

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS SOCIAIS**

**A ADMINISTRAÇÃO DA RELEVÂNCIA EM PESQUISAS SOBRE  
MUDANÇA CLIMÁTICA.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Antero Silveira de Oliveira Filho.**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**

**A ADMINISTRAÇÃO DA RELEVÂNCIA EM PESQUISAS  
SOBRE MUDANÇA CLIMÁTICA.**

**por**

**Antero Silveira de Oliveira Filho**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação  
*Stricto Sensu* em Ciências Sociais,  
da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciências Sociais.**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. Débora Krischke Leitão**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Silveira de Oliveira Filho, Antero  
A Administração da Relevância em Pesquisas sobre Mudança Climática. / Antero Silveira de Oliveira Filho.-2015.  
136 p.; 30cm

Orientadora: Débora Krischke Leitão  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Sociais e Humanas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais, RS, 2015

1. sociologia do conhecimento científico 2.  
administração da relevância, 3. mudanças climáticas. I.  
Krischke Leitão, Débora II. Título.

---

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Antero Silveira de Oliveira Filho. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: [tioantero@gmail.com](mailto:tioantero@gmail.com)

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS SOCIAIS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

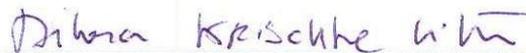
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**A ADMINISTRAÇÃO DA RELEVÂNCIA EM PESQUISAS SOBRE  
MUDANÇA CLIMÁTICA**

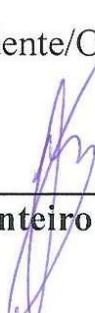
elaborada por  
**Antero Silveira de Oliveira Filho**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciências Sociais**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**



**Débora Krischke Leitão, Dr.<sup>a</sup> (UFSM)**  
(Presidente/Orientadora)

  
\_\_\_\_\_  
**Fabrício Monteiro Neves, Dr. (UnB)**

  
\_\_\_\_\_  
**Mari Cleise Sandalowski, Dr.<sup>a</sup> (UFSM)**

**Santa Maria, 26 de fevereiro de 2015**

## AGRADECIMENTOS

À professora Débora Krischke Leitão, por aceitar com eutímia a tarefa de me orientar.

Ao professor Fabrício Monteiro Neves, por me receber em seu grupo de estudos, antes de meu ingresso no PPGCSociais, e pelos valiosos apontamentos no decurso do mestrado.

À sempre solícita e paciente Jane, funcionária do PPGCSociais-UFSM.

Aos professores e colegas de mestrado, em especial à *turma do conflito* (Alcir, Evelin e Bruna). Aos meus colegas da Educação de Jovens e Adultos (EJA) no Colégio Estadual Manoel Ribas, principalmente ao professor Antonio Severiano do Amaral Leal, pelo auxílio em *descascar abacaxis* burocráticos.

Aos meus amigos e camaradas, por compreender os momentos da necessária clausura.

À minha mãe, Avany Pereira, pelo inestimável apoio e pelos oportunos incentivos em todos os momentos.

Ao Ministério da Educação (MEC) que, através do Portal de periódicos da CAPES, possibilitou o acesso aos materiais dessa pesquisa ☺

## RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais

Universidade Federal de Santa Maria

### **A ADMINISTRAÇÃO DA RELEVÂNCIA EM PESQUISAS SOBRE MUDANÇA CLIMÁTICA.**

AUTOR: ANTERO SILVEIRA DE OLIVEIRA FILHO.

ORIENTADORA: DÉBORA KRISCHKE LEITÃO, DR.<sup>a</sup>.

Data e Local da Defesa: Santa Maria, RS, 26 de fevereiro de 2015.

No presente trabalho pretendo investigar como é realizada, por parte dos cientistas, a administração da relevância das pesquisas científicas, no contexto das mudanças climáticas. Ou seja, como a importância de um determinado objeto de investigação científica é apresentada, através de publicações na rede técnico-científica (LATOURET, 2008), levando-se em conta as contingências contextuais da construção do conhecimento científico. Para tanto, terei como referência os artigos científicos produzidos por pesquisadores da Rede CLIMA, dentro da sub-rede Modelagem Climática, no período de 2007 à 2013, considerando a noção de *administração da relevância* (KNORR-CETINA, 2005). Tendo em vista que na sociedade moderna a ciência possui destacado papel, é importante lançar luz, sociologicamente, sobre os processos de produção de conhecimento e sua relação com os contextos práticos dos quais emergem e no quais se inserem. A abordagem do objeto é qualitativa e de caráter descritivo, contando com pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e análise de conteúdo.

Palavras-chave: sociologia do conhecimento científico, administração da relevância, mudanças climáticas.

## **ABSTRACT**

Master's Dissertation

Postgraduate Program in Social Sciences

Universidade Federal de Santa Maria

# **THE ADMINISTRATION OF RELEVANCE IN RESEARCH ON CLIMATE CHANGE.**

AUTHOR: ANTERO SILVEIRA DE OLIVEIRA FILHO

ADVISOR: DÉBORA KRISCHKE LEITÃO

Place and Date of Dissertation's Defense: Santa Maria, february 26<sup>th</sup>, 2015.

In this study I intend to investigate how it is performed, by scientists, the administration of the relevance of scientific research in the context of climate change. That is, as the importance of a particular scientific research object is presented through publications in technical-scientific network (LATOIR, 2008), taking into account the contextual contingencies of construction of scientific knowledge. Therefore, I will have reference to the scientific articles produced by researchers at Rede CLIMA within the Climate Modeling subnet, from 2007 to 2013, considering the concept of administration of relevance (KNORR-CETINA, 2005). Considering that in modern society science has important role, it is important to shed light, sociologically, on the knowledge of production processes and their relation to practical contexts of which emerge and in which they operate. The approach of the object is qualitative and descriptive, with literature, documentary research and content analysis.

Keywords: sociology of scientific knowledge, management relevance, climate change.

## Lista de Anexos

ANEXO 1 “ <i>Technical Note: Sensitivity of 1-D smoke plume rise models to the inclusion of environmental wind drag</i> ” .....	94
ANEXO 2 “ <i>The climatic sensitivity of the forest, savanna and forest– savanna transition in tropical South America</i> ” .....	97
ANEXO 3 “ <i>The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS) – Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories</i> ” .....	100
ANEXO 4 “ <i>Cerrado Conservation is Essential to Protect the Amazon Rainforest</i> ” .....	103
ANEXO 5 “ <i>Climate downscaling over South America for 1961–1970 using the Eta Model</i> ” .....	105
ANEXO 6 “ <i>Aquecimento global: conceituação e repercussões sobre o Brasil</i> ” .....	109
ANEXO 7 “ <i>PREP-CHEM-SRC – 1.0: a preprocessor of trace gas and aerosol emission fields for regional and global atmospheric chemistry models</i> ” .....	111
ANEXO 8 “ <i>Performance evaluation of the SITE® model to estimate energy flux in a tropical semi-deciduous forest of the southern Amazon Basin</i> ” .....	113
ANEXO 9 “ <i>The droughts of 1996–1997 and 2004–2005 in Amazonia: hydrological response in the river main-stem</i> ” .....	116
ANEXO 10 “ <i>A biophysical model of Sugarcane growth</i> ” .....	118
ANEXO 11 “ <i>Coupled Ocean–Atmosphere Variations over the South Atlantic Ocean</i> ” .....	121
ANEXO 12 “ <i>Monitoring carbon assimilation in South America's tropical forests: Model specification and application to the Amazonian droughts of 2005 and 2010</i> ” .....	124
ANEXO 13 “ <i>Vegetation patterns in South America associated with rising CO<sub>2</sub>: uncertainties related to sea surface temperatures</i> ” .....	127
ANEXO 14 “ <i>Seasonal climate hindcasts with Eta model nested in CPTEC coupled ocean–atmosphere general circulation model</i> ” .....	129

## Lista de Siglas

ABC - Academia Brasileira de Ciências  
AGCMs - *global atmospheric general circulation models*  
ANT - *Actor-Network Theory*  
AR - *Assessment Report*  
BESM - Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre  
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior  
CBPF - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas  
CEPAL - Comissão Econômica das Nações Unidas para a América Latina  
CGCMs - *coupled ocean-atmosphere general circulation models*  
CMIP5 - Coupled Model Intercomparison Project Phase 5  
CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear  
CNPq - Conselho Nacional de Pesquisas  
COP - Conferência das Partes  
COP-3 - Conferência de Kyoto  
CQNUMC - Conferência Quadro das Nações Unidas sobre Mudança no Clima  
FAPESP - Fundação da Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
FBMC - Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas  
Funtec - Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico  
GEE - gases de efeito estufa  
INCT-MC - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas  
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*  
ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
MBSCG - Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global  
MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo  
NRC – *National Research Council*  
OECD - *Organisation for Economic Co-operation and Development*  
OMM - Organização Meteorológica Mundial

PER - Programa Empírico do Relativismo

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PNMC - Política Nacional sobre Mudança do Clima

Protec - Programa de Expansão Tecnológica

RCM - *regional climate models*

Rede CLIMA - Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais

STS - *Science and Technology Studies*

SSK - *Sociology of Scientific Knowledge*

TAR - Teoria Ator-Rede

TSM - temperatura da superfície do mar

USP – Universidade de São Paulo

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

## Índices de Quadros

Quadro 1: Fator local como aspecto relevante na pesquisa científica.....	73
Quadro 2: Tecnologia, sociedade e economia, enquanto aspectos relevantes nos artigos científicos.....	77
Quadro 3: A incerteza na administração da relevância da pesquisa.....	83

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	6
<b>Lista de Anexos</b> .....	8
<b>Lista de Siglas</b> .....	9
<b>Índices de Quadros</b> .....	11
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>CAPÍTULO 1 – CIÊNCIA NO BRASIL</b> .....	18
1.1.1 Ciência no Império.....	18
1.1.2 Ciência na República Velha.....	19
1.1.3 Ciência na Era Vargas.....	21
1.1.4 O pós-guerra: Décadas de 50 e 60.....	23
1.1.5 Ciência no período da Ditadura Civil-Militar.....	24
1.1.6 Ciência contemporânea.....	26
1.2.1 Física no Brasil.....	28
1.2.3 A aurora institucional da Física no Brasil: a década de 1930.....	28
1.2.4 O esforço de guerra e o pós-guerra.....	29
1.2.5 Anos 50 e 60.....	32
1.2.6 Física brasileira contemporânea.....	34
<b>CAPÍTULO 2 – MUDANÇAS CLIMÁTICAS</b> .....	36
2.1 Incertezas que cercam o assunto.....	38
2.2 Mudanças Climáticas, ciência e economia.....	39
2.3 Efeito estufa e aquecimento global.....	41
2.4 Mudanças climáticas e o Brasil.....	43
2.5 Física e as Mudanças Climáticas.....	45
2.6 A Física das mudanças climáticas em rede: Rede CLIMA.....	47
<b>CAPÍTULO 3 – REVISÃO TEÓRICA</b> .....	49
3.1 O conhecimento enquanto problema de pesquisa social.....	49

3.2 Visão instrumental da Tecnologia e Ciência, interesses e conhecimento.....	58
3.3 Administração da relevância.....	60
3.4 Sociedade moderna, administração da relevância e mudanças climáticas.....	61
3.5 Relevância da pesquisa científica no contexto das mudanças no clima.....	65
<b>CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DO CONTEÚDO DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS.....</b>	<b>68</b>
4.1 Introdução.....	68
4.2 Artigo científico como forma de exposição do conhecimento.....	69
4.3 O <i>locus</i> da administração da relevância científica.....	72
4.4 A relevância, a justificativa e a legitimidade do conhecimento.....	73
4.5 Metodologia da pesquisa.....	74
4.6 Análise do fator local na administração da relevância dos resultados científicos.....	77
4.7 Análise da tecnologia, economia e sociedade na administração da relevância das pesquisas.....	81
4.8 Análise da incerteza nos artigos científicos.....	86
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>99</b>

## **Introdução.**

Na sociedade contemporânea a Mudança Climática é um tema científico que, por seu amplo alcance e impacto, acaba envolvendo várias dimensões da vida social e, assim sendo, também requer a atenção da pesquisa social. Essa temática emerge no cenário científico em meados dos anos de 1970 e, nas agendas da esfera político-econômica, no fim dos anos de 1980. No que tange às Ciências Sociais, esse assunto desperta interesse desde a década de 1990, mas tem especial atenção da Sociologia, onde manifestou-se recentemente em trabalhos de autores como Anthony Giddens e Ulrich Beck, dentre outros.

Apesar de ser considerada controversa e cercada de incertezas, a questão das mudanças no clima enseja uma gama considerável de pesquisas científicas nas mais diversas áreas, caracterizando-se como um assunto que exige abordagens multidisciplinares. Dentre as ciências que colaboram para investigar os fenômenos relacionados às mudanças climáticas, a Física possui particular destaque, uma vez que seus aportes teórico-conceituais estão presentes nas demais disciplinas que investigam o tema.

A temática da Mudança Climática, dessa forma, está dentro do quadro de pesquisa (entendido como o conjunto de problemas que são abordados pela teoria social) que referencia a investigação sociológica contemporânea (assim como a ecologia, os movimentos sociais, a globalização,...). Nesse cenário global de investigações científicas sobre o clima, minha pesquisa se debruça sobre a produção de conhecimento científico, realizado pela Física, sobre mudanças climáticas.

