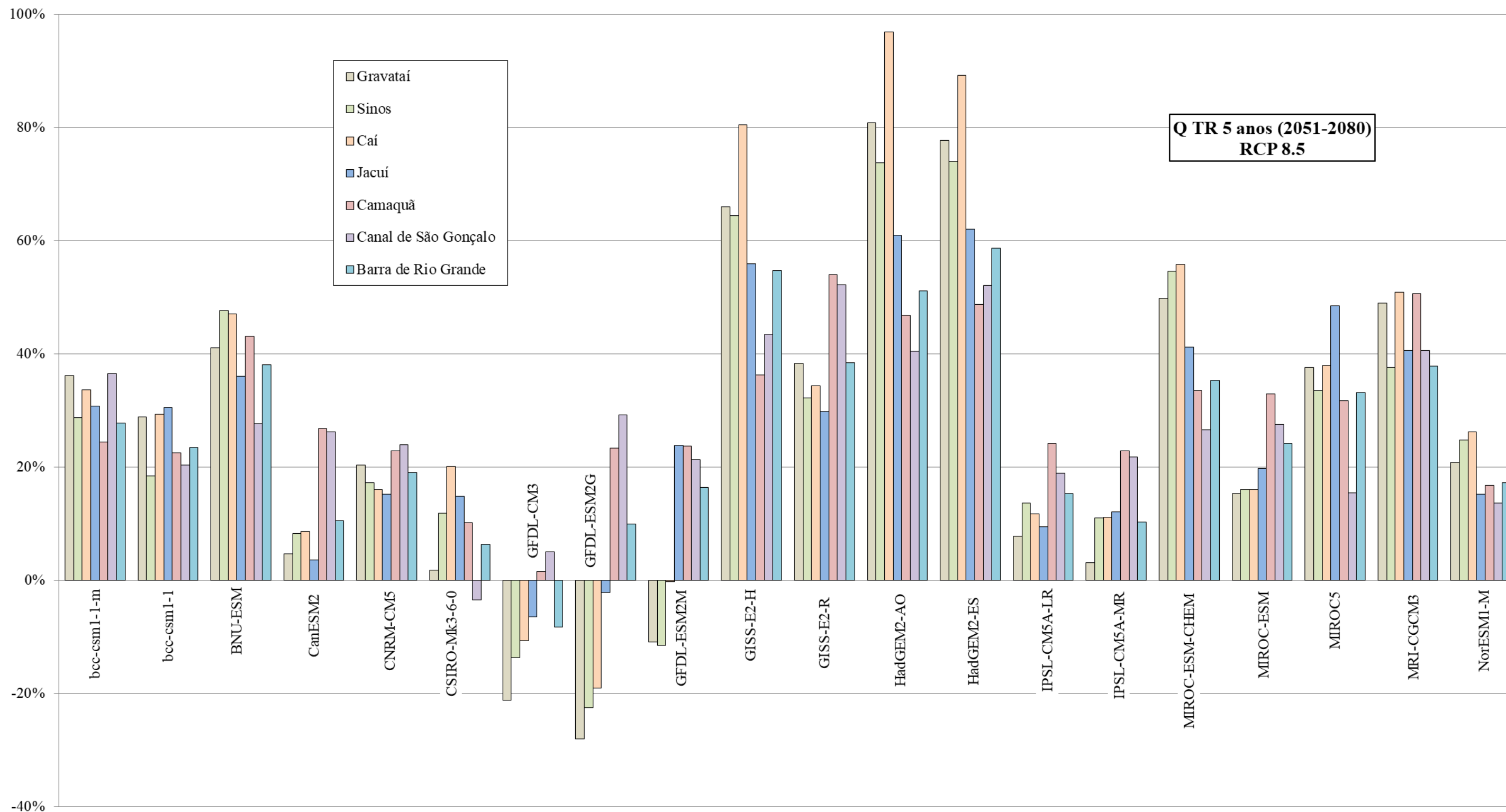
9.2.6 Variações de Q TR 5 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro distante (2051-2080)



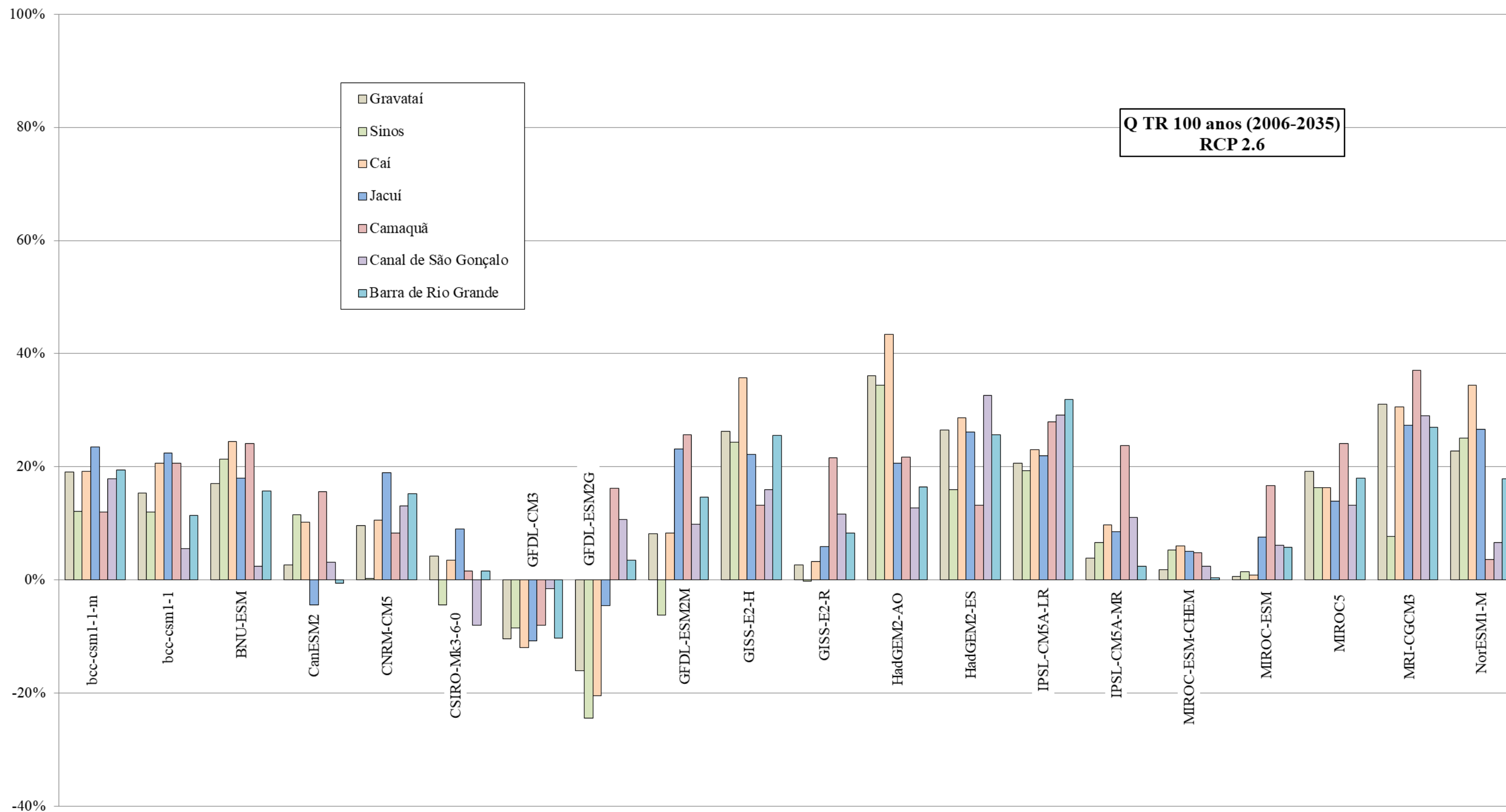
9.2.7 Variações de Q TR 5 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro próximo (2006-2035)



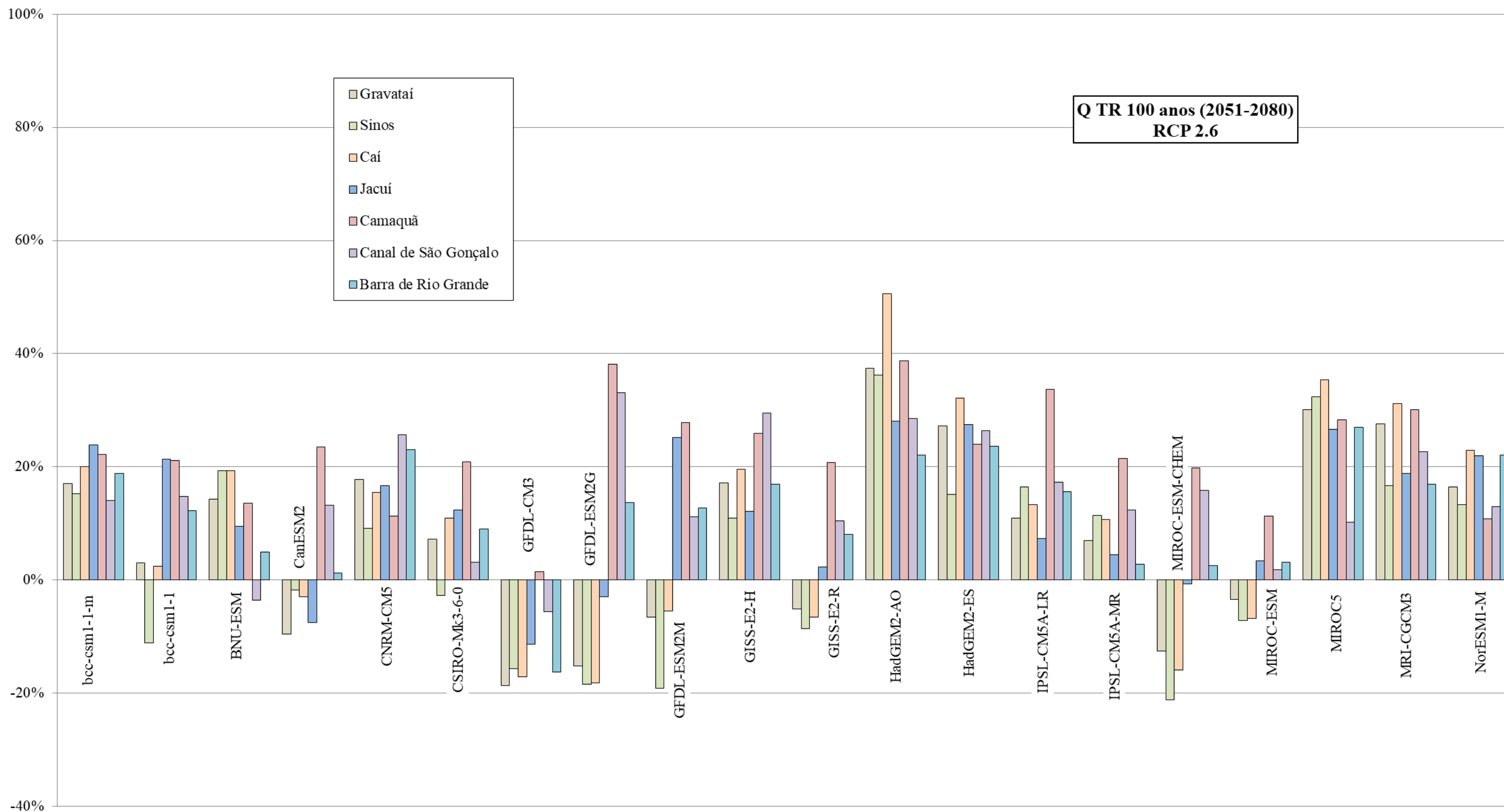
9.2.8 Variações de Q TR 5 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro distante (2051-2080)



