

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável  
Fundação Estadual do Meio Ambiente  
Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas

# Avaliação de Impactos de Mudanças Climáticas sobre a Economia Mineira

Relatório Resumo



© 2011 Fundação Estadual do Meio Ambiente

**Governo do Estado de Minas Gerais**

Antônio Augusto Anastasia - Governador

**Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sisema**

**Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - Semad**

Adriano Magalhães Chaves - Secretário

**Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam**

José Cláudio Junqueira Ribeiro - Presidente

**Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento - DPED**

Laura Maria Jaques Leroy - Diretora

**Gerencia de Energia e Mudanças Climáticas - GEMUC**

Felipe Santos de Miranda Nunes – Gerente

Ficha catalográfica elaborada pelo Núcleo de Documentação Ambiental

F981a Fundação Estadual do Meio Ambiente.

Avaliação de impactos de mudanças climáticas sobre a economia  
mineira: relatório resumo. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio  
Ambiente, 2011.

46p. : il.

1. Mudanças climáticas. 2. Economia – Minas Gerais.

I. Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas.

## **ELABORAÇÃO**

**Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – Fipe**

**Universidade de São Paulo - USP**

Equipe Principal:

Eduardo Amaral Haddad (Coordenador Geral)

Edson Paulo Domingues

José Gustavo Feres

Consultores:

Carlos Roberto Azzoni

Fernando Salgueiro Perobelli

**Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam**

Coordenação Geral: Laura Maria Jacques Leroy

Coordenação Técnica: Felipe Santos de Miranda Nunes

Estagiária: Juliana Leroy Davis

Normalização bibliográfica: Núcleo de Documentação Ambiental

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. METODOLOGIA	7
3. PREVISÕES DO MODELO CLIMATOLÓGICO	10
4. IMPACTOS DAS MCG NO USO DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA	19
5. IMPACTOS DAS MCG NA EVOLUÇÃO DAS INTENSIDADES ENERGÉTICAS SETORIAIS	26
6. IMPACTOS ECONÔMICOS	27
7. SÍNTESE	35
8. DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS	39
9. REFERÊNCIAS	43

## 1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta um resumo dos resultados de uma avaliação dos impactos econômicos das Mudanças Climáticas Globais (MCG) no Estado de Minas Gerais. Analisa o rebatimento espacial dos impactos das MCG sobre o território do Estado, considerando-se suas microrregiões homogêneas e suas Regiões de Planejamento. Em termos metodológicos, articula as projeções de alterações climáticas a modelos socioeconômicos, de forma que uma análise integrada dos impactos econômicos desses fenômenos possa ser efetuada. Este estudo se insere em um estudo mais amplo (Estudo Econômico das Mudanças Climáticas do Brasil – EMCB), que identificou as principais vulnerabilidades da economia brasileira às MCG e analisou o grau de influência do aquecimento global na agenda de desenvolvimento do Brasil.

O principal objetivo do trabalho é avaliar os impactos causados por MCG, manifestadas em mudanças de temperatura e pluviosidade, sobre a economia mineira. Identifica os prováveis impactos de diferentes cenários da mudança do clima em Minas Gerais, avaliando suas prováveis repercussões econômicas e regionais no Estado.

Assim, o resultado é um quadro geral do futuro da economia mineira consistente com as premissas utilizadas pelo IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*<sup>1</sup> –, detalhado para setores e regiões. São gerados cenários de referência, ou tendenciais, elaborados sem MCG (SMCG), e cenários com MCG (CMCG), incorporando os efeitos das MCG nos setores agricultura, pecuária e energia, para a avaliação comparativa dos impactos.

É importante enfatizar que os cenários delineados partiram das mesmas premissas adotadas no estudo nacional (EMCB). As trajetórias climáticas do IPCC baseiam-se em hipóteses sobre o comportamento futuro da economia global. Este estudo simula o comportamento futuro da economia mineira em compatibilidade, na medida do possível, com as mesmas hipóteses do IPCC para a economia global.

Foram gerados dois cenários: A2-BR, alinhado com o cenário climático A2 do IPCC, e B2-BR, alinhado com o cenário climático B2 do IPCC. Em ambos, foram feitas simulações, inicialmente sem mudança do clima e, posteriormente, com mudança do clima. Tais cenários representam

---

<sup>1</sup><http://www.ipcc.ch/>

trajetórias futuras da economia brasileira e da economia mineira caso o mundo se desenvolva globalmente segundo as premissas econômicas dos respectivos cenários do IPCC.<sup>2</sup> Em termos simplificados, o cenário A2 prevê pouca preocupação com as mudanças climáticas, podendo ser caracterizado como um cenário tendencial “business as usual”; já o cenário B2 introduz uma preocupação maior das sociedades com os problemas climáticos, com as consequentes mudanças de atitudes e comportamentos com respeito ao problema.

---

<sup>2</sup>Para mais detalhes, ver relatório do estudo EMCB, The Economics of Climate Change in Brazil: Costs and Opportunities; Sergio Margulis, Carolina Burle Schmidt Dubeux and Jacques Marcovitch (coordinators), São Paulo: FEA/USP, 2011, 84 p, disponível em <http://www.usp.br/nereus/?p=1664>.

## 2. METODOLOGIA

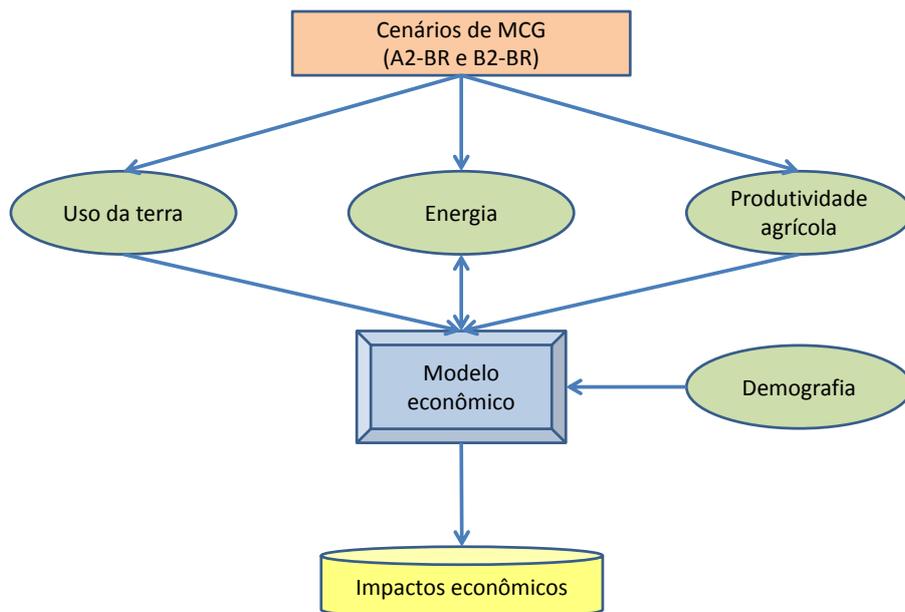
Este estudo apresenta uma síntese econômica sistêmica inédita em termos de impactos espacializados de MCG em trajetórias temporais explícitas para a economia mineira. Utilizando-se uma integração sequencial (em alguns casos semi-interativas) com outros modelos, garante-se a consistência intertemporal dos resultados em seus vários níveis de agregação. O núcleo central da modelagem utilizada é um modelo econômico capaz de lidar de maneira consistente com a integração com outros modelos, notadamente modelos de demanda e oferta de energia, de uso da terra e de produtividade agrícola, que por sua vez são integrados a modelos climáticos.

A Figura 1 destaca os principais canais de integração entre os cenários de mudanças climáticas e o modelo econômico dentro do arcabouço geral do estudo. Os efeitos físicos traduzem-se em efeitos econômicos através dos resultados dos modelos de agricultura, uso da terra e energia. Estes, por sua vez, utilizam resultados de outros modelos intermediários. O modelo econômico utiliza também projeções populacionais baseadas em modelos demográficos.

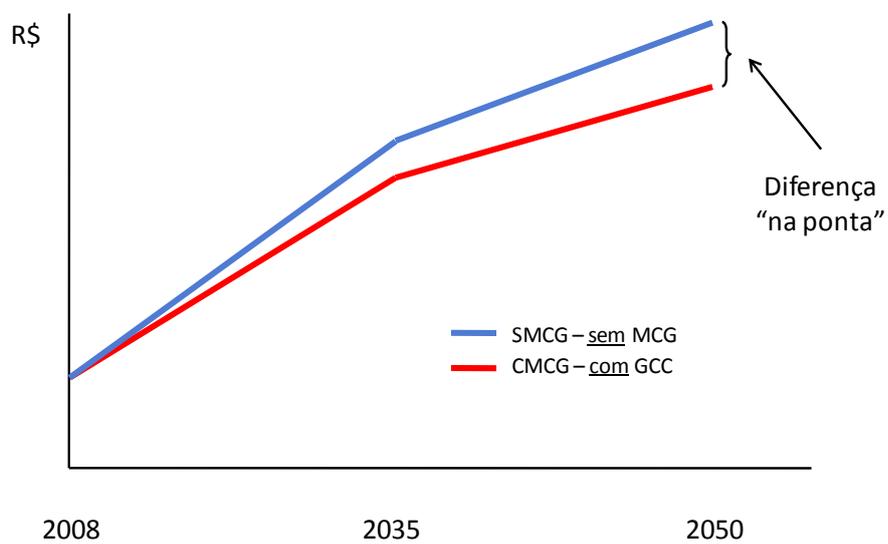
### ***Mensuração dos custos***

Uma forma de avaliar os impactos de MCG sobre a economia mineira é verificar a diferença entre os cenários SMCG e CMCG de uma variável de atividade econômica (e.g PIB) ou bem-estar (e.g. consumo das famílias) em um ponto futuro. Os números devem ser lidos como o desvio da atividade na região, relativamente a um cenário de ausência de mudanças climáticas (Figura 2).

Alternativamente, podem-se utilizar os resultados das simulações para projetar o fluxo marginal de geração de riquezas na economia, no período 2008-2050. Trazendo a valor presente todas as diferenças de PIB até 2050, tem-se uma noção dos custos das MCG sob um enfoque de perdas na produção. Calcula-se então o valor presente (VP) dos fluxos marginais do PIB real, ao longo do período 2008-2050, sob um leque de taxas de desconto, de modo que os valores utilizados se refiram aos efeitos das simulações de MCG, em R\$ milhões de 2008 (Figura 3).



**Figura 1. Modelagem dos impactos das MCG sobre a economia mineira**



**Figura 2. Custo "na ponta" de MCG**

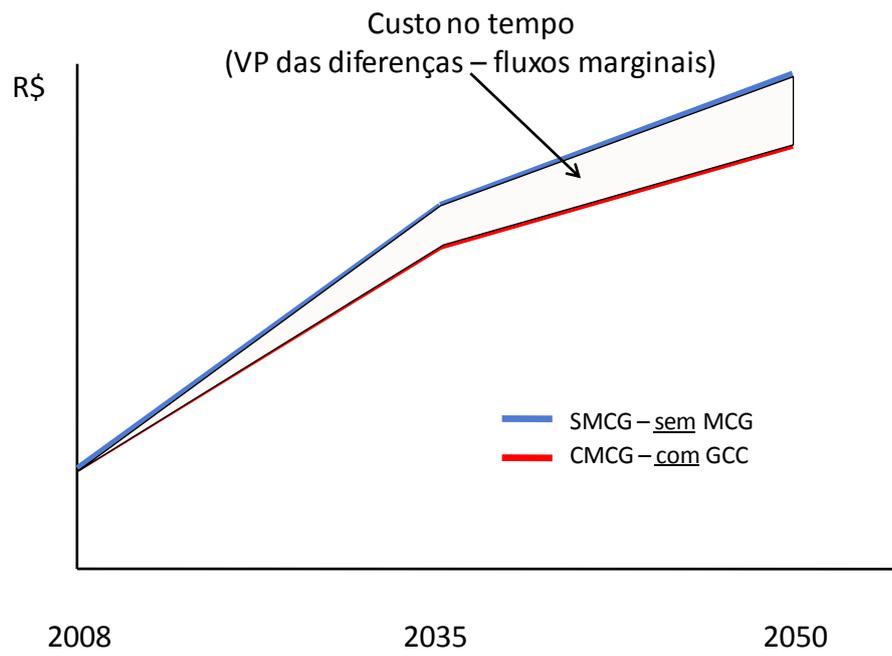


Figura 3. Custo cumulativo de MCG

### 3. PREVISÕES DO MODELO CLIMATOLÓGICO

Esta seção apresenta as projeções do modelo climatológico regional PRECIS– *Providing Regional Climates for Impacts Studies*<sup>3</sup> – para as microrregiões de Minas Gerais nos cenários de emissões A2-BR e B2-BR, expressas em diferenças de temperatura e precipitação em relação ao clima atual.

De maneira geral, o modelo prevê para o final do século um clima mais quente para todo o Estado de Minas Gerais. Segundo as projeções do cenário B2-BR, os aumentos de temperatura se situariam entre 2°C e 4°C, variando conforme a região do Estado e a estação do ano. Já o cenário A2-BR projeta aumentos de temperatura ainda mais significativos, com variações médias entre 3°C e 5°C, sendo maiores nas regiões do Jequitinhonha, Norte de Minas, Noroeste de Minas, Triângulo Mineiro e Alto Parnaíba.

As variações de temperatura média para as microrregiões estaduais, em 2080, são mostradas nas Figuras 4 a 7, para o cenário A2-BR e 12 a 15, para o cenário B2-BR.

A variação na precipitação apresentaria tendências bastante heterogêneas segundo a região considerada. As projeções do modelo A2-BR apresentam variações mais acentuadas nos regimes de chuvas do que as projeções do modelo B2-BR. De maneira geral, nos dois cenários preveem-se reduções de chuvas nas regiões Norte de Minas, Jequitinhonha e Vale do Mucuri. Por outro lado, os modelos projetam um aumento de precipitação na parte central e no sul do Estado. Esse perfil é mais nítido para os trimestres setembro-novembro e março-maio, épocas importantes no ciclo agrícola.

As variações de precipitação média para as microrregiões estaduais, em 2080, são mostradas nas Figuras 8 a 11, para o cenário A2-BR, e 16 a 19, para o cenário B2-BR.

---

<sup>3</sup>Met Office Hadley Centre (<http://www.metoffice.gov.uk/precis/>)

### Variações de temperatura média

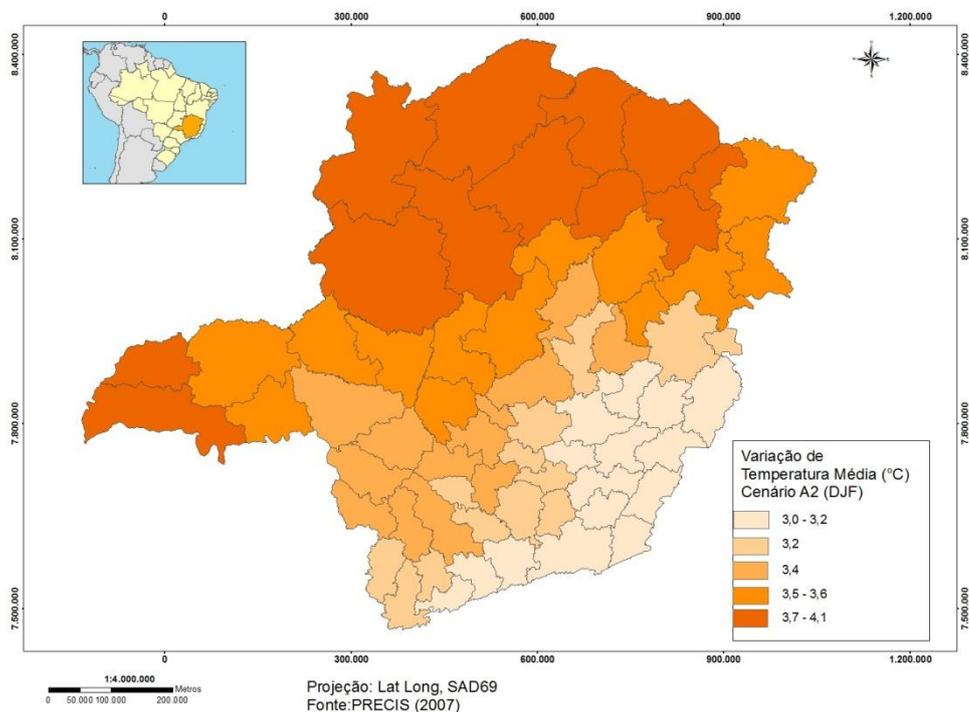


Figura 4: Variações de temperatura média para o trimestre dezembro-fevereiro em 2080 segundo o Cenário A2-BR

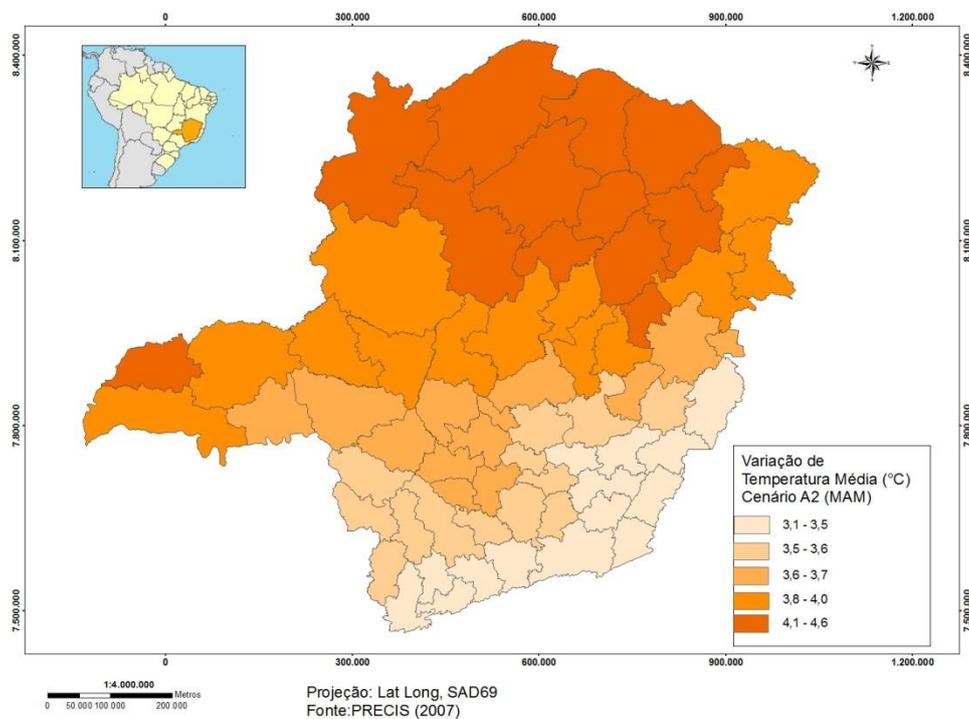
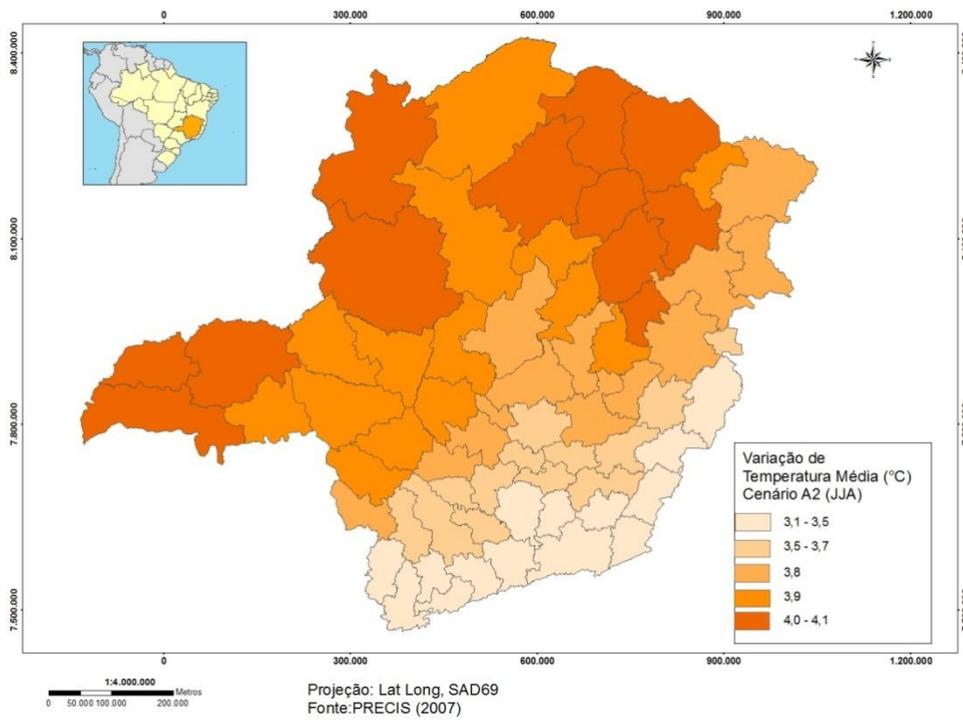
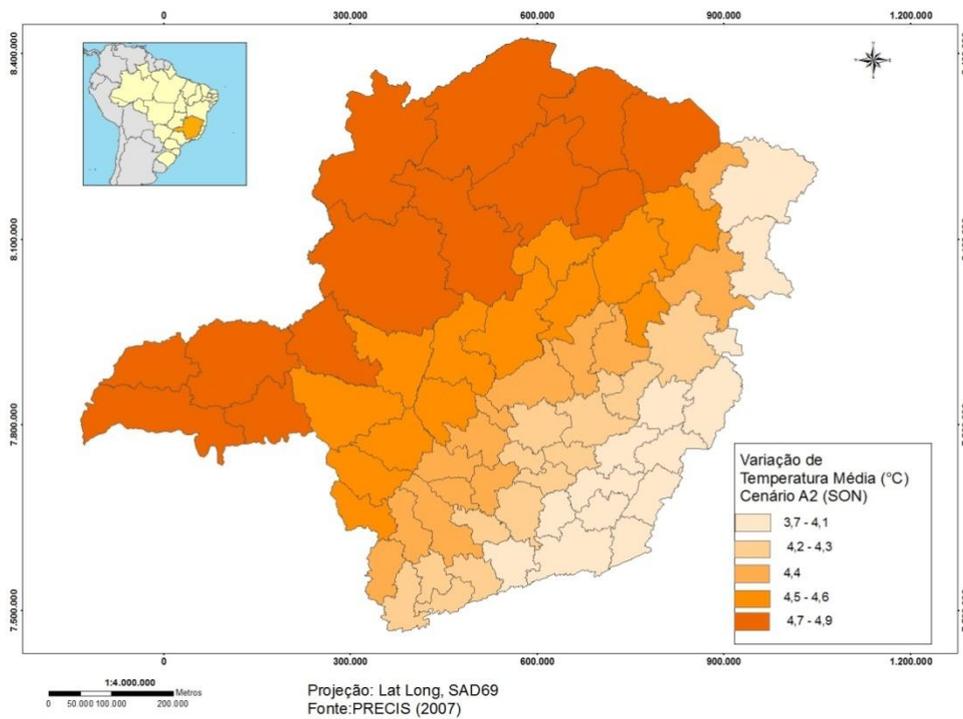


Figura 5: Variações de temperatura média para o trimestre março-maio em 2080 segundo o Cenário A2-BR

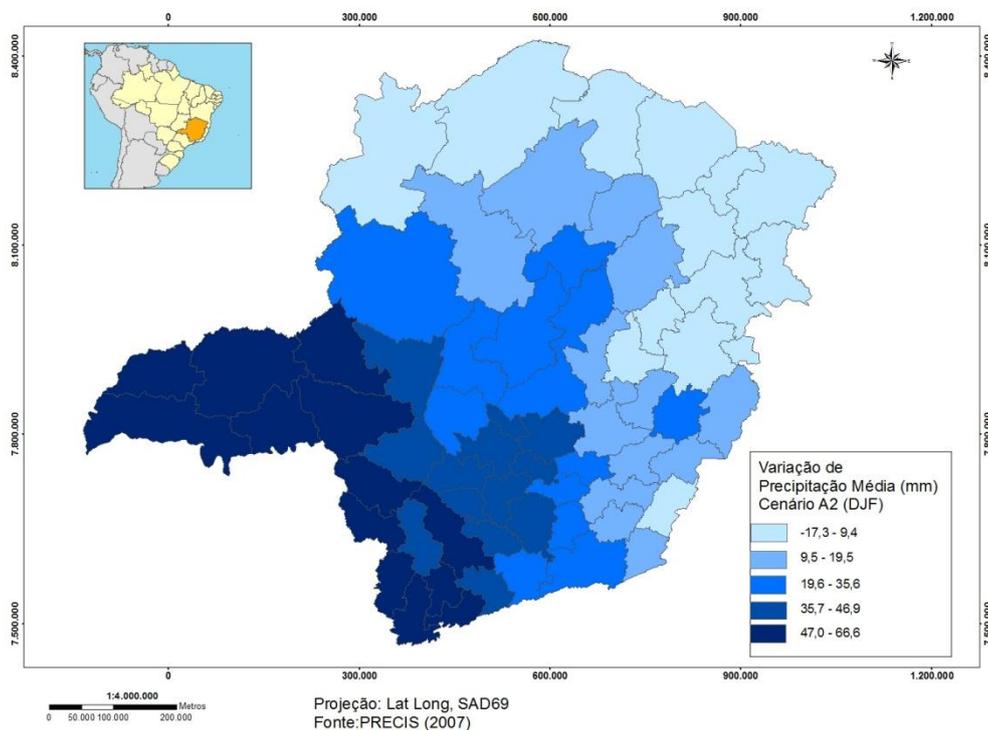


**Figura 6: Variações de temperatura média para o trimestre junho-agosto em 2080 segundo o Cenário A2-BR**

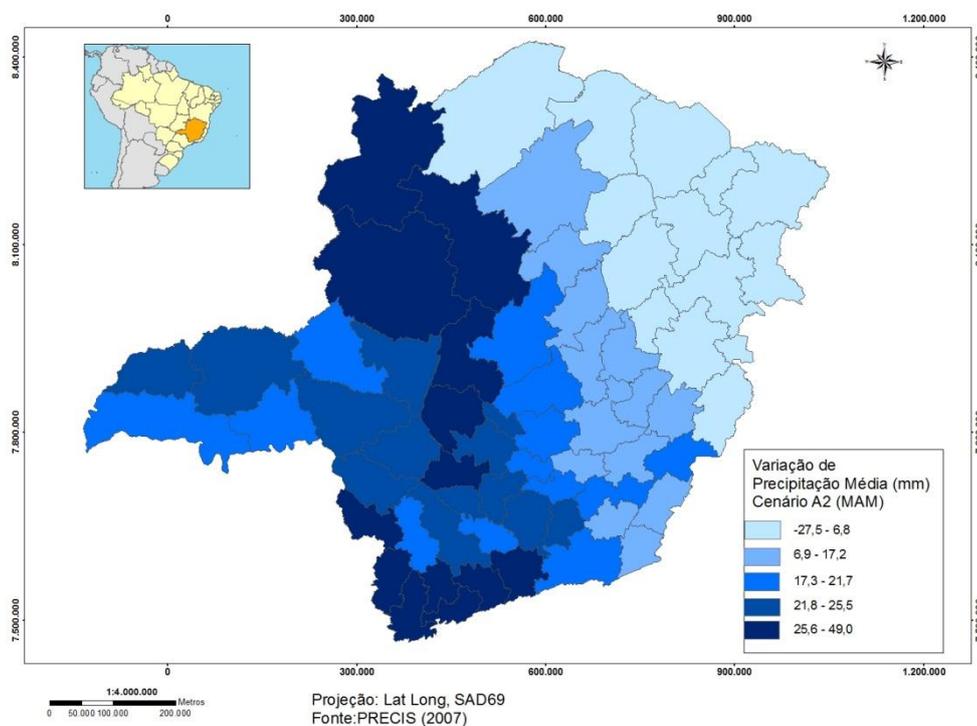


**Figura 7: Variações de temperatura média para o trimestre setembro-novembro em 2080 segundo o Cenário A2-BR**

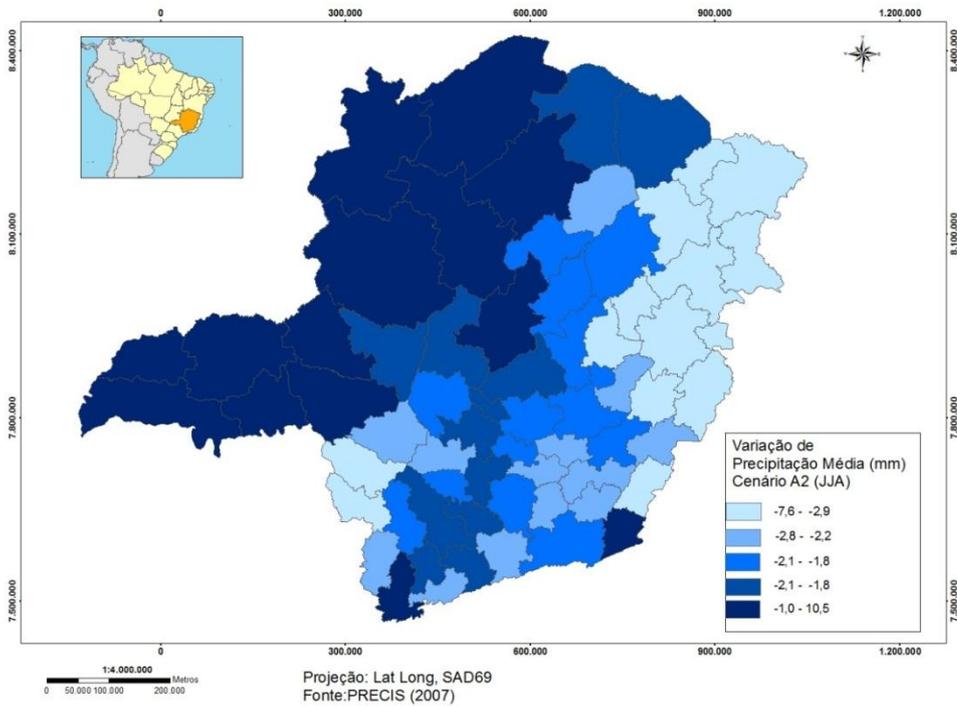
### Variações de precipitação média mensal



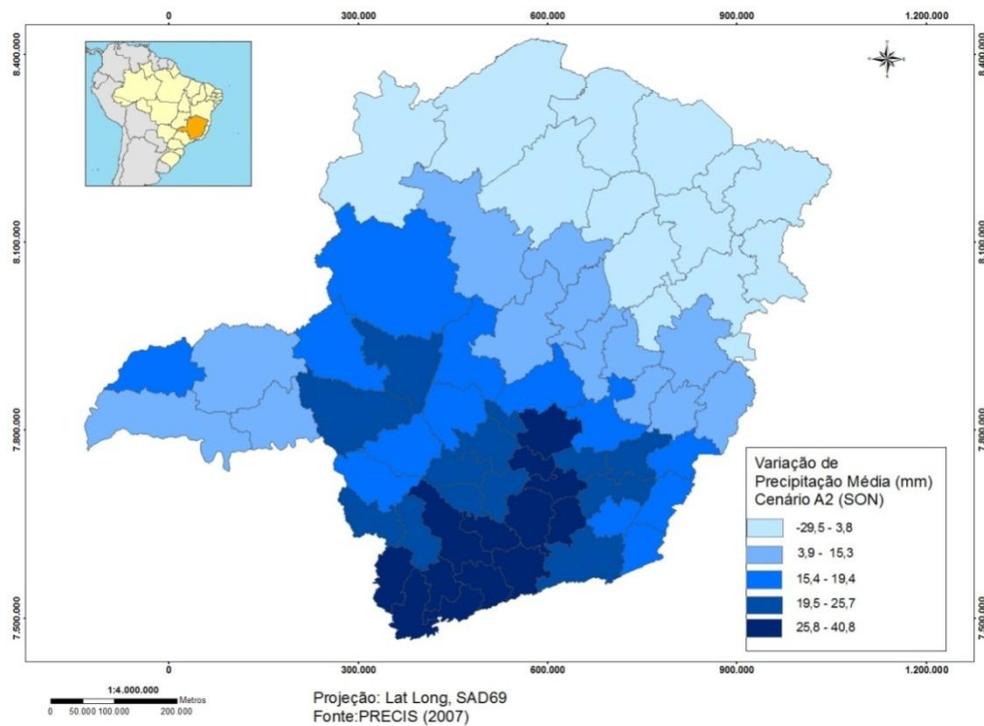
**Figura 8: Variações de precipitação média mensal para o trimestre dezembro-fevereiro em 2080 segundo o Cenário A2-BR**



**Figura 9: Variações de precipitação média mensal para o trimestre março-maio em 2080 segundo o Cenário A2-BR**



**Figura 10: Variações de precipitação média mensal para o trimestre junho-agosto em 2080 segundo o Cenário A2-BR**



**Figura 11: Variações de precipitação média mensal para o trimestre setembro-novembro em 2080 segundo o Cenário A2-BR**

### Variações de temperatura média

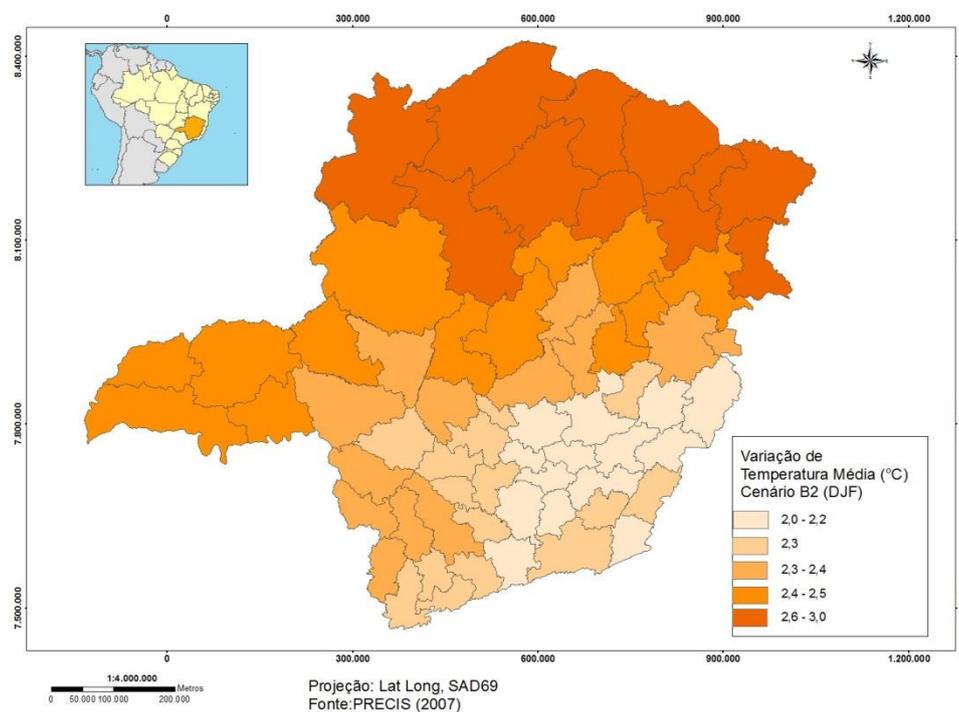


Figura 12: Variações de temperatura média para o trimestre dezembro-fevereiro em 2080 segundo o Cenário B2-BR

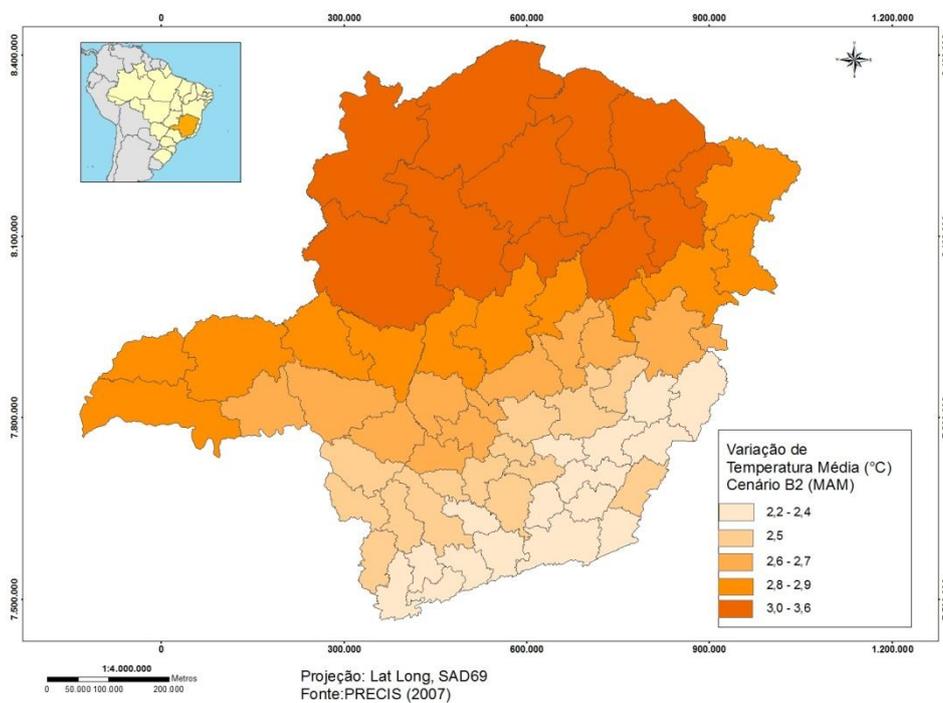
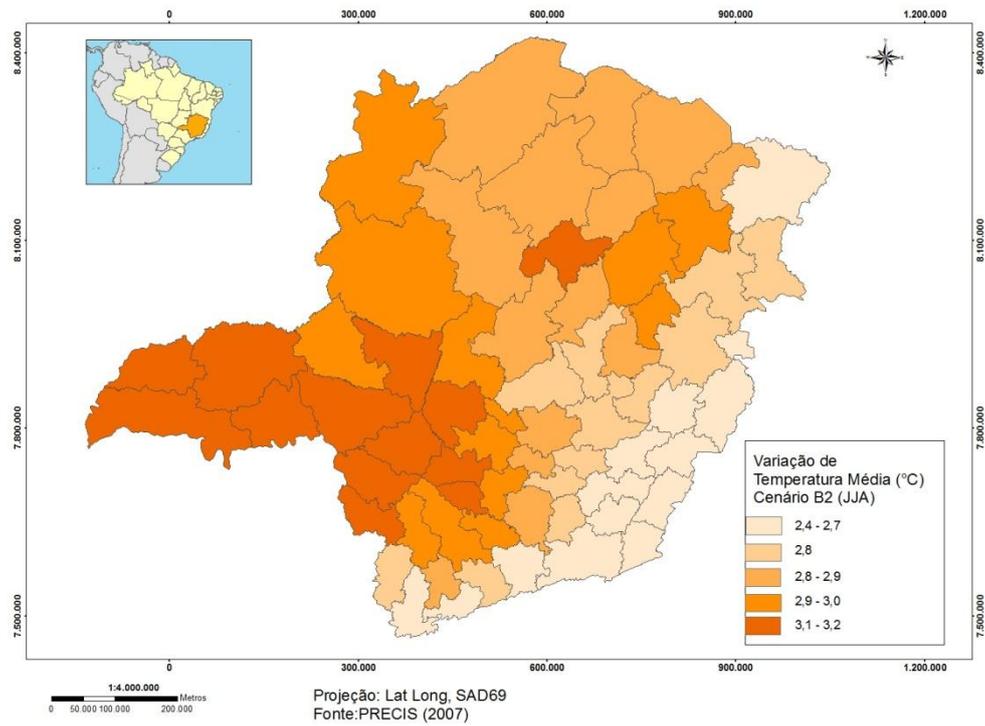
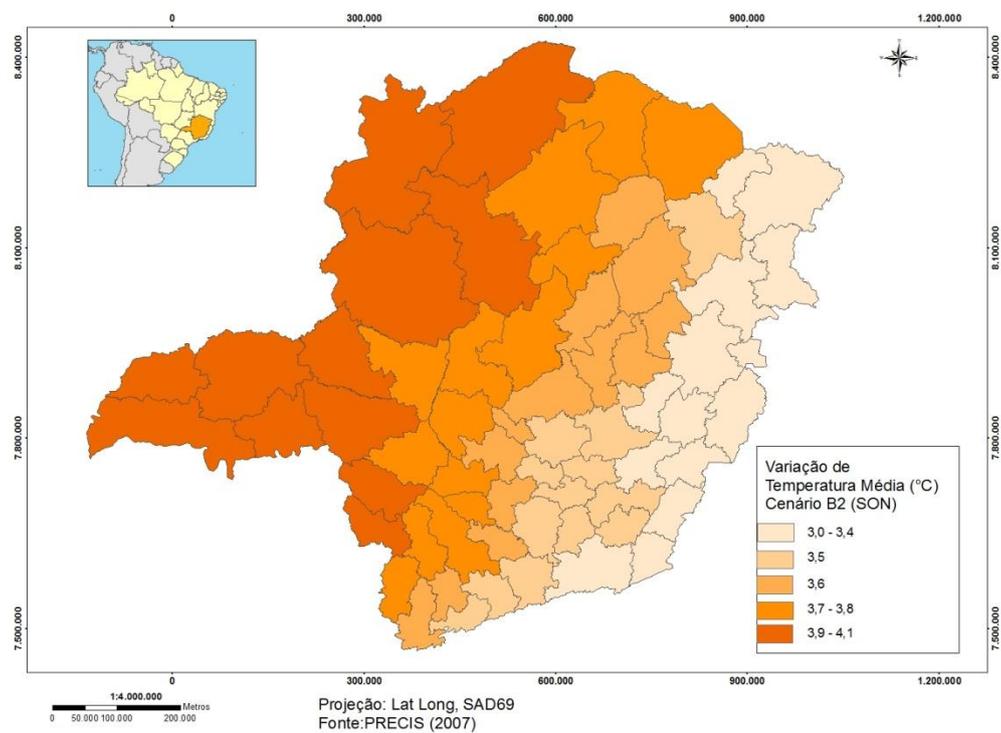


Figura 13: Variações de temperatura média para o trimestre março-maio em 2080 segundo o Cenário B2-BR



**Figura 14: Variações de temperatura média para o trimestre junho-agosto em 2080 segundo o Cenário B2-BR**



**Figura 15: Variações de temperatura média para o trimestre setembro-novembro em 2080 segundo o Cenário B2-BR**

### Variações de precipitação média mensal

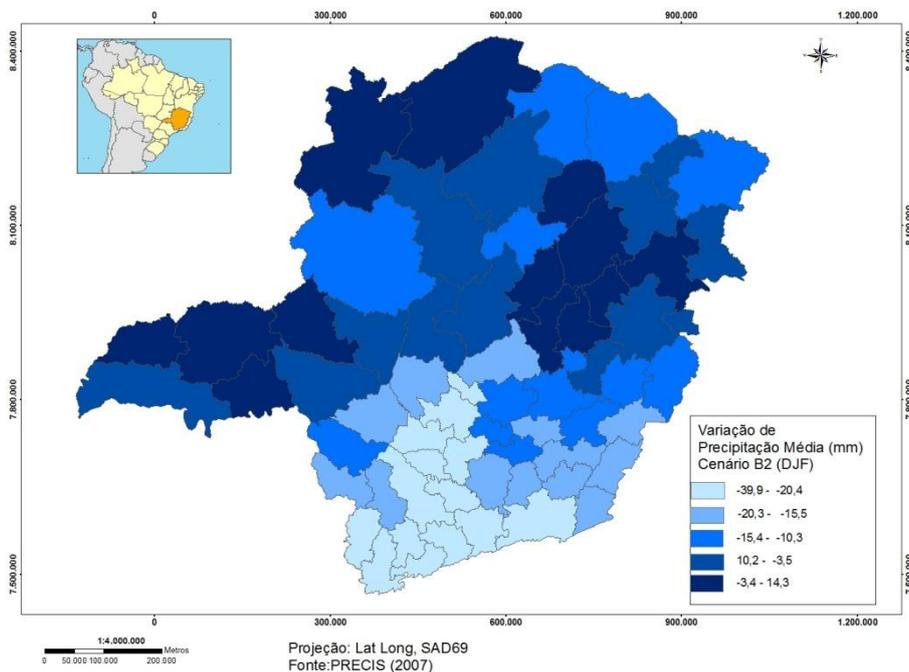


Figura 16: Variações de precipitação média mensal para o trimestre dezembro-fevereiro em 2080 segundo o Cenário B2-BR

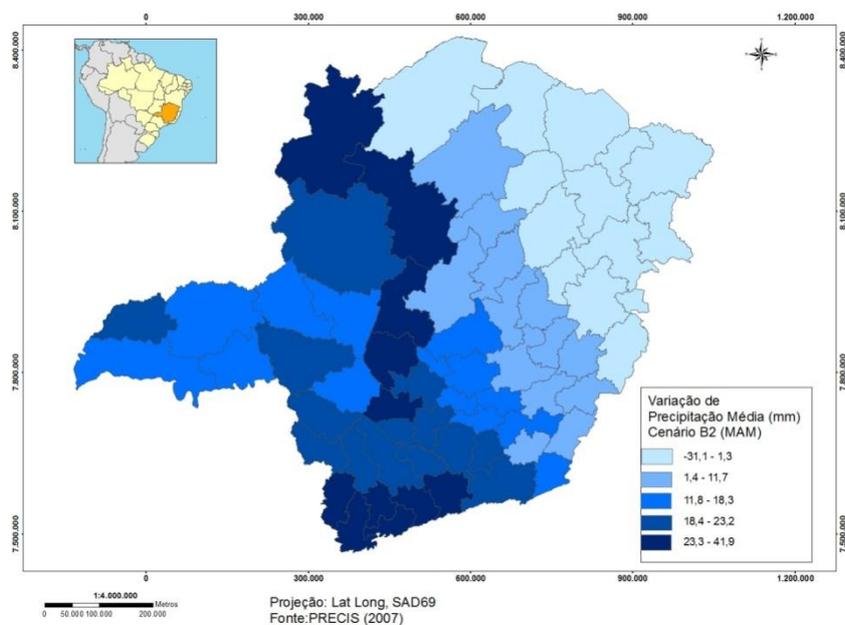
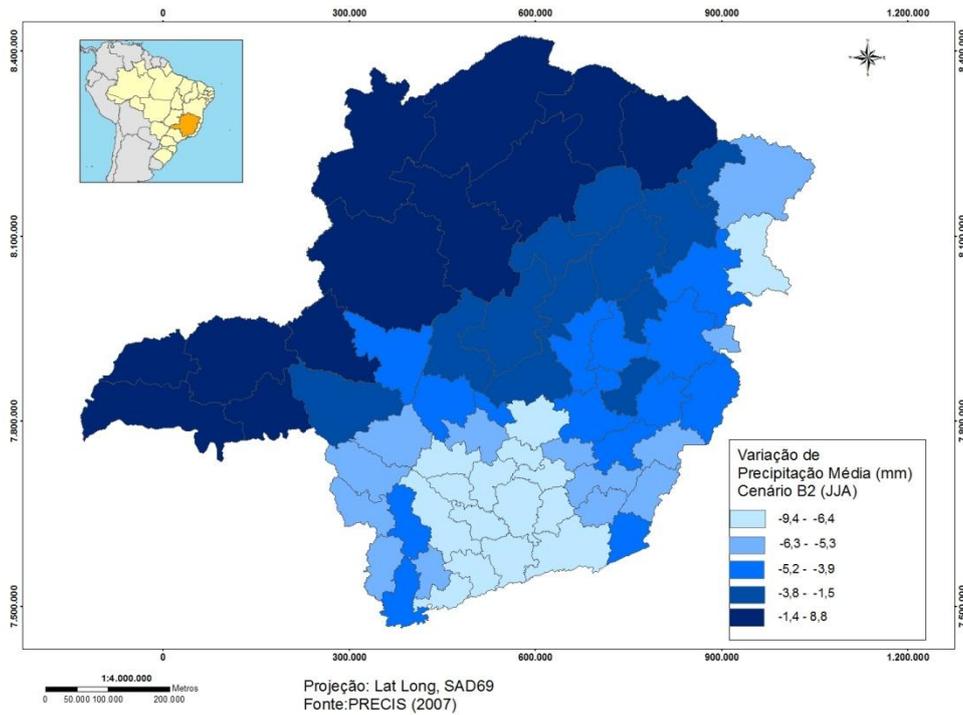
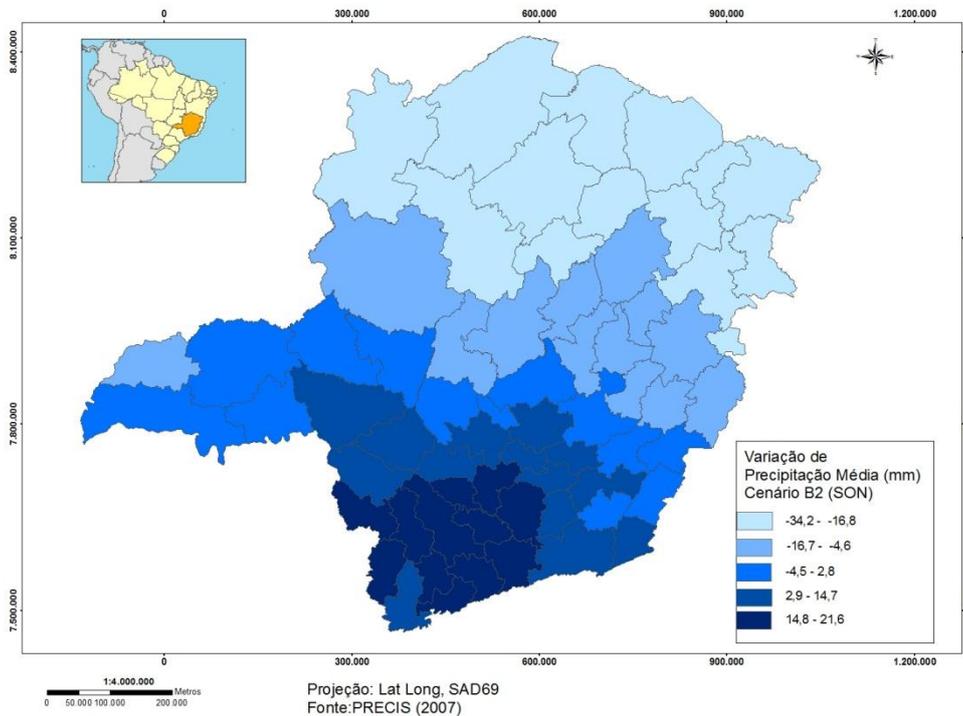


Figura 17: Variações de precipitação média mensal para o trimestre março-maio em 2080 segundo o Cenário B2-BR



**Figura 18: Variações de precipitação média mensal para o trimestre julho-agosto em 2080 segundo o Cenário B2-BR**



**Figura 19: Variações de precipitação média mensal para o trimestre setembro-novembro em 2080 segundo o Cenário B2-BR**

#### **4. IMPACTOS DAS MCG NO USO DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA**

A atividade agropecuária é particularmente sensível aos efeitos das mudanças climáticas. Em regiões onde são registradas baixas temperaturas, o aquecimento global pode criar condições climáticas mais propícias e levar a um aumento da produtividade do setor. Nessas regiões, a adaptação dos produtores rurais às condições climáticas mais favoráveis poderá levar a um avanço das áreas de lavoura e à conversão de florestas em áreas agrícolas, acelerando o processo de desmatamento. Já em regiões de clima quente, onde as altas temperaturas estão próximas do limite de tolerância das culturas agrícolas, o aquecimento global poderá acarretar quedas de produtividade, implicando também em significativas mudanças na estrutura produtiva e no padrão de uso da terra. Em vista da heterogeneidade espacial das mudanças climáticas e seus efeitos sobre a rentabilidade das atividades agrícolas, é de se esperar importantes variações regionais nas estratégias de adaptação dos produtores rurais.