Nesse sentido, o problema de pesquisa consiste em investigar como é administrada a relevância da pesquisa científica, em mudanças climáticas, pelos cientistas - especificamente os físicos; assim como quais são as relevâncias administradas, a fim de inserir seus objetos de investigação científica dentro da rede sociotécnica.

Perguntar-se “como” um fenômeno social ocorre aponta para o “por quê” desse fenômeno e, assim, para sua explicação, uma vez que essas perguntas estão conectadas. Dessa forma, a busca do “como” dirige a pesquisa para a origem do fenômeno e fornece um caminho para a sua compreensão, como pondera Karin Knorr-Cetina (2005). Uma vez que a realidade muda, durante a transição do trabalho em laboratório para o artigo científico, cabe se debruçar sobre as lógicas (da investigação científica em laboratório, localmente contingente) e como operam, no sentido de deslocar objetos de pesquisa para um contexto

generalizado (de mundos possíveis, fora do local onde os objetos foram construídos) durante a formulação do artigo. Esses resultados/objetos/alegações são apresentados como pretensos recursos (KNORR-CETINA, 2005) e, assim, negociações em laboratório se transformam numa fusão de interesses (dos atores envolvidos) que permitem circulação de conhecimento pela rede.

Meu objeto é a administração da relevância (social, tecnológica, local) dentro do contexto de inserção de objetos de pesquisa na produção do conhecimento científico. Essa administração da relevância está associada às práticas do fazer científico, consistindo num elemento da atividade científica em laboratório.

Administrar a relevância é um processo de afastamento das circunstâncias contextuais da pesquisa, ou seja, de todas as contingências próprias das seleções feitas em laboratório, descontextualizando o objeto de investigação, e recontextualizando-o, para inseri-lo dentro de um contexto sociotécnico. Para Karin Knorr-Cetina (2005) a administração da relevância, na elaboração de um artigo ou projeto de pesquisa, serve para inserir o trabalho do cientista num contexto tecnológico e, sobretudo, prático.

Dessa forma, minha pesquisa busca contribuir para elucidar algumas dimensões da produção de conhecimento científico sobre mudanças climáticas, como as incertezas que envolvem o objeto de pesquisa, seu apelo sociotécnico, e o papel desempenhado pelo fator local (e contingente) na produção do conhecimento científico. Nesse aspecto, como as potencialidades locais são apresentadas como relevantes, dentro das *expertises* adotadas para mitigação/adaptação ao aquecimento global. Para tanto, pretendo realizar – como sugere Bruno Latour (2008) - um mapeamento das tendências presentes na apresentação (em artigos) da importância social dos objetos de pesquisa científica.

A relação entre ciência, sociedade e tecnologia tem tomado lugar nos estudos das ciências sociais, sobretudo, a partir da década de 70. Essa pesquisa social se inscreve dentro da Sociologia do conhecimento científico, herdeira do interesse da teoria social pela produção do conhecimento. Esse ramo dos estudos sociais que vem desde o início século XX (com Karl Mannheim e Max Scheler), passando por Robert Merton, e chegando ao Programa Forte da Sociologia (com David Bloor) e o Programa Empírico do Relativismo (PER, de Harry Collins e Trevor Pinch), assim como a Teoria Ator-rede (de Bruno Latour).

Quanto aos referentes empíricos que perfazem essa pesquisa, serão os artigos científicos produzidos por pesquisadores da Rede CLIMA<sup>1</sup>, a partir de 2007<sup>2</sup>. A escolha da

---

<sup>1</sup> <http://redeclima.ccst.inpe.br/documentos.html>

Rede CLIMA ocorreu por tratar-se de uma rede que congrega as principais instituições brasileiras que fornecem suporte científico para o discurso acerca da mudança climática. Convém destacar que o IPCC<sup>3</sup> serve de parâmetro para as discussões sobre mudanças climáticas. As bases científicas do IPCC são, justamente, instituições de pesquisa sediadas nos países signatários, que no Brasil estão ligadas à Rede CLIMA. Essas instituições fornecem os argumentos tecnocientíficos para as discussões e intervenções sociais sobre mudança climática no mundo.

O estudo sobre a administração da relevância pode auxiliar no entendimento da construção das agendas de pesquisa, bem como suas mudanças, pois os aspectos dessa construção revelam como a sociedade influencia os processos de pesquisa científica.

No capítulo I pretendo tratar da ciência no Brasil, dentro da perspectiva de alguns autores (como Simon Schwartzmann, Lúcia Morel e Marcelo Burgos), cotejando e discutindo as abordagens sobre a compleição da ciência no Brasil, tendo como referência a noção de administração da relevância, realizada pelos atores (cientistas) envolvidos no processo de produção do conhecimento científico. Também será discutido como o tema da mudança climática se interpõe no cenário científico. Isso é realizado no capítulo II, onde será abordado o tema das mudanças climáticas, assim como sua relação com dimensões que estão associadas a esse tema (como as incertezas sobre o assunto, a economia das mudanças climáticas e o mecanismo que explica o fenômeno do efeito estufa e do aquecimento global). Também será apresentado o modo como o Brasil, institucionalmente, trata a questão das mudanças climáticas, seja estabelecendo elos comunicativos entre o Estado e as demandas sociais (fóruns e consultas para subsidiar políticas públicas sobre mitigação e adaptação às mudanças no clima), seja inserindo-se no cenário científico por meio de conhecimentos sobre o clima e, estrategicamente, explorando suas potencialidades econômicas (recursos naturais renováveis); ao final do capítulo será discutida a Física das mudanças climáticas (particularmente, como os conhecimentos produzidos pela Rede CLIMA se inserem nesse contexto sociotécnico).

Será realizada, no Capítulo III, uma revisão teórica sobre o assunto, elencando e discutindo as categorias que fornecem aportes para tratar o tema. Autores como Ulrich Beck, com sua posição teórica reflexiva sobre assuntos da modernidade, Bruno Latour, através da Teoria Ator-Rede (TAR), e Karin Knorr-Cetina, por meio de sua abordagem construtivista, contribuem significativamente, nesse sentido, para investigar o fazer científico, as relações

---

<sup>2</sup> Ano em que o Quarto Relatório de Avaliação do IPCC apontou o fator antrópico como causador das alterações no clima global.

<sup>3</sup> Do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Inter-governamental sobre Mudanças Climáticas).

que se estabelecem entre os atores nesse cenário e os aspectos que interferem na produção do conhecimento científico. Nesse capítulo a noção de administração da relevância dos objetos de pesquisa será apresentada. Por fim, no capítulo IV, é feita a apresentação dos dados e a análise dos resultados obtidos na pesquisa. Por tratar-se de uma pesquisa qualitativa, com pretensões descritivas, a metodologia de pesquisa adotada consiste na análise de conteúdo dos artigos científicos, produzidos por pesquisadores da Rede CLIMA. Por sua vez, a seleção do conjunto dos textos (artigos) que compõe o *corpus* de pesquisa obedeceu a um conjunto de critério simples: contemplar o tema das mudanças climáticas, serem homogêneos (apenas artigos científicos) e sincrônicos. Dentro da Rede CLIMA, portanto, cabe à sub-rede *Modelagem* a primazia, mas não a exclusividade, de produzir conhecimentos científicos sobre essa temática. Assim, artigos publicados por pesquisadores ligados a essa sub-rede foram analisados, totalizando 14 (quatorze) artigos produzidos de 2010 a 2012 (publicações selecionadas pela sub-rede *Modelagem* e indicadas nos Relatórios de Atividades da Rede CLIMA).

# Capítulo I

## Ciência no Brasil.

“As ciências desenvolveram suas capacidades de controle prático *independente e para além* de enunciados axiológicos explícitos. Suas possibilidades práticas de exercer influência residem no *como* da construção científica de resultados.”  
(ULRICH BECK, *Sociedade de risco*, 2011, p.266)

Tratar da ciência no Brasil pressupõe situar histórica e espacialmente a atividade científica, ou seja, apresentar o(s) contexto(s) nos quais a ciência se tornou possível no Brasil, compondo, assim, um quadro que define as trajetórias peculiares da ciência nos trópicos.

### 1.1.1 Ciência no Império.

Do séc.XVI até o séc.XVIII não houve no Brasil qualquer iniciativa de promoção de uma matriz institucional que fornecesse apoio ao desenvolvimento da ciência e tecnologia, enquanto a Europa já vivia as conseqüências da chamada ‘Revolução Científica’. Mesmo o ensino, até a metade do séc.XIX, não contemplava os estudos de ciências, como aponta Ivan S. F. de Sousa (1993). As atividades científicas, até o sec. XIX no Brasil, se resumiam à missões européias de observação, coleta e classificação de riquezas naturais, como destaca a socióloga Regina Lúcia de Moraes Morel (1979, p.27). Uma grande mudança histórica em Portugal foi necessária para que este quadro se alterasse no Brasil. A invasão napoleônica, pelas tropas do general Junot, do território português provocou a transferência da família real portuguesa para o Brasil, e isso teve importantes conseqüências na vida da colônia. No mesmo ano da chegada da família real, 1808, é revogada a lei que proibia a manufatura em território brasileiro (alvará de 5 de janeiro de 1785, de D.Maria I). Esse fato teve como desdobramento o início da atividade de pesquisa agrícola e pecuária (SOUSA, 1993). A instalação da corte portuguesa no Brasil constituiu-se num ponto decisivo na cultura científica no país (MOREL,1979, p.29), até então circunscrita a poucos indivíduos, pois não havia instituições mas sim agremiações científicas no Brasil colonial.

A tentativa de institucionalização da ciência no Brasil também remonta ao início do séc.XIX, com a criação do Jardim Botânico, em 1808 no Rio de Janeiro, através do decreto de

D. João VI e, em 1818, com a criação do *Museo Real* (hoje Museu Nacional). No seio dessas instituições faziam-se estudos científicos voltados aos problemas agrotécnicos (SOUSA, 1993, p.24).

O cientista social Marcelo Baumann Burgos (1999) destaca que a ciência ganhou um estímulo no Brasil, no início do sec. XIX, em virtude de necessidades de caráter prático, referentes a demandas militares e econômicas, sendo que as pesquisas realizadas nas instituições científicas, criadas com a chegada da corte portuguesa, estavam ligadas os cultivos de novas espécies naturais com potencial de mercado (BURGOS, 1999, p.18).

Portanto, os primórdios da institucionalização científica no Brasil foram marcados pelo apoio aos estudos agropecuários, que representavam os interesses do principal setor produtivo da então colônia. As medidas de apoio à ciência eram respostas a necessidades imediatas e pretendiam aparelhar a colônia - providenciando formação de pessoal - para seu novo papel: o de centro do Império português (MOREL, 1979, p.30)

Já o apogeu da ciência imperial foi marcado pela presença ativa do Imperador Dom Pedro II em todos os assuntos relacionados com a ciência e com a educação. Fazendo o papel de mecenas, o interesse de Dom Pedro II pelas ciências o levou a buscar a companhia de cientistas, tanto no Brasil como no exterior, e a participar de todos os acontecimentos científicos mais importantes do país, como aponta Simon Schwartzman (2001, cap.III, p.09).

Até o início da República, a atividade científica, no Brasil, era extremamente precária. Precisava lidar, por um lado, com iniciativas instáveis empreendidas segundo os impulsos do Imperador. Por outro lado, tinha que se defrontar com as limitações de escolas profissionais burocratizadas, sem autonomia e com objetivos puramente utilitaristas (SCHWARTZMAN, 2001, p.20). Como destaca Schwartzman (2001), a situação precária pode ser compreendida ao se recordar que o Brasil não possuía setores sociais significativos que julgassem a atividade científica suficientemente valiosa para justificar o interesse e o investimento por parte do país.

No Império, assim como o sistema educacional, o sistema científico se caracterizava principalmente pela centralização administrativa e, portanto, estava sujeito a todos os vícios de um centralismo do tipo despótico, como favoritismos e falta de autonomia das instituições.

### **1.1.2 Ciência na República Velha.**

Os cientistas brasileiros do início do sec. XX eram formados, em sua grande maioria, em universidades européias, com destaque para a França e Bélgica. Esse corpo científico

sofreu forte influência das idéias positivistas, o que fez com que o Brasil visse a ciência como terminada e pronta para usar. Isolado culturalmente do mundo anglo-saxão, os brasileiros seguiam à distância a maior parte do que acontecia na engenharia e pouco do progresso na física (SCHWARTZMAN, 2001).

O começo desse período foi marcado pela criação de várias instituições, principalmente em São Paulo, algumas das quais sobrevivem até hoje: o Instituto Agrônomo de Campinas, para pesquisa agrícola (1887); o Instituto Vacinogênico, para o desenvolvimento de vacinas (1892); o Instituto Bacteriológico (1893); o Museu Paulista (1893); o Museu Paraense (1894); e o Instituto Butantã, um centro para pesquisa de venenos e produção de antídotos (1899). Em 1900 foi criado no Rio de Janeiro o Instituto de Manguinhos, para a pesquisa biomédica. Essas organizações, segundo Simon Schwartzmann (2001), foram responsáveis por muito do que foi produzido pela ciência brasileira até a década de 1930.

As instituições científicas criadas nos primeiros anos da República focalizavam principalmente a aplicação dos seus resultados ao que era visto como as necessidades mais prementes do país: a exploração dos recursos naturais, a expansão da agricultura e o saneamento dos principais portos e cidades. Essas instituições eram estimuladas pelo crescimento da indústria e o desenvolvimento promovido no Brasil pela abertura de novas opções de transporte (especialmente as ferrovias) e o aumento das colheitas. (SCHWARTZMANN, 2001, cap. IV, p.07)

A atividade científica, no entanto, no contexto da república oligárquica não dispunha de uma política sistemática do Estado que garantisse sua continuidade, mas dependiam de esforços de homens isolados, alcançando aqui e ali momentos de apogeu devido a pressões esporádicas do meio-ambiente (Morel, 1979, p.37).