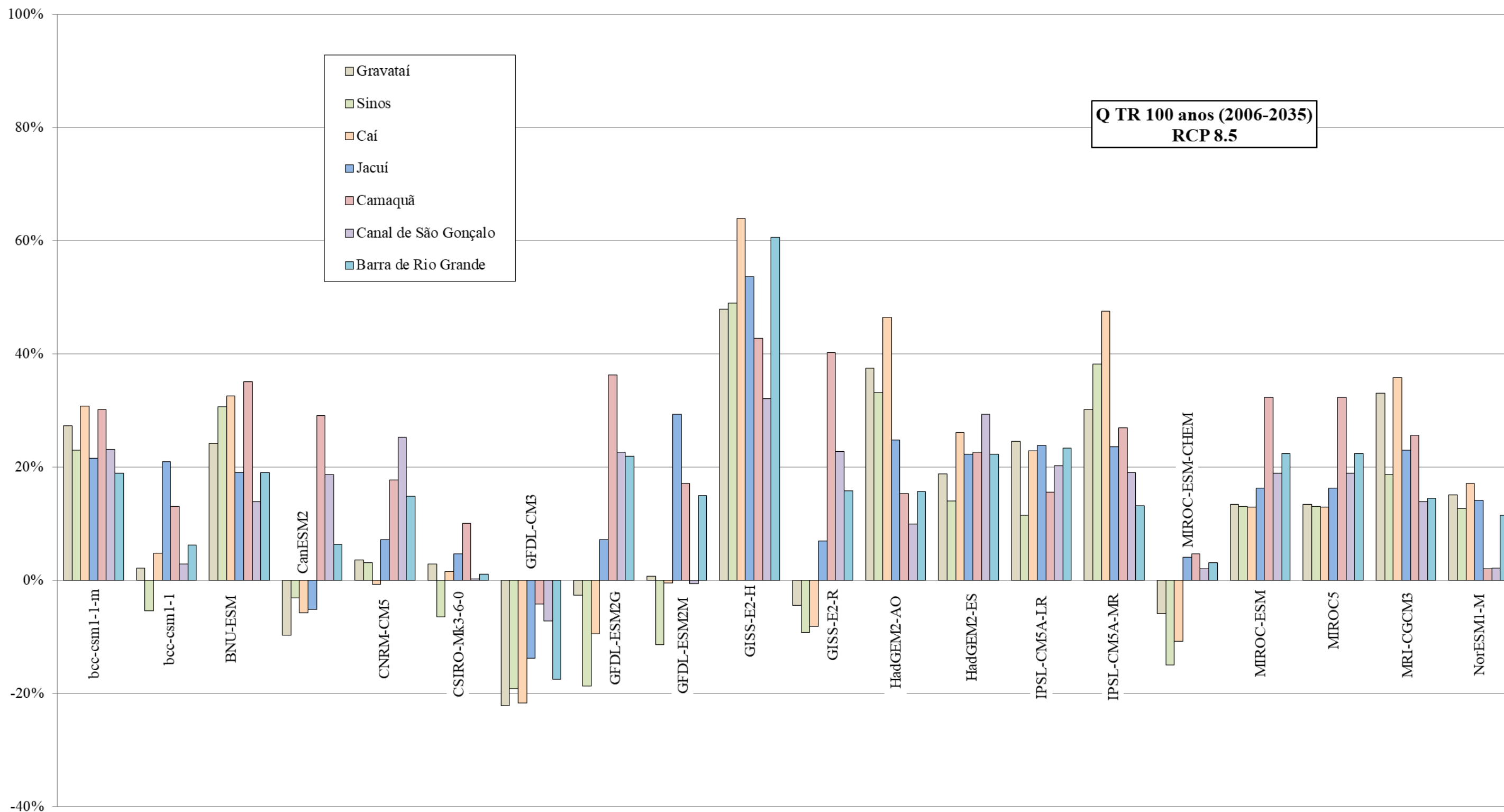
9.2.9 Variações de Q TR 100 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro próximo (2006-2035)



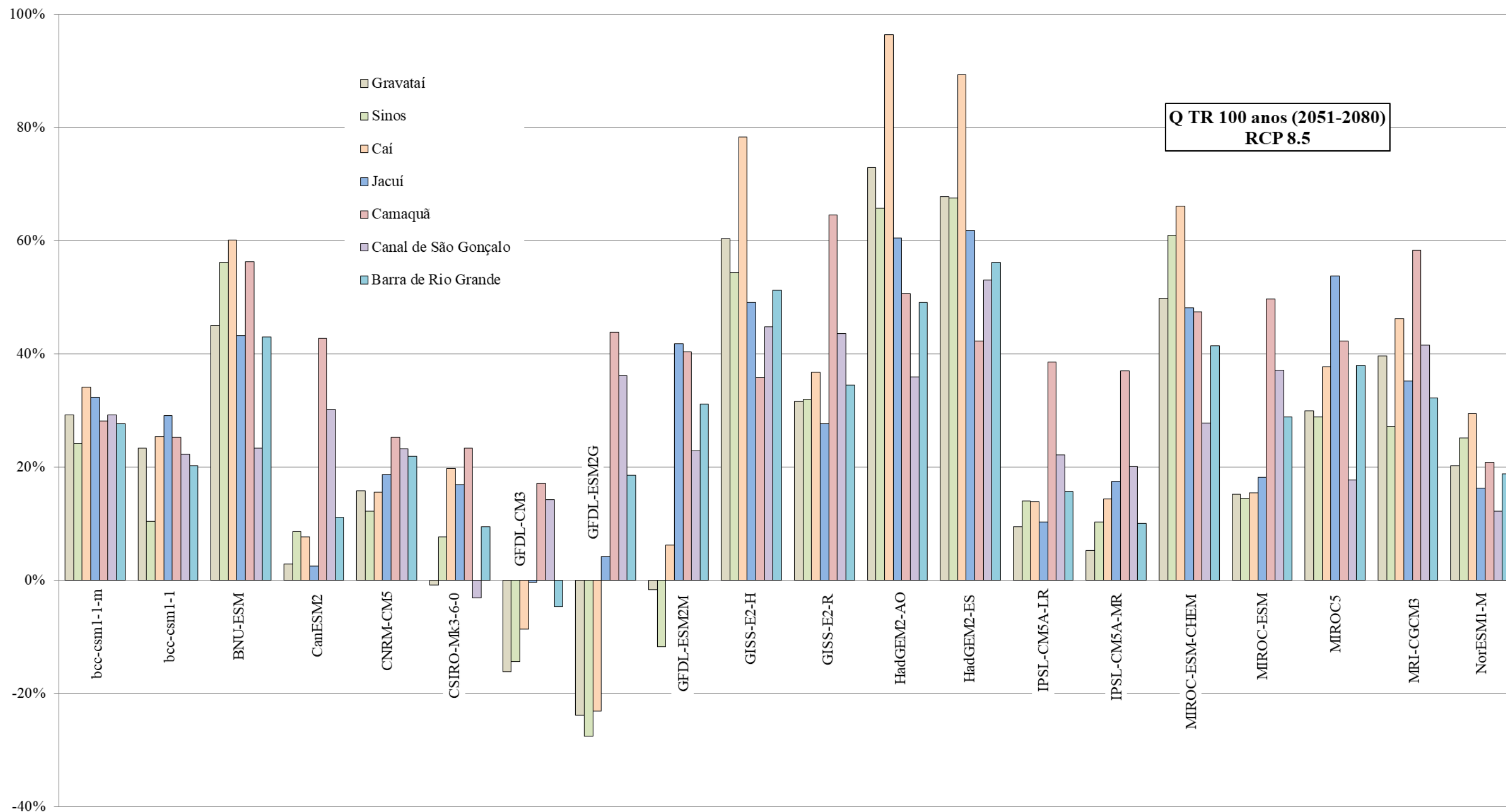
9.2.10 Variações de Q TR 100 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro distante (2051-2080)



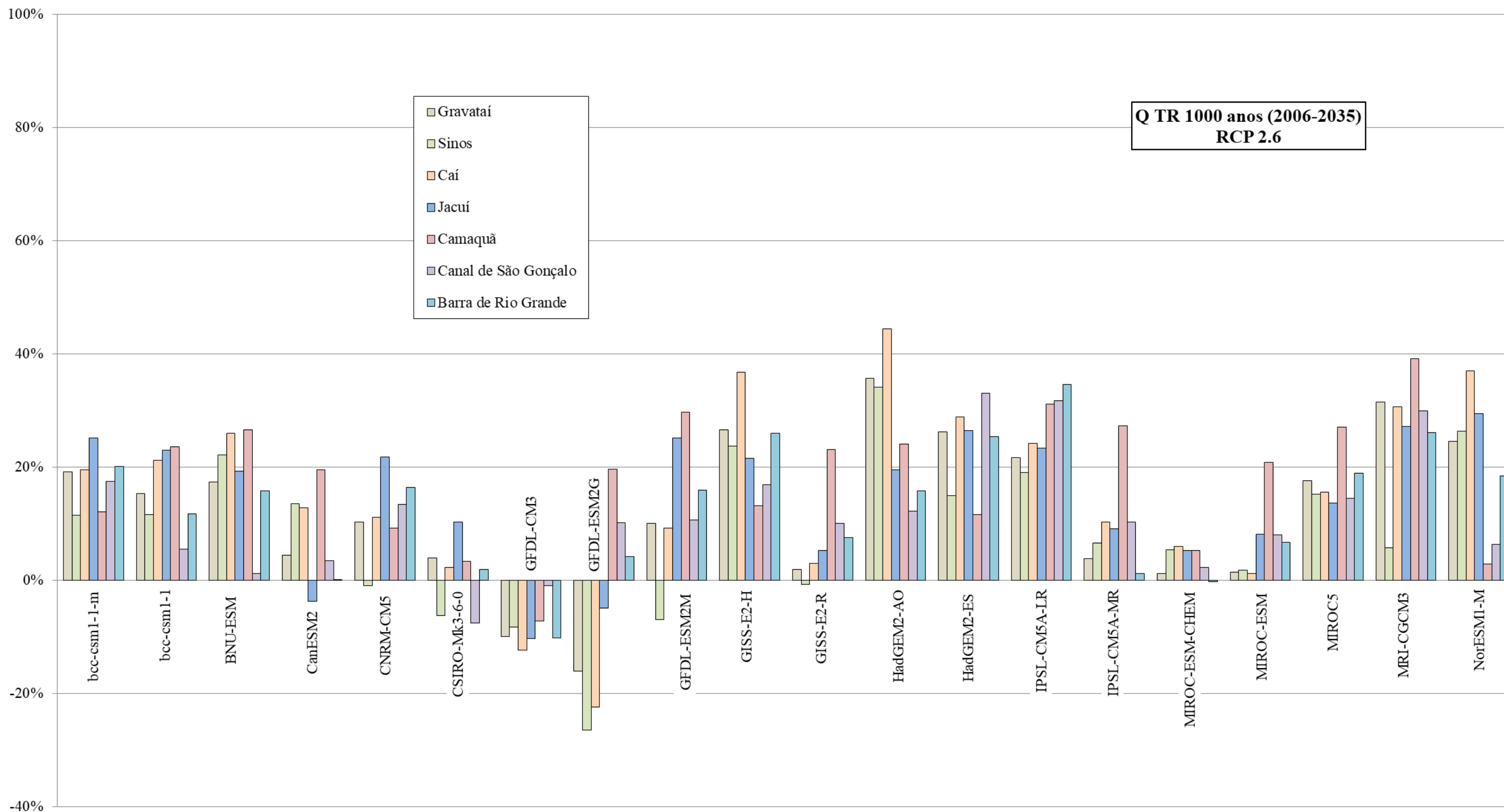
9.2.11 Variações de Q TR 100 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro próximo (2006-2035)



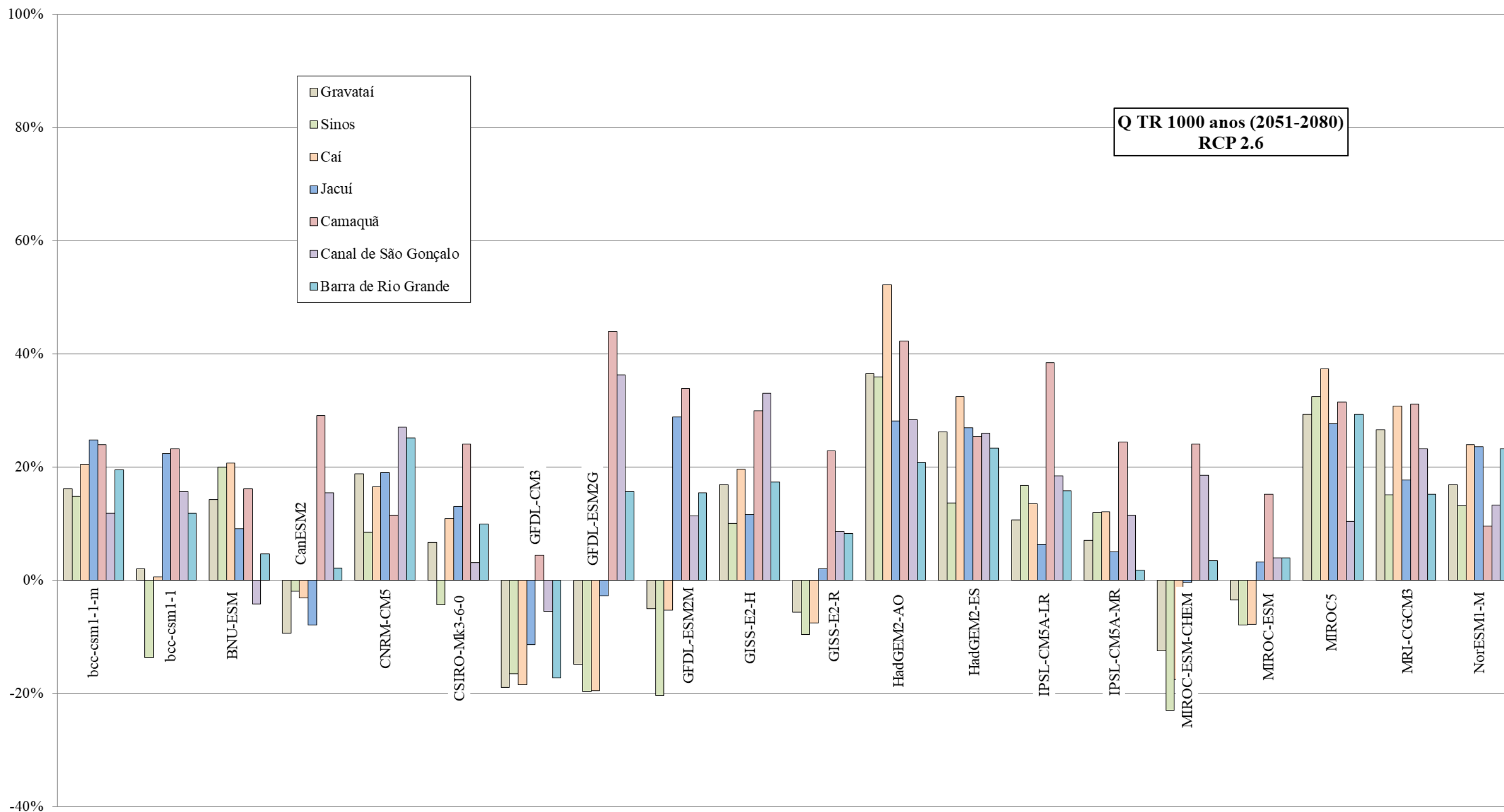
9.2.12 Variações de Q TR 100 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro distante (2051-2080)