##### ***Uso do solo***

Nesta etapa do trabalho, procurou-se avaliar os potenciais efeitos das MCG sobre as áreas de lavoura, pasto e floresta dos estabelecimentos agrícolas do Estado de Minas Gerais. A metodologia consiste na estimação de um modelo de uso da terra em nível municipal a partir dos dados do Censo Agropecuário do IBGE. A estimação dos parâmetros do modelo econométrico permite analisar de que forma as alocações de terra entre os três tipos de uso (lavoura/pasto/floresta) respondem aos fatores climáticos. Em seguida, esses parâmetros são utilizados para simular os impactos das MCG sobre a variação das áreas de lavoura, pasto e floresta dos estabelecimentos agrícolas. A simulação baseia-se nos valores das temperaturas e precipitações futuras segundo as projeções do modelo regionalizado PRECIS para os cenários de emissões A2-BR e B2-BR apresentadas anteriormente.

Os resultados das simulações dos efeitos das MCG sobre as variações de área de lavoura, pasto e floresta para os cenários A2-BR e B2-BR, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1. Variações de áreas de lavoura, pasto e floresta nos estabelecimentos agrícolas de Minas Gerais, segundo cenários de emissões A2-BR e B2-BR**

Horizonte	Cenário A2-BR			Cenário B2-BR		
	Lavoura	Pasto	Floresta	Lavoura	Pasto	Floresta
2010-2040	- 3,1% (-191.918 ha)	10,9% (2.752.852 ha)	-34,7% (-2.560.941 ha)	9,6% (472.412 ha)	7,1% (1.807.355 ha)	-30,1% (-2.279.768 ha)
2040-2070	-1,0% (-47.241 ha)	11,9% (3.016.484 ha)	-40,2% (-2.969.243 ha)	9,1% (448.792ha)	8,5% (2.147.027 ha)	-35,2% (-2.595.818 ha)
2070-2100	-5,0% (-255.890 ha)	11,0% (2.778.207 ha)	-34,2% (-2.522.317 ha)	-18,0% (-886.757 ha)	15,2% (3.842.848 ha)	-40,0% (-2.956.901 ha)

De acordo com a tabela, os seguintes pontos merecem destaque:

***i. Reduções significativas das áreas de florestas e matas nos estabelecimentos agrícolas de Minas Gerais***

Tanto nos cenários A2-BR como no B2-BR, os resultados das simulações apontam para uma redução entre 30% e 40% das áreas florestais, segundo o cenário e o horizonte temporal considerado. Observa-se ainda que o processo de desmatamento já ocorre com o clima projetado para o período 2010-2040, mostrando que os impactos das MCG sobre áreas florestais podem ser expressivos no curto prazo.

***ii. Aumento da área de pastagens***

A análise das variações das áreas, em hectares, sugere que a conversão das áreas florestais dar-se-á, sobretudo, para o uso na pecuária, como mostra o significativo aumento estimado das áreas de pastagem. Dadas as condições climáticas mais adversas, essa conversão dar-se-á pela substituição das florestas por pastos degradados. As variações estimadas nas áreas de pastagem situam-se entre 7% e 15%, variando segundo o cenário e o horizonte temporal considerado.

***iii. Variação da área de lavoura (positiva) mais significativa no cenário B2-BR***

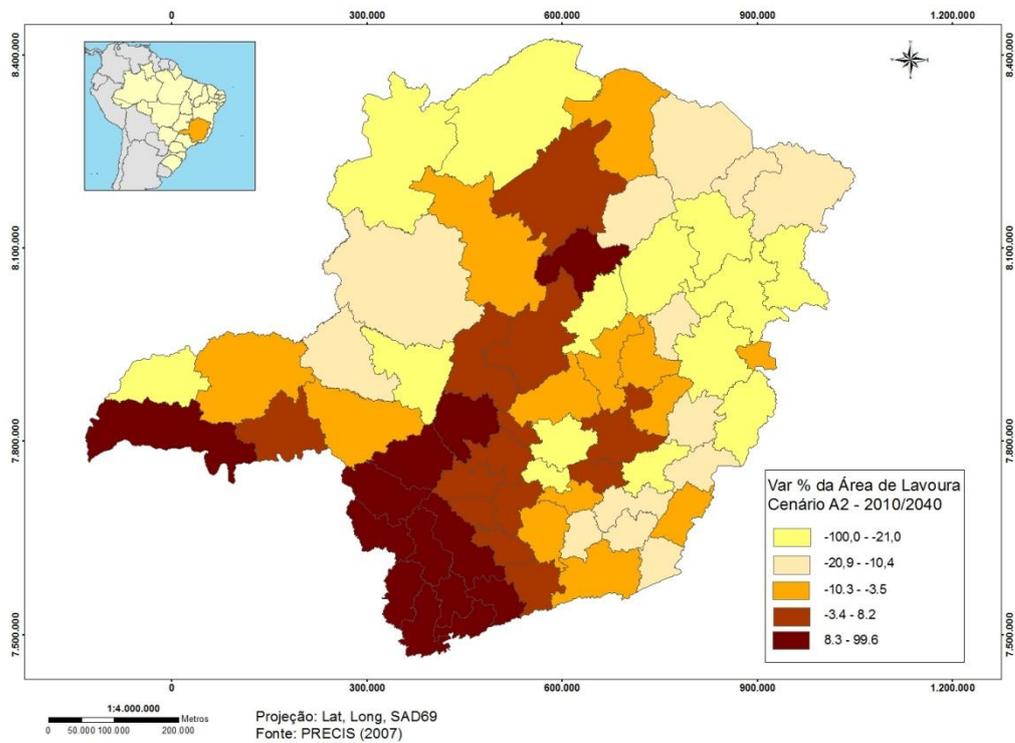
O impacto das mudanças climáticas, projetadas no cenário A2-BR, sobre a variação das áreas de lavoura não é muito significativo, com pouca oscilação em relação às áreas observadas no período

de referência (Censo Agropecuário 1995). As variações para o cenário A2-BR apontam para reduções entre 1% e 5% das áreas de lavoura. Considerando-se o avanço tecnológico a ser observado no período, possivelmente tais impactos seriam neutralizados. Já no cenário B2-BR, o impacto das MCG chega a ser positivo até o ano de 2070, prevendo-se uma expansão das áreas de lavoura. No entanto, esta tendência é revertida no período 2070-2100.

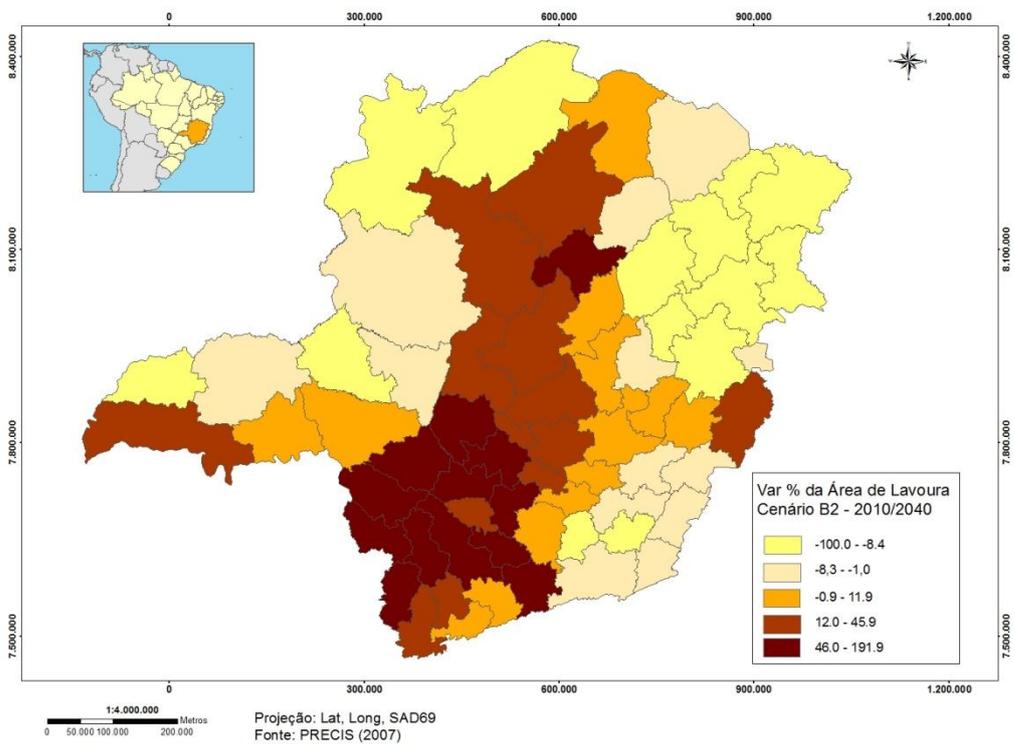
***iv. As microrregiões situadas ao norte do Estado serão as mais severamente atingidas pelas mudanças climáticas***

A análise dos resultados por regiões permite observar que o impacto das MCG apresenta importantes variações regionais. A partir dos resultados das simulações apresentados nas Figuras 20 a 23, pode-se destacar os seguintes pontos:

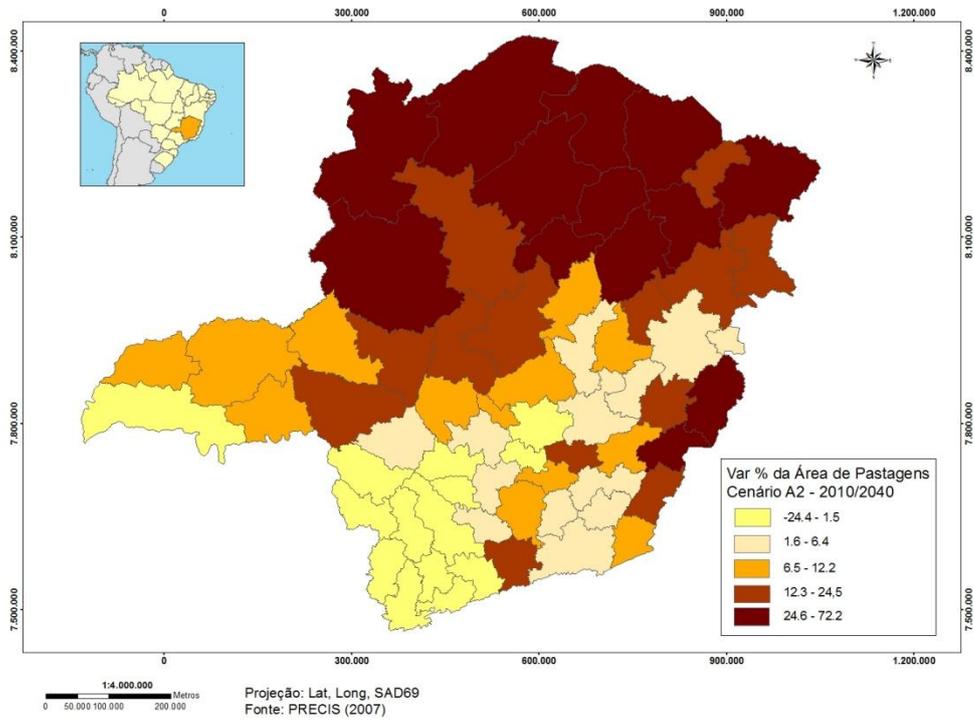
- ✓ As microrregiões situadas ao norte do Estado serão as mais severamente atingidas pelas MCG, com redução das áreas de lavoura devido à perda de rentabilidade agrícola e consequente aumento das áreas de pastagem de baixo rendimento. Esse padrão de conversão pode ser relacionado à redução das chuvas prevista pelo modelo climatológico para a porção norte do Estado, em particular para as regiões Norte de Minas, Jequitinhonha e Vale do Mucuri.
- ✓ Por outro lado, as microrregiões situadas no sul do Estado e na região do Triângulo Mineiro serão menos afetadas pelas MCG. As condições edafoclimáticas relativamente mais favoráveis ao plantio, quando comparadas às condições das demais regiões, podem incentivar a migração das áreas de lavoura em direção ao sul do Estado. Esse fenômeno é uma possível explicação para o aumento das áreas de lavoura observadas nessas microrregiões.
- ✓ O padrão geográfico do impacto das MCG no território de Minas Gerais pode aumentar ainda mais as desigualdades regionais, uma vez que as áreas que serão mais severamente afetadas são também as menos desenvolvidas. As consequências sociais podem ser particularmente críticas devido à maior vulnerabilidade da população rural dessas regiões, cujas condições socioeconômicas certamente limitarão a capacidade de adaptação às mudanças climáticas.



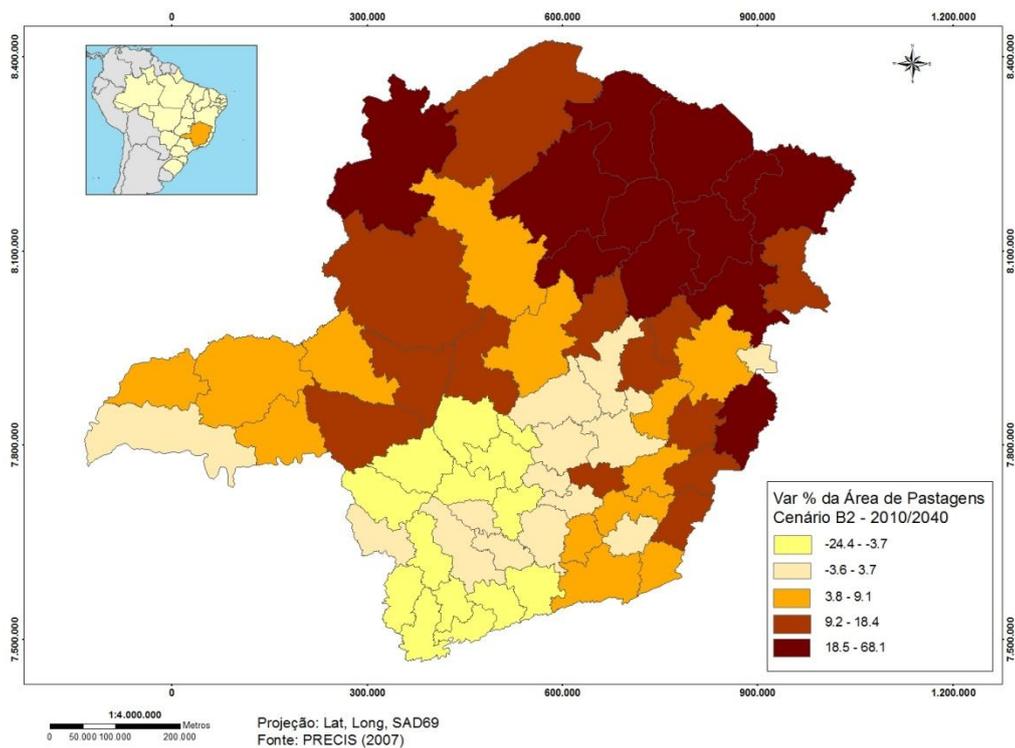
**Figura 20: Variações das áreas de lavouras por microrregião de Minas Gerais para o período 2010-2040 segundo o Cenário A2-BR**



**Figura 21: Variações das áreas de lavouras por microrregião de Minas Gerais para o período 2010-2040 segundo o Cenário B2-BR**



**Figura 22: Variações das áreas de pastagens por microrregião de Minas Gerais para o período 2010-2040 segundo o Cenário A2-BR**



**Figura 23: Variações das áreas de pastagens por microrregião de Minas Gerais para o período 2010-2040 segundo o Cenário B2-BR**

Foram ainda analisados os impactos das MCG sobre a produtividade média de sete culturas: arroz, cana-de-açúcar, feijão, fumo, milho, trigo e soja. As produtividades médias observadas e estimadas encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2. Produtividade média das culturas analisadas**

Horizonte	Produtividade média (kg/ha)						
	Arroz	Cana	Feijão	Fumo	Milho	Soja	Trigo
<i>Observada</i>	2,18	77,98	1,26	0,75	4,62	2,73	4,39
<i>A2: 2010-2040</i>	1,82	92,86	1,40	0,87	4,20	3,05	5,42
<i>A2: 2040-2070</i>	1,82	94,73	1,48	0,87	4,60	3,22	5,94
<i>A2: 2070-2100</i>	2,36	108,37	1,45	0,80	4,83	3,15	4,04
<i>B2: 2010-2040</i>	1,94	97,23	1,50	0,90	4,78	3,25	5,58
<i>B2: 2040-2070</i>	1,93	93,56	1,40	0,92	4,49	3,04	4,96
<i>B2: 2070-2100</i>	2,25	108,53	1,39	0,77	4,64	3,02	4,66

Nota: Para fins de estimação, não são considerados ganhos de produtividades decorrentes do progresso tecnológico.

Merecem destaque os seguintes resultados:

***i. Aumento da produtividade de algumas das culturas analisadas***

De uma maneira geral, as MCG não tendem a apresentar impactos negativos sobre a produtividade da maioria das culturas analisadas. De fato, as condições climáticas podem inclusive favorecer a produtividade agrícola de algumas culturas. Por exemplo, a redução da probabilidade de geadas no sul de Minas Gerais poderia tornar a região propícia ao plantio de culturas mais afeitas a temperaturas tropicais. O aumento da temperatura poderia também estender o período propício do plantio de determinadas culturas.

***ii. Plantio de cana-de-açúcar pode ser favorecido no Estado***

Os resultados das simulações sugerem que a cana-de-açúcar seja uma das culturas com maior capacidade de adaptação às mudanças climáticas em Minas Gerais, com um aumento substancial de produtividade. De fato, tal resultado está de acordo com as análises realizadas por Assad *et*

al. (2008) em nível nacional, que também constataram a grande capacidade de adaptação da cana frente a cenários de aquecimento global.<sup>4</sup>

**iii. Baixa vulnerabilidade global não se verifica em todo o território estadual**

Apesar dos resultados em nível estadual sugerirem uma baixa vulnerabilidade das culturas analisadas às MCG, esse impacto será consideravelmente distinto segundo as microrregiões. De uma maneira geral, pode-se dizer que os impactos serão mais críticos no norte do Estado, com queda de produtividade em diversas culturas. De fato, essa região caracteriza-se por temperaturas mais altas e poucas chuvas, apresentando pouca capacidade de adaptação às condições climáticas mais adversas projetadas pelos modelos climatológicos. Por outro lado, a região centro-sul do Estado possui maior capacidade de adaptação, uma vez que possui temperaturas menos elevadas e solos mais férteis. Convém observar ainda que esse padrão regional dos impactos sobre a produtividade reforça os resultados sobre uso da terra discutidos anteriormente, que apontam para uma migração de lavouras para o sul do Estado.

---

<sup>4</sup>Assad, E. *et al.* (2008). "Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil" Brasília: Embaixada Britânica.

## 5. IMPACTOS DAS MCG NA EVOLUÇÃO DAS INTENSIDADES ENERGÉTICAS SETORIAIS

A COPPE-RJ<sup>5</sup> estimou, no âmbito do EMCB, a evolução das intensidades energéticas por tipo de combustível para os cenários A2-BR e B2-BR, concluindo que as intensidades energéticas não se alterariam de forma significativa no prazo investigado devido à rigidez tecnológica desse setor. O único centro de transformação que apresentaria uma mudança significativa seria o de destilação de etanol, que passaria a utilizar, na média, tecnologias mais eficientes de aproveitamento da energia contida no bagaço-de-cana, gerando maior excedente elétrico. Os resultados variam pouco entre cada cenário.

O impacto das MCG sobre as intensidades energéticas dar-se-ia por meio da substituição entre fontes energéticas, em especial entre derivados de petróleo e gás natural. Observar-se-ia um deslocamento do consumo de gás natural, que sairia da indústria, onde seu consumo seria substituído pelo de derivados de petróleo, em especial o óleo combustível. Em muitos setores, a substituição entre esses dois combustíveis pode ser facilmente realizada sem grandes investimentos. O que se observou, na verdade, foi a não inclusão de gás natural de maneira generalizada na indústria, conforme aconteceria nos cenários SMCG, devido à maior demanda por gás natural para geração elétrica, em função de perdas relacionadas às MCG na vazão de algumas bacias hidrográficas. Ressalta-se também que o EMCB identificou a perda de confiabilidade no sistema de geração de energia hidrelétrica, com redução da ordem de 30% da energia firme, com impactos no custo de geração do sistema integrado.

Neste estudo, os resultados apresentados acima foram adotados no contexto da matriz energética de Minas Gerais.

---

<sup>5</sup>Ver relatório “Economia das Mudanças Climáticas no Brasil – Segurança Energética”, elaborado pela equipe da COPPE-UFRJ no âmbito do estudo EMCB. Autores: Roberto Schaeffer, Alexandre Salem Szklo, André Frossard Pereira de Lucena, Raquel Rodrigues de Souza, Bruno Soares Moreira Cesar Borba, Isabella Vaz Leal da Costa, Amaro Pereira Júnior, Sergio Henrique F. da Cunha.

## 6. IMPACTOS ECONÔMICOS

Os resultados das simulações mostram um impacto negativo das MCG para Minas Gerais, que não se beneficia em nenhum dos dois cenários. Dentre os principais resultados do estudo destacam-se:

### *i. Redução do crescimento econômico*

Considerando as diferenças entre os cenários SMCG e CMCG, os resultados para a economia do Estado são de uma redução de -0,53% do PIB em 2035, e de -1,00% em 2050, no cenário A2-BR. No cenário B2-BR, o PIB do Estado cairia -1,67% em 2035 e -2,69% em 2050. Estas perdas tendem a aumentar ao longo do tempo, à medida que os efeitos de MCG se intensificam.

As estimativas do valor presente de todas as diferenças do PIB de Minas Gerais até 2050, para taxas de desconto selecionadas, são apresentadas para os dois cenários na Tabela 3. Assim, se os custos de MCG em Minas Gerais até 2050 fossem antecipados para hoje a uma taxa de desconto intertemporal de 1,0% a.a., por exemplo, o custo em termos de perda de PIB estaria entre R\$ 155 bilhões (cenário A2-BR) a R\$ 446 bilhões (cenário B2-BR), o que representaria de 55% a 158% do PIB estadual de 2008.

**Tabela 3. Valor presente dos fluxos marginais do PIB de Minas Gerais associados a MCG (em R\$ bilhões de 2008)**

<b>Período</b>	<b>Taxa de desconto</b>	<b>A2-BR</b>	<b>B2-BR</b>
2008-2050	0,5% a.a.	-182	-522
	1,0% a.a.	-155	-446
	3,0% a.a.	-84	-245

### *ii. Setores e regiões não são impactados de forma homogênea*

A economia mineira é bastante heterogênea, apresentando grandes diferenças entre setores e regiões. Assim, espera-se que os impactos econômicos das MCG sejam diferenciados

setorialmente e regionalmente. Alguns setores seriam beneficiados devido a mudanças na matriz energética, como aqueles ligados à cadeia produtiva do petróleo e gás natural.

**iii. Agricultura e pecuária são os setores mais sensíveis às MCG, mas outros setores também são afetados negativamente**

Do ponto de vista setorial, a agricultura e a pecuária apresentam-se como setores econômicos diretamente mais sensíveis ao clima. A produção agropecuária estadual apresentaria uma queda permanente, equivalente a aproximadamente -3,86% (A2-BR) e -3,04% (B2-BR) em 2050. Setores industriais ligados diretamente ao consumo das famílias também seriam negativamente afetados, devido à queda não desprezível no consumo real associada ao aumento do custo de vida. Efeitos similares afetariam o setor de serviços.

Em termos de macro setores, é evidente a maior sensibilidade da agropecuária, com impactos relativos bem maiores que os percebidos pela indústria e por serviços no cenário A2-BR. No cenário B2-BR, os efeitos climáticos sobre as áreas de lavouras, associados aos efeitos sobre a produtividade das principais culturas do Estado, como visto no capítulo 4, são inicialmente benéficos para o setor agrícola. Contudo, os efeitos setoriais adversos já seriam sentidos na segunda metade do período de projeção (Tabela 4).

**Tabela 4. Impactos sobre o PIB associados à MCG, 2035 e 2050 - Cenários A2-BR e B2-BR (em proporção do PIB setorial projetado SMCG de 2035 e 2050)**

Setores	A2-BR		B2-BR	
	2035	2050	2035	2050
Agropecuária	-1,85%	-3,86%	-1,22%	-3,04%
<i>Agricultura, silvicultura, exploração florestal</i>	-2,03%	-4,65%	0,14%	-1,45%
<i>Pecuária e pesca</i>	-1,46%	-2,10%	-3,90%	-6,25%
Indústria	-0,73%	-1,15%	-2,23%	-3,49%
Serviços	-0,15%	-0,36%	-1,43%	-2,22%
Minas Gerais	-0,53%	-1,00%	-1,67%	-2,69%
Brasil	-0,28%	-0,51%	-1,48%	-2,26%

#### **iv. “Pecuarização” das regiões mais pobres ao norte do Estado**

Os resultados dos cenários de mudanças climáticas sobre a pecuária são apresentados nas Figuras 24 a 27. O padrão desses resultados pode ser resumido como o inverso do observado para a agricultura, uma vez que as alterações de uso do solo projetadas são complementares entre essas duas atividades. Assim, parte das regiões Norte e Nordeste apresenta variações positivas no PIB da pecuária, principalmente Capelinha, Araçuaí, Salinas e Januária (Figura 24, Cenário A2-BR, de 2008 a 2035). Nesse mesmo cenário, o PIB da pecuária recua no Sul de Minas, como pode ser observado em Passos, São Sebastião do Paraíso, Alfenas e Poços de Caldas. Regiões importantes na produção pecuária, como Uberlândia, Araxá, Paracatu, Montes Claros e Patos de Minas, apresentam pequenas variações positivas na atividade. Frutal e Uberaba são as regiões do Triângulo Mineiro onde o PIB da pecuária acusaria impacto negativo significativo. A região de Frutal, uma das mais afetadas com as MCG, tem cerca de 25% da sua atividade econômica concentrada na agricultura (14%) e pecuária (11%), enquanto em Uberlândia essa participação não ultrapassa 7%.

O cenário B2-BR apresenta distribuição muito semelhante à descrita acima no que concerne ao impacto sobre o PIB da pecuária (Figuras 26 e 27). Os mapas indicam a elevação do PIB do setor no Norte e Nordeste de Minas (Bocaiúva, Capelinha, Araçuaí, Salinas e Januária).

Em termos gerais, a perda de participação do Norte e Nordeste de Minas na economia do Estado, evidenciado pelos resultados agregados do PIB, e a elevação da atividade da pecuária, sugerem um fenômeno de “pecuarização” das regiões mais pobres, nas quais a pecuária, muitas vezes extensiva e de baixa produtividade, ganha participação nessas economias.

#### **v. Aumento das desigualdades regionais**

Os mapas das Figuras 28 e 29 apresentam o impacto do cenário A2-BR, com mudanças climáticas (CMCG), sobre as microrregiões de Minas Gerais, em termos da variação do PIB dessas regiões em relação ao cenário sem mudanças climáticas globais (SMCG). Os números devem ser lidos como desvios da atividade na região relativamente a um cenário de ausência de MCG.

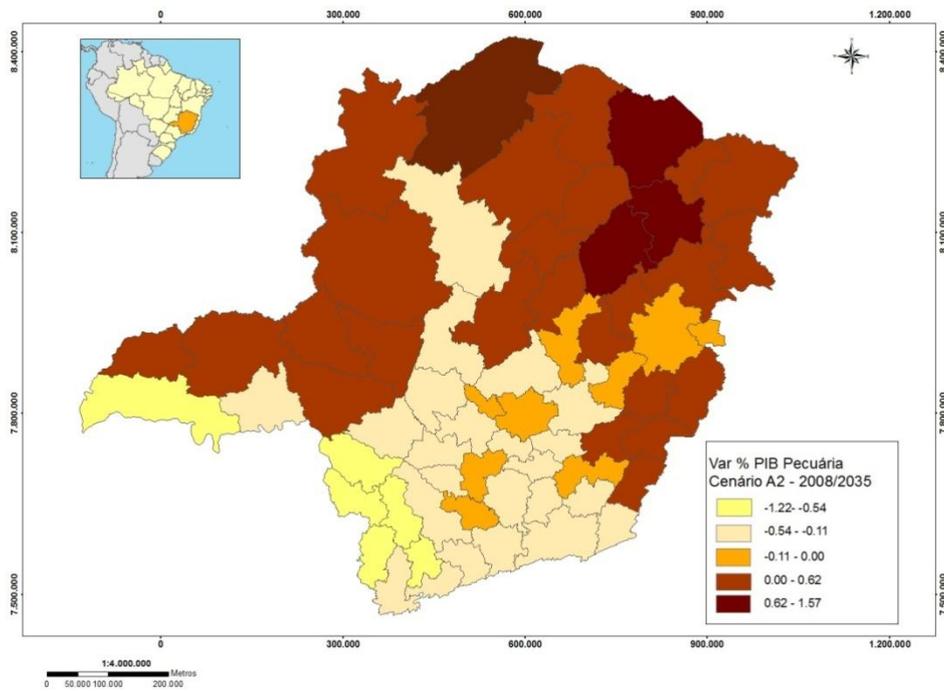


Figura 24: Impacto sobre o PIB da pecuária no cenário A2-BR - 2008/35 (var % relativa ao cenário SMCG)

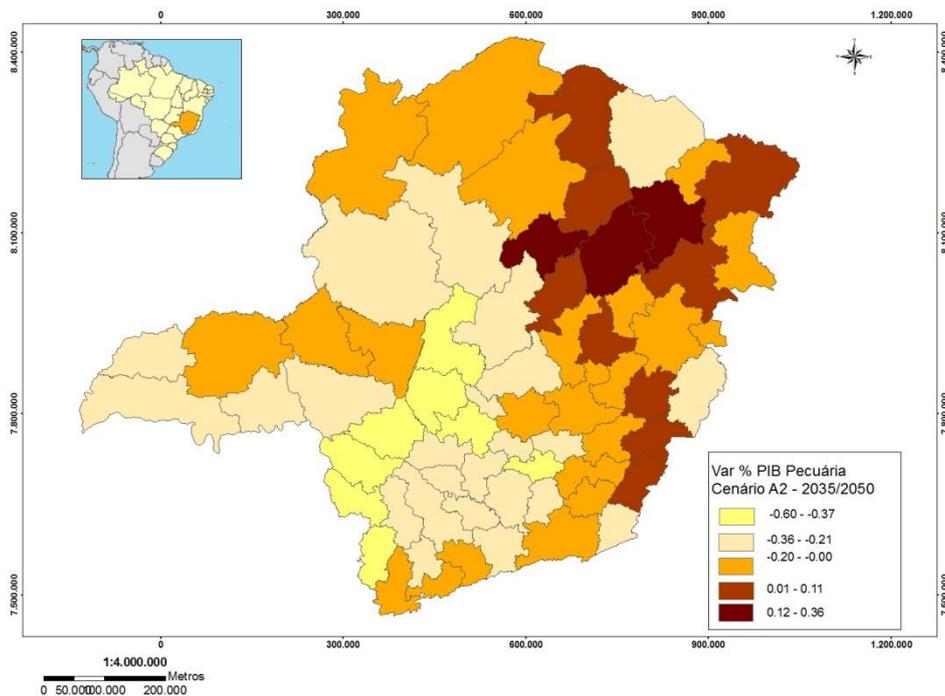


Figura 25: Impacto sobre o PIB da pecuária no cenário A2-BR - 2035/2050 (var % relativa ao cenário SMCG)

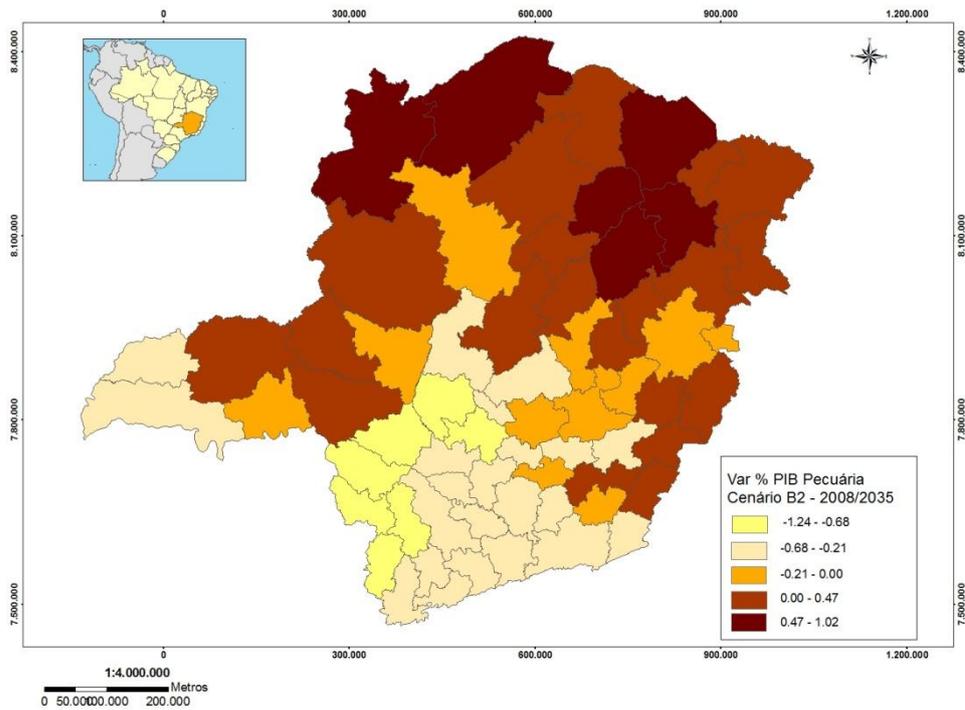


Figura 26: Impacto sobre o PIB da pecuária no cenário B2-BR - 2008/35 (var % relativa ao cenário SMCG)

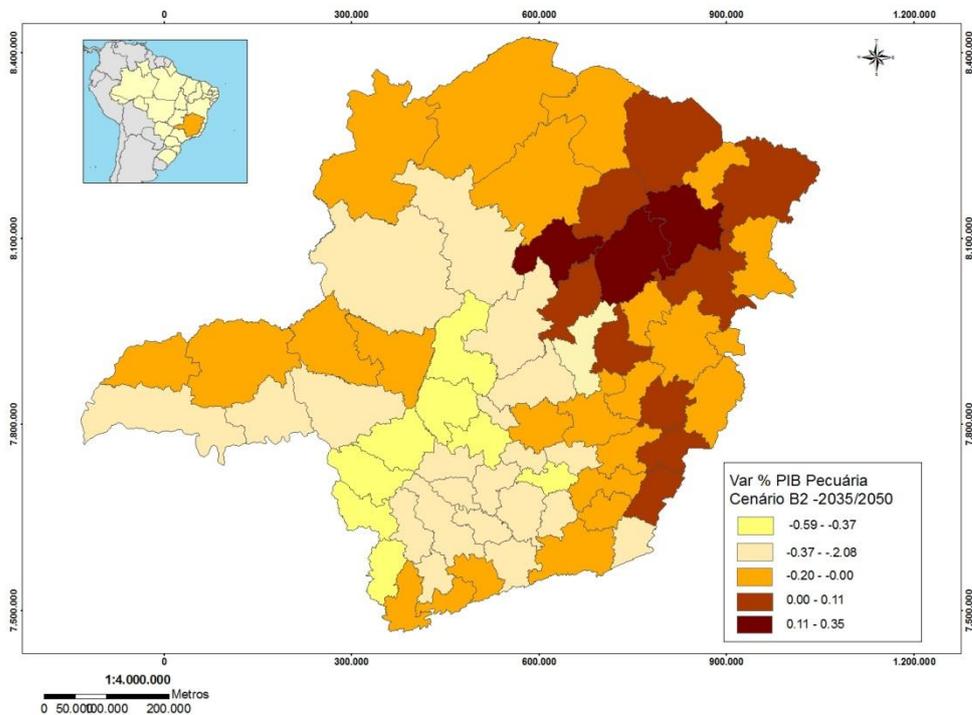


Figura 27: Impacto sobre o PIB da pecuária no cenário B2-BR - 2035/2050 (var % relativa ao cenário SMCG)

A região Noroeste do Estado tende a ser a mais afetada, com destaque para Januária, Janaúba, Montes Claros e Bocaiúva. Destaca-se também o impacto negativo em Nanuque, Teófilo Otoni, Capelinha, Diamantina e Araçuaí, no Nordeste do Estado. No período 2035 a 2050, o padrão de maior impacto negativo no Noroeste do Estado torna-se mais visível, mas alcançando também regiões mais ao norte, como Janaúba e Almenara. Um destaque nesse período é o impacto negativo em duas regiões do Triângulo Mineiro: Ituiutaba e Frutal. Um grande conjunto de regiões no centro do Estado e na Zona da Mata mostra-se pouco afetado pelas MCG no período, efeito este associado a uma base produtiva menos dependente da atividade agrícola e da pecuária.

O impacto do cenário B2-BR sobre as microrregiões de Minas Gerais é apresentado nos mapas das Figuras 30 e 31, em termos da variação do PIB dessas regiões. O Norte do Estado também tende a ser o mais afetado nesse cenário: Paracatu, Unaí, Januária, Montes Claros, Bocaiúva e Janaúba. Na região Nordeste também são projetados impactos importantes, especialmente em Nanuque, Teófilo Otoni, Araçuaí, Salinas e Grão Mogol. No Triângulo Mineiro destaca-se o impacto negativo em Frutal e Ituiutaba, muito superior ao projetado para Uberaba e Uberlândia. Como salientado acima, a concentração da atividade agrícola e pecuária em Frutal condiciona o resultado diferenciado na região do Triângulo.

Tomados conjuntamente, tanto os resultados do Cenário A2-BR como B2-BR sugerem que as MCG deslocam o peso da atividade econômica para as regiões Sul e Central, em detrimento do Noroeste e Nordeste, o que tende a acentuar as disparidades regionais no Estado.

#### **vi. *Aumento das forças de expulsão populacional das zonas rurais***

Os resultados setoriais e regionais mostram que os impactos mais fortes localizam-se nos setores mais presentes na zona rural e nas regiões menos desenvolvidas do Estado. O mau desempenho relativo desses setores sugere que aumentarão os fluxos migratórios das áreas rurais para as áreas urbanas. Com o aumento da dificuldade de absorção de mão-de-obra no interior do Estado, principalmente nos municípios tipicamente rurais, haveria, potencialmente, pressões migratórias no sentido das cidades médias e da Região Metropolitana de Belo Horizonte, que apresentariam demandas potenciais crescentes para provisão de serviços públicos.

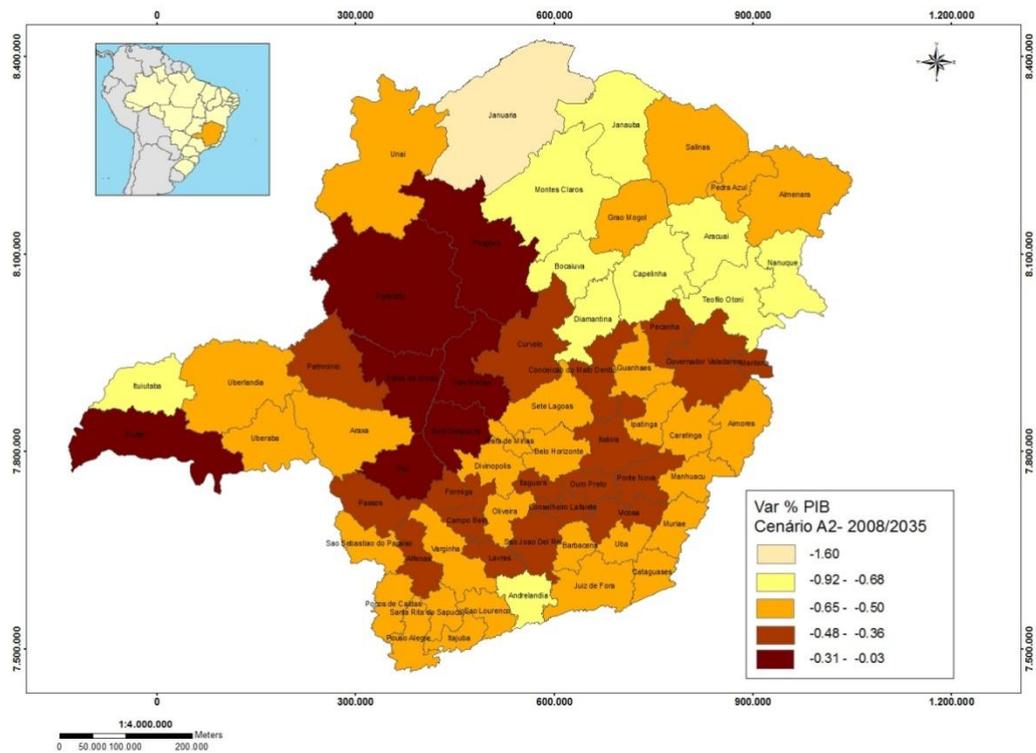


Figura 28: Impacto sobre o PIB regional no cenário A2-BR - 2008/35 (var % relativa ao cenário SMCG)

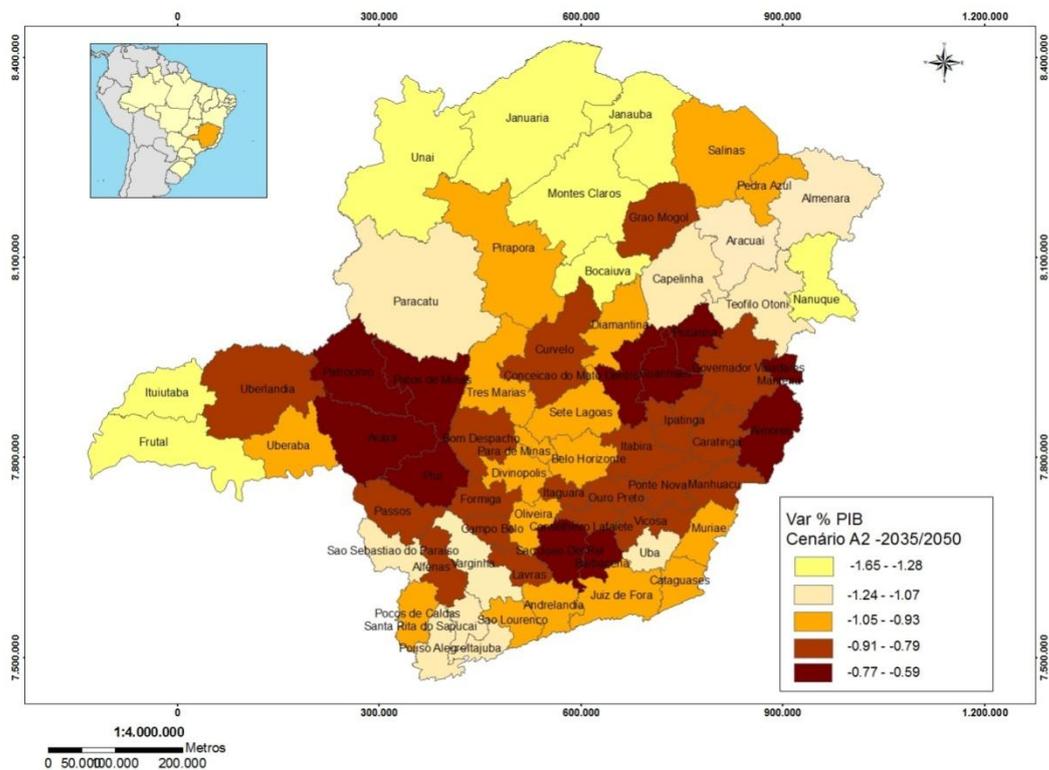


Figura 29: Impacto sobre o PIB regional no cenário A2-BR - 2035/50 (var % relativa ao cenário SMCG)

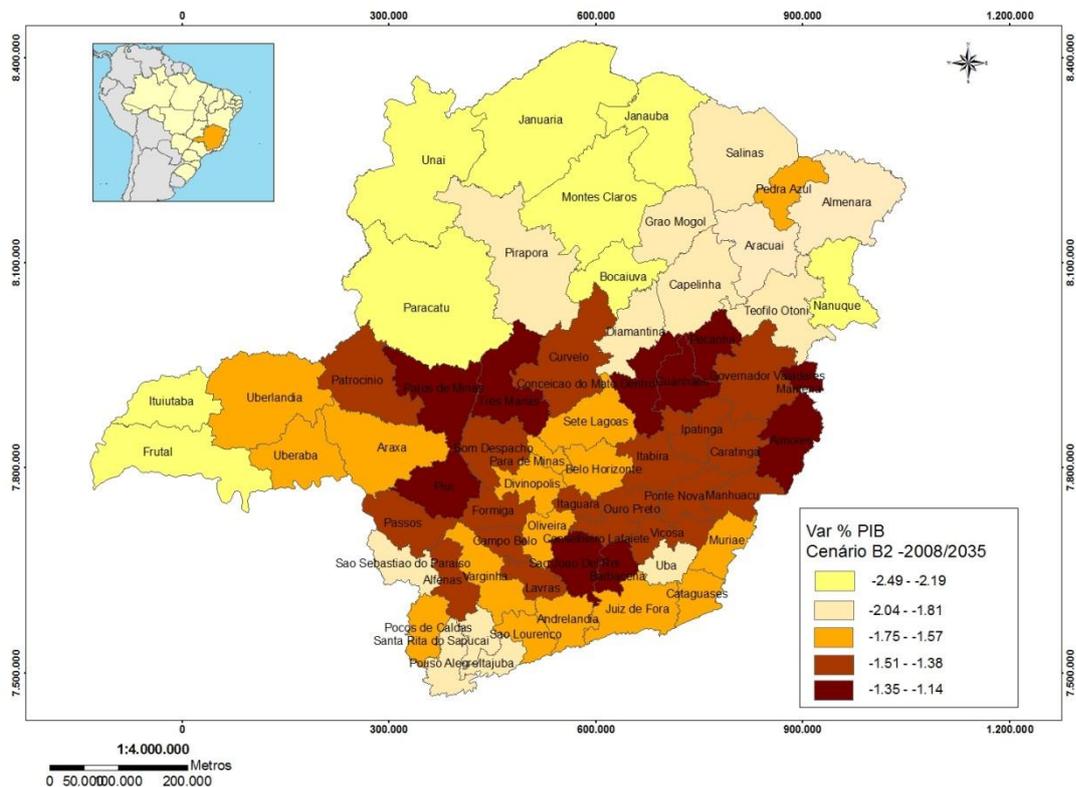


Figura 30: Impacto sobre o PIB regional no Cenário B2-BR - 2008/35 (var % relativa ao cenário SMCG)

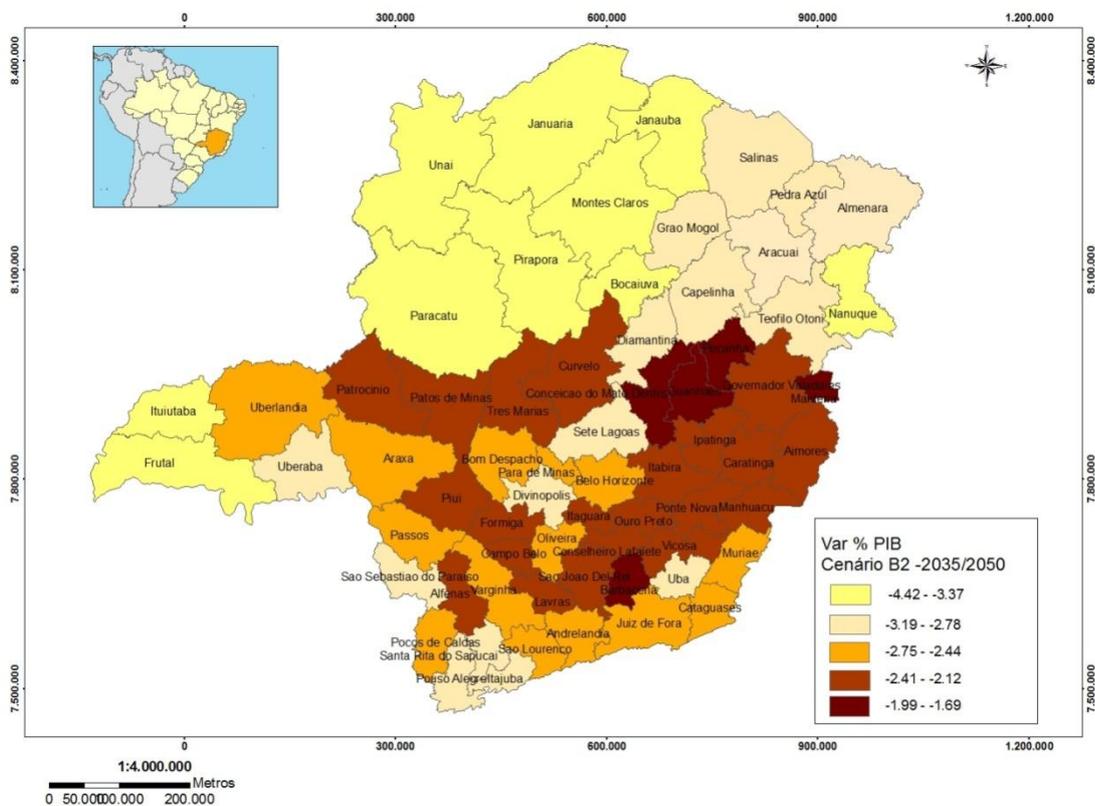


Figura 31: Impacto sobre o PIB regional no Cenário B2-BR - 2035/50 (var % relativa ao cenário SMCG)

## 7. SÍNTESE

O principal resultado projetado é a ameaça maior das MCG às regiões mais pobres do Estado. Sob a ótica espacial, pode-se concluir que as MCG são concentradoras e intensificam as disparidades regionais em Minas Gerais. Os custos em termos de PIB regional são maiores, em termos proporcionais, nas regiões mais pobres e se intensificam com o tempo.

Se os custos das MCG até 2050 fossem antecipados para hoje, a uma taxa de desconto intertemporal de 1,0% a.a., o custo em termos de PIB para Minas Gerais variaria entre R\$ 155 bilhões (cenário A2-BR) e R\$ 446 bilhões (cenário B2-BR), o que corresponderia a 55% e 158% do PIB estadual de 2008. A decomposição desses valores, reportada na Tabela 5, revela a geografia dos custos de mudanças climáticas no Estado de Minas Gerais.

Destacam-se os custos relativos mais elevados nas microrregiões localizadas no Norte de Minas e no Jequitinhonha/Mucuri. Além disso, microrregiões localizadas no Noroeste de Minas, Triângulo Mineiro, Zona da Mata e Sul de Minas também apresentariam participação nos custos superiores a suas participações no PIB do Estado.

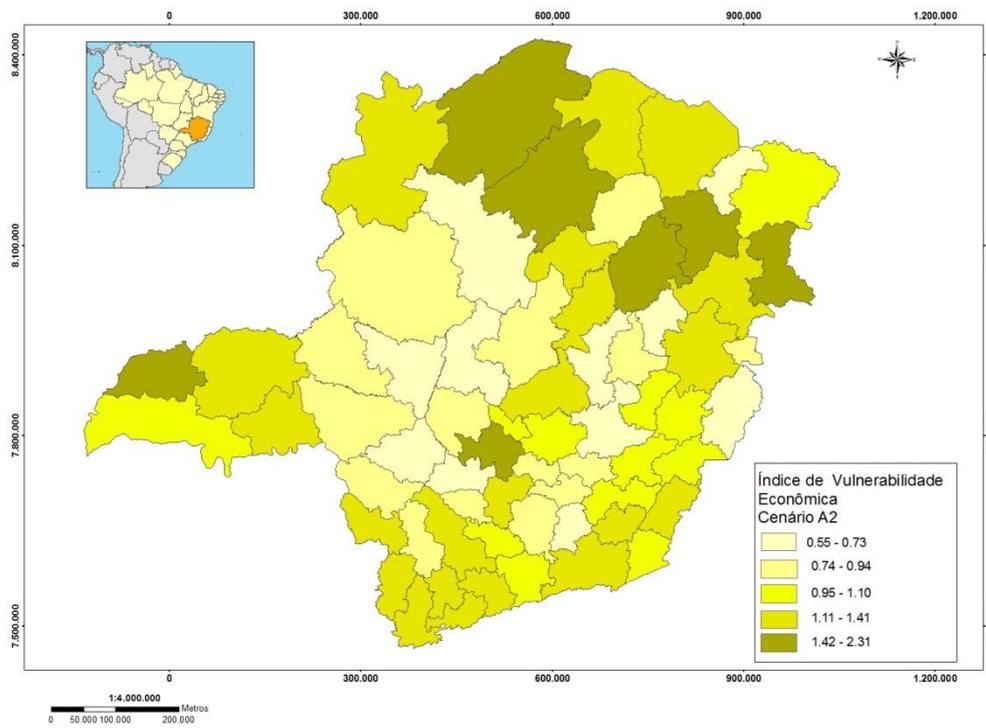
As perdas apontadas representam, para parte significativa do Estado, o equivalente a mais de dois anos de crescimento, ou seja, é como se os efeitos de MCG paralisassem, na margem, o crescimento econômico em algumas regiões por mais de dois anos nos próximos 40 anos. Essas perdas variam, no cenário B2-BR, de aproximadamente um a três PIB's regionais de 2008.

### ***Índice de Vulnerabilidade Econômica às MCG***

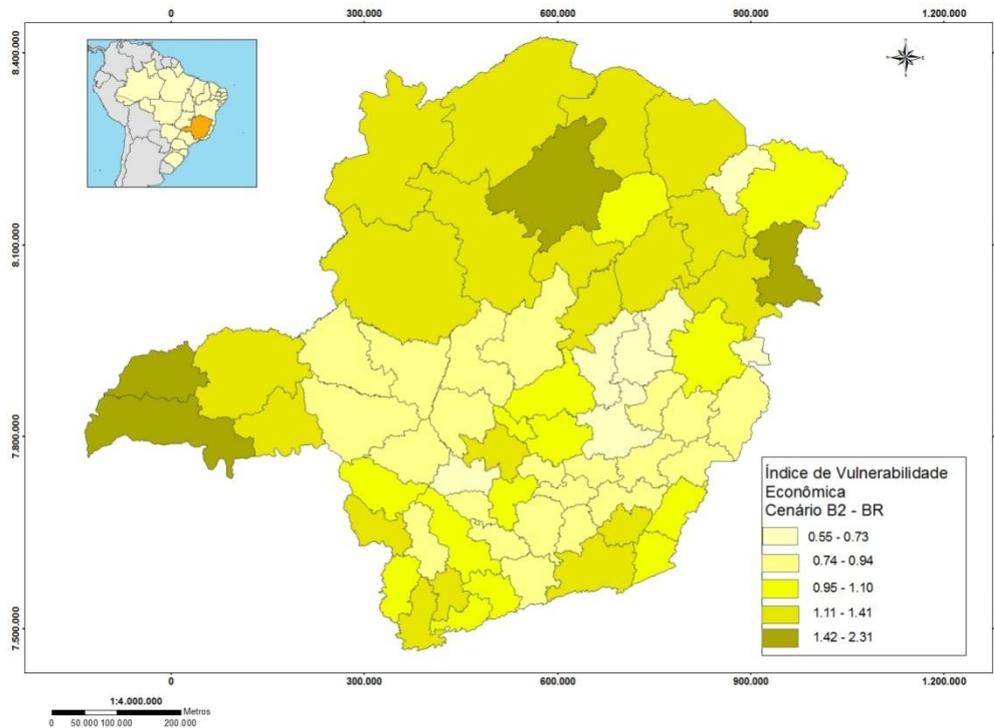
O Índice de Vulnerabilidade Econômica às MCG relaciona a participação da microrregião nas perdas com MCG no Estado e sua participação no PIB. Indicadores superiores a "1" indicam um impacto mais do que proporcional à sua participação no PIB, sinalizando uma estrutura produtiva mais suscetível aos impactos das MCG. Esse mesmo indicador, quando inferior a "1", sinaliza uma microrregião menos suscetível aos impactos das MCG. Em ambos os cenários, notam-se, na região central do Estado, as regiões menos vulneráveis às MCG, e, na porção Norte do Estado, as regiões mais vulneráveis (Figuras 32 e 33).

**Tabela 5. Valor presente dos fluxos marginais de PIB associados à MCG (em R\$ bilhões de 2008 em proporção do PIB regional de 2008), taxa de desconto – 1% a.a.**

	R\$ bilhões de 2008		Proporção do PIB Regional		PIB Regional		R\$ bilhões de 2008		Proporção do PIB Regional		PIB Regional		R\$ bilhões de 2008		Proporção do PIB Regional		PIB Regional
	A2-BR	B2-BR	A2-BR	B2-BR	(R\$ bilhões de 2008)		A2-BR	B2-BR	A2-BR	B2-BR	(R\$ bilhões de 2008)		A2-BR	B2-BR	A2-BR	B2-BR	(R\$ bilhões de 2008)
Unai	-1,19	-3,54	-0,72	-2,12	1,67	Conceicao do Mato Dentro	-0,03	-0,08	-0,32	-0,96	0,08	Andrelândia	-0,09	-0,22	-0,58	-1,38	0,16
Paracatu	-0,62	-2,99	-0,45	-2,19	1,36	Para de Minas	-0,33	-0,92	-0,57	-1,56	0,59	Itajuba	-0,60	-1,57	-0,66	-1,70	0,92
Jamaria	-0,42	-0,64	-1,27	-1,95	0,33	Belo Horizonte	-107,27	-316,79	-0,53	-1,57	201,52	Lavras	-0,30	-0,76	-0,55	-1,38	0,55
Jamua	-0,25	-0,61	-0,76	-1,89	0,32	Itabira	-2,79	-7,58	-0,37	-1,01	7,53	Sao Joao Del Rei	-0,14	-0,39	-0,45	-1,26	0,31
Salinas	-0,20	-0,56	-0,66	-1,85	0,30	Itaguara	-0,05	-0,14	-0,43	-1,25	0,11	Barbacena	-0,18	-0,56	-0,38	-1,18	0,48
Prapora	-0,25	-1,16	-0,39	-1,78	0,65	Ouro Preto	-0,25	-0,60	-0,47	-1,16	0,52	Ponte Nova	-0,19	-0,54	-0,50	-1,46	0,37
Montes Claros	-1,15	-3,07	-0,85	-2,27	1,35	Conselheiro Lafaiete	-0,73	-1,96	-0,48	-1,29	1,52	Mathias	-0,50	-1,14	-0,61	-1,37	0,83
Grao Mogol	-0,02	-0,06	-0,51	-1,54	0,04	Guarinas	-0,06	-0,13	-0,49	-1,00	0,13	Vicos	-0,22	-0,52	-0,57	-1,37	0,38
Bocaina	-0,18	-0,49	-0,71	-1,95	0,25	Pecanha	-0,04	-0,12	-0,35	-1,04	0,12	Muriae	-0,35	-0,83	-0,70	-1,68	0,49
Diamantina	-0,04	-0,09	-0,73	-1,78	0,05	Governador Valadares	-0,42	-1,02	-0,67	-1,64	0,62	Uba	-0,69	-1,88	-0,65	-1,76	1,06
Capelinha	-0,17	-0,34	-0,92	-1,90	0,18	Mantena	-0,04	-0,10	-0,42	-1,13	0,09	Juiz de Fora	-2,46	-6,32	-0,69	-1,78	3,55
Aracuai	-0,07	-0,16	-0,81	-1,77	0,09	Ipatinga	-5,94	-15,50	-0,52	-1,35	11,50	Cataguases	-0,44	-1,17	-0,56	-1,50	0,78
Pedra Azul	-0,04	-0,13	-0,37	-1,12	0,12	Caratinga	-0,22	-0,53	-0,59	-1,42	0,37						
Almenara	-0,10	-0,29	-0,59	-1,68	0,17	Aimores	-0,14	-0,46	-0,36	-1,20	0,38	Noroeste de Minas	-1,81	-6,53	-0,60	-2,15	3,03
Teofilo Ottoni	-0,19	-0,47	-0,80	-1,96	0,24	Piui	-0,16	-0,55	-0,35	-1,24	0,45	Norte de Minas	-2,46	-6,59	-0,76	-2,03	3,25
Nanuque	-0,32	-1,07	-0,88	-2,97	0,36	Divinopolis	-2,09	-4,86	-0,78	-1,80	2,70	Rio Doce	-6,85	-17,86	-0,52	-1,35	13,22
Inuitaba	-0,86	-2,26	-0,90	-2,39	0,95	Formiga	-0,26	-0,74	-0,36	-1,01	0,73	Mata	-4,84	-12,39	-0,65	-1,66	7,48
Uberlandia	-6,31	-15,90	-0,73	-1,83	8,69	Campo Belo	-0,17	-0,43	-0,51	-1,32	0,33	Sul de Minas	-8,29	-21,51	-0,63	-1,63	13,17
Patrocínio	-0,68	-1,82	-0,51	-1,37	1,33	Oliveira	-0,22	-0,54	-0,61	-1,51	0,36	Triangulo	-9,90	-27,55	-0,70	-1,96	14,04
Patos de Minas	-0,53	-1,73	-0,39	-1,26	1,37	Passos	-0,45	-1,32	-0,51	-1,49	0,89	Alto Paranaiba	-2,68	-8,12	-0,45	-1,37	5,94
Frutal	-1,18	-4,98	-0,60	-2,52	1,97	Sao Sebastiao do Paraíso	-0,79	-2,06	-0,68	-1,79	1,15	Centro-Oeste de Minas	-3,13	-7,97	-0,61	-1,55	5,15
Uberaba	-1,55	-4,42	-0,64	-1,82	2,43	Alliens	-0,78	-2,15	-0,50	-1,39	1,55	Jequitinhonha/Mucuri	-0,89	-2,46	-0,77	-2,12	1,16
Anaxa	-1,47	-4,57	-0,45	-1,41	3,25	Varginha	-1,76	-4,27	-0,65	-1,58	2,71	Central	-114,21	-335,39	-0,53	-1,55	216,74
Tres Marias	-0,15	-0,70	-0,30	-1,38	0,50	Pocos de Caldas	-1,60	-4,21	-0,66	-1,72	2,44						
Curvelo	-0,14	-0,42	-0,45	-1,33	0,32	Pouso Alegre	-0,90	-2,32	-0,72	-1,85	1,26	Minas Gerais	-155,07	-446,37	-0,55	-1,58	283,17
Bom Despacho	-0,24	-0,85	-0,40	-1,44	0,59	Santa Rita do Sapucaí	-0,52	-1,43	-0,66	-1,81	0,79						
Sete Lagoas	-2,12	-5,16	-0,66	-1,60	3,22	Sao Lourenco	-0,49	-1,18	-0,65	-1,57	0,75	BRASIL	-723,78	-3613,09	-0,25	-1,25	2889,72

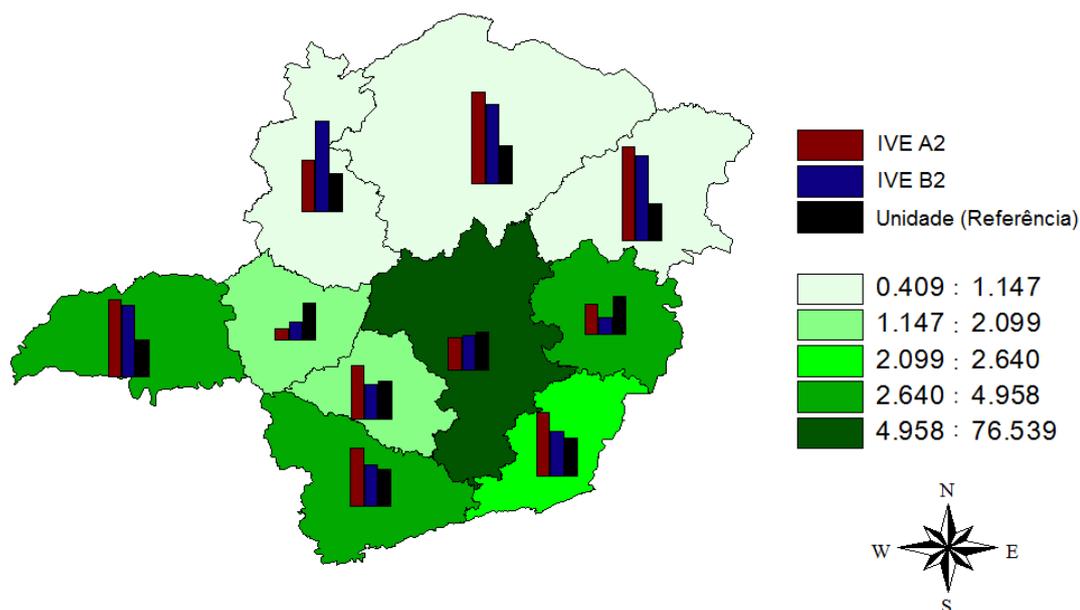


**Figura 32: Índice de Vulnerabilidade Econômica a MCG – Cenário A2-BR**



**Figura 33: Índice de Vulnerabilidade Econômica a MCG – Cenário B2-BR**

A Figura 34 resume estes indicadores por Regiões de Planejamento, indicando que a região central tende a ser menos impactada e vulnerável às MCG, e as três regiões ao Norte as mais suscetíveis a esse fenômeno.



**Figura 34: Participação regional no PIB Estadual e Índice de Vulnerabilidade Econômica a MCG (IVE) – Cenários A2-BR e B2-BR**

## 8. DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Este estudo mostrou claramente que os impactos econômicos das MCG poderão ser substantivos em Minas Gerais. Para 2050, o PIB mineiro será menor entre 1,0% (A2-BR) e 2,7% (B2-BR). Em termos monetários acumulados nos próximos 40 anos, esse efeito atingirá aproximadamente R\$ 450 bilhões, em valores de 2008. Ademais, as MCG aumentariam a concentração da atividade no espaço e reforçariam as desigualdades regionais; reduziriam o bem-estar nas áreas rurais gerando pressões potenciais sobre as aglomerações urbanas. Destaca-se a ameaça das MCG às regiões mais pobres do Estado, com predominância dos efeitos adversos nas áreas rurais.

Não se trata, portanto, de cifras desprezíveis. Ainda mais porque essa é uma estimativa conservadora, pois não incorpora uma série de outras consequências do aquecimento global, sendo uma das muitas aproximações possíveis do impacto das MCG sobre a economia estadual. Por exemplo, os custos provocados por eventos extremos (inundações, secas, catástrofes), cuja probabilidade de ocorrência tende a aumentar com o tempo, não estão incluídos.

O custo apontado será incorrido na hipótese de nenhuma providência ser tomada a respeito das causas dessas mudanças. Está claro que uma parcela substantiva delas ultrapassa as fronteiras do Estado e mesmo do País, não sendo adequado falar-se apenas em políticas públicas estaduais no seu tratamento. Uma parcela importante delas tem origem no território estadual e nacional e ocorre em função do atual modelo de desenvolvimento. É necessário mudar procedimentos para que a contribuição estadual às mudanças climáticas seja diminuída e os custos apontados neste estudo indicam que vale a pena fazê-lo.

Em última análise, as pessoas e organizações tomam decisões com objetivos individuais, sem levar em conta as consequências sistêmicas de suas ações, mesmo porque elas lhes são, no mais das vezes, desconhecidas. Continuarão buscando no futuro situações que melhor lhes convenham, à luz dos retornos esperados em cada escolha, seja em termos financeiros, de bem estar ou qualquer outra dimensão relevante.

O desafio, portanto, está em criar mecanismos que incorporem nas decisões individuais os desdobramentos sistêmicos de suas ações, o que necessariamente deve ser feito pela alteração dos retornos individuais esperados de cada opção. Trata-se de procurar internalizar, no nível

individual (famílias, unidades produtivas, organizações), alterações monetárias que introduzam aos valores envolvidos em cada ação a clara dimensão dos desdobramentos que suas ações podem causar.

Não se trata de tarefa fácil, notadamente no nível estadual, posto que apenas parcela das mudanças climáticas tem origem no próprio território e são consequência das decisões tomadas por agentes localizados no Estado. Requer-se um conjunto equilibrado e consistente de mecanismos de estímulo econômico e de restrição a certas atividades.

Parte das modificações necessárias pode trazer benefícios já de curto prazo ao Estado, mesmo nas condições presentes. No âmbito das atividades agrícolas, a adoção de tecnologias mais limpas pode estar associada a aumento de produtividade em um horizonte de poucos anos, com consequentes aumentos de produção. Evidentemente, investimentos precisam ser feitos, o que requer mecanismos de estímulos e financiamentos adequados. Não se trata de desenvolver novos conhecimentos, mas de adotar conhecimentos já existentes e praticados no país ou em outros.

A agropecuária é um exemplo interessante, pois estudos técnicos e experiências já consolidadas indicam que é possível aumentar a produtividade de maneira significativa, levando a uma demanda muito menor por área. Falta um conjunto de sinais econômicos que indique essa direção aos agentes produtivos principalmente para áreas relevantes para o Estado, como a da produção do carvão e a siderurgia em geral.

Trata-se de montar programas envolvendo financiamento, estímulos de preços e regulamentação (certificação de produto, imposição de tarifas em certas áreas). Como visto anteriormente, os efeitos incidirão diferencialmente no espaço. Assim, será necessário considerar uma diferenciação espacial na intensidade dos mecanismos, tais como os fundos de financiamento regionais (e.g. BDMG). Desde logo, é fundamental incorporar a dimensão ambiental, assim como alinhá-los com as políticas de desenvolvimento municipais.

No passado, utilizavam-se linhas de crédito subsidiado para retirar regiões do atraso ou dinamizá-las. Agora, trata-se de um problema muito mais sério: a prevenção de eventual enfraquecimento acentuado e talvez mesmo de total esvaziamento econômico. Portanto, a intensidade dos mecanismos deve ser muito maior do que a experiência passada revela. Há que escolher setores relevantes e linhas de crédito diferenciadas aos setores problemáticos em cada região.

Parte do conhecimento necessário para reduzir os efeitos ambientais das atividades econômicas e sociais está disponível, tratando-se apenas de incentivar sua adoção. Outra parte precisa ser desenvolvida ou adaptada às peculiaridades estaduais, requerendo programas de desenvolvimento tecnológico correspondentes. Aqui há que buscar parcerias com o Governo Federal, visando o oferecimento de soluções tecnológicas para os produtores estaduais, as quais devem estar associadas a mecanismos financeiros que as viabilizem.

Nesse sentido, pode-se pensar em políticas regionais compensatórias visando à promoção do crescimento verde. Já há em Minas Gerais mecanismos previstos nesse sentido, em que ocorrem transferências de recursos das regiões mais ricas para as menos favorecidas. Apesar de haver experiências com linhas de crédito destinadas ao pequeno agricultor ou linhas de crédito ambientalmente corretas, o universo das linhas de crédito existente é disperso em seus objetivos, com critérios muitas vezes conflitantes. Assim, os recursos existentes devem continuar a ser canalizados para a promoção do desenvolvimento das regiões Norte e Nordeste do Estado, mas com maior foco em projetos que promovam a sustentabilidade ambiental regional e adaptação aos impactos das mudanças climáticas, não apenas nas áreas rurais, mas também nas áreas urbanas, que deverão estar mais bem aparelhadas para atender as demandas potenciais crescentes associadas às MCG.

Os potenciais efeitos das MCG sobre o uso da terra e a produtividade agrícola apontados neste estudo podem gerar importantes impactos socioambientais. Os resultados das simulações sugerem que as MCG podem levar a uma redução significativa das áreas florestais nos estabelecimentos agrícolas, aumentando a pressão por desmatamento em Minas Gerais. Em vista dessa tendência, faz-se necessária a implementação e o monitoramento de políticas de ordenamento de uso de solo, de modo a garantir o cumprimento das metas de redução de desmatamento definidas pelos governos federal e estadual.

O fato de os efeitos das MCG serem geograficamente diferenciados tem a implicação de que as disparidades regionais, já grandes, podem vir a se tornar ainda maiores, demandando atenção por parte das políticas públicas. Em particular, as perdas de produtividade agrícola na região norte do Estado podem afetar severamente o rendimento da agricultura familiar. O desenvolvimento de tecnologia com vistas à adaptação dos cultivos a condições climáticas mais adversas é fundamental para reduzir a vulnerabilidade dos produtores agrícolas.

O conjunto das intervenções necessárias requer uma visão ousada e corajosa. Desde logo, deve ficar claro que haverá necessidade de alocação de muitos recursos financeiros na tarefa. As mudanças de comportamento necessárias são muito grandes e não se conseguirá sem programas de grande dimensão. O problema a ser enfrentado é sério e suas consequências severas. Nada fazer significa escolher uma trajetória desastrosa, que levará à perda de dois anos de PIB em quarenta anos, com consequências crescentes para o futuro. É claramente um custo muito alto para as gerações futuras, e também para as gerações presentes, não sendo conveniente optar por uma política limitada e gradual, ou mesmo por ignorar o problema.

Um esforço significativo deverá ser alocado para a divulgação dos programas e de sua justificativa. Apoio popular e parlamentar somente serão obtidos quando o perigo potencial estiver muito claro para a sociedade. Mudanças de comportamento são mais fáceis em condições de crise, mas não é razoável esperar o problema ganhar dimensões catastróficas para começar a agir. Políticas públicas devem antecipar os acontecimentos e tomar as medidas necessárias para amenizar suas consequências.

Um elemento fundamental na direção do aumento da conscientização da população relaciona-se à área da educação e do treinamento. A consciência a respeito das consequências ambientais da produção e do consumo exige conhecimento e acesso à informação. Mesmo que os resultados nessa área exijam mais tempo de maturação, exibem maior solidez e criam sinergias importantes com os demais incentivos econômicos.

Como em todo problema socioeconômico, é possível encontrar-se um lado positivo. Há fontes internacionais de financiamento que poderão ser acessadas, notadamente os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, assim como outras formas de financiamento a fundo perdido. Aqui o sucesso está relacionado ao desenho de programas atraentes para os parceiros potenciais. O posicionamento do Estado como inovador e pioneiro na implementação de programas ambientais relevantes pode gerar um conjunto de vantagens, seja em termos de atração de parcerias em programas inovadores, seja de levantamento de recursos financeiros. Finalmente, a exportação de conhecimento e de eventuais tecnologias desenvolvidas no processo pode render frutos futuros ao Estado, aumentando sua competitividade e qualificando sua inserção na economia nacional e internacional.

## 9. REFERÊNCIAS

Adams, P. D. *et al.* **MMRF-GREEN: a dynamic, multi-sectoral, multi-regional model of Australia.** Australia: Monash University, Centre of Policy Studies, Impact Project, 2000.

ADAMS, R. Global climate change and agriculture: an economic perspective. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 71, n.5, p. 1272-79, Dez. 1989.

Almeida, M. F; Silva, A. M. A.; Resende, G. M. **Uma análise dos fundos constitucionais de financiamento do Nordeste (FNE), Norte (FNO) e Centro-Oeste (FCO).** Brasília:IPEA, 2006 (Texto para discussão, 1206).

ARNDT, C. An introduction to systematic sensitivity analysis via Gaussian Quadrature. **GTAP Technical Paper.** West Lafayette, Indiana, Center for Global Trade Analysis, Purdue University. n. 2, 1996.

ASSAD, E. *et. al.* **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil.** Brasília: Embaixada Britânica, 2008.

Brandão, A. S. P.; Resende, G. C. ; Marques; R. W. C. **Crescimento agrícola no período 1999-2004, explosão da área plantada de soja e meio ambiente no Brasil.** Rio de Janeiro: IPEA, 2005. (Texto para discussão, 1062).

BURNIAUX, J.M. ; TRUONG, T. P. **GTAP-E: An energy-environmental version of the GTAP Model.** Center for Global Trade Analysis, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA. Purdue, 2002.

Decker, W.L.; Jones, V.; Jones, R. **The Impact of climate change from increased atmospheric carbon dioxide on american agriculture.** Washington: Department of Energy, 1986. DOE/NBB-0077.

De Melo, J. **Computable general equilibrium models for trade policy analysis in developing countries:** a survey. [S.l.] : World Bank, 1988.

DÊSCHENES, O.; GREENSTONE, M. The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. *American Economic Review*, v. 97, n. 1, p. 354-85, 2007.

Domingues, E. P.; Magalhães, A. S.; Ruiz, R. M. **Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na Região Nordeste.** Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 2008. (Texto para discussão, 340)

Domingues, E. P.; Haddad, E. A.; Hewings, G. J. D. **Sensitivity analysis in applied general equilibrium models: an empirical assessment for MERCOSUR Free trade areas agreements.** Discussion Paper 04-T-4, Regional Economics Applications Laboratory, University of Illinois, Urbana, 2004.

EVENSON, R. E.; Alves, D. C. O. Technology, climate change, productivity and land use in brazilian agriculture. *Planejamento e Políticas Públicas*, n.18, p.223-258, 1998.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Global Forest Resource Assessment 2005**: Progress towards sustainable forest management. Rome: FAO Forestry Paper 147, 2006.

FÉRES, J.; REIS, E.; SPERANZA, J. Assessing the Impact of climate change on the brazilian agricultural sector. In: PROCEEDINGS OF THE ANNUAL EAERE CONFERENCE, 16, 2007. Gothemburg: European Association of Environmental and Resource Economists, 2007.

HADDAD, E. A. **Regional inequality and structural changes: lessons from the brazilian economy**. Ashgate, Aldershot, 1999.

HADDAD, E. A. ; DOMINGUES, E. P. EFES : um modelo aplicado de equilíbrio geral para a economia brasileira: projeções setoriais, 1999-2004. **Estudos Econômicos**, v. 31, n. 1, p. 89-125, 2001.

HADDAD, E. A. ; HEWINGS, G. J. D. Market imperfections in a spatial economy: some experimental results. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, n. 45, p. 476-496, 2005.

HADDAD, E. A.; HEWINGS, G. J. D.; Peter, M. Input-output systems in regional and interregional CGE modeling. In: HEWINGS, G. J. D.; SONIS, M.; BOYCE, D. **Trade, networks and hierarchies**. Berlin, Springer-Verlag, 2002.

HEWINGS, G. J. D. Problems of integration in the modelling of regional systems. In: Batey, P. W. J.; MADDEN, M. **Integrated Analysis of Regional Systems**, London Papers in Regional Science, Pion, 1986.

Hewings, G. J. D.; Nazara, S. ;Dridi, C. (2003). **Channels of synthesis forty years on integrated analysis of spatial economic systems**. Discussion Paper REAL 03-T-27, Regional Economic Applications Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign.

Hulme, M. and N. Sheard (1999). **Climate change scenarios for Brazil**. Norwich, UK :Climatic Research Unit , University of East Anglia. 6p. Disponível em :<<http://www.cru.uea.ac.uk>>

ISARD, W. ;ANSELIN, L. Integration of multiregional models for policy analysis. **Environment and Planning A**, n.14, p. 359-376, 1982.

KANCZUK, F. Business cycles in a small open brazilian economy. **Economia Aplicada**, v. 5, n.3, p. 455-470, 2001.

Kanczuk, F. Real interest rates and brazilian business cycles. **Review of Economic Dynamics**. 2003.

Margulis, S. **Causas do desmatamento da amazônia brasileira**. Brasília: Banco Mundial, 2003.

MENDELSON, R.; NORDHAUS, W.; SHAW, D. The impact of global warming on agriculture: a Ricardian analysis. **American Economic Review**. v. 84, n.4, p. 753-771, 1994.

MENDELSON, R.; NORDHAUS, W.; SHAW, D. The impact of climate variation on US agriculture. In: MENDELSON R.; NEUMANN J. E. **The impact of climate change on the United States economy**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 55-74.

SANGHI, A.; ALVES D.; EVENSON, R.; MENDELSON, R. Global warming impacts on brazilian agriculture: estimates of the Ricardian model. **Economia Aplicada**, v.1, n. 1, 1997 .

SCHLENKER, W.; HANEMANN, W. M; FISHER, A. C. Will. U.S. Agriculture really benefit from global warming? Accounting for Irrigation in the hedonic approach. **American Economic Review**. p.395-406, mar. 2005.

SCHLENKER, W.; HANEMANN, W. M; FISHER, A. C. The impact of global warming on US agriculture: an econometric analysis of optimal growing conditions. **Review of Economics and Statistics**, 88(1): 113-125, 2006.

SIQUEIRA, O. J. F.; FARIAS, J. R. B. de; SANS, L. M. A. Potential effects of global climate change for brazilian agriculture, and adaptive strategies for wheat, maize, and soybeans. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.2, p. 115-129, . Santa Maria 1994.

STERN, N. **The economics of climate change: the Stern review**. Cambridge University Press, 2007.