Cabe salientar, nesse sentido, que as instituições criadas durante a República Velha seguiam, desde o Império, uma lógica pragmática (a qual correspondia um padrão pragmático de ação institucional), onde a ciência atendia a problemas concretos e a demandas de setores econômicos (agrícola, naval, mineração,...), como aponta Marcelo B. Burgos (1999, p.19 e 21).

Ao longo da República Velha, pondera Marcelo B. Burgos (1999), predominou uma lógica de expansão institucional da ciência, que poderia ser sintetizada nos termos que seguem:

“...instituições criadas para atender demandas específicas e imediatas, ficando a sua reprodução, no entanto, condicionada à habilidade de homens que, com trânsito na

política, e com boas relações pessoais, negociam a sobrevivência de suas instituições, em geral a partir do apoio da administração pública.” (p.23)

Essa lógica também se apresentou na criação de centros de pesquisa tecnológica, com a diferença que estes puderam mobilizar os interesses privados e, assim, obter menor dependência do Estado.

Dois instituições capturaram o clima de renovação da ciência e da educação brasileiras nos anos 1920: a Academia Brasileira de Ciências e a Associação Brasileira de Educação. A primeira foi instituída em 1922 como um desdobramento da Sociedade Brasileira de Ciências, fundada em 1916.

A princípio a Sociedade promovia suas reuniões na sala dos professores da Escola Politécnica, e se compunha temporariamente de duas áreas principais, com ênfases na matemática e nas ciências físico-químicas. Mais tarde passou a haver uma divisão mais precisa: matemática, física, química, geologia e ciências biológicas. Por sua vez, a Academia desempenhou uma função cultural e intelectual, agindo para promover a ciência, mais do que de praticá-la, e não promovia ou patrocinava programas de pesquisa. Em certa medida a Academia representava a “anti-faculdade”, em contraste com a Escola Politécnica - uma reação contra o atraso na penetração das idéias modernas na Escola Politécnica.

Em 1927 foi dado início, pela Academia Brasileira de Ciências, a uma série de conferências nacionais sobre a educação, onde a questão da inserção da atividade científica nas universidades foi discutida. Esse foi um passo importante na institucionalização da ciência academicamente (SCHWARTZMAN, 2001, cap.V, p.07).

Ainda na República Velha, a ciência brasileira se vê diante de conflitos ideológicos entre a esquerda e a direita, disputa assim apresentada por Schwartzman (2001):

“Os revolucionários de 1930 se haviam dividido entre a esquerda, que incluía Pedro Ernesto, Prefeito do Rio de Janeiro, e a direita conservadora, muito mais poderosa, personificada pela Igreja católica, por Francisco Campos e os chefes militares que cercavam Getúlio Vargas, entre outros. No fim de 1935 os comunistas tentaram apoderar-se do governo com um levante militar, o que provocou violenta repressão e uma onda de caça às bruxas, que incluiu a deposição e prisão de Pedro Ernesto.”(p.14)

O desfecho desse contexto político teve conseqüências institucionais que marcaram o período da República Velha até Estado Novo: a descentralização, tanto da educação quanto da ciência, e a ascensão de uma política conservadora.

### **1.1.3 Ciência na Era Vargas.**

O período que sucedeu a República Velha, conhecido como Era Vargas (1930-1945), ficou caracterizado, cientificamente, como de grande descentralização institucional até 1937, seguido de controle centralizador a partir de então, com reflexos importantes na vida científica<sup>4</sup>. Em 1936 o clima direitista toma conta do país e, institucionalmente, é selado um acordo entre o regime de Getúlio Vargas e a Igreja católica, sobre o modelo de universidade do país (a Universidade do Brasil). O afastamento, em 1937, de Anísio Teixeira do Ministério da Educação inicia essa fase elitista e centralizadora na academia. Mas entre a direita não havia homogeneidade, tendo sido travadas lutas entre a visão conservadora da Igreja católica e o pensamento liberal (representado pelo pragmatismo norte-americano de Anísio Teixeira) acerca do modelo de universidade e desenvolvimento científico para o Brasil (SCHWARTZMAN, 2001). Assim, instituições que surgiram nesse período são produtos das disputas entre visões de sociedade divergentes.

No entanto, destoando desse contexto social e político, a criação da Universidade de São Paulo (USP), em 1934, foi o acontecimento mais importante na história da ciência e da educação no Brasil. A USP veio ao encontro dos interesses dos políticos liberais paulistas, que pretendiam criar as condições para a formação de uma elite para gerir o estado<sup>5</sup>. A ausência dessa elite se relacionava diretamente com as frustrações que tinham provocado a rebelião de 1932.

Morel (1979, p.39), destarte, pondera que a criação da USP vinha ao encontro da ideologia anticentrista que mobilizou setores industriais e da elite agrária paulista após a Revolução de 1930. Constituía, desse modo, um intento de fortalecer a autonomia do Estado, após a crise econômica (de 1929) e a perda de poder que caracterizaram o começo da década de 1930.

A despeito de tudo, a Universidade de São Paulo - e mais precisamente a sua Faculdade de Filosofia - tornou-se a mais importante instituição científica já estabelecida no Brasil, depois do Instituto Oswaldo Cruz. Isso se pode explicar, em parte, pelas condições econômicas do estado de São Paulo, que podia fornecer-lhe mais recursos do que os recebidos por qualquer outra instituição similar em todo o país, como pondera Schwartzman (2001). No mesmo sentido, Regina Morel (1979, p.39) considera que a USP representa a primeira tentativa de iniciar o sistema universitário no Brasil.

---

<sup>4</sup> Sobre essa fase (período Vargas), em que a ciência ficou em segundo plano na vida intelectual, em detrimento da área cultural, ver (BURGOS, 1999, p.25), onde o autor considera que um dos motivos é o estágio da industrialização no Brasil, que não demandava processos de inovação tecnológica. Assim, a promoção da ciência encontrava-se atrelada a uma ideologia cientificista e ideais civilizatórios, e não a ideologia industrializante.

<sup>5</sup> Sobre a criação da USP enquanto projeto institucional voltado para formação de uma nova elite, por parte dos paulistas derrotados na “revolução constitucional de 1932”, ver Marcelo Burgos (1999, p.27).

A questão do modelo universitário adotado nesse período é particularmente interessante. A França era a influência predominante, e no passado o Brasil procurou imitar as *grandes écoles*, como a *Politechnique* e a *École de Mines*. Dessa forma, a Escola Politécnica manteve sua fidelidade à tecnologia, e resistiu à incorporação da física moderna. Essa mistura de diferentes modelos acadêmicos, tradições e experiências dentro da mesma instituição acabou por ser um dos pontos fortes da Universidade de São Paulo, onde a centralização e o domínio pela burocracia nunca prevaleceriam plenamente (SCHWARTZMAN, 2001, cap. V, p.31).

Esse período também ficou caracterizado, educacional e cientificamente, pela gradativa substituição do modelo institucional francês pelo norte-americano de ciência, especialmente através da influência da Fundação Rockefeller (presente no Brasil desde 1916), como destaca Simon Schwartzman (2001):

“...além de sua contribuição direta para o controle de enfermidades tropicais, a Fundação Rockefeller exerceu um grande impacto sobre a comunidade científica brasileira, mediante a exportação da capacidade tecnológica e de modelos institucionais americanos, além de ter permitido a um significativo grupo de brasileiros uma exposição direta ao ambiente científico e educacional americano. Em termos mais específicos, ela serviu como instrumento fundamental no processo de substituir a França pelos Estados Unidos, como a meta para a qual se dirigem os cientistas brasileiros em busca de educação, inspiração e modelos.” (cap.VI, p.22)

Sobre essa questão, no entanto, Marcelo Burgos (1999, p.27 e 28) destaca que a USP, em sua formação, teve inspiração do modelo universitário francês, privilegiando as ciências sociais, uma vez que o intuito era a formação de uma elite intelectual para administrar o Estado, conferindo maior racionalidade nas ações do poder público. O modelo americano, com a primazia nas ciências naturais, não foi, portanto, a aposta inicial na expansão da ciência na Era Vargas.

#### **1.1.4 O pós-guerra: Décadas de 50 e 60.**

Era muito grande, segundo Simon Schwartzman (2001,Cap. VIII, p.03), nos anos seguintes à Segunda Guerra Mundial, o otimismo em relação ao papel positivo que a ciência e a tecnologia poderiam desempenhar para elevar os países latino-americanos a patamares sócio-econômico mais satisfatórios.

O ativismo científico do pós-guerra era diferente do que prevalecera durante a organização da Faculdade de Filosofia da Universidade de São Paulo (na década de 1930). Antes da guerra, a necessidade de dispor da ciência era proclamada em nome da cultura, da

civilização e da liderança intelectual. Posteriormente, passou-se a ver na ciência um instrumento importante para o processo de desenvolvimento e planejamento econômicos, o que levou os cientistas a sustentar que lhes cabia a responsabilidade de não se limitarem a ter somente uma vida acadêmica. Eles desejavam participar de todas as decisões relevantes da sociedade, e sentiam-se capacitados para tal missão. Os cientistas brasileiros haviam acompanhado atentamente a participação de seus pares no esforço de guerra na Inglaterra, Estados Unidos e União Soviética (SCHWARTZMAN,2001, cap.VIII,p.04)

Institucionalmente, na década de 50, o Brasil vive um momento marcante no cenário político, econômico e social. Um objetivo inegável dos órgãos governamentais, como o Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq)<sup>6</sup>, era apoiar o processo de industrialização brasileiro, que se caracterizava na época pela ênfase na produção de bens de consumo duráveis e importação de bens de capital e pelo investimento em massa em aquisição de tecnologia estrangeira.

A década de 1950 marca também o fortalecimento do capitalismo industrial no Brasil e a presença do Estado, como agente econômico no processo de expansão industrial capitalista, como salienta Regina Morel (1979, p.44). É nesse contexto que ocorre a institucionalização da ciência e das políticas científicas, expressa pela criação, em 1951, do próprio CNPq e da Capes, onde os recursos humanos e a ciência seriam valorizados como elementos de progresso, fatores importantes na ampliação das forças produtivas e à expansão capitalista (MOREL, 1979, p.45).

Especialmente na década seguinte, a visão de que a ciência e as universidades poderiam exercer um papel positivo na conquista de transformações socioeconômicas fazia parte da ideologia "desenvolvimentista", que emanara dos trabalhos da Comissão Econômica das Nações Unidas para a América Latina (CEPAL) (SCHWARTZMAN, 2001, cap.VIII, p.03).

### **1.1.5 Ciência no período da Ditadura Civil-Militar.**

Em 1964, assumiu o poder um governo civil-militar politicamente conservador, cujo relacionamento com a comunidade científica e as universidades foi muito conflituoso, tendo

---

<sup>6</sup> A criação do CNPq e da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) é apontada, por Marcelo Baumann Burgos (1999, p.32-33), como fruto de um padrão pragmático de expansão institucional da ciência, com fortes vínculos com a questão militar. Representa, dessa forma e através da Forças Armadas, as afinidades eletivas entre ciência e nacionalismo, e expressa também o pensamento reformista do contexto intelectual da década de 1950, onde a ciência faz parte do projeto de reforma social.

culminado tal processo, no início da década de 1970, com a perda do cargo para centenas de cientistas e professores, e o exílio para muitos (SCHWARTZMAN, 2001, cap.VIII, p.02). Suas medidas tiveram efeitos diretos sobre os arranjos institucionais da ciência no país. A decisão, do Departamento Nacional do Serviço Público (DASP), de que os servidores públicos não mais poderiam ter mais de um emprego público, conhecida como “lei de desacumulação”, teve conseqüências imediatas sobre as áreas ligadas ao ensino e pesquisa. O regime de trabalho em tempo integral era então algo praticamente desconhecido nas instituições de ensino superior no Brasil. Apartadas do mundo acadêmico e sujeitas às regulamentações formais e aos salários decrescentes do serviço público, quase todas as instituições de pesquisa aplicada entraram num período de declínio. Todas as atividades científicas e universitárias foram golpeadas duplamente pelo movimento centralizador. Esse fato também demonstrou o quão insipiente era a institucionalização da ciência no Brasil durante a Era Vargas e ao longo do breve período de democratização (1946-1961).

O envolvimento do maior banco de investimento do Brasil - o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (posteriormente também “Social”, BNDES), de propriedade do governo - na área da ciência e da tecnologia constitui o traço mais interessante, para Schwartzmann (2001), do novo período. Pela primeira vez, na história do Brasil, havia um esforço organizado no sentido de colocar a ciência e a tecnologia a serviço do desenvolvimento econômico (capitalista), mediante o investimento de recursos substanciais (estatais). Em 1964, o banco criou um programa para o desenvolvimento tecnológico<sup>7</sup>, conhecido sob o nome de Fundo Nacional de Tecnologia, que nos seus primeiros dez anos despendeu cerca de 100 milhões de dólares para pesquisa e ensino, em nível de pós-graduação, nos ramos de engenharia, ciências exatas e campos afins, como enfatiza Schwartzmann (2001, cap.IX, p.01).

As raízes ideológicas desse programa (Fundo Nacional de Tecnologia) estão, segundo Schwartzmann (2001), numa combinação de duas tendências aparentemente opostas. A primeira tendência baseava-se nas idéias a respeito da dependência econômica e tecnológica, e da conseqüente necessidade de planejamento científico como forma de superá-la. Essas concepções eram vitais para a busca de um novo papel para os cientistas brasileiros. A outra tendência calcava-se nas ambições nacionalistas do governo militar, que começaram a tomar

---

<sup>7</sup> A centralidade da ciência e tecnologia, por parte dos militares, remonta à década de 1940, para Marcelo Burgos (1999, p.36), quando a autonomia tecnológica é pensada como dimensão estratégica para as Forças Armadas. No entanto, foi através do Programa Estratégico de Desenvolvimento (PED) em 1968 que a ciência e tecnologia adquiriram, segundo Marcelo Burgos (1999), um *status* de prioridade para o governo, consolidando-se com o II PND (II Plano Nacional de Desenvolvimento) em 1975.

forma na década de 1960 e chegaram ao seu auge em meados dos anos 70. Os regimes militares sul-americanos foram mais conhecidos, nos anos 60, por sua aproximação ideológica e doutrinária com os Estados Unidos, por seu liberalismo econômico e por sua suposta preocupação em reduzir o papel do estado em quase todas as esferas de atividade. Nesse sentido, era oposta à tendência representada pela CEPAL ou por cientistas como Leite Lopes, que defendiam a tese da intensificação do planejamento e da intervenção estatais, como forma de corrigir os efeitos da dependência (SCHWARTZMANN, 2001, cap. IX, p.02). Assim, a entrada das agências de desenvolvimento e planejamento econômico no campo da ciência, e do ensino de pós-graduação, intensificou a tendência histórica no sentido de favorecer a tecnologia aplicada em detrimento da ciência básica<sup>8</sup>.

Para Regina Morel (1979, p.56), a ideologia nacional-desenvolvimentista, gerada e difundida pelo aparato estatal pós-64, usa a “ciência e tecnologia” como refrão no discurso oficial. A autora destaca que, depois de 1967, o discurso oficial incorpora, com uma frequência nunca antes vista, a idéia de “ciência e tecnologia” como elementos de progresso econômico<sup>9</sup>, pois o Estado fortalece sua participação como agente de planejamento e desenvolvimento econômico e, através do crescimento econômico, obtém um fator de legitimação política do regime ditatorial (MOREL, 1979, p.54).

### **1.1.6 Ciência contemporânea.**

A ciência moderna no Brasil tem sua origem na década de 30 (com o fim da Rep. Velha), onde, de modo geral, só os campos que podiam ser organizados academicamente sobreviveram nos anos 1930, para ressurgir nas décadas de 1950, 1960 e ainda mais tarde. Os outros, como as ciências da terra e a pesquisa tecnológica, tiveram que aguardar um novo começo, muitos anos depois. Esse momento (década de 1930) foi marcado, além da centralização burocrática, pela alta profissionalização da ciência, pela inserção de sistema de progressão por mérito e técnicas de treinamento e uso de métodos científicos de administração.

---

<sup>8</sup> Essa tendência também é salientada por Regina Morel (1979, p.69), quando a autora analisa as transformações ocorridas no CNPq, ainda na década de 1970. A autora expressa, dessa forma, suas preocupações sobre as mudanças na orientação e possível diminuição do apoio à pesquisa básica (o que acabou se confirmando na década de 1980).

<sup>9</sup> Marcelo Burgos (1999, p.38) enfatiza que se a meta era fazer com que a ciência e tecnologia criassem uma nova dinâmica de modernização industrial, através de sua implantação no sistema universitário, então esse objetivo falhou. Pouca interação foi promovida, de fato, entre o setor produtivo e a ciência e tecnologia. Algumas razões para isso são apresentadas, tanto por Regina Morel (1979, p.74) quanto por Marcelo Burgos (1999, p.38-39).

Já o período contemporâneo da ciência foi precedido por um momento de expansão<sup>10</sup> na década de 1970 e, depois, por um período de estagnação institucional (a década de 1980) caracterizado por cortes nos investimentos em pesquisa<sup>11</sup>.

O processo de redemocratização promoveu alterações nas relações dos cientistas com o Estado, o mercado e a sociedade (BURGOS, 1999, p.47 e 52). A ciência básica, p.ex., passou de uma condição dependência do financiamento estatal - em virtude do papel estratégico que lhe era atribuída nos anos 60 e 70 - e das negociações com tecnocratas, para a necessária conquista de aliados na sociedade, através do empenho de seus pesquisadores, no intuito de alavancar seus projetos. Nesse sentido, os cientistas tinham de administrar a importância de seus projetos (agora 'projetos coletivos') em termos de aplicabilidade industrial e mobilização de novas tecnologias (BURGOS, 1999).

O cenário científico se alterou e exigiu dos cientistas um protagonismo distinto. Há muito mais ciência e tecnologia no Brasil de hoje do que há apenas vinte anos; no entanto, é também verdade que um espaço para a ciência, em termos de papéis científicos socialmente definidos, aceitos e institucionalizados, é ainda bastante escasso. Quando muito, existem ilhas de competência, nichos nos quais a ciência pôde desenvolver-se durante algum período, mesmo que de forma precária, e ameaçada por um ambiente de pouco apoio (SCHWARTZMANN, 2001, cap. X, epílogo, p.02)

Uma das razões para isso é que se reproduziu no Brasil, segundo Simon Schwartzmann (2001), o modelo de concentração da produção científica predominante no cenário internacional, onde poucas instituições representavam a maior parte da produção de conhecimento científico. Os planos brasileiros para ciência e tecnologia, bem como o comportamento das agências de ciência e tecnologia no correr do tempo, revelam uma tentativa de aproximar-se dos padrões de gastos dos países desenvolvidos, no sentido de promover, através da ciência, o crescimento econômico (como visto anteriormente).

No entanto, as empresas brasileiras, tanto públicas como privadas, têm mostrado muito pouco interesse em pesquisa original e desenvolvimento. As firmas locais preferem comprar fora máquinas e procedimentos bem testados, e não demandam os resultados obtidos pela pesquisa universitária. Em torno 66,6% das empresas tem na aquisição de bens de capital sua

---

<sup>10</sup> No período da ditadura civil-militar houve uma expansão exponencial de programas de pós-graduação e de instituições de pesquisa, ou seja, houve um aumento da malha institucional de ciência, como pondera Marcelo Burgos (1999, p. 37 e 45)

<sup>11</sup> A crise fiscal, no início dos anos 80, é considerada um fator preponderante para os cortes nos investimentos em Ciência e Tecnologia, segundo Marcelo Burgos (1999, p.50), e seu esvaziamento.

principal estratégia, e não na promoção de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, como aponta Renato Dagnino (2007, p.391).

O momento de transição para a democracia teve como um dos principais traços, no governo do Presidente José Sarney (1985-1990), a carência total de quaisquer projetos ou compromissos de longo prazo. A abertura em relação a grupos de interesse e à opinião pública é evidentemente um característica desejável em qualquer democracia, mas o fato é que ela cria, segundo Simon Schwartzmann (2001, cap. X, epílogo, p.05), problemas especiais para uma comunidade científica não afeita a lutar por seu próprio espaço (como era o caso da comunidade brasileira).

Nesse sentido, para Marcelo Burgos (1999, p.52), a luta pela redemocratização representou, para os cientistas, uma luta por maior participação na definição das políticas de ciência e tecnologia. Esse novo contexto colocou, para os cientistas, a necessidade de novas estratégias de desenvolvimento da atividade (institucionalmente), através da busca da mobilização e interação com os interesses sociais, justamente para viabilizar a inscrição social dos projetos de pesquisa científica.

### **1.2.1 Física no Brasil.**

A pesquisa científica no campo da matemática e das ciências físicas teve início no Brasil no Observatório Imperial do Rio de Janeiro, criado formalmente em 1827, mas que somente iniciou seu funcionamento depois de 1845. Durante todo o século XIX o Observatório foi chefiado por cientistas nascidos ou treinados na França, que normalmente ensinavam também na Escola Politécnica. A princípio, o Observatório se dedicou quase exclusivamente a cálculos astronômicos, regulação de cronômetros e observações meteorológicas. Em 1858 e 1865 foram organizadas expedições científicas para observar eclipses solares, o que marcou o princípio da colaboração com cientistas franceses.

Esse período configurou-se como sendo de baixa institucionalização das pesquisas físicas e astronômicas, uma vez que não foi possível enquadrar a atividade realizada por esses cientistas em termos de serviços prestados ao público e, assim, contar com apoio governamental.

### **1.2.2 A aurora institucional da Física no Brasil: a década de 1930.**

Institucionalmente, desde a década de 20, do século XX, discutia-se, particularmente pelos membros da Academia Brasileira de Ciências (ABC), a necessidade de criar uma entidade governamental para o fomento da pesquisa científica no Brasil. No entanto, segundo Regina Morel (1979, p.40), a Física moderna no Brasil começa na Universidade de São Paulo (inicialmente, na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras), com as pesquisas de Gleb Wataghin, que chega ao Brasil - por intermédio e indicação de Enrico Fermi – convidado por Teodoro Ramos. Wataghin não pertencia à elite científica européia, mas frequentava os recintos e eventos onde renomados cientistas circulavam regularmente (Clube de Kapitza, chás na casa de Rutherford,...) e conhecia os principais nomes de sua época. Assim, esse cientista pode contribuir com a formação das primeiras linhas de pesquisa em Física no Brasil (SCHWARTZMAN, 2007).

A física de partículas subatômicas foi a primeira linha de pesquisa no país; esta linha não oferecia nenhuma aplicação ou resultado prático, ou seja, tinha um caráter teórico, característico da ciência básica. Nas décadas seguintes, porém, surgiria a oportunidade de demonstrar o seu valor prático, e a física se tornaria um dos campos de pesquisa mais produtivos do Brasil (SCHWARTZMAN, 2001).

A pesquisa se intensificou em 1938 com a chegada de Giuseppe Occhialini. Foi ele que introduziu no Brasil a tradição de física experimental, que vinha sendo desenvolvida por J. J. Thompson e Lord Rutherford, e teve início assim uma nova série de experiências com raios cósmicos.

Uma segunda tradição de pesquisa em Física se desenvolveu no Rio de Janeiro, através das investigações de Bernhard Gross e Joaquim Costa Ribeiro (no Instituto Nacional de Tecnologia). As pesquisas tinham um cunho mais técnico e aplicado, voltadas para demandas de companhias de eletricidade e incumbências legais, como definir padrões de pesos e medidas.

### **1.2.3 O esforço de guerra e o pós-guerra.**

A física no Brasil, ainda imberbe em 1942, foi solicitada a colaborar com o esforço de guerra, lançando-se, assim, na tarefa - própria da ciência aplicada - de desenvolver equipamentos para as forças armadas. Para o exército brasileiro, Paulus A. Pompéia desenvolveu um instrumento que podia medir a velocidade inicial dos projéteis com uma grande precisão. Ele e Marcelo Damy desenvolveram também rádios portáteis para os veículos do exército. Os projetos mais interessantes, porém, eram os da Marinha. O primeiro

produto foi um instrumento que podia ouvir o som dos hélices de um submarino. Desenvolver esses equipamentos, na época completamente desconhecidos no Brasil, exigiu que uma série de problemas técnicos fossem solucionados, mediante a incorporação ao processo de novos especialistas e das novas instituições.

A década de 1940 sinaliza uma mudança no interesses de pesquisa em física, com a criação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), cujo departamento de Física do novo instituto era chefiado por Paulus A. Pompéia, antigo assistente de Gleb Wataghin. O grupo central do departamento retomou uma tradição de física de estado sólido, que só existira antes no Brasil graças ao trabalho de Bernhard Gross. Tratava-se de uma mudança radical e há muito necessária em relação à tradição da física de partículas inaugurada por Wataghin.

Depois da guerra, com Marcelo Damy dirigindo o departamento de Física, a Fundação Rockefeller doou US\$ 75.000 ao departamento para que adquirisse um acelerador de partículas nos Estados Unidos. Damy e Wataghin viajaram aos Estados Unidos para escolher o equipamento, e se decidiram por um betatron de 23 megawatts (SCHWARTZMAN, 2001).

A partir da Segunda Guerra Mundial, os avanços da tecnologia bélica, aérea, farmacêutica e principalmente a energia nuclear, despertaram os países para a importância da pesquisa científica. A bomba atômica era a prova real e assustadora do poder que a ciência poderia atribuir aos seres humanos. Com isso, diversos países começaram a acelerar suas pesquisas ou mesmo a montar estruturas de fomento à pesquisa, como no caso do Brasil. Apesar de detentor de recursos minerais estratégicos, o país não tinha a tecnologia necessária para seu aproveitamento.

Sobre essa fase do desenvolvimento científico (e da física em especial) no Brasil, Simon Schwartzman (2007, p.289) extraiu algumas conclusões. Em primeiro lugar, os desenvolvimentos mais bem sucedidos, e mais suscetíveis de aplicação prática no longo prazo, foram aqueles que contaram com uma orientação acadêmica mais forte. Em segundo lugar, todos eles se beneficiaram com a presença de imigrantes ou de visitantes estrangeiros - Wataghin, Rheinboldt, Brieger e Dobzhansky - que sabiam como formar aliados e discípulos e como criar uma tradição de pesquisa. Em terceiro lugar, não tardaram em mandar seus melhores estudantes para os centros internacionais de pesquisa.

Pode-se dizer que imperava (e ainda persiste nas concepções de alguns cientistas) um paradigma que regia o fazer científico internacionalmente, famoso pelas máximas de Bush. Essas máximas dizem respeito à relação entre Ciência e governo e constam no relatório (*Science, the Endless Frontier*) que Vannevar Bush confeccionou em 1944, a pedido do presidente norte-americanos Frank D. Roosevelt. São duas as máximas de Bush: a) a

pesquisa científica básica é realizada sem ter em seu horizonte os fins práticos; b) a pesquisa básica é precursora do progresso tecnológico. A primeira máxima destaca também que a pesquisa básica contribuiria com o entendimento da natureza e conhecimento em geral (STOKES, 2005, p.18). Donald Stokes aponta que essa máxima fundamentou a versão estática do paradigma do pós-guerra. Já a segunda máxima apresenta uma versão dinâmica do paradigma, onde a pesquisa básica poderia promover – através de suas descobertas – o progresso tecnológico, sobretudo, quando desenvolvida pela pesquisa aplicada e convertida em inovações tecnológicas (capazes de satisfazer as demandas da sociedade).

O principal argumento de Bush (STOKES, 2005, p.155), para buscar apoio à pesquisa pura, é a crença de que os progressos do entendimento oferecidos pela ciência pura iriam melhorar futuramente a condição humana. Nesse sentido, pesquisa básica conduzindo à pesquisa aplicada e, então, ao desenvolvimento tecnológico (e econômico) seria o caminho a ser seguido. Esse é conhecido como “modelo linear”. Esse paradigma orientou a pesquisa científica em vários países, incluindo o Brasil, e serviu para projetar a ciência básica. Foi importante, também, para converter os êxitos da ciência básica em tempos de guerra em apoio governamental em tempos de paz. (STOKES, 2005, p.19)

No caso da física brasileira, o ‘modelo linear’ foi adotado na década de 1940, mas logo sofreu contingenciamentos orçamentários por parte do governo. O próprio Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) foi criado, então, para fomentar o desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica em qualquer área do conhecimento, mas com especial interesse no campo da física nuclear<sup>12</sup>. No entanto, após o conturbado contexto histórico de 1954, a política nuclear nacionalista perde os seus aliados civis e militares. A partir de 1954 foi criada a Comissão Nacional de Energia Atômica que depois originou, em 1956, a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, passando a gerir a atividade nuclear no Brasil, independente do CNPq. Em 1956, o CNPq passou por uma reestruturação em razão da criação da CNEN, também subordinada diretamente à Presidência da República. Esse fato refletiria na diminuição a menos da metade do volume de recursos repassados pela União, passando de 0,28% do orçamento para 0,11%, entre os anos de 1956 e 1961. Assim, o apoio estatal à ciência básica (especialmente à física nuclear), dentro do ‘modelo linear’, teve uma vida curta no Brasil.

Mas no discurso oficial o apelo à ciência básica permaneceu por mais tempo, como aponta Regina Morel (1979, p.74), ao tratar da relação entre Ciência e Estado. Na década de

---

<sup>12</sup> Cf.: <http://www.cnpq.br/web/guest/questao-nuclear>

1970, durante o regime de exceção vivido (ditadura civil-militar) no Brasil, a ciência era vista como elemento de desenvolvimento econômico e de legitimação (política) do regime. Possuía, portanto, um duplo caráter. A ciência, enquanto elemento promotor do desenvolvimento das forças produtivas, era oficialmente apresentada pelo Estado como geradora também de desenvolvimento tecnológico, visto como estratégico pelo regime civil-militar (MOREL, 1979, p.74). Isso nada mais é do que a reprodução do “modelo linear” no discurso institucional.

Embora a importância da ciência básica fosse propalada pelo governo ditatorial, o papel da ciência não teve, no período, realmente atuação de força produtiva, uma vez que a tecnologia – tida como possível resultado da ciência e necessária à expansão capitalista – era adquirida no exterior (MOREL, 1979, p.54).

#### **1.2.4 Anos 50 e 60:**

No contexto do pós-guerra, a evolução técnica e científica na área da física nuclear era fator estratégico importante e emergente na geopolítica entre Estados, o que levou ao apoio da criação, ainda em 1949, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)<sup>13</sup>, além de estabelecer contatos com físicos estrangeiros como Enrico Fermi, Robert Oppenheimer e outros. Concebido com o propósito de conduzir o país no caminho da pesquisa atômica, sem as limitações típicas das instituições educacionais ou do serviço público, ele reuniu vários cientistas de alta qualidade, tais como César Lattes, que voltara ao Brasil especialmente para este fim (SCHWARTMAN, 2001). Esse era o início da política nuclear brasileira em sua fase nacionalista, que perdurou de 1949 a 1954.

Outro importante suporte para o desenvolvimento científico no Brasil foi a criação, em 15 de janeiro de 1951, do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq). Seu objetivo era promover e estimular o desenvolvimento da investigação científica e tecnológica em qualquer domínio do conhecimento, mas, inicialmente, com especial interesse no campo da física nuclear<sup>14</sup>. Assim, coube ao CNPq incentivar a pesquisa e a prospecção das reservas existentes, no Brasil, de materiais apropriados ao aproveitamento da energia atômica. A lei de criação do CNPq também determinava a proibição da exportação dos minerais radioativos do país, mas

---

<sup>13</sup> Cf. em: <http://www.cnpq.br/web/guest/questao-nuclear>. Sobre a criação da CBPF e seus vínculos com as questões militares, bem como as afinidades eletivas entre ciência e o nacionalismo, ilustrada pela precoce relação entre CBPF e CNPq, confira em Marcelo Burgos (1999, p.32).

<sup>14</sup> Marcelo Burgos (1999, p.31-32) destaca, igualmente, que a criação do CNPq, embora intimamente atrelada à questão nuclear, tinha por finalidade o planejamento e desenvolvimento de pesquisas em distintas áreas científicas, assim como a gestão de política científica (interna e externa) brasileira.

essa orientação cedeu a pressões externas. Em relação à questão nuclear o conselho (CNPq) tratou da formulação de normas, políticas e da criação de divisões específicas para fundamentar as ações governamentais. O orçamento vinha da União, por meio do Fundo Nacional de Pesquisa e outras receitas eventuais visando financiar pesquisas científicas e tecnológicas administradas pelo CNPq.

Ainda por influência do pós-guerra, era concedido maior número de bolsas para campos das ciências básicas ligados à Física, especialmente em estudos relativos à energia atômica. Já na primeira reunião do CNPq, dia 17 de abril de 1951, foi discutida a aquisição de um sincrocíclotron (tipo de acelerador de partículas) para o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), que serviria para realização de pesquisas e para o treinamento de pesquisadores.

Em 1956 o CNPq passou por uma reestruturação em razão da criação da Comissão Nacional de Energia Nuclear, também subordinada diretamente à Presidência da República. Esse fato refletiria na diminuição a menos da metade do volume de recursos repassados pela União, passando de 0,28% do orçamento para 0,11%, entre os anos de 1956 e 1961. Este foi um dos motivos para a evasão de cientistas do país em busca de uma remuneração condizente com seu trabalho lá fora, além do recrudescimento do processo político democrático (anos que antecederam o golpe civil-militar de 1964).

Durante a década de 1960, o governo civil-militar estimulava a formação de profissionais especializados para a indústria e o fortalecimento do aparato técnico-científico ao projeto modernizador do regime.

A culminação do impulso científico, representado pela ativa participação de agências de desenvolvimento científico no regime militar, consistiu no estabelecimento de instituições totalmente novas, voltadas ao fomento e desenvolvimento científico, como Programa de Expansão Tecnológica (Protec), o Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (Funtec), pelo BNDE, e o estado de São Paulo instituiu a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Ao mesmo tempo, através da Lei n.º 4.533 de 8 de Dezembro de 1964 (que ampliou a competência de atuação do CNPq), desvinculou-se definitivamente o Conselho (CNPq) das atividades de execução de pesquisas no campo da energia atômica. A pesquisa em física avançada, que forneceu a base para alguns trabalhos aplicados durante a guerra, não pôde, mais tarde, realizar o mesmo feito no campo da tecnologia nuclear, sabidamente muito mais complexo, oneroso e politicamente delicado. Confrontado com a necessidade de escolher entre duas possibilidades - tentar desenvolver a sua própria tecnologia com o auxílio da

comunidade científica existente ou adquirir a tecnologia estrangeira -, o governo ditatorial brasileiro optou pela segunda.

Em 1975, foi assinado com a Alemanha Ocidental um ambicioso acordo de cooperação nuclear que pressupunha a construção de várias usinas para fornecimento de energia, e a transferência da tecnologia do urânio enriquecido. Esse acordo provocou forte oposição dos físicos brasileiros, porque ele consistia principalmente na transferência da tecnologia de engenharia e não incorporava a competência, adquirida ou presumida, dos cientistas brasileiros. Com o passar do tempo, verificou-se que o acordo fora por demais ambicioso e de poucos resultados, tanto na dimensão socioeconômica quanto na científica (SCHWARTMAN, 2001, cap. IX, p.18).

### **1.2.5 Física brasileira contemporânea.**

A Física contemporânea, assim como as demais áreas da ciência, foi precedida por uma fase de cortes nos recursos para a pesquisa e de marcante elitização das instituições que produziam conhecimento (década de 1980), e por um período de incentivo governamental, dentro de lógica neoliberal, de parcerias entre setor privado e instituições públicas (a década de 1990), mas que não frutificou, nem econômica, nem cientificamente.

A Física brasileira nas últimas décadas, no que se refere ao padrão de publicação, tem percebido uma estagnação. Uma das possíveis explicações, dessa estagnação, seria a inserção da ciência brasileira num padrão de produção científica mundial, cuja ênfase está nas ciências biológicas, da terra e espacial, caracterizando o chamado “*bio-environmental model*” (GLÄNZEL *et al*, 2006, p. 75, apud, NEVES e COSTA LIMA, 2012, p.257).

A Física brasileira atingiu um nível de maturidade científica que lhe confere um papel de destaque na ciência do Brasil. Além de respeitados cientificamente, os físicos brasileiros são conhecidos pela sua marcante atuação na política científica, e com frequência ocupam postos importantes na administração pública da ciência no Brasil. Hoje, podemos encontrá-los em cargos do Ministério da Ciência e Tecnologia, nas diretorias do CNPq, da Finep, da FAPESP e da ABC, na presidência da CNEN e da Embrapa, e em outras posições de destaque institucional.

Assim, a Física moderna no Brasil seguiu uma trajetória, cuja origem vem do interesse estratégico na questão nuclear e, hoje, detêm-se em diversos campos de pesquisa (resultado de uma visão multifocal de seu papel na sociedade), com especial atenção para a pesquisa em física computacional (modelagem) e em nanotecnologia, áreas que são considerados

estrategicamente importantes para o desenvolvimento do país, bem como para sua inserção no cenário científico global.

## Capítulo II

### Mudanças Climáticas.

“...o impacto ambiental da indústria e a destruição da natureza que, com seus diversos efeitos sobre a saúde e convivência das pessoas, surgem originalmente nas sociedades altamente desenvolvidas, são marcados por *déficit do pensamento social*.” (ULRICH BECK, *Sociedade de Risco*, 2011, p.30)

O tema das mudanças climáticas permeia os mais variados âmbitos da vida social, desde a gestão ambiental de políticas públicas até as discussões cotidianas sobre meio ambiente. Mas essa temática assume, segundo o Sumário para os Formuladores de Políticas, do Grupo de Trabalho I do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC<sup>15</sup>) de 2007, uma definição mais precisa e a mudança climática é assim descrita:

“O termo mudança do clima usado pelo IPCC refere-se a qualquer mudança no clima ocorrida ao longo do tempo, quer se deva à variabilidade natural ou seja decorrente da atividade humana. Esse uso difere do da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, em que o termo mudança do clima se refere a uma mudança no clima que seja atribuída direta ou indiretamente à atividade humana, alterando a composição da atmosfera global, e seja adicional à variabilidade natural do clima observada ao longo de períodos comparáveis de tempo.” (IPCC, 2013, p.03)

Por ter implicações de amplitudes globais, esse assunto exige atenção de todos os países e suas organizações. Desse contexto surge o IPCC, que nasce em 1988 como resultado dos esforços conjuntos da Organização Meteorológica Mundial (OMM) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), cuja função consiste em:

“[...] *analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo.*” (IPCC, 2013)

---

<sup>15</sup> Do inglês: *Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Como se percebe, pela leitura do trecho acima, as pesquisas científicas não são realizadas pelo IPCC, nem são organizadas e/ou revisados os dados que servem de base para os membros das Nações Unidas, mas apenas são analisados os conhecimentos acerca das mudanças climáticas.

No início da década de 1990 esse assunto permeava as discussões de fóruns institucionais ao redor do mundo, com especial destaque para a Conferência Quadro das Nações Unidas sobre Mudança no Clima (CQNUMC<sup>16</sup>) de 1992. Dentro da CQNUMC, criou-se a Conferência das Partes (COP), que é o braço executivo de um acordo internacional. No que tange a CQNUMC, a COP decide sobre aplicação e funcionamento das diretrizes do tratado, a implementação dos mecanismos previstos e o cumprimento das metas estabelecidas. Das conferências realizadas pela CQNUMC, a Conferência de Kyoto (COP-3) de 1997, marcou a adoção do Protocolo de Kyoto, com metas de redução de emissões e mecanismos de flexibilização dessas metas. De modo geral, as metas são de redução em 5,2% das emissões em relação aos valores de 1990, porém alguns países assumiram compromissos maiores: Japão – 6%, União Européia – 8% e Estados Unidos, que acabaram não ratificando o acordo, 7%.

O Protocolo de Kyoto foi, em 1997, o primeiro esforço na resposta multilateral à mudança climática. Nele, em seu artigo terceiro, estabelecem-se objetivos para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE<sup>17</sup>) no período 2008-2012, tendo como referência os níveis de 1990:

“As Partes incluídas no Anexo I devem, individual ou conjuntamente, assegurar que suas emissões antrópicas agregadas, expressas em dióxido de carbono equivalente, dos gases de efeito estufa listados no Anexo A não excedam suas quantidades atribuídas, calculadas em conformidade com seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões descritos no Anexo B e de acordo com as disposições deste Artigo, com vistas a reduzir suas emissões totais desses gases em pelo menos 5 por cento abaixo dos níveis de 1990 no período de compromisso de 2008 a 2012.” (BRASIL, 1997, p.06)

Nesse contexto, a necessidade de conciliar o combate à mudança climática e o desenvolvimento social aparece, como foco principal, a proteção do sistema climático para o benefício das presentes e futuras gerações, destacando-se a necessidade de ter-se em conta as responsabilidades comuns, mas diferenciadas. Porém, 16 anos após sua assinatura e mais de 8 anos após o início de sua vigência, a função dos países em desenvolvimento nas ações de

---

<sup>16</sup> Do original, em inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*

<sup>17</sup> Gases do Efeito Estufa. O principal GEE natural é o vapor de água, mas somente gás carbônico (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) estão aumentando suas concentrações na atmosfera devido às emissões antropogênicas.

mitigação das mudanças climáticas segue indefinido, como pondera Andréia Ventura *et al.*(2012).

## **2.1 Incertezas que cercam o assunto.**

É importante ressaltar que o tema das mudanças climáticas está envolto por incertezas e, cientificamente, é um assunto controverso. As incertezas, sobre esse tema, causam preocupação em diversos grupos da comunidade científica, especialmente entre os estudiosos de ecossistemas originários (sensivelmente suscetíveis às mudanças climáticas). No que se refere às incertezas, um aspecto importante é o fato desse assunto envolver processos cujas causas (biogeofísicas e humanas) são de alta complexidade.

Como salienta Garry Peterson *et al* (1997), as conseqüências das mudanças climáticas sobre os sistemas (ecológicos, sociais e econômicos) abrangem incertezas, que podem ser classificadas como incertezas estatísticas, incertezas do modelo e incertezas fundamentais. Isso incide diretamente sobre a elaboração - e avaliação - dos modelos numéricos, que serão produzidos, pelos pesquisadores, para prever cenários climáticos futuros e para prever vulnerabilidade/adaptação de ecossistemas; tanto no que se refere a sua legitimação quanto ao seu descrédito.

Portanto, as incertezas interferem, primariamente, na construção de modelos climáticos e, secundariamente, na análise de políticas de mitigação e adaptação. Além das incertezas que cercam o tema da mudança climáticas, a infra-estrutura física, institucional e "comportamental" existente limita a nossa capacidade de mitigar as emissões em um curto prazo, como resalta Peterson *et al* (1997).

O acúmulo de incerteza de cada passo que vai de cenários de emissões, da resposta ciclo do carbono, da resposta do clima global, dos cenários climáticos regionais para produzir uma gama de possíveis impactos locais, envolve o que se poderia chamar de uma "explosão de incerteza" (DESSAI e van der SLUIJS, 2007, p.44). Isso exige, dos cientistas, métodos e ferramentas para minimizar as incertezas, que estão relacionadas à cada uma dessas etapas da pesquisa.

Segundo Suraje Dessai e Jeroen van der Sluijs (2007, p.45), o fato de que os seres humanos são parte do sistema que está sendo pesquisado, no caso do problema das alterações climáticas, faz com que, por consequência, a incerteza seja irreduzível no contexto de predição. Assim sendo, outro aspecto a considerar é que, para se reduzir as incertezas nos estudos sobre mudanças climáticas, recursos caros e raros serão necessários.

Existem ainda, entre os cientistas, aqueles que possuem uma postura de descrença sobre a mudança do clima. Luiz Carlos Molion (2008, apud NEVES, 2012) defende que os registros históricos conflitam com a hipótese do efeito estufa intensificado, pois foi entre 1925 e 1946 que o planeta se aqueceu mais rapidamente, mesmo período em que a quantidade de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) lançado na atmosfera foi inferior a 10% (dez por cento) da quantidade atual. Já o período entre 1947 e 1976 foi caracterizado pelo resfriamento global, mesmo sendo este o período de desenvolvimento econômico intenso que ocorreu após a Segunda Guerra Mundial. Segundo Molion, não se pode afirmar que o aumento de 35% (trinta e cinco por cento) na concentração de CO<sub>2</sub> nos últimos 150 anos tenha causado o aumento da temperatura, conforme argumentação do IPCC (2001; 2007). Pode ter ocorrido justamente o inverso, o aumento da temperatura dos oceanos e da atmosfera pode ter causado o aumento nas concentrações de CO<sub>2</sub>.

## **2.2 Mudanças Climáticas, ciência e economia.**

A temática das mudanças climáticas envolve uma série de elementos (políticos, econômicos, cognitivos, culturais,...), que implicam em nossa vida cotidiana. No que tange ao aspecto econômico, o sistema capitalista coloca essa temática dentro de sua lógica, através da orientação de políticas econômicas de diversos países e instituições, no sentido de uma transição para economia global de baixo-carbono (*low-carbon global economy*), como aponta o Relatório STERN (2007).

Os impactos das alterações climáticas não estão repartidos de forma equitativa, sendo que os países e os povos mais pobres serão os primeiros a ser afetados e os que sofrerão mais os efeitos. E no caso de, e quando, os danos se revelarem, será demasiado tarde para inverter o processo. Portanto, muitos países sentem-se forçados a considerar um futuro distante (STERN, 2007).

Aspectos como a demanda por energia (e sua relação com as emissões de GEE), impacto na produção de alimentos, até mesmo na saúde (como proliferação de epidemias, antes típicas de regiões tropicais) são tomados em conta, quando se projetam as conseqüências do aquecimento global.

No entanto, as alterações climáticas poderão ter inicialmente alguns efeitos positivos para alguns países desenvolvidos. Nesse sentido, as mudanças no clima geram oportunidades econômicas, como desenvolvimento tecnológico para adaptação e mitigação de seus efeitos e, obviamente, os lucros obtidos através disso. Essas oportunidades econômicas são destacadas

no Relatório Stern (2007), sobretudo, quando se considera a urgência na ação para reduzir as emissões de GEE e os riscos da demora em responder o problema:

‘Invertendo a tendência de temperaturas globais mais elevadas, requer uma urgente mundial transição para uma economia de baixo carbono. Atraso torna o problema muito mais difícil e ação para lidar com isso muito mais caro. Gerenciando a transição eficaz e eficiente coloca desafios éticos e econômicos, mas também oportunidades, que esta revisão se propõe a explorar.’<sup>18</sup> (p.04)

Mais expressamente, uma das questões que apontam essa preocupação/constatação revela-se, no Relatório Stern (2007, p.05), quando se pergunta: ‘Quais são as opções para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, e quanto custam? Quais são as oportunidades econômicas geradas pela ação na redução de emissões e adoção de novas tecnologias?’<sup>19</sup> Como resposta, o Relatório Stern trás avaliações econômicas sobre os custos do combate ao aquecimento global. Os modelos formais do passado estimavam que, em cenários de emissão tipo *business-as-usual* (trajetórias de inação) que produziriam um aquecimento de 2°C a 3°C, as perdas seriam na ordem de 0 a 3% da produção mundial (comparado com um mundo sem alterações no clima). No entanto, os modelos atuais consideram aumentos de 5°C a 6°C, que acarretariam perdas médias na ordem de 5% a 10% do produto interno bruto mundial, sendo que os países em desenvolvimento as perdas superariam os 10% (STERN, 2007, p.09).

Mas é provável que os efeitos sejam muito prejudiciais, em relação às subidas muito mais elevadas da temperatura previstas até meados finais do século, face aos cenários *business-as-usual*. Assim sendo, os estudos reunidos no Relatório Stern (2007) apontam que os benefícios de uma ação rápida e rigorosa ultrapassam de longe os custos.

Em suma, o interesse de muitos países está nos efeitos das mudanças climáticas sobre os índices de crescimento econômico. Isso é feito por meio da análise da relação custo-benefício sobre as políticas de adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. O horizonte dessas políticas é a garantia da rentabilidade dos capitais investidos em desenvolvimento de tecnologias ”limpas”, sob um discurso de promoção de desenvolvimento sustentável. Dessa forma, o sistema econômico baseia sua intervenção em questões ambientais a partir de fontes e resultados de pesquisas científicas (tidas como neutras). A ciência surge como fornecedora de elementos (cognitivos) para a agência de atores econômicos, sobre o meio ambiente natural e, por conseqüência, sobre a sociedade.

---

<sup>18</sup> “Reversing the trend to higher global temperatures requires an urgent, world-wide shift towards a low-carbon economy. Delay makes the problem much more difficult and action to deal with it much more costly. Managing that transition effectively and efficiently poses ethical and economic challenges, but also opportunities, which this Review sets out to explore.”

<sup>19</sup> ‘What are the options for reducing greenhouse-gas emissions, and what do they cost? What are the economic opportunities generated by action on reducing emissions and adopting new technologies?’

O Prefácio do Relatório Stern (2007) evidencia essa perspectiva:

“Temos tido uma visão ampla da economia necessários para compreender os desafios da mudança climática. Sempre que possível, baseamos a nossa revisão sobre a coleta e estruturação de material de pesquisa existente.”<sup>20</sup>

Que também se manifesta na Introdução, do mesmo documento:

‘A economia da mudança climática é moldada pela ciência. Isso é o que determina a estrutura da análise e das políticas econômicas, por isso vamos começar com a ciência.’<sup>21</sup>

Fica patente, desse modo, que a ciência desempenha um papel preponderante em qualquer discussão sobre mudanças climáticas e, especialmente, sobre seus efeitos na economia, sejam eles positivos (oportunidades) ou negativos (danos irreversíveis).

### **2.3 Efeito estufa e aquecimento global.**

A noção de mudanças climáticas está associada à ideia de aquecimento global que, por sua vez, remete ao efeito estufa. O efeito estufa é conhecido desde o sec.XIX e opera, de modo simplificado, da seguinte forma: considerando que parcela da radiação solar que incide sobre a Terra é absorvida (50%) pela superfície e parte é refletida (em torno de 30%), a outra parcela (20%) é absorvida pelos gases atmosféricos, como vapor d’água, ozônio (O<sub>3</sub>), poeira, gás carbônico (CO<sub>2</sub>), etc. Desses 20% absorvidos pelos gases atmosféricos, parte é emitida novamente para a superfície terrestre e parte é emitida para o espaço. Isso garante que a temperatura terrestre mantenha-se, em média, a 15°C. Sem o efeito estufa, a temperatura média da Terra estaria em torno de -18°C (dezoito graus Celsius abaixo de zero). Portanto, o efeito estufa é um fenômeno atmosférico que permite a vida na Terra.

Estudos, apresentados pelo IPCC (2001; 2007), demonstram que acréscimos na concentração de GEE (como o gás carbônico) podem produzir um aumento na temperatura média da Terra, ou seja, um aquecimento global, cujas conseqüências vão desde um aumento no nível dos oceanos e desertificações em determinadas regiões até a intensificação de fenômenos como furacões e tornados.

As pesquisas que relacionam a concentração de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera e a temperatura média contam com a análise do ar aprisionado pelo gelo (testemunho do gelo), que está acumulado em extensas camadas nas geleiras. Dessa forma, é possível saber qual a

---

<sup>20</sup> “We have taken a broad view of the economics required to understand the challenges of climate change. Wherever possible, we have based our Review on gathering and structuring existing research material.”

<sup>21</sup> ‘The economics of climate change is shaped by the science. That is what dictates the structure of the economic analysis and policies; therefore we start with the science.’

concentração dos GEE, no período em que o gelo se formou e capturou o ar atmosférico. Essa técnica permite analisar os GEE contidos nas amostras de mais de 850 mil anos, no gelo antártico.

Os pesquisadores também consideram a avaliação dos anéis de crescimento das árvores (estudos paleoclimáticos), especialmente de regiões da alta latitude, que registram momentos de maior quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Esses são registros indiretos, mas existem também, desde a metade do sec.XIX, registros diretos por meio de estações climatológicas de coleta de dados. Os trabalhos dos cientistas apontavam que, desde o período da revolução industrial (sec.XVIII), o aumento das emissões de GEE correspondiam a um aumento da temperatura no planeta.

No contexto dessas pesquisas, o IPCC reproduz, através de relatórios de avaliação (AR<sup>22</sup>), os conhecimentos sobre essas alterações no clima global. O 1º (primeiro) relatório (AR1) data de 1990, o 2º (segundo) relatório (AR2) é de 1995, já o 3º (terceiro) relatório (AR3) é de 2001 e o 4º (quarto) relatório (AR4) foi publicado em 2007. Cada relatório de avaliação é composto por grupos de trabalho (são três ao todo: Mitigação; Base das Ciências Físicas; e Impactos, adaptação e vulnerabilidade). O quarto relatório de avaliação (AR4) do IPCC diz que as mudanças no clima têm como causa, além de origens naturais, o fator antrópico:

“É *muito provável* que a maior parte do aumento observado nas temperaturas médias globais desde meados do século XX se deva ao aumento observado nas concentrações antrópicas de gases de efeito estufa. [...] Influências humanas discerníveis se estendem, agora, a outros aspectos do clima, inclusive o aquecimento do oceano, temperaturas médias continentais, extremos de temperatura e padrões do vento” (AR4, 2007, p.15)

Ou seja, o ser humano é um dos principais responsáveis pelas emissões de GEE e, portanto, pelo aumento da temperatura média no planeta (aquecimento global). No Sumário para Formuladores de Políticas Públicas, do Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho I, essa relação é ressaltada:

“O aquecimento do sistema climático é inequívoco, como está agora evidente nas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo e da elevação do nível global médio do mar.” (IPCC, 2013, p.08)

Convém destacar que os relatórios anteriores traziam apontamentos sobre a possível correlação entre a ação humana e sua interferência no clima global. Já o quarto relatório

---

<sup>22</sup> AR: *Assessment Report*.

coloca a correlação entre atividades humanas e aumento da temperatura como evidência, com alta probabilidade de certeza.

## **2.4 Mudanças climáticas e o Brasil.**

O Brasil se insere, dentro desse cenário, promovendo espaços e ações institucionais para entender e responder aos desafios das mudanças climáticas, somado-se aos esforços mundiais para a mitigação e adaptação aos efeitos dessas mudanças. Destarte, o Brasil possui uma Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), (instituída via Lei Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 e pelo Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010) que está concatenada com os acordos globais sobre o entendimento acerca das mudanças climáticas. Isso está expresso no artigo 5º (quinto) da Lei nº. 12.187, em seu inciso primeiro:

“I - os compromissos assumidos pelo Brasil na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, no Protocolo de Kyoto e nos demais documentos sobre mudança do clima dos quais vier a ser signatário.” (BRASIL, Lei nº 12.187/09)

É importante destacar que o Brasil assume voluntariamente os compromissos, especialmente com a redução de emissões de GEE, no sentido de mitigação e adaptação dos efeitos dessas mudanças. Essa política nacional conta com planos setoriais de mitigação e adaptação em mudanças climáticas, assim como fóruns e consultas públicas. Conta, ainda, com a participação de representantes dos setores produtivos e da sociedade civil, indicados pelo Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC), além de entidades convidadas. O Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas foi instituído em 2000, tendo por finalidade a conscientização e mobilização da sociedade, para a discussão e a tomada de posição sobre os problemas decorrentes da mudança do clima por GEE, assim como sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), definido no Protocolo de Kyoto (REVISTA FBMC, 2008, p.08). O propósito do FBMC, na condução das discussões e na tomada de decisão sobre mudanças climáticas, é atuar como um elo entre o governo e a sociedade civil, colocando-se como uma ferramenta na tradução das demandas da sociedade. Nesse sentido, as atividades do FBMC visam contribuir marcadamente para o alcance dos pressupostos de um desenvolvimento sustentável.

Essas atividades do FBMC ocorrem em diferentes espaços de representação, como as consultas públicas – previstas pelo PNMC – para coletar as contribuições e demandas da sociedade e, também, através de reuniões (Diálogos Setoriais), onde se avaliam e articulam as propostas governamentais e as contribuições coletadas das consultas, buscando contemplar as

demandas específicas (dos movimentos sociais, setores econômicos, instituições científicas e demais agentes ligados ao assunto). Os encontros, dentro desses espaços de representação, objetivam o mapeamento e identificação de ações implementadas, bem como aquelas passíveis de implementação futura, no que se refere aos eixos temáticos (Mitigação, Adaptação e vulnerabilidade, Pesquisa e desenvolvimento, e Capacitação e Divulgação) que compõem o PNMC.

Assim, o FBMC promove, através da publicação de uma revista e dos planos setoriais (Planos da Indústria, da Mineração, do Transporte e Mobilidade Urbana e da Saúde), as discussões e propostas para a ação do governo, no tocante às políticas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas (REVISTA FBMC, 2008).

Dentre os objetivos das consultas, está a divulgação dos conhecimentos científicos acumulados sobre mudança no clima, como destaca o PNMC (2008):

“O processo de **consultas públicas** destina-se a dar publicidade ao trabalho técnico realizado, bem como receber da sociedade brasileira contribuições às estratégias de mitigação de mudança do clima desenhadas para os setores da Indústria, Mineração, Saúde e Transporte e Mobilidade Urbana.” (Plano Nacional sobre Mudança no Clima, apresentação, p.08)

Dessa forma, a política nacional conta com planos setoriais de mitigação e adaptação em mudanças climáticas, assim como, com instituições de apoio (Rede CLIMA<sup>23</sup> e INCT-MC<sup>24</sup>), além de consultas públicas e fóruns. Conta, também, com a participação de representantes dos setores produtivos e da sociedade civil, indicados pelo FBMC, além de entidades convidadas.

Enquanto instituição que apóia a política nacional, a Rede CLIMA foi criada através da Portaria MCT nº 728, de 20.11.2007 e tem por finalidade:

“I - gerar e disseminar conhecimentos e tecnologias para que o Brasil possa responder aos desafios representados pelas causas e efeitos das mudanças climáticas globais;  
II - produzir dados e informações necessárias ao apoio da diplomacia brasileira nas negociações sobre o regime internacional de mudanças do clima;  
III - realizar estudos sobre os impactos das mudanças climáticas globais e regionais no Brasil, com ênfase nas vulnerabilidades do país às mudanças climáticas;  
IV - estudar alternativas de adaptação dos sistemas sociais, econômicos e naturais do Brasil às mudanças climáticas; [...]  
VIII - realizar estudos sobre emissões de gases de efeito estufa em apoio à realização periódica de inventários nacionais de emissões de acordo com o Decreto nº 7.390 de 9 de dezembro de 2010.” (BRASIL, 2007)

---

<sup>23</sup> A Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) é um sistema, ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que fornece suporte científico para as PNMC, através 13 sub-redes temáticas, estruturadas em diversas universidades e instituições de pesquisa.

<sup>24</sup> Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas.

Uma das razões para a constituição dessa entidade é o fato da economia brasileira possuir significativa base em recursos naturais renováveis, o que torna o Brasil potencialmente vulnerável às mudanças climáticas, vulnerabilidade esta ressaltada pelas disparidades regionais de desenvolvimento social e econômico (Rede CLIMA, 2010, p.03). Numa perspectiva de longo prazo, as mudanças climáticas globais apresentam risco sem precedentes à civilização, e o Brasil reúne potencialidades para contribuir com a diminuição deste risco, especialmente em função de sua abundância de recursos naturais.

Entretanto, a realização deste potencial depende, dentre outras coisas, do aumento do conhecimento científico (Rede CLIMA, 2010). Assim, um dos primeiros produtos colaborativos da Rede CLIMA é a elaboração regular de análises sobre o estado do conhecimento das mudanças climáticas no Brasil, nos moldes dos relatórios do IPCC. Porém, com análises setoriais mais específicas voltadas para a formulação de políticas públicas nacionais e, internacionalmente, servindo de apoio à diplomacia brasileira nas negociações sobre mudanças climáticas. Ou seja, desempenha um papel estratégico, especialmente para a economia do Brasil, servindo de suporte científico para consolidar a posição do país, dentro de espaços de discussão sobre clima.

Percebe-se, assim, que o Brasil projeta-se no cenário internacional através de colaborações científicas, dentro do tema das mudanças climáticas, fornecendo conhecimentos para mitigação e adaptação. Mas também busca inserir-se nesse contexto, economicamente, preservando e explorando racionalmente seus recursos renováveis, tendo em vista o papel estratégico desses potenciais, como destaca o segundo relatório da Rede CLIMA (2011):

“A economia brasileira esta intimamente relacionada ao uso de recursos naturais. A agricultura responde por uma porção significativa do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Mais de 70% da geração de energia do país provem de usinas hidrelétricas. Esses aspectos tornam o Brasil potencialmente vulnerável às mudanças ambientais em setores estratégicos, já que os cenários futuros prevêem extremos climáticos que podem alterar o regime de temperatura e de disponibilidade hídrica. [...] Ao mesmo tempo, o país reúne potencialidades para contribuir com a diminuição dos impactos dessas mudanças, em função da diversidade de seus ecossistemas. A Amazônia brasileira integra a maior floresta tropical do mundo [...], exercendo um importante papel na captação de carbono e regulação climática.” (p.08)

Portanto, mudança climática configura-se num tema transversal, que vincula a produção de conhecimento científico aos interesses econômicos estratégicos, mobilizando recursos e redes de pesquisadores em torno de seus potenciais usos e desdobramentos sociais.

## **2.5 Física e as Mudanças Climáticas.**

Dentro desse debate, a ciência é o principal instrumento para entender os fenômenos climáticos e promover políticas de adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças no clima.

A temática das mudanças climáticas, causadas pelo aumento da concentração de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) na atmosfera, emerge no cenário científico no fim de 1979, através do relatório intitulado “*Carbon dioxide and climate: A scientific assessment.*”<sup>25</sup>, chefiado pelo meteorologista e físico Jule Charney, direcionado para o Conselho Nacional de Pesquisa (*National Research Council – NRC*), da *National Academy of Sciences* (Academia Nacional de Ciências) dos Estados Unidos. A partir dessa perspectiva, diversos estudos foram desenvolvidos no mundo sobre a forma como o clima responde aos mais variados fatores como gases, radiação solar, etc.

As mudanças climáticas são tratadas de forma multidisciplinar, assim, a Física é um dos, dentre outros, campos do conhecimento científico que colabora para a explicação desse fenômeno. A Física, que fornece as bases para o entendimento de fenômenos climáticos, é a Física clássica e estatística, cujos fundamentos são do século XIX. Assim, a Física das mudanças climáticas está disseminada por todas as investigações científicas dos grupos que estudam as mudanças do clima.

Por sua vez, os físicos, especialmente os que trabalham em conjunto com a Meteorologia, têm contribuído com a construção de modelos de previsão e simulação de cenários climáticos, os quais servem de base científica para as políticas dos países (signatários de acordos sobre mudanças climáticas). Com base nos modelos climáticos, é possível auxiliar na formulação de modelos integrados de avaliação, que são ferramentas para calcular os custos e impactos econômicos do aquecimento global (STERN, 2007).

Os simuladores de cenários, baseados em modelos climáticos, são de fundamental importância para os estudos avaliados pelo IPCC:

“Um grande avanço desta avaliação das projeções da mudança do clima em relação ao TRA [terceiro relatório de avaliação] é o grande número de simulações disponíveis feitas com uma gama maior de modelos. Juntamente com as informações adicionais obtidas de observações, elas fornecem uma base quantitativa para estimar as probabilidades de muitos aspectos da mudança do clima no futuro.” (AR4, 2007, p.16)

Dessa forma, a primazia, nos artigos científicos, está nos modelos numéricos e simuladores de cenários, no sentido de entender como ocorrem as interações entre componentes físicos do sistema terrestre (interação entre solo e atmosfera, trocas/fluxo de energia,...).

---

<sup>25</sup> Cf: [http://www.atmos.ucla.edu/~brianpm/download/charney\\_report.pdf](http://www.atmos.ucla.edu/~brianpm/download/charney_report.pdf)

## 2.6 A Física das mudanças climáticas em rede: Rede CLIMA:

Como mencionado anteriormente, a Rede CLIMA é uma rede extensa de pesquisadores, e instituições, envolvidos em estudos sobre mudança climática. Essa rede conta com o apoio do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-MC), que é assim configurado:

“O Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas, criado em 2008, reúne a maior e mais abrangente rede interdisciplinar de instituições de pesquisa em meio ambiente no Brasil, envolvendo mais de 90 grupos de pesquisa de 65 instituições e universidades brasileiras e estrangeiras, com mais de 400 participantes. É um ambicioso empreendimento científico visando colaborar e contribuir com os resultados de suas pesquisas, para o desenvolvimento e o cumprimento dos objetivos do Plano Nacional sobre Mudança do Clima.”(RedeCLIMA, 2011, p.20)

O INCT-MC está umbilicalmente ligado à Rede CLIMA, pois sua estrutura envolve todas as dimensões tecnológicas e científicas de interesse da Rede CLIMA (RedeCLIMA, 2011, p.21). Assim, o INCT-MC forma e fornece pessoal (doutores e mestres), bem como conhecimentos científicos, e recebe, suplementarmente, recursos através de mecanismos de financiamento da Rede CLIMA.

Nesse arranjo institucional os físicos, que realizam pesquisas vinculadas à mudança no clima, estão ligados à RedeCLIMA e, em particular, à sub-rede Modelagem, cuja sede da sub-rede localiza-se em Cachoeira Paulista – SP.

As pesquisas envolvem modelagem do sistema climático global, modelos numéricos e o Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global (MBSCG). Essas pesquisas compõem, também, o eixo tecnológico do INCT-MC, que tem por finalidade o desenvolvimento de produtos, como o próprio MBSCG, o Modelo de Circulação Global da Atmosfera do CPTEC, dentre outros<sup>26</sup>.

As pesquisas, no contexto da Rede CLIMA, são orientadas basicamente por duas perguntas: como projetar as mudanças no clima em escala regional e global (como conseqüências das ações antrópicas e naturais) fazendo-se uso de modelos numéricos, que abrangem as interações entre os componentes físicos do sistema terrestre (oceano, atmosfera, criosfera e biosfera). E, também, como inserir os vários processos desses componentes físicos do sistema, em diversas escalas (temporais e espaciais), nesses modelos numéricos? Essas são

---

<sup>26</sup> Para mais informações sobre os subprojetos do INCT-MC e seus produtos tecnológicos derivados, conferir em: <http://inct.ccst.inpe.br/sub-projetos.php>

as perguntas basilares acerca da modelagem climática. Para tanto, os pesquisadores dessa sub-rede somam esforços para desenvolver o Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global – MBSCG e utilizar outros modelos do sistema climático global (oceano-criosfera-atmosfera-biosfera).

Nessa rede, os cientistas se agrupam em arranjos multi-institucionais e interdisciplinares de modelagem do sistema climático global, coordenados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com participação de universidades (como UFSM e UFRGS) e centros de pesquisa nacionais, redes estaduais de pesquisa e colaboração internacional. A sub-rede Modelagem é responsável por disponibilizar e facilitar o uso desses modelos climáticos e seus componentes para a comunidade científica nacional, principalmente para as demais sub-redes da Rede CLIMA.

Os cenários gerados pelo MBSCG são utilizados como condições de contorno para ajustar os vários modelos. O desenvolvimento do MBSCG tem como objetivo estimular a formação de uma nova geração de modeladores climáticos no Brasil, incorporando no modelo os conhecimentos derivados de outras sub-redes da Rede CLIMA, com especificidades sobre o Brasil.

A infraestrutura da sub-rede Modelagem, onde os pesquisadores realizam simulações e acoplamentos<sup>27</sup> de modelos, conta com a instalação de supercomputação do INPE, especificamente com supercomputador (CRAY XT6) e com o modelo atmosférico global do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Isso fornece suporte material para a colaboração com o restante da Rede CLIMA e as instituições associadas.

Cabe destacar a submissão, por parte da Rede CLIMA, dos resultados e artigos científicos de validação do Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre (BESM) ao Projeto CMIP5, tornando o Brasil uma nação contribuinte para os cenários globais de mudanças climáticas, dentro do IPCC (Rede CLIMA, 2012, p.04).

---

<sup>27</sup> Segundo análise da Rede CLIMA (2011, p.22), os acoplamentos dos diversos modelos são um passo necessário para que o Brasil contribua na elaboração do quinto relatório do *International Panel on Climate Change* (IPCC AR5).

## Capítulo III

### Revisão teórica.

“...nenhum casebre de conceitos pode fazer justiça a paisagem colorida, no meio da qual ela constrói sua delgada parede de tábuas, e sobre a qual pode, através de suas estreitas janelas, oferecer apenas visões teóricas.” (Bruno Latour, *Políticas da Natureza*, p.21)

#### 3.1 O conhecimento enquanto problema de pesquisa social.

As Ciências Sociais têm interesse nas temáticas referentes à sociedade moderna, tais como a relação ciência-sociedade. A Sociologia, em especial, tem se debruçado sobre o conhecimento como um problema a ser estudado. No início do séc. XX a Sociologia do Conhecimento (*wissenssoziologie*) - herdeira da Sociologia da Cultura - estava se consolidando e tinha em Karl Mannheim um de seus principais autores, dentre outros, como Max Scheler. Mannheim foi influenciado, inicialmente, por Karl Marx e por György Lukács, assim como por Max Weber. Em sua obra *Ideologia e Utopia* (1968), Mannheim aborda os modos variáveis segundo os quais os objetos se apresentam aos sujeitos, de acordo com as diferenças das conformações sociais. Nessa obra, ao tratar da passagem da Teoria da Ideologia para a Sociologia do Conhecimento, Karl Mannheim (1968, p.287) considerava que o objeto da Sociologia do Conhecimento, no que tange a ideologia, é a estrutura mental *total* do sujeito e sua correspondência com a formação social e histórica. Esse período da Sociologia do Conhecimento é marcado, portanto, por uma abordagem relacional sobre os elementos condicionantes do conhecimento, como as visões de mundo (*Weltanschauung*) dos sujeitos.

Num momento posterior, já na dec. de 1940, o sociólogo Robert Merton inaugura a Sociologia da Ciência, que estuda a ordem social a partir dos valores morais (imperativos morais), os quais – socialmente estabelecidos – estruturavam o *ethos* científico. Sua abordagem (estrutural-funcionalista) contemplava a Ciência enquanto instituição, regulada por normas compartilhadas por seus praticantes. Para Merton, a ciência constituía uma atividade conformada, normativamente, segundo o *desinteresse*, o *ceticismo organizado*, o

*comunismo* e o *universalismo* (estes eram os imperativos morais que constituíam os *ethos* da ciência). Nesse sentido, Merton se interessava pela dinâmica da comunidade científica; e fez, dentro de sua teoria de médio alcance, a análise da relação entre a ordem social e a ciência, assim como da relação com os costumes (conjunto das “obrigações morais”).

Cabe ressaltar que a ciência que Merton tratava era tida como autônoma<sup>28</sup> e tomada como sendo atividade cumulativa, cuja comunidade científica<sup>29</sup> encontrava-se desprovida de conflitos internos (KNORR CETINA, 2005, p.15). Merton postulou um recorte social da ciência, considerando que as dimensões relativas ao conhecimento científico estariam distantes do olhar sociológico. Os cientistas, para Merton, libertos de influências externas a sua comunidade, produziram conhecimento verdadeiro aplicando - racionalmente - os métodos adequados. Portanto, segundo Pablo Kreimer (KNORR CETINA, 2005, p.16), caberia a Sociologia investigar - dentro da perspectiva mertoniana - apenas o conhecimento ‘falso’, resultado da interferência ‘social’, ou seja, externa à comunidade científica.

A sociologia da ciência, na concepção funcionalista, resignava-se a um papel secundário nos estudos de temáticas que envolviam a Ciência, como salienta Manuel Palácios (PORTOCARRERO, 1994):

“A tradição funcionalista havia implicitamente estabelecido uma divisão de trabalho com a filosofia da ciência. Aos sociólogos caberiam os estudos sobre as instituições da ciência moderna e a investigação histórica das inovações científicas [...]. Mantinha-se, no entanto, o monopólio filosófico sobre os estudos relacionados com o conteúdo do conhecimento científico. A sociologia investigava o contexto de uma descoberta, mas se detinha, impotente, diante das questões - especificamente filosóficas - relacionadas com o conteúdo daquela descoberta.” (p.177)

Dessa forma, a Sociologia da Ciência, para Merton, se tratava mais de uma sociologia dos cientistas - dentro de suas instituições - do que, propriamente, de uma Sociologia da Ciência.

Por sua vez, a relação entre ciência, sociedade e tecnologia tem tomado lugar nos estudos sociais, sobretudo a partir da década de 70, através de abordagens que tratam da produção do conhecimento científico. Ou seja, nesse período ocorre uma ruptura com a tradição funcionalista. O advento da obra de Thomas Kuhn, *A estrutura das revoluções científicas* (1962), forneceu argumentos para que outras disciplinas - além da Epistemologia e Filosofia da Ciência - se detivessem no estudo do conhecimento científico, bem como nos fatores que condicionam esse saber, sua validade e as práticas correspondentes.

---

<sup>28</sup> A noção de autonomia da ciência também foi compartilhada por Pierre Bourdieu (1976), quando este trata do campo científico.

<sup>29</sup> Conceito com que Merton designa uma comunidade organizada em função de uma estrutura normativa estabelecida por consenso, que conforma um *ethos* da Ciência (KNORR-CETINA, 2005, p.15).

Esse autor, ao abordar a história das transformações que ocorreram na Ciência, abriu caminho ao estudo sociológico (especialmente para a Sociologia do Conhecimento Científico) acerca dos aspectos que levam às mudanças de paradigma<sup>30</sup> ao longo da história, uma vez que não podem ser explicadas (essas mudanças) apelando-se unicamente às discussões formais da lógica imanente às teorias, especialmente durante períodos de crise do paradigma.

Desse cenário emerge a *Sociology of Scientific Knowledge (SSK)*<sup>31</sup>, com autores como David Bloor, Barry Barnes e – inicialmente - Bruno Latour, que se interessam tanto pelo conhecimento verdadeiro quanto pelo falso. Dentro do Programa Forte da Sociologia<sup>32</sup>, o interesse principal é a variação nas idéias sobre o funcionamento do mundo (BLOOR, 2009, p.18) ou, em outras palavras, na variação da distribuição da crença e nos vários fatores que a influenciam.

Segundo David Bloor (2009, p.17), os sociólogos têm interesse pelo conhecimento, enquanto fenômeno natural, e tomam como conhecimento tudo aquilo que os indivíduos consideram conhecimento. Para o Programa Forte da Sociologia, a Sociologia deve concentrar-se no conhecimento científico, pois esse é o elemento que estrutura a ordem social.

O Programa Forte da Sociologia, ao tratar o conhecimento científico, opera segundo quatro princípios (BLOOR, 2009, p.21): a *causalidade*, pois se interessa pelas condições que ocasionam as crenças ou estados do conhecimento; a *imparcialidade*, com respeito à verdade e à falsidade, uma vez que ambos os lados requerem explicações; a *simetria*, pois os mesmos tipos de causas deverão explicar crenças verdadeiras e falsas; e, por fim, a *reflexividade*, para que os padrões de explicação sejam aplicados à própria sociologia. Consequentemente, Bloor (2009) tenta sustentar a viabilidade do Programa Forte da Sociologia rebatendo críticas e objeções<sup>33</sup> à Sociologia do conhecimento e desnudando noções arraigadas (como a **autonomia**, a concepção teleológica do saber, o empirismo, dentre outras) sobre o conhecimento e a Ciência.

Importante também destacar, dentro da SSK, os trabalhos de Harry Collins e Trevor Pinch (da Escola de Bath) e o Programa Empírico do Relativismo (PER). As contribuições de

---

<sup>30</sup> Sobre o polissêmico e controverso conceito de ‘paradigma’, cf. *A estrutura das revoluções científicas* (2009) de Thomas S. Kuhn, especialmente nas p.13 (Prefácio à edição de 1962); p.30; p.220, p.228 e p.234 (Posfácio à edição de 1969), onde o autor esclarece os sentidos do termo em sua obra.

<sup>31</sup> Sociologia do Conhecimento Científico.

<sup>32</sup> O Programa Forte da Sociologia do conhecimento constituiu-se, na dec. de 1970, em uma das tentativas de superação dos limites (teóricos e metodológicos) da tradição funcionalista na Sociologia da Ciência, como aponta Manuel Palácios (PORTOCARRERO, 1994, p.178).

<sup>33</sup> Sobre as objeções ao Programa Forte da Sociologia do conhecimento, ver artigo de Manuel Palácios (PORTOCARRERO, 1994, p.175), onde o autor expõe, sobretudo a partir da p.181, as oposições teóricas à Escola de Edimburgo, com destaque ao *princípio da causalidade*.

Michel Callon, que junto com Bruno Latour funda a Teoria do Ator-Rede (ANT)<sup>34</sup>, constituem um avanço teórico nos estudos sociais da Ciência e Tecnologia, com conceitos como *tradução*<sup>35</sup> e *rede*<sup>36</sup>.

Dentro da seara de autores que emergem desse contexto dos estudos sociais da Ciência, destaca-se o antropólogo<sup>37</sup> francês Bruno Latour, citado anteriormente. O percurso teórico e metodológico de Latour é demarcado pela sua inicial aproximação com o Programa Forte da Sociologia, que é visível em sua obra *Ciência em Ação* (2000), sendo mais explícita sua adesão aos princípios da *causalidade* e *simetria*. Nessa obra, Latour trata da ciência feita em laboratório (com suas *caixas-pretas*), onde a construção de fatos/artefatos constitui um processo coletivo (LATOURE, 2000, p.53), cotejando com a ciência pronta, acabada, exposta na forma de artigos científicos (fatos/alegações) e máquinas, após as controvérsias serem estabilizadas. Latour (2000) apresenta, então, um conjunto de regras metodológicas e princípios, a partir dos quais poderemos seguir os atores, as alegações e as máquinas, ao longo da rede sociotécnica.

Há uma posterior ruptura de Latour com os pressupostos do Programa Forte, ruptura esta que fica cristalizada em *Jamais Fomos Modernos* (1994)<sup>38</sup>. Inicia-se, então, um caminho teórico que o conduz à Teoria do Ator-Rede, TAR, cujos delineamentos metodológicos encontramos em *Reensamblar lo social* (2008). Dessa forma, Latour (2008) salienta que:

“La TAR no es la rama de la ciencia social que ha logrado extender sus metodos a la actividad científica y luego al resto de la sociedad, sino la rama (o mas bien la ramita) compuesta por aquellos que se han visto sacudidos completamente al tratar de dar una explicación social<sup>39</sup> de los hechos de la ciencia.” (p.139)

Mas para Bruno Latour (2008), o termo ‘social’ não é algo estabilizado, assim como não constitui um material ou domínio específico que possa fornecer uma ‘explicação social’ a algum estado das coisas (LATOURE, 2008, p.14). Se o ‘social’ não está estabilizado, se as

---

<sup>34</sup> ANT, do inglês *Actor-Network Theory* (ou Teoria do Ator-Rede, TAR).

<sup>35</sup> Ideia que Bruno Latour (2008, p.155) desenvolve ao longo da primeira parte do livro, na seção ‘*Traducción en oposición a transporte*’, onde a própria TAR é apresentada como a *sociologia da tradução*.

<sup>36</sup> A noção de rede techno-científica se apresenta, na perspectiva de Bruno Latour, em substituição à ideia de comunidade científica.

<sup>37</sup> A classificação acadêmica de Bruno Latour, *per se*, é algo controