

**AVALIAÇÃO DOS MODELOS CLIMÁTICOS GLOBAIS DO IPCC PARA O BRASIL:  
PRECIPITAÇÃO PLUVIAL**

BRUNO S. OLIVEIRA<sup>1</sup>; EMÍLIA HAMADA<sup>2</sup>; JOSÉ TADEU DE O. LANA<sup>3</sup>

Nº 11415

**RESUMO**

Um dos aspectos relevantes nos estudos dos efeitos das mudanças climáticas são os modelos climáticos. Todos os modelos simulam elevações na temperatura global para o próximo século, porém há divergências nas projeções dos modelos quanto ao aumento ou diminuição, dificultando a definição de padrões esperados para o futuro em algumas regiões, incluindo o Brasil. Este estudo teve como objetivo avaliar a tendência das projeções de precipitação dos modelos climáticos globais (MCG) do IPCC para o Brasil e suas regiões, utilizando o Sistema de Informações Geográficas (SIG) Idrisi 32. Foram utilizadas as projeções de 15 modelos climáticos globais do IPCC, considerando o período futuro (2071-2100), do cenário de emissão A2 e os dados do período de referência (1961-1990), do Climatic Research Unit (CRU). As projeções de precipitação dos MCGs para o Brasil variam ao longo do ano e nos meses de verão há uma maior tendência ao aumento de precipitação do que nos meses de inverno. As regiões Norte e Sul apresentam maior convergência de projeções de aumento de precipitação.

**ABSTRACT**

A relevant aspect in studies of climate changes is climate models. All models simulate increase of global temperature for the next century, but there is divergence among rainfall projections in relation to increase or decrease, what difficult the expected standards for some regions in the future, including Brazil. For some climatic variables the global climate models projections are similar, as in the case of temperature. But in the case of rainfall it does not happen, once the global climate models show different projections. This study aims to evaluate the rainfall projections tendency for Brazil and its regions according to global climate models, using GIS Idrisi 32. Fifteen global models were performed to compare the projection of future precipitation (2071 - 2100) of the emission scenario A2 of the IPCC Fourth Assessment Report with reference period data (1961 - 1990) of the Climate Research Unit (C.R.U). The rainfall projections of GCMs for Brazil vary throughout the year and during the summer months there is a

<sup>1</sup> Bolsista CNPq: Graduação em Eng. Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP, brusilol@gmail.com.

<sup>2</sup> Orientadora: Pesquisadora, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.

<sup>3</sup> Colaborador: Analista, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.

greater tendency to rainfall increase comparing to winter months. The North and South have convergence of rainfall increase projection.

## **INTRODUÇÃO**

As mudanças climáticas globais podem causar grandes impactos sobre atividades importantes para o desenvolvimento e a economia, que são influenciadas pelo clima. Dessa maneira, é necessário buscar formas de prever de que modo essas alterações climáticas afetarão as atividades humanas, possibilitando elaborar estratégias de adaptação para garantir a produção e os rendimentos dessas atividades.

Nesse aspecto o geoprocessamento pode ser utilizado, sendo um instrumento que permite a integração do planejamento e o gerenciamento de recursos. Segundo Hamada e Gonçalves (2007), a utilização de SIG (Sistema de Informações Geográficas) é fundamental para esse tipo de estudo, por permitir a manipulação das informações georreferenciadas, mantendo-se todo o trabalho no formato digital.

A melhor ferramenta para projetar cenários prováveis de alterações climáticas para o futuro são modelos matemáticos do sistema climático global, os quais levam em conta, de forma quantitativa, o comportamento dos compartimentos climáticos (atmosfera, oceanos, criosfera, vegetação, solos, etc.) e suas interações. Esses modelos permitem a simulação de prováveis cenários de evolução do clima para vários cenários de emissões de gases de efeito estufa (NOBRE, 2005).

Os cenários de emissão representam uma visão possível do desenvolvimento futuro de emissões de substâncias que têm efeito radiativo potencial, como gases de efeito estufa ou aerossóis, baseados numa combinação coerente e internamente consistente de assunções sobre forçantes controladoras como demografia, desenvolvimento socioeconômico e mudança na tecnologia, assim como suas interações (MARENGO, 2006).

Os modelos climáticos globais (MCG) apresentam convergência de suas projeções de temperatura indicando para os diferentes cenários de emissão uma tendência de aumento. Já para a precipitação, não há essa concordância. As estimativas de precipitação pluvial dos modelos climáticos globais divergem nas diferentes áreas geográficas, afetando a previsibilidade e a confiança nos resultados obtidos para essa variável (NOBRE, 2005). Desta forma, estudos mais aprofundados devem ser realizados para essa variável, avaliando-se o comportamento dos diferentes modelos climáticos globais.

O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento e tendência dos modelos climáticos globais (MCG) do Quarto Relatório do IPCC para precipitação, para o Brasil e suas regiões.

## MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada consiste na obtenção de mapas do Brasil com a informação do número de MCG que projetam aumento de precipitação no período futuro (2071-2100), em relação ao período de referência presente (1961-1990), nos meses de janeiro a dezembro. O procedimento foi realizado utilizando o SIG Idrisi 32. As imagens utilizadas têm resolução espacial de 0,5 x 0,5 graus, sistema de coordenadas Latitude-Longitude, Datum WGS84. A Tabela 1 apresenta os MCGs utilizados no estudo.

**Tabela 1.** Modelos climáticos globais do IPCC-AR4 adotados, com abrangência para o continente sul-americano.

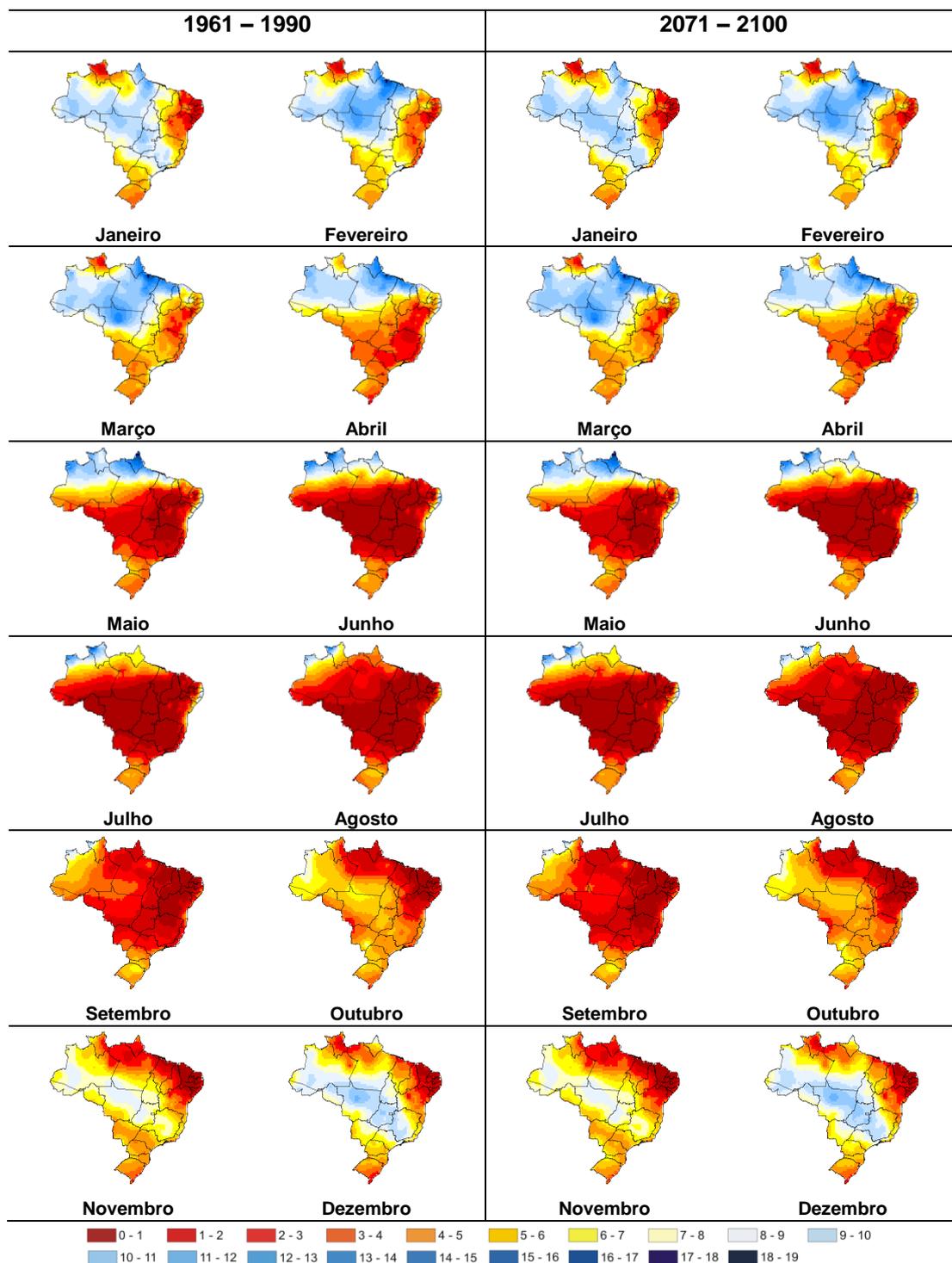
Modelo	Instituição e País
BCCR-BCM2.0	Bjerknes Centre for Climate Research, Noruega
CGCM3.1.T47	Canadian Centre for Climate Modelling & Analysis, Canadá
CNRM-CM3	Météo-France, França
CSIRO-Mk3.0	CSIRO Atmospheric Research, Austrália
ECHO-G	Meteorological Institute of the University of Bonn, Alemanha/Coréia
GFDL-CM2.0	US Dept. of Commerce / NOAA / Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, EUA
GISS-ER	Goddard Institute for Space Shuttles, EUA
UKMO-HadCM3	Hadley Centre for Climate Prediction and Research / Met Office, Reino Unido
UKMO-HadGEM1	Hadley Centre for Climate Prediction and Research / Met Office, Reino Unido
INM-CM3.0	Institute for Numerical Mathematics, Rússia
MIROC3.2.medres	Center for Climate System Research, Japão
ECHAM5	Max Planck Institute for Meteorology, Alemanha
MRI-CGCM2.3.2	Meteorological Research Institute, Japão
CCSM3	National Center for Atmospheric Research, EUA
PCM	National Center for Atmospheric Research, EUA

Fonte: Adaptado de IPCC (2007).

Foi realizada para cada MCG a operação de subtração de imagens entre a precipitação do período futuro (2071-2100) e período de referência presente (1961-1990), para cada mês. A Figura 1 apresenta as imagens de precipitação, como média dos 15 MCG, de janeiro a dezembro, nos períodos futuro e presente.

Após a obtenção da diferença de precipitação entre futuro e presente, foi feita uma reclassificação, separando os pixels nos quais a diferença entre os dois períodos é positiva (aumento de precipitação no futuro) daqueles onde é negativa (diminuição de precipitação no futuro). Essa reclassificação foi feita atribuindo os valores 0 e 1,

sendo o zero para os pixels com a diferença negativa e um para os pixels com diferença positiva. Dessa forma foram obtidas ao final deste processo 12 imagens para cada MCG, todas seguindo o princípio de imagem booleana.

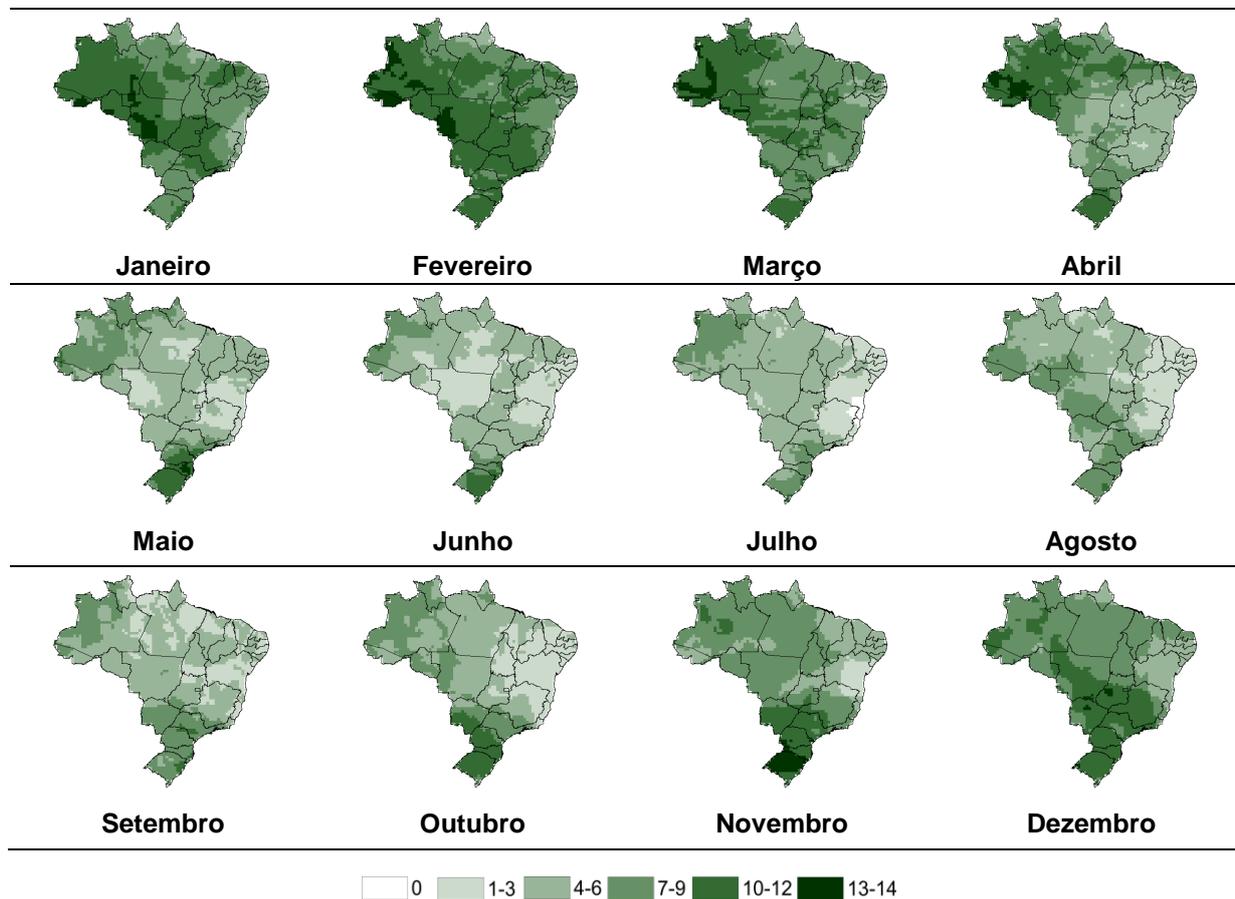


**FIGURA 1.** Precipitação mensal (mm/dia) – Média dos 15 Modelos Climáticos Globais para o período de referência presente (1961-1990) e período futuro (2071-2100) do cenário A2.

Após a obtenção das imagens booleanas para todos os MCGs em cada mês, foi realizada a soma das mesmas. Como em cada pixel o valor era zero ou 1, somando-se as imagens dos 15 MCGs obteve-se ao final uma imagem na qual, para cada pixel, tinha-se a quantidade de MCGs que projetam aumento de precipitação no período futuro. Os resultados obtidos foram divididos por região, para serem analisados separadamente. A análise estatística foi realizada no software Minitab 15, obtendo-se a média, erro, desvio padrão, coeficiente de variação, mínimo, máximo e total de pixels para cada mês em cada região.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens do Brasil com o número de MCGs que projetam aumento de precipitação no futuro são apresentadas na Figura 2.



**FIGURA 2.** Número de Modelos Climáticos Globais que projetam aumento de precipitação no período futuro (2071 – 2100), cenário A2, em relação ao período de referência presente (1961 – 1990).

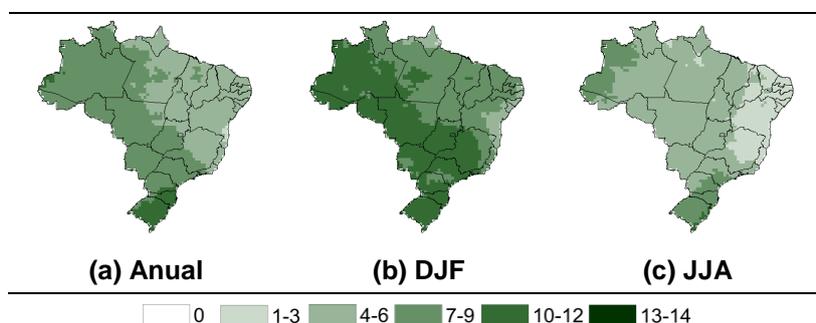
Nota-se uma tendência ao aumento da precipitação no oeste da região Norte e norte da região Centro-Oeste, de janeiro a abril. Já para a região Nordeste observa-se,

ao longo do ano, uma tendência à diminuição da precipitação no período futuro, exceto nos meses de janeiro a março, onde uma maior quantidade de MCGs projeta aumento de precipitação. Para essa região ocorre, em julho, nenhum MCG indicando aumento de precipitação no sul do estado da Bahia.

Na região Centro-Oeste, nos meses de janeiro a março, há uma concordância quanto ao aumento de precipitação. Na região Sudeste, nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro), nota-se uma tendência a aumento de precipitação, enquanto no norte de Minas Gerais, nos meses de inverno (junho, julho e agosto), a maior parte dos MCGs projeta diminuição de precipitação.

A região Sul apresenta também uma tendência a aumento de precipitação, principalmente nos meses de novembro e fevereiro. Nessa região o comportamento nos meses de inverno é diferenciado, uma vez que mais MCGs projetam aumento de precipitação, comparado às demais regiões no mesmo período.

De maneira geral, o comportamento dos MCGs varia ao longo do ano, havendo padrões em determinadas regiões em certas épocas do ano. O comportamento dos MCGs foi analisado sazonalmente nos meses de verão, inverno e média anual (Figura 3).



**FIGURA 3.** Número de Modelos Climáticos Globais que projetam aumento de precipitação no período futuro (2071 – 2100), cenário A2, em relação ao período de referência presente (1961 – 1990). (a) Média anual; (b) Média dos meses de dezembro a janeiro; (c) Média dos meses de junho a agosto.

Observando a média anual, nota-se que a maior convergência nas projeções de aumento de precipitação se dá nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, com 10 a 12 MCGs fazendo tal projeção. Já parte das regiões Sudeste, Norte e Centro-Oeste está na faixa de 7 a 9 MCGs. A região Nordeste, leste da região Norte e no norte da região Sudeste, menos modelos projetam aumento de precipitação. Comparando-se com os mapas de anomalias de precipitação apresentados por Marengo (2006), nota-se semelhança nos resultados da região Sul. Porém para a

região Norte, esse autor apresenta resultados que apontam a diminuição de precipitação no período futuro estudado. Comparando com o Quarto Relatório do IPCC (2007), há semelhança nas projeções para a região Nordeste (onde poucos MCGs projetam aumento de precipitação) e para a região Sul (com uma tendência a aumento).

Nos meses de verão uma maior quantidade de MCGs projetando aumento de precipitação no período futuro, comparando-se com os meses de inverno (Figura 3). Conforme apresentado por Marengo (2006), nos meses de verão há uma tendência a aumento da precipitação desde a região Sul até o Nordeste, porém para a área do centro do estado do Amazonas, os MCGs projetam diminuição segundo o autor, contrariamente ao observado na Figura 3. A diferença nos resultados pode ser decorrente ao uso de menos MCGs pelo autor, sendo o seu resultado mais influenciado por projeções de anomalias negativas por parte de algum MCG.

Nos meses de inverno (Figura 3), há em maior parte a projeção de diminuição de precipitação segundo os MCGs. Nota-se maior intensidade dessa condição na região Nordeste e norte de Minas Gerais. Comparando com os resultados apresentados por Marengo (2006), há semelhança no comportamento dos MCGs na região Sul, havendo mais projeções de aumento de precipitação do que nas demais regiões.

Os resultados da análise estatística são apresentados na Tabela 2, sendo referentes aos 12 meses do ano.

**Tabela 2.** Análise estatística realizada para as cinco regiões do Brasil.

Região	Total pixels	Média Nº MCG PR>0	Erro	Desvio Padrão	Coef. de Variação(%)	Mínimo	Máximo
Norte	15276	8.32	0.02	2.61	31.33	2	14
Nordeste	6180	6.11	0.03	2.51	41.06	0	12
Sudeste	3852	7.53	0.05	3.00	39.80	0	12
Sul	2556	10.61	0.04	1.88	17.68	5	14
Centro-Oeste	6696	8.25	0.03	2.85	34.54	2	14

A região Norte apresenta coeficiente de variação de 31,33%, enquanto a região Nordeste apresenta o maior coeficiente de variação (41,06%), com a maior disparidade entre as projeções nos meses de inverno e de verão. Na região Sudeste também se observa uma maior diferença entre as projeções nos meses de inverno e verão segundo os MCGs, com um coeficiente de variação de 39,80%, porém com o maior desvio padrão entre as cinco regiões. A região Centro-Oeste apresenta também um comportamento semelhante, porém observa-se pela Figura 3 que há na região

uma uniformidade quanto a faixa de número de MCGs que projetam aumento de precipitação ao longo do ano e nas duas estações especificadas.

A região Sul apresenta a maior homogeneidade nos resultados, com um coeficiente de variação de 17,68%. Sua média de número de MCGs que projetam aumento de precipitação é o maior entre as cinco regiões, assim como o mínimo obtido para a região, nos meses de inverno.

## CONCLUSÃO

As projeções de precipitação dos MCGs para o Brasil variam ao longo do ano e os meses de verão apresentam uma maior tendência a aumento de precipitação do que os meses de inverno, onde menos MCGs fazem tal projeção. As regiões Nordeste e Sudeste têm projeções de diminuição de precipitação nos meses de inverno, conforme a maior parte das projeções dos MCGs. As regiões Norte e Sul apresentam maior convergência quanto a projeção de aumento de precipitação no período futuro (2071-2100) em relação ao período de referência (1961-1990).

## AGRADECIMENTOS

À Embrapa - Macroprograma 1 (Climapest) pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HAMADA, E.; Gonçalves, R.R.V. **Introdução ao geoprocessamento**: princípios básicos e aplicação– Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 52 p.: il. — (Embrapa Meio Ambiente. Documentos; 67).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007**: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

MARENGO, J. A.; **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI / José A. Marengo – Brasília: MMA, 2006.

NOBRE, C. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima**. In: MUDANÇA do clima: volume I: negociações internacionais sobre a mudança do clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. Brasília, DF: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005. p. 147-216. (Cadernos NAE, 3).