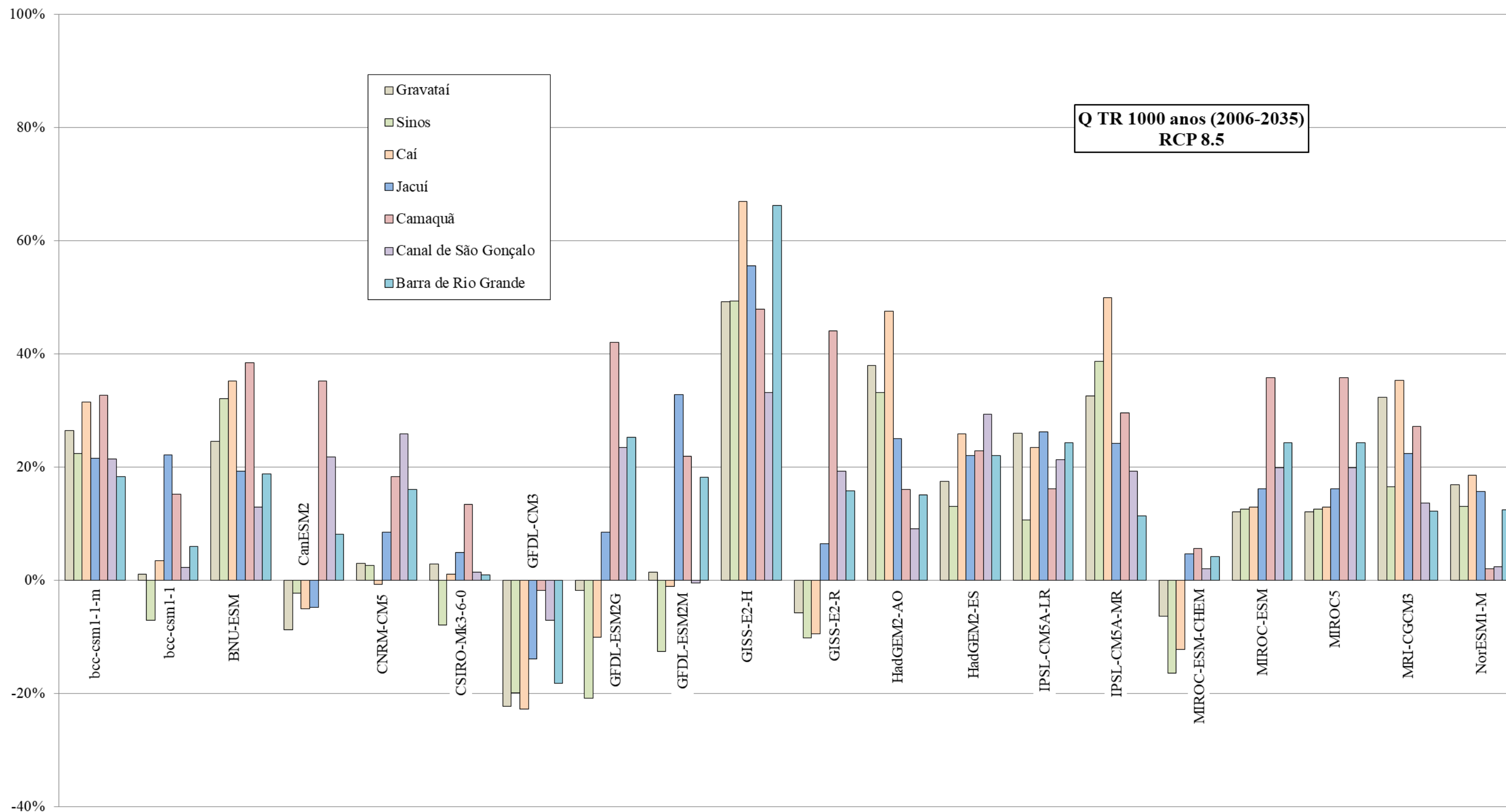
9.2.13 Variações de Q TR 1000 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro próximo (2006-2035)



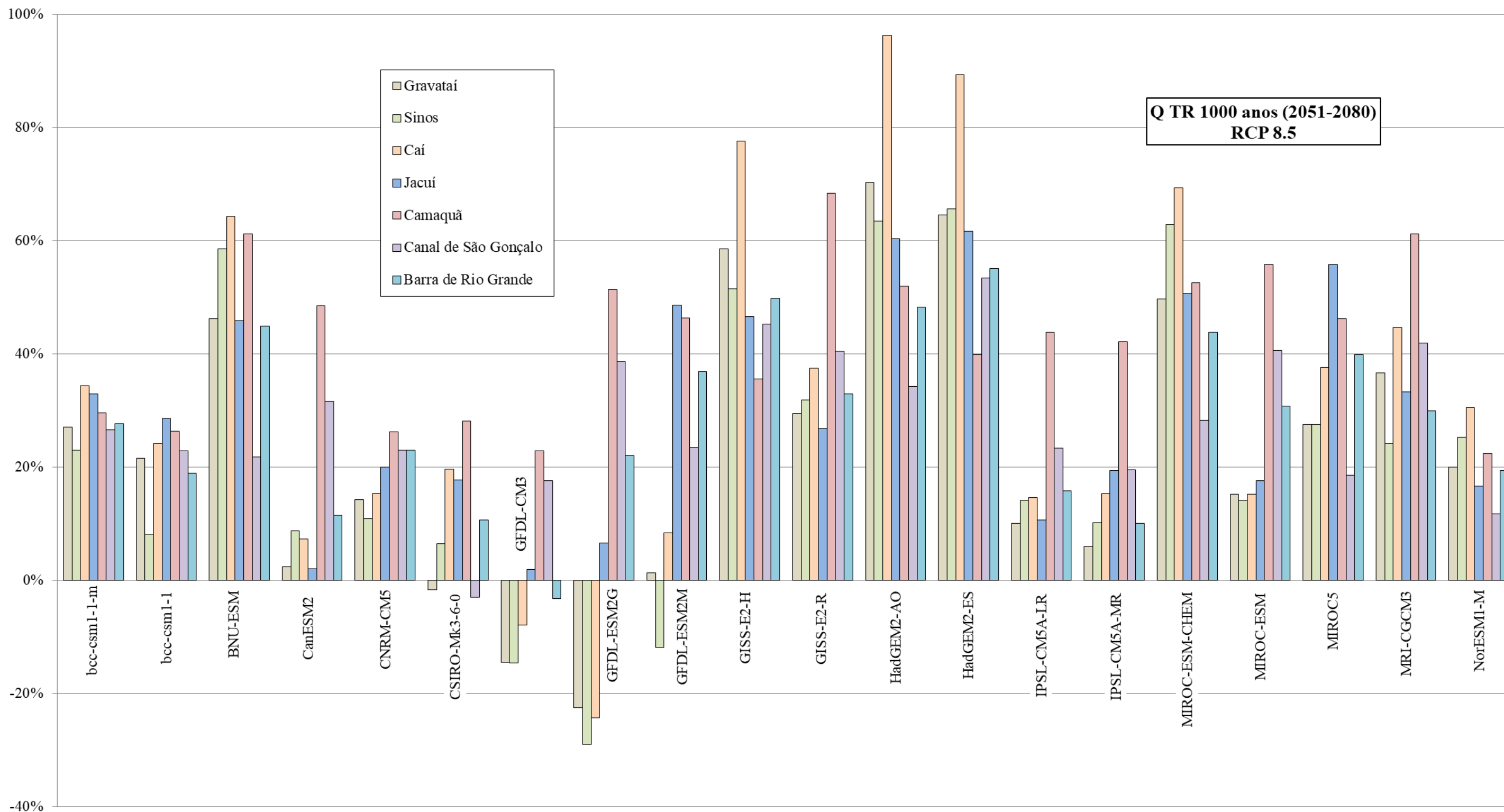
9.2.14 Variações de Q TR 1000 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro distante (2051-2080)



9.2.15 Variações de Q TR 1000 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro próximo (2006-2035)



9.2.16 Variações de Q TR 1000 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro distante (2051-2080)



9.3 Apêndice C

9.3.1 Diagrama Box Plot para as variações de Q90% nos pontos de interesse

Q90% (2006-2035) - RPC 2.6

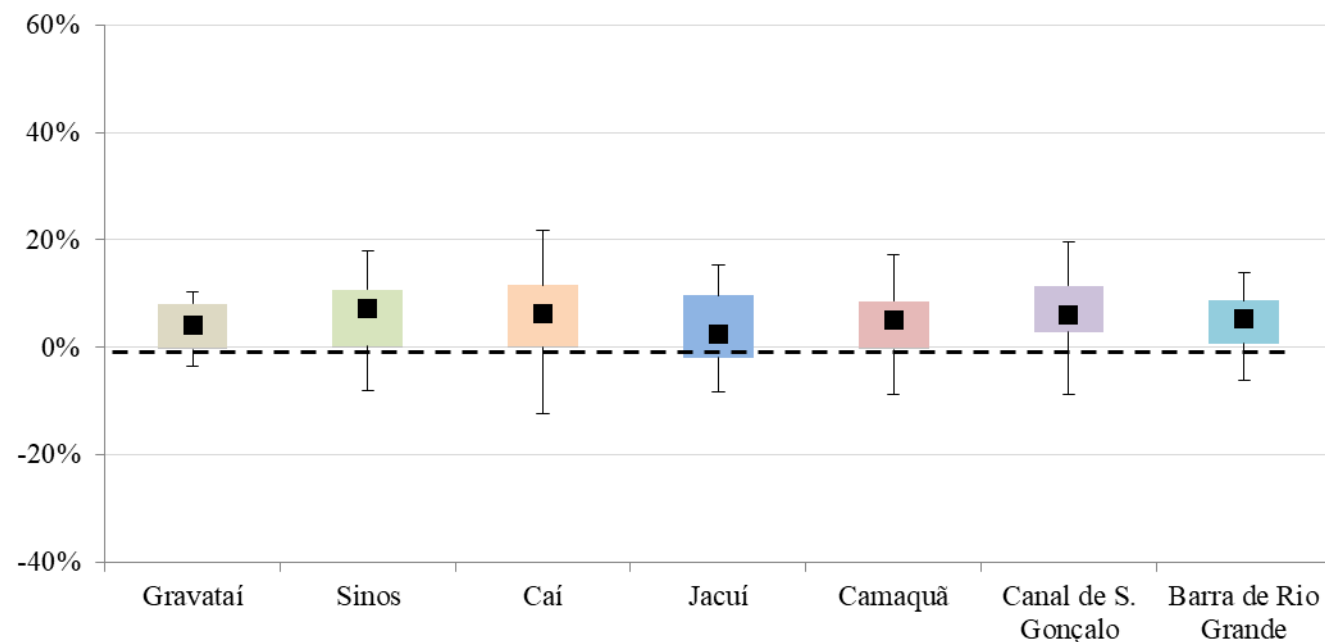


Diagrama Box Plot para as variações de Q90% nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro próximo (2006-2035)

Q90% (2051-2080) - RCP 2.6

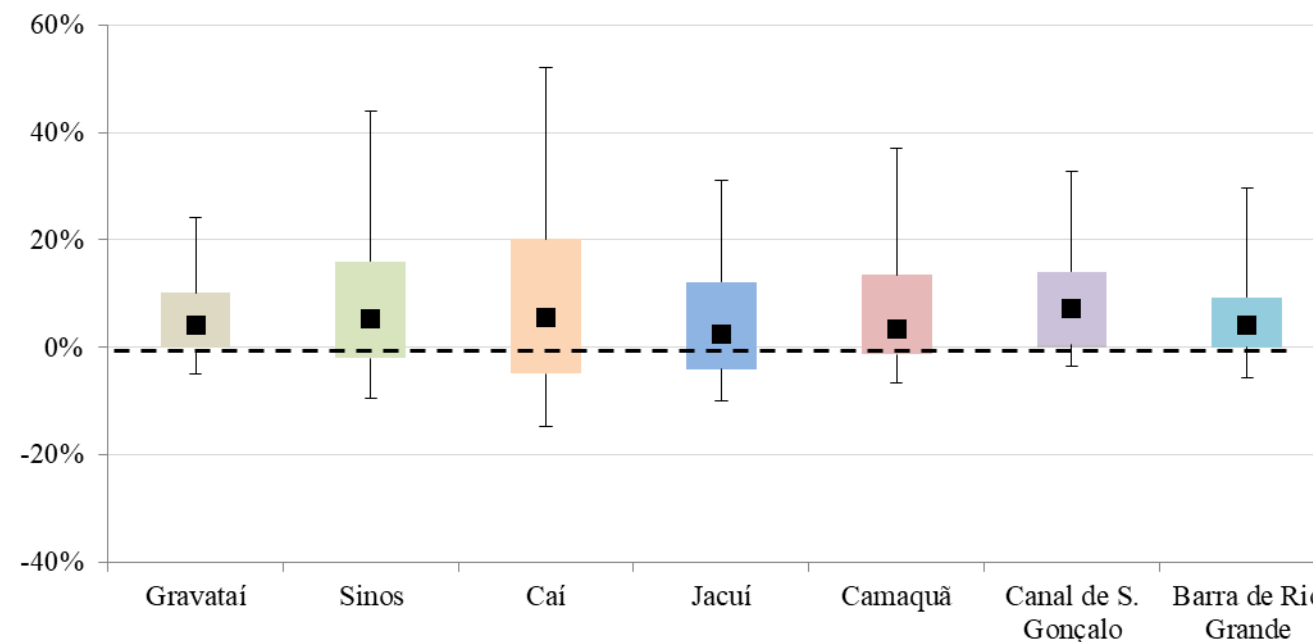


Diagrama Box Plot para as variações de Q90% nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro distante (2051-2080)

Q90% (2006-2035) - RPC 8.5

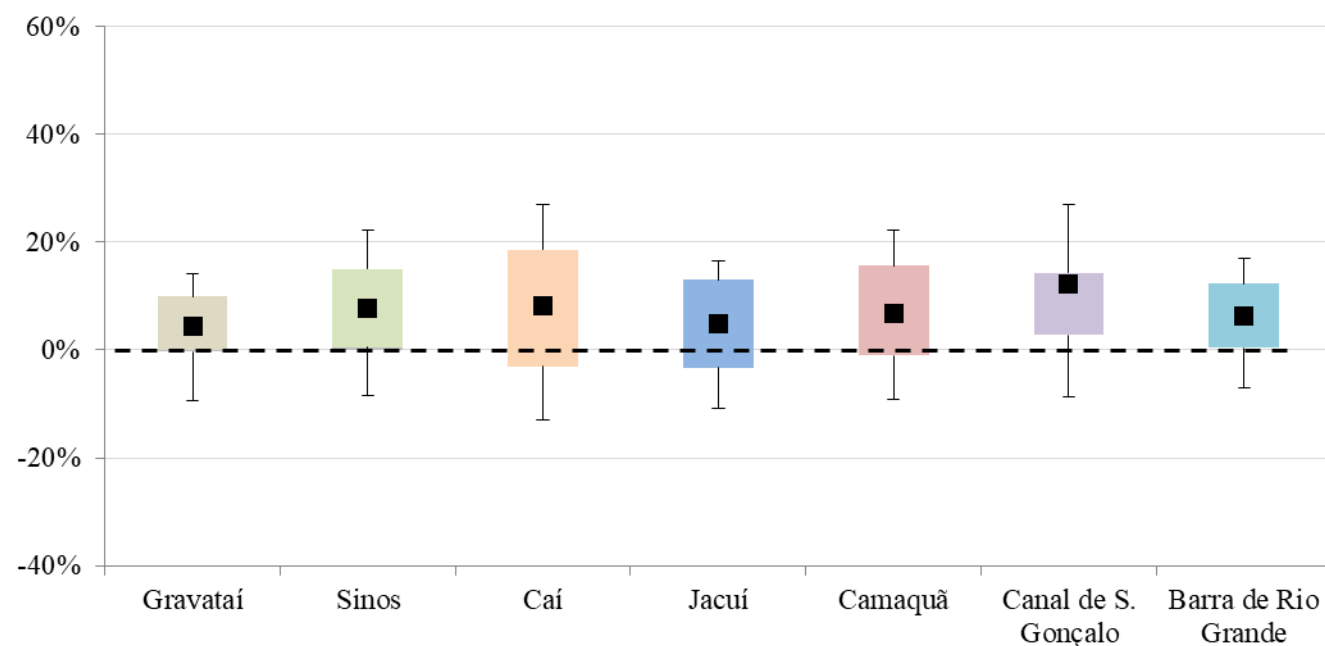


Diagrama Box Plot para as variações de Q90% nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro próximo (2006-2035)

Q90% (2051-2080) - RPC 8.5

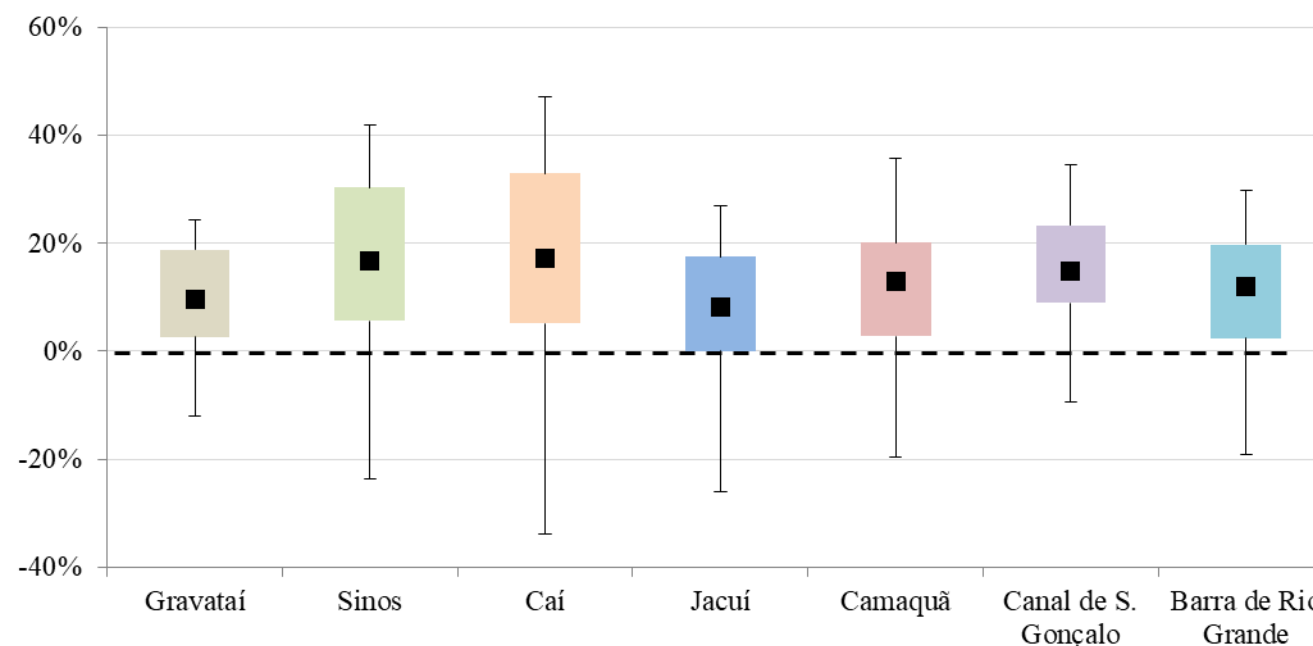
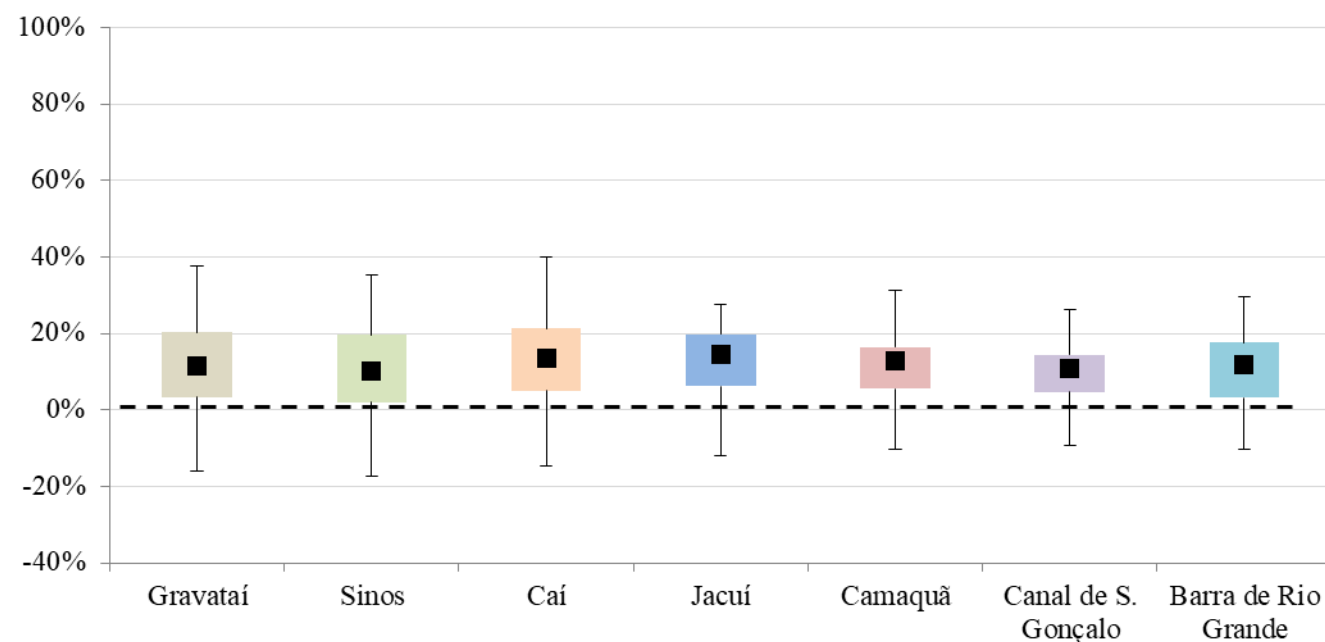


Diagrama Box Plot para as variações de Q90% nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro distante (2051-2080)

9.3.2 Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 5 anos nos pontos de interesse

Q TR 5 anos (2006-2035) - RCP 2.6



Q TR 5 anos (2051-2080) - RCP 2.6

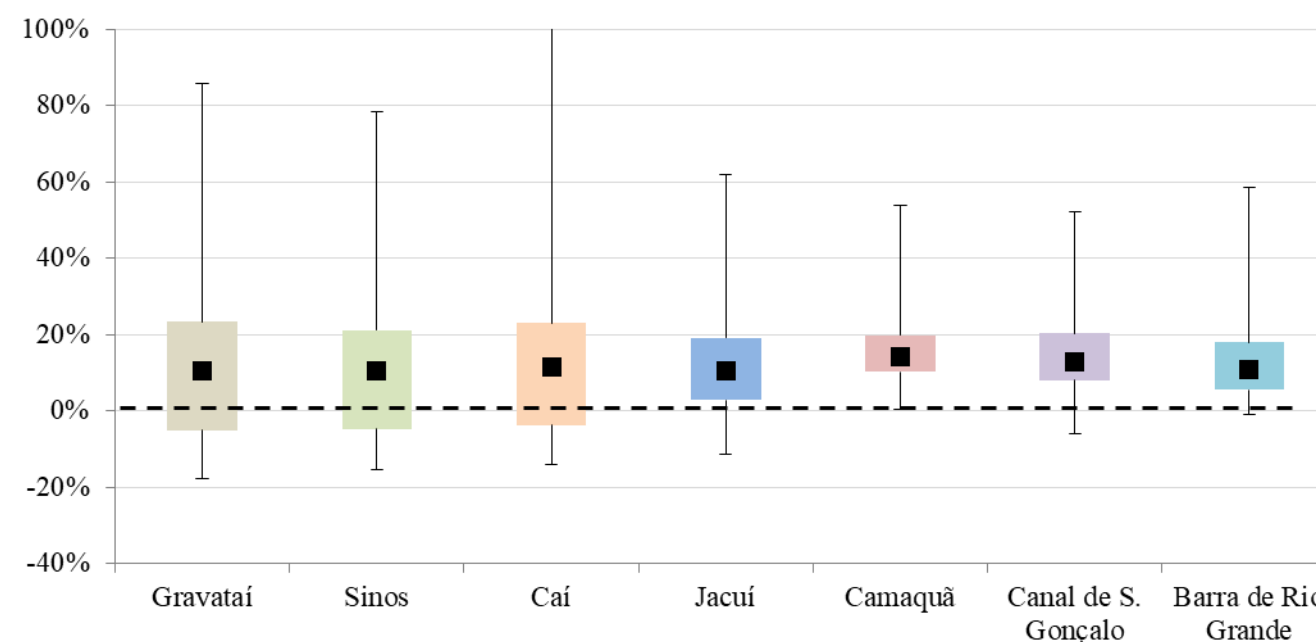
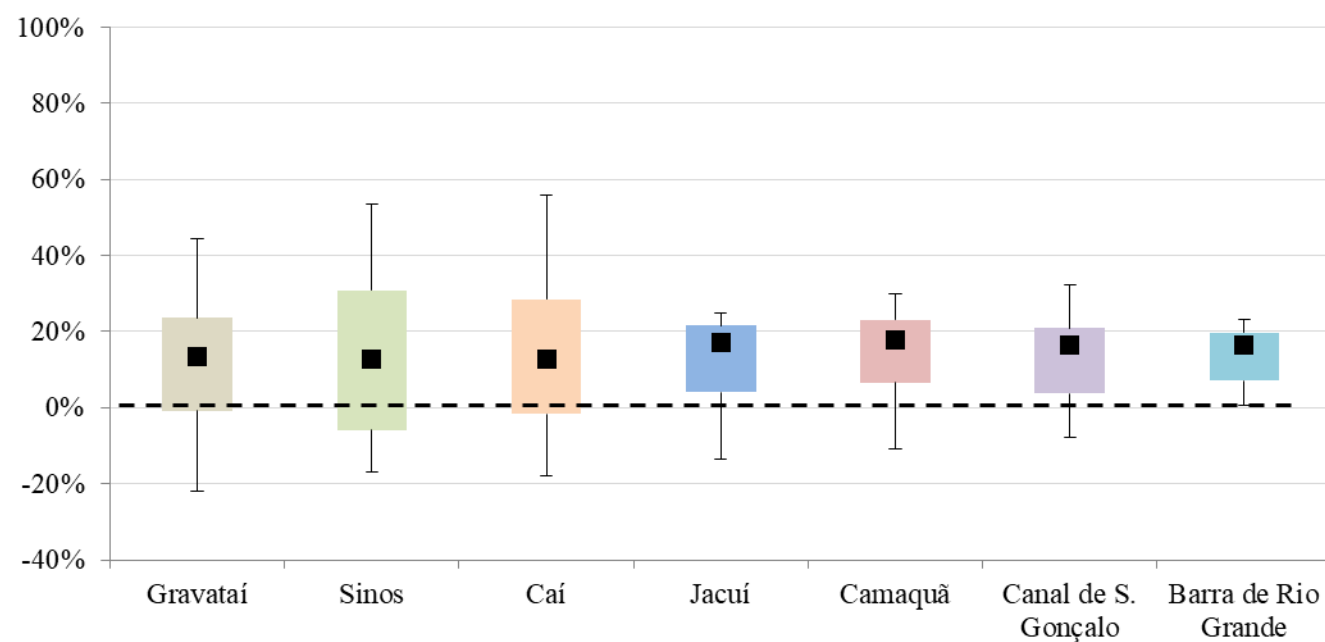


Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 5 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro próximo (2006-2035)

Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 5 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro distante (2051-2080)

Q TR 5 anos (2006-2035) - RCP 8.5



Q TR 5 anos (2051-2080) - RCP 8.5

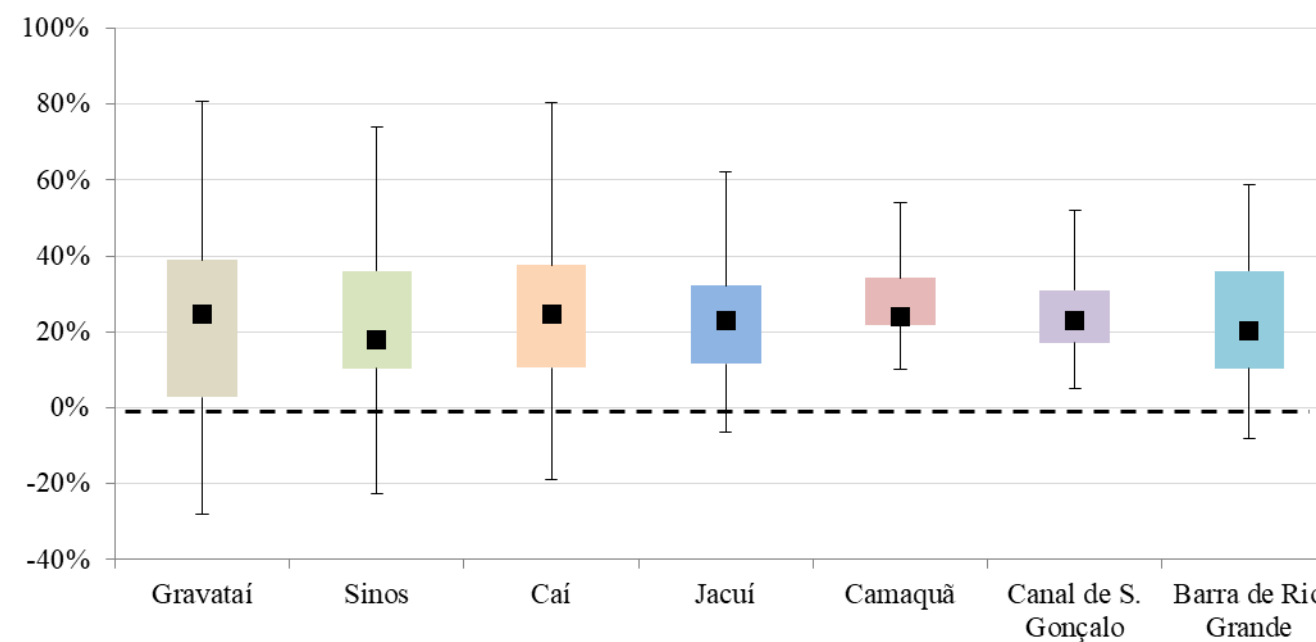


Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 5 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro próximo (2006-2035)

Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 5 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro distante (2051-2080)

9.3.3 Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 100 anos nos pontos de interesse

Q TR 100 anos (2006-2035) - RCP 2.6

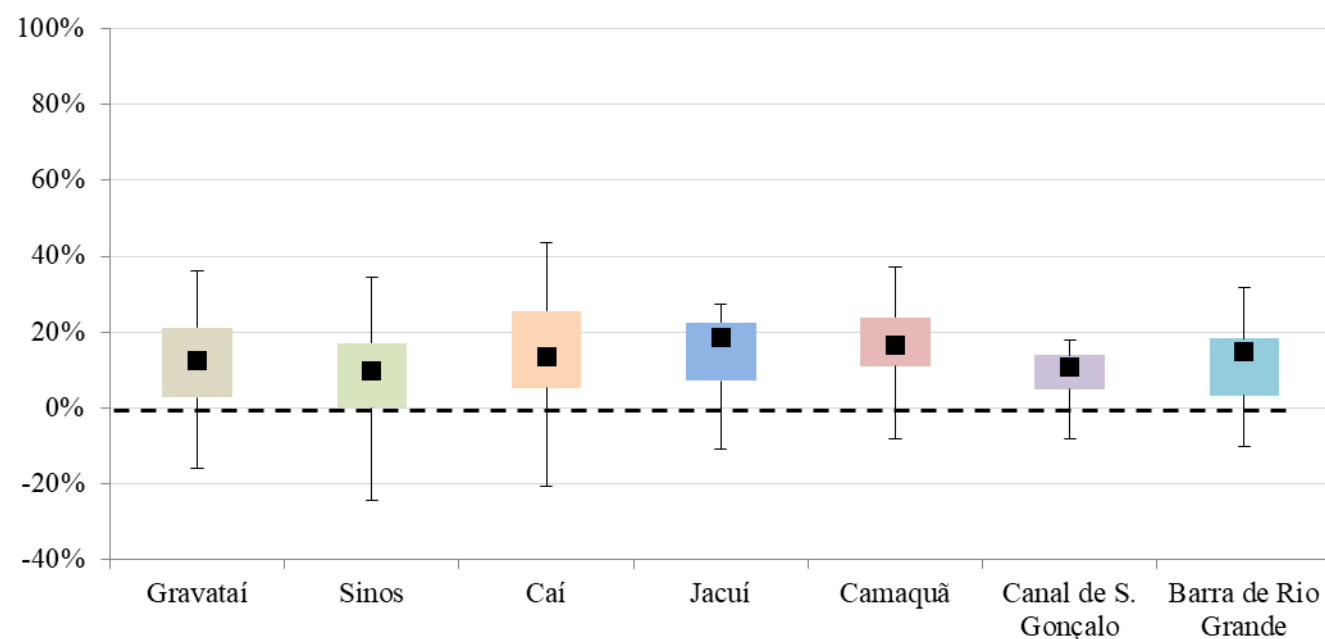


Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 100 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro próximo (2006-2035)

Q TR 100 anos (2051-2080) - RCP 2.6

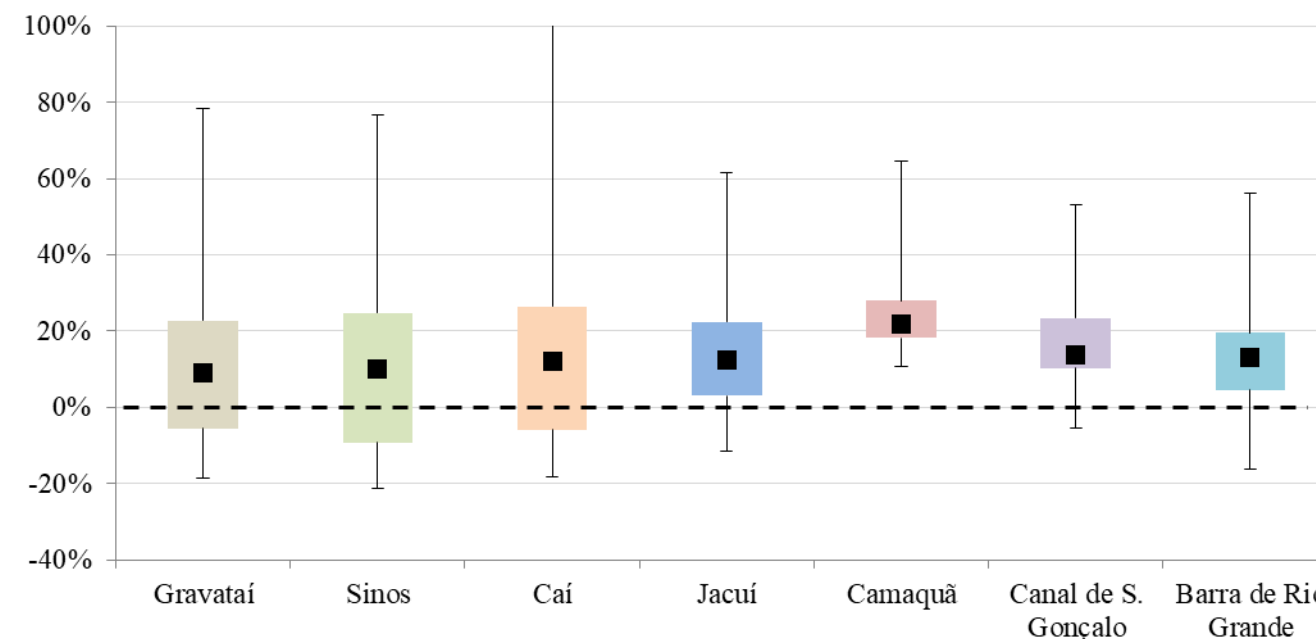


Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 100 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro distante (2051-2080)

Q TR 100 anos (2006-2035) - RCP 8.5

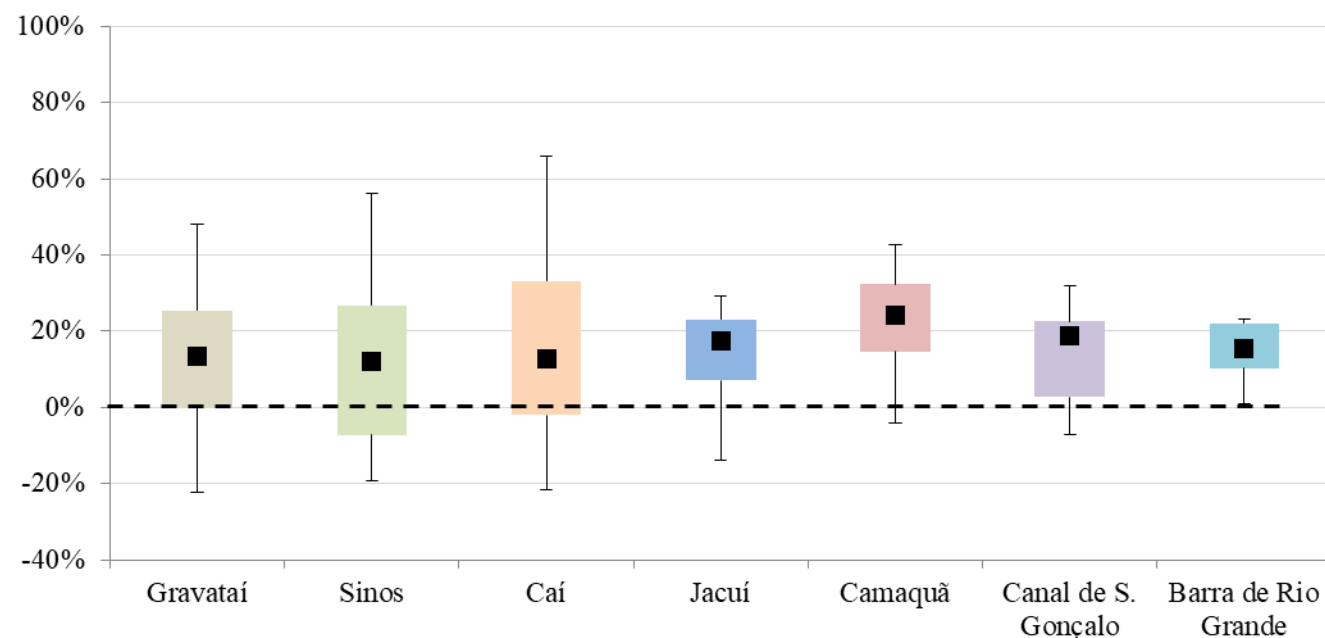


Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 100 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro próximo (2006-2035)

Q TR 100 anos (2051-2080) - RCP 8.5

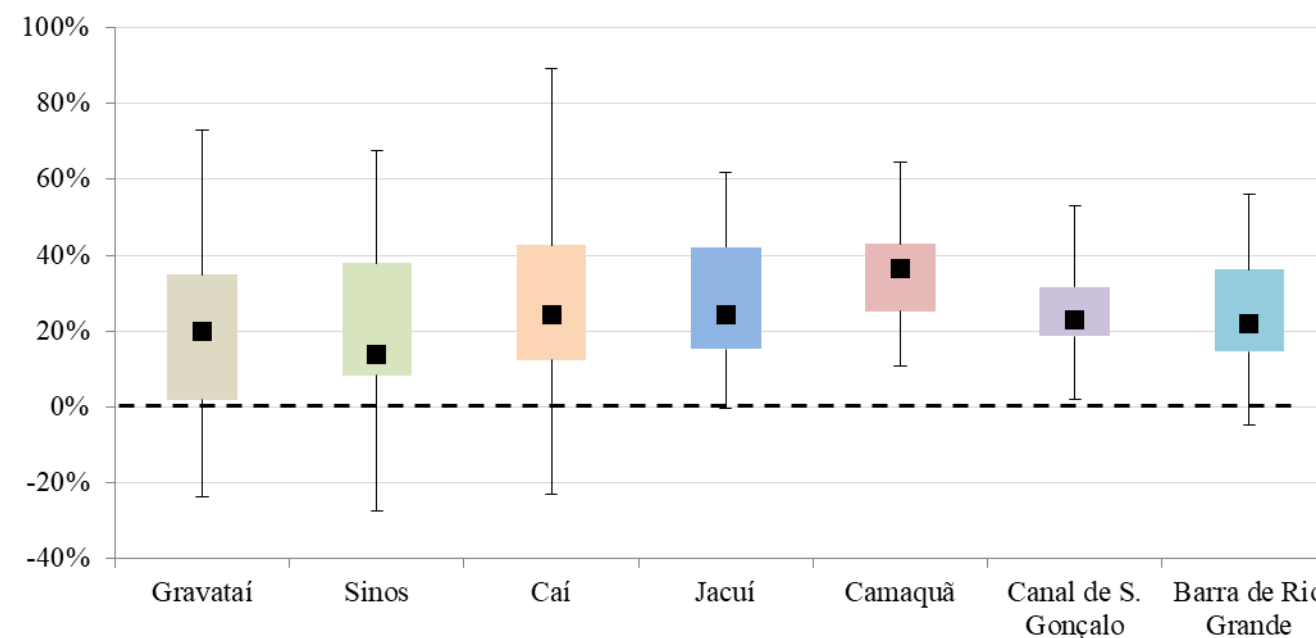
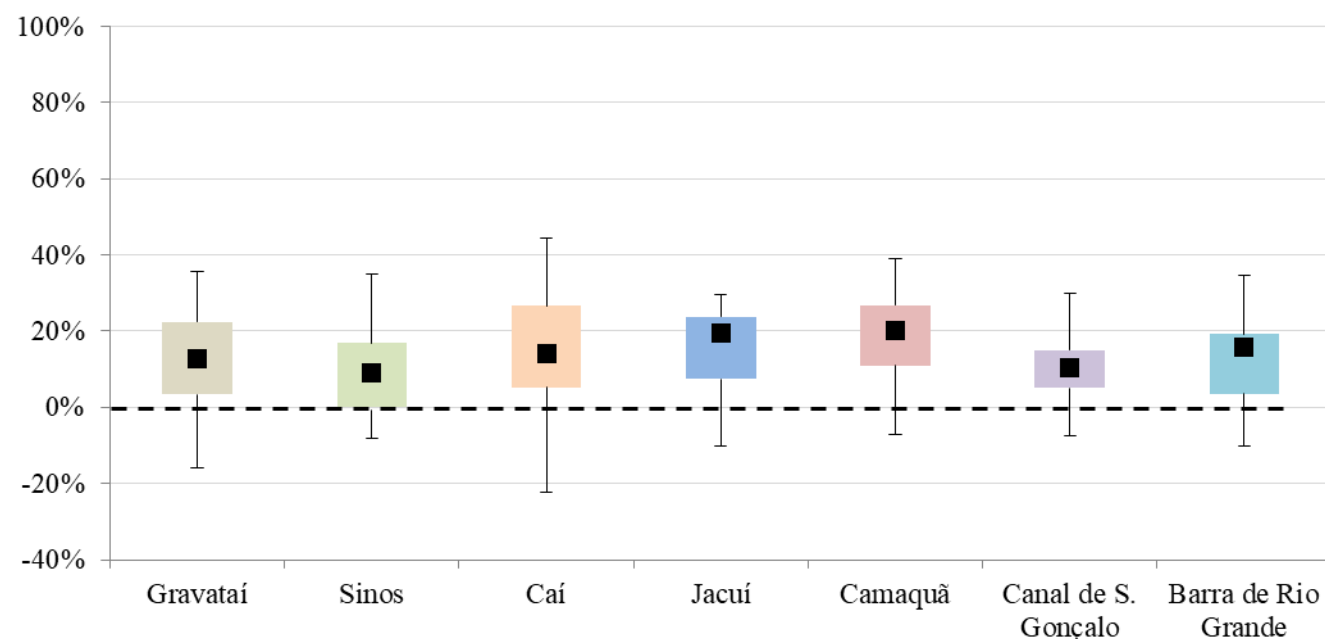


Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 100 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro distante (2051-2080)

9.3.4 Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 1000 anos nos pontos de interesse

Q TR 1000 anos (2006-2035) - RCP 2.6



Q TR 1000 anos (2051-2080) - RCP 2.6

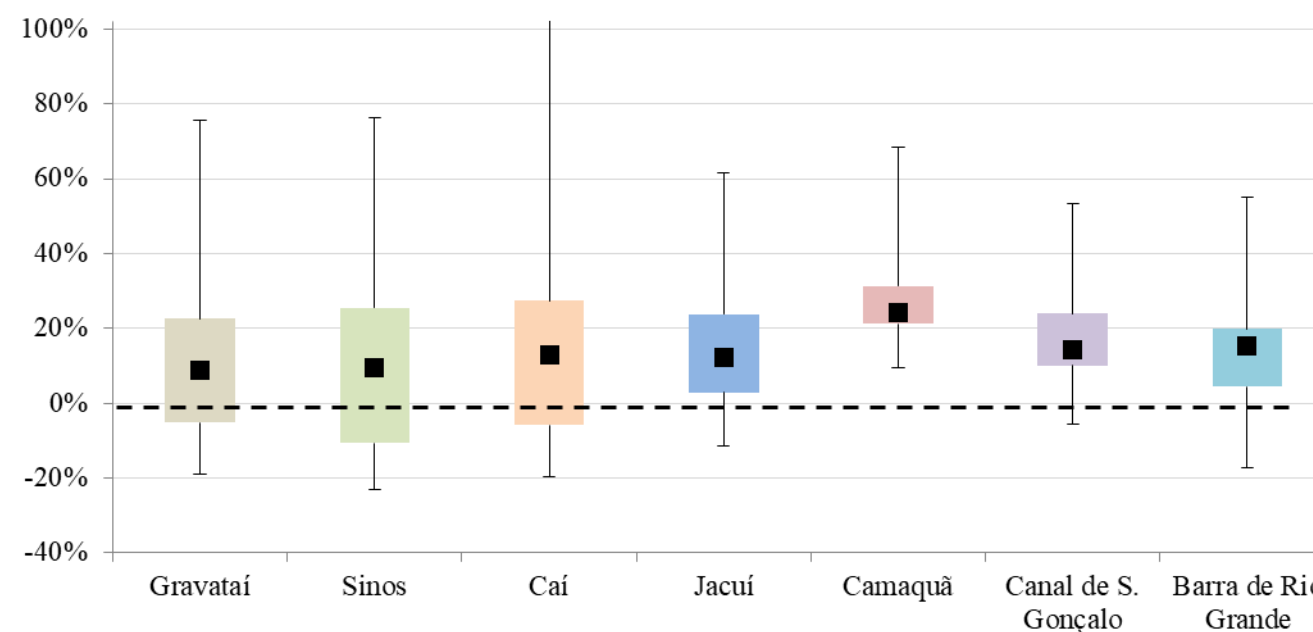
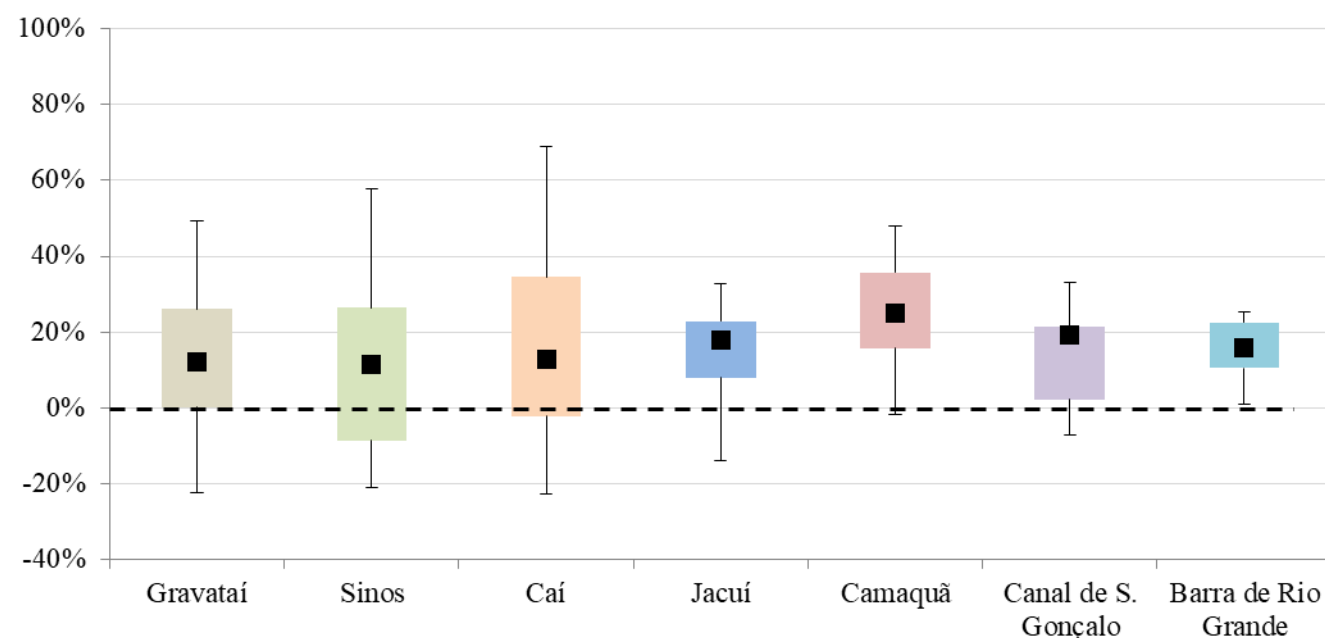


Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 1000 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro próximo (2006-2035)

Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 1000 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 2.6 (mitigação rigorosa) no período futuro distante (2051-2080)

Q TR 1000 anos (2006-2035) - RCP 8.5



Q TR 1000 anos (2051-2080) - RCP 8.5

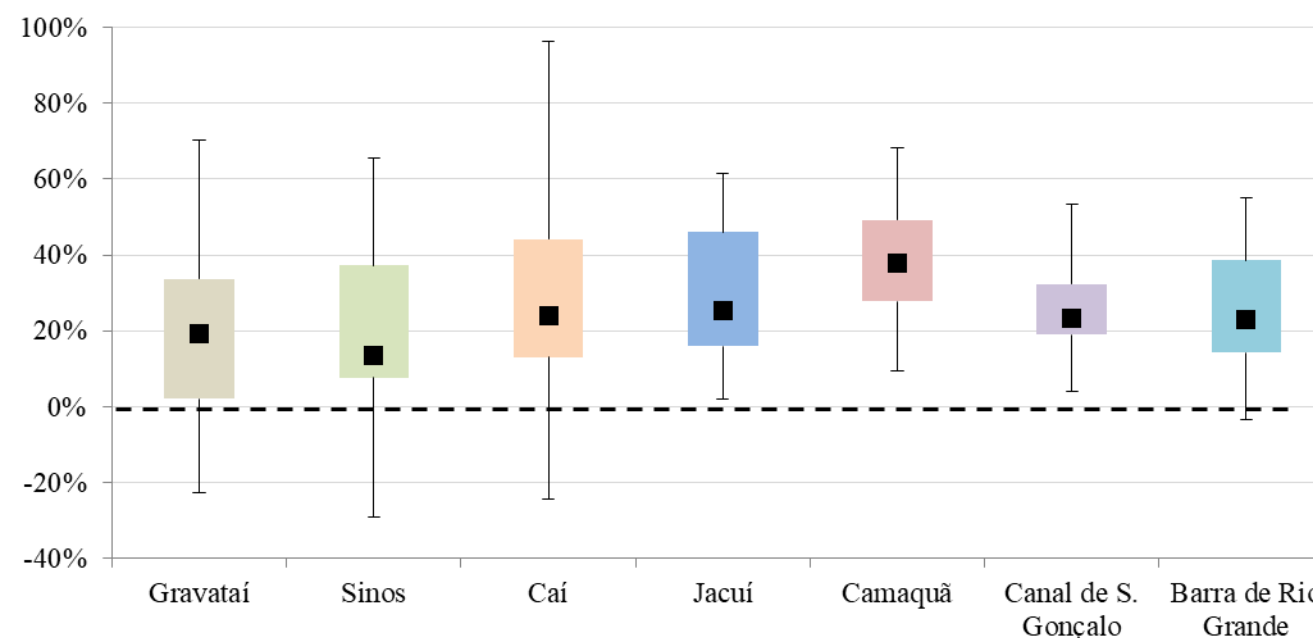


Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 1000 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro próximo (2006-2035)

Diagrama Box Plot para as variações de Q TR 1000 anos nos pontos de interesse para as simulações do cenário RCP 8.5 (altíssimas emissões) no período futuro distante (2051-2080)

9.4 Apêndice D

9.4.1 Chuvas médias anuais na Bacia Hidrográfica do rio Gravataí em cada simulação realizada

Chuva média anual (cenário de controle – 1961-1990): 1.414 mm

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média	
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035		2051-2080
bcc-csm1-1-m		1.539	1.530	1.538	1.681	1.572
bcc-csm1-1		1.512	1.550	1.587	1.646	1.574
BNU-ESM		1.493	1.510	1.534	1.626	1.540
CanESM2		1.397	1.404	1.366	1.521	1.422
CNRM-CM5		1.421	1.435	1.443	1.562	1.465
CSIRO-Mk3-6-0		1.490	1.519	1.456	1.505	1.492
GFDL-CM3		1.346	1.364	1.328	1.291	1.332
GFDL-ESM2G		1.371	1.360	1.395	1.267	1.348
GFDL-ESM2M		1.396	1.370	1.419	1.319	1.376
GISS-E2-H		1.479	1.490	1.565	1.806	1.585
GISS-E2-R		1.478	1.436	1.473	1.701	1.522
HadGEM2-AO		1.617	1.660	1.590	1.918	1.696
HadGEM2-ES		1.568	1.616	1.597	1.925	1.677
IPSL-CM5A-LR		1.497	1.518	1.499	1.489	1.501
IPSL-CM5A-MR		1.418	1.460	1.389	1.420	1.422
MIROC-ESM-CHEM		1.469	1.379	1.427	1.722	1.499
MIROC-ESM		1.421	1.444	1.441	1.516	1.455
MIROC5		1.565	1.620	1.565	1.728	1.619
MRI-CGCM3		1.568	1.616	1.656	1.821	1.665
NorESM1-M		1.463	1.492	1.411	1.524	1.472

9.4.2 Variações das chuvas médias anuais com relação ao cenário atual na Bacia Hidrográfica do rio Gravataí

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média	
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035		2051-2080
bcc-csm1-1-m		9%	8%	9%	19%	11%
bcc-csm1-1		7%	10%	12%	16%	11%
BNU-ESM		6%	7%	8%	15%	9%
CanESM2		-1%	-1%	-3%	8%	1%
CNRM-CM5		0%	1%	2%	10%	4%
CSIRO-Mk3-6-0		5%	7%	3%	6%	6%
GFDL-CM3		-5%	-4%	-6%	-9%	-6%
GFDL-ESM2G		-3%	-4%	-1%	-10%	-5%
GFDL-ESM2M		-1%	-3%	0%	-7%	-3%
GISS-E2-H		5%	5%	11%	28%	12%
GISS-E2-R		5%	2%	4%	20%	8%
HadGEM2-AO		14%	17%	12%	36%	20%
HadGEM2-ES		11%	14%	13%	36%	19%
IPSL-CM5A-LR		6%	7%	6%	5%	6%
IPSL-CM5A-MR		0%	3%	-2%	0%	1%
MIROC-ESM-CHEM		4%	-2%	1%	22%	6%
MIROC-ESM		0%	2%	2%	7%	3%
MIROC5		11%	15%	11%	22%	15%
MRI-CGCM3		11%	14%	17%	29%	18%
NorESM1-M		3%	6%	0%	8%	4%

9.4.3 Chuvas médias anuais na Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos em cada simulação realizada

Chuva média anual (cenário de controle – 1961-1990): 1.572 mm

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035	
bcc-csm1-1-m	1.711	1.703	1.712	1.869	1.749
bcc-csm1-1	1.680	1.722	1.757	1.823	1.746
BNU-ESM	1.657	1.675	1.704	1.802	1.709
CanESM2	1.555	1.566	1.522	1.693	1.584
CNRM-CM5	1.580	1.593	1.601	1.733	1.627
CSIRO-Mk3-6-0	1.673	1.688	1.617	1.718	1.674
GFDL-CM3	1.497	1.519	1.477	1.423	1.479
GFDL-ESM2G	1.530	1.520	1.559	1.417	1.507
GFDL-ESM2M	1.551	1.524	1.578	1.465	1.530
GISS-E2-H	1.665	1.660	1.755	2.074	1.788
GISS-E2-R	1.637	1.569	1.613	1.878	1.674
HadGEM2-AO	1.792	1.842	1.760	2.118	1.878
HadGEM2-ES	1.742	1.797	1.776	2.131	1.861
IPSL-CM5A-LR	1.689	1.703	1.667	1.700	1.690
IPSL-CM5A-MR	1.642	1.636	1.721	1.718	1.679
MIROC-ESM-CHEM	1.635	1.538	1.588	1.916	1.669
MIROC-ESM	1.580	1.609	1.605	1.693	1.622
MIROC5	1.738	1.798	1.738	1.917	1.798
MRI-CGCM3	1.743	1.796	1.838	2.022	1.850
NorESM1-M	1.624	1.658	1.566	1.690	1.635

9.4.4 Variações das chuvas médias anuais com relação ao cenário atual na Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035	
bcc-csm1-1-m	10%	9%	10%	21%	10%
bcc-csm1-1	8%	11%	13%	18%	8%
BNU-ESM	6%	7%	9%	16%	6%
CanESM2	-1%	0%	-4%	9%	-1%
CNRM-CM5	1%	1%	2%	11%	1%
CSIRO-Mk3-6-0	7%	8%	3%	10%	7%
GFDL-CM3	-5%	-4%	-7%	-11%	-5%
GFDL-ESM2G	-3%	-4%	-1%	-11%	-3%
GFDL-ESM2M	-2%	-3%	0%	-8%	-2%
GISS-E2-H	7%	6%	13%	36%	7%
GISS-E2-R	5%	0%	3%	22%	5%
HadGEM2-AO	16%	19%	13%	39%	16%
HadGEM2-ES	12%	16%	14%	40%	12%
IPSL-CM5A-LR	8%	9%	7%	9%	8%
IPSL-CM5A-MR	5%	4%	11%	10%	5%
MIROC-ESM-CHEM	4%	-2%	1%	24%	4%
MIROC-ESM	1%	3%	2%	9%	1%
MIROC5	12%	16%	12%	24%	12%
MRI-CGCM3	12%	16%	19%	32%	12%
NorESM1-M	4%	6%	0%	8%	4%

9.4.5 Chuvas médias anuais na Bacia Hidrográfica do rio Cai em cada simulação realizada

Chuva média anual (cenário de controle – 1961-1990): 1.625 mm

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035	
bcc-csm1-1-m	1.768	1.763	1.770	1.934	1.809
bcc-csm1-1	1.746	1.783	1.807	1.877	1.804
BNU-ESM	1.713	1.731	1.758	1.860	1.766
CanESM2	1.603	1.617	1.571	1.749	1.635
CNRM-CM5	1.627	1.629	1.619	1.742	1.654
CSIRO-Mk3-6-0	1.733	1.750	1.674	1.784	1.735
GFDL-CM3	1.546	1.569	1.527	1.466	1.527
GFDL-ESM2G	1.585	1.572	1.613	1.464	1.559
GFDL-ESM2M	1.607	1.578	1.637	1.517	1.585
GISS-E2-H	1.722	1.718	1.808	2.142	1.848
GISS-E2-R	1.691	1.625	1.670	1.937	1.731
HadGEM2-AO	1.879	1.913	1.863	2.270	1.981
HadGEM2-ES	1.815	1.874	1.860	2.239	1.947
IPSL-CM5A-LR	1.713	1.740	1.724	1.699	1.719
IPSL-CM5A-MR	1.685	1.662	1.775	1.733	1.714
MIROC-ESM-CHEM	1.689	1.592	1.644	1.974	1.725
MIROC-ESM	1.634	1.663	1.660	1.747	1.676
MIROC5	1.758	1.823	1.758	1.948	1.822
MRI-CGCM3	1.816	1.864	1.898	2.092	1.917
NorESM1-M	1.681	1.718	1.621	1.751	1.693

9.4.6 Variações das chuvas médias anuais com relação ao cenário atual na Bacia Hidrográfica do rio Cai

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035	
bcc-csm1-1-m	10%	10%	10%	22%	13%
bcc-csm1-1	9%	11%	13%	18%	13%
BNU-ESM	6%	7%	9%	17%	10%
CanESM2	-2%	-1%	-4%	9%	1%
CNRM-CM5	0%	0%	0%	8%	2%
CSIRO-Mk3-6-0	8%	9%	3%	11%	8%
GFDL-CM3	-6%	-4%	-7%	-11%	-7%
GFDL-ESM2G	-3%	-4%	-1%	-11%	-5%
GFDL-ESM2M	-1%	-3%	1%	-8%	-3%
GISS-E2-H	7%	7%	13%	37%	16%
GISS-E2-R	5%	0%	3%	22%	7%
HadGEM2-AO	18%	20%	17%	46%	25%
HadGEM2-ES	13%	18%	17%	43%	23%
IPSL-CM5A-LR	6%	8%	7%	5%	7%
IPSL-CM5A-MR	4%	3%	11%	8%	6%
MIROC-ESM-CHEM	5%	-2%	1%	25%	7%
MIROC-ESM	1%	3%	2%	9%	4%
MIROC5	9%	14%	9%	23%	14%
MRI-CGCM3	14%	17%	19%	33%	21%
NorESM1-M	4%	7%	0%	9%	5%

9.4.7 Chuvas médias anuais na Bacia Hidrográfica do rio Jacuí em cada simulação realizada

Chuva média anual (cenário de controle – 1961-1990): 1.583 mm

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035	
bcc-csm1-1-m	1.719	1.701	1.692	1.874	1.747
bcc-csm1-1	1.723	1.760	1.753	1.834	1.768
BNU-ESM	1.692	1.677	1.748	1.833	1.737
CanESM2	1.505	1.477	1.483	1.617	1.520
CNRM-CM5	1.585	1.578	1.591	1.696	1.613
CSIRO-Mk3-6-0	1.584	1.637	1.568	1.623	1.603
GFDL-CM3	1.459	1.470	1.445	1.373	1.437
GFDL-ESM2G	1.538	1.525	1.570	1.403	1.509
GFDL-ESM2M	1.587	1.553	1.586	1.488	1.554
GISS-E2-H	1.694	1.645	1.774	2.020	1.783
GISS-E2-R	1.691	1.628	1.699	1.941	1.740
HadGEM2-AO	1.824	1.833	1.780	2.131	1.892
HadGEM2-ES	1.801	1.845	1.813	2.179	1.909
IPSL-CM5A-LR	1.665	1.686	1.679	1.655	1.671
IPSL-CM5A-MR	1.625	1.602	1.699	1.651	1.644
MIROC-ESM-CHEM	1.620	1.547	1.567	1.852	1.646
MIROC-ESM	1.588	1.598	1.634	1.711	1.633
MIROC5	1.695	1.741	1.722	1.873	1.758
MRI-CGCM3	1.804	1.827	1.819	2.073	1.881
NorESM1-M	1.639	1.678	1.582	1.709	1.652

9.4.8 Variações das chuvas médias anuais com relação ao cenário atual na Bacia Hidrográfica do rio Jacuí

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035	
bcc-csm1-1-m	10%	8%	8%	21%	12%
bcc-csm1-1	10%	13%	12%	18%	13%
BNU-ESM	8%	7%	12%	18%	11%
CanESM2	-6%	-8%	-7%	2%	-4%
CNRM-CM5	0%	0%	1%	8%	2%
CSIRO-Mk3-6-0	0%	4%	-1%	3%	1%
GFDL-CM3	-9%	-8%	-10%	-15%	-10%
GFDL-ESM2G	-3%	-4%	-1%	-13%	-5%
GFDL-ESM2M	0%	-2%	0%	-7%	-2%
GISS-E2-H	8%	4%	14%	31%	14%
GISS-E2-R	8%	3%	8%	25%	11%
HadGEM2-AO	17%	18%	14%	39%	22%
HadGEM2-ES	15%	19%	16%	42%	23%
IPSL-CM5A-LR	6%	7%	7%	5%	6%
IPSL-CM5A-MR	3%	1%	8%	5%	4%
MIROC-ESM-CHEM	3%	-3%	-1%	19%	4%
MIROC-ESM	0%	1%	4%	9%	4%
MIROC5	8%	11%	10%	20%	12%
MRI-CGCM3	16%	17%	17%	35%	21%
NorESM1-M	4%	7%	0%	9%	5%

9.4.9 Chuvas médias anuais na Bacia Hidrográfica do rio Camaquã em cada simulação realizada

Chuva média anual (cenário de controle – 1961-1990): 1.434 mm

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035	
bcc-csm1-1-m	1.514	1.532	1.484	1.612	1.536
bcc-csm1-1	1.532	1.568	1.611	1.631	1.585
BNU-ESM	1.522	1.470	1.590	1.713	1.574
CanESM2	1.436	1.437	1.449	1.616	1.485
CNRM-CM5	1.466	1.480	1.564	1.627	1.534
CSIRO-Mk3-6-0	1.362	1.460	1.364	1.409	1.399
GFDL-CM3	1.339	1.352	1.323	1.307	1.330
GFDL-ESM2G	1.480	1.514	1.520	1.428	1.485
GFDL-ESM2M	1.445	1.399	1.394	1.426	1.416
GISS-E2-H	1.476	1.476	1.549	1.703	1.551
GISS-E2-R	1.556	1.534	1.623	1.807	1.630
HadGEM2-AO	1.556	1.657	1.544	1.823	1.645
HadGEM2-ES	1.626	1.650	1.636	1.912	1.706
IPSL-CM5A-LR	1.461	1.465	1.524	1.522	1.493
IPSL-CM5A-MR	1.513	1.499	1.520	1.604	1.534
MIROC-ESM-CHEM	1.476	1.435	1.441	1.650	1.500
MIROC-ESM	1.411	1.387	1.445	1.566	1.452
MIROC5	1.531	1.569	1.612	1.660	1.593
MRI-CGCM3	1.669	1.690	1.652	1.875	1.721
NorESM1-M	1.463	1.545	1.432	1.567	1.502

9.4.10 Variações das chuvas médias anuais com relação ao cenário atual na Bacia Hidrográfica do rio Camaquã

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035	
bcc-csm1-1-m	6%	7%	4%	13%	7%
bcc-csm1-1	7%	9%	13%	14%	11%
BNU-ESM	6%	3%	11%	20%	10%
CanESM2	0%	0%	1%	13%	4%
CNRM-CM5	2%	3%	9%	14%	7%
CSIRO-Mk3-6-0	-5%	2%	-5%	-2%	-2%
GFDL-CM3	-7%	-6%	-8%	-9%	-7%
GFDL-ESM2G	3%	6%	6%	0%	4%
GFDL-ESM2M	1%	-2%	-3%	-1%	-1%
GISS-E2-H	3%	3%	8%	19%	8%
GISS-E2-R	9%	7%	13%	26%	14%
HadGEM2-AO	9%	16%	8%	27%	15%
HadGEM2-ES	14%	15%	14%	34%	19%
IPSL-CM5A-LR	2%	2%	6%	6%	4%
IPSL-CM5A-MR	6%	5%	6%	12%	7%
MIROC-ESM-CHEM	3%	0%	1%	15%	5%
MIROC-ESM	-2%	-3%	1%	9%	1%
MIROC5	7%	10%	13%	16%	11%
MRI-CGCM3	17%	18%	15%	31%	20%
NorESM1-M	2%	8%	0%	9%	5%

9.4.11 Chuvas médias anuais na Bacia Hidrográfica do canal de São Gonçalo em cada simulação realizada

Chuva média anual (cenário de controle – 1961-1990): 1.285 mm

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média	
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035		2051-2080
bcc-csm1-1-m		1.335	1.349	1.317	1.413	1.354
bcc-csm1-1		1.401	1.462	1.526	1.576	1.491
BNU-ESM		1.346	1.288	1.427	1.508	1.392
CanESM2		1.296	1.293	1.306	1.438	1.333
CNRM-CM5		1.348	1.390	1.422	1.465	1.406
CSIRO-Mk3-6-0		1.196	1.286	1.206	1.235	1.231
GFDL-CM3		1.244	1.240	1.240	1.236	1.240
GFDL-ESM2G		1.424	1.426	1.428	1.422	1.425
GFDL-ESM2M		1.317	1.332	1.278	1.356	1.321
GISS-E2-H		1.280	1.300	1.376	1.461	1.354
GISS-E2-R		1.415	1.401	1.507	1.612	1.484
HadGEM2-AO		1.393	1.504	1.387	1.586	1.467
HadGEM2-ES		1.477	1.511	1.497	1.639	1.531
IPSL-CM5A-LR		1.356	1.329	1.372	1.366	1.356
IPSL-CM5A-MR		1.414	1.410	1.413	1.475	1.428
MIROC-ESM-CHEM		1.326	1.305	1.298	1.455	1.346
MIROC-ESM		1.265	1.231	1.287	1.387	1.292
MIROC5		1.326	1.359	1.388	1.383	1.364
MRI-CGCM3		1.423	1.428	1.400	1.515	1.442
NorESM1-M		1.336	1.373	1.291	1.410	1.352

9.4.12 Variações das chuvas médias anuais com relação ao cenário atual na Bacia Hidrográfica do canal de São Gonçalo

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média	
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035		2051-2080
bcc-csm1-1-m		4%	5%	2%	9%	5%
bcc-csm1-1		8%	13%	17%	21%	15%
BNU-ESM		4%	0%	10%	16%	8%
CanESM2		1%	1%	1%	11%	3%
CNRM-CM5		4%	7%	10%	13%	9%
CSIRO-Mk3-6-0		-6%	0%	-6%	-4%	-4%
GFDL-CM3		-3%	-3%	-3%	-3%	-3%
GFDL-ESM2G		10%	10%	10%	10%	10%
GFDL-ESM2M		2%	3%	0%	5%	3%
GISS-E2-H		0%	1%	6%	12%	5%
GISS-E2-R		9%	8%	16%	23%	14%
HadGEM2-AO		8%	15%	7%	21%	13%
HadGEM2-ES		14%	16%	15%	25%	17%
IPSL-CM5A-LR		5%	3%	6%	6%	5%
IPSL-CM5A-MR		9%	9%	9%	13%	10%
MIROC-ESM-CHEM		3%	1%	1%	12%	4%
MIROC-ESM		-1%	-4%	0%	7%	1%
MIROC5		3%	5%	7%	7%	6%
MRI-CGCM3		10%	10%	8%	16%	11%
NorESM1-M		4%	6%	0%	9%	5%

9.4.13 Chuvas médias anuais na Bacia Hidrográfica da Laguna dos Patos, na Barra de Rio Grande, em cada simulação realizada

Chuva média anual (cenário de controle – 1961-1990): 1.285 mm

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035	
bcc-csm1-1-m	1.535	1.535	1.513	1.652	1.559
bcc-csm1-1	1.558	1.603	1.633	1.691	1.621
BNU-ESM	1.525	1.498	1.589	1.684	1.574
CanESM2	1.412	1.402	1.406	1.550	1.442
CNRM-CM5	1.466	1.481	1.512	1.590	1.512
CSIRO-Mk3-6-0	1.408	1.477	1.401	1.446	1.433
GFDL-CM3	1.353	1.361	1.342	1.307	1.341
GFDL-ESM2G	1.474	1.473	1.496	1.402	1.461
GFDL-ESM2M	1.449	1.430	1.430	1.413	1.431
GISS-E2-H	1.493	1.483	1.579	1.753	1.577
GISS-E2-R	1.550	1.513	1.593	1.778	1.609
HadGEM2-AO	1.611	1.673	1.586	1.871	1.685
HadGEM2-ES	1.636	1.674	1.652	1.922	1.721
IPSL-CM5A-LR	1.507	1.509	1.529	1.518	1.515
IPSL-CM5A-MR	1.516	1.505	1.548	1.566	1.534
MIROC-ESM-CHEM	1.478	1.426	1.439	1.667	1.503
MIROC-ESM	1.429	1.422	1.462	1.553	1.467
MIROC5	1.527	1.568	1.572	1.654	1.580
MRI-CGCM3	1.630	1.648	1.632	1.824	1.683
NorESM1-M	1.487	1.534	1.440	1.565	1.506

9.4.14 Variações das chuvas médias anuais com relação ao cenário atual na Bacia Hidrográfica da Laguna dos Patos, na Barra de Rio Grande

RCP	2.6 (Mitigação rigorosa de emissões de GEE)		8.5 (Altíssimas emissões de GEE)		Média
	Período	2006-2035	2051-2080	2006-2035	
bcc-csm1-1-m	7%	7%	5%	15%	9%
bcc-csm1-1	8%	12%	14%	18%	13%
BNU-ESM	6%	4%	11%	17%	10%
CanESM2	-2%	-3%	-2%	8%	0%
CNRM-CM5	2%	3%	5%	11%	5%
CSIRO-Mk3-6-0	-2%	3%	-3%	1%	0%
GFDL-CM3	-6%	-5%	-7%	-9%	-7%
GFDL-ESM2G	3%	2%	4%	-3%	2%
GFDL-ESM2M	1%	-1%	-1%	-2%	-1%
GISS-E2-H	4%	3%	10%	22%	10%
GISS-E2-R	8%	5%	11%	24%	12%
HadGEM2-AO	12%	17%	10%	31%	17%
HadGEM2-ES	14%	17%	15%	34%	20%
IPSL-CM5A-LR	5%	5%	6%	6%	5%
IPSL-CM5A-MR	5%	5%	8%	9%	7%
MIROC-ESM-CHEM	3%	-1%	0%	16%	5%
MIROC-ESM	-1%	-1%	2%	8%	2%
MIROC5	6%	9%	9%	15%	10%
MRI-CGCM3	14%	15%	14%	27%	17%
NorESM1-M	3%	7%	0%	9%	5%

9.5 Apêndice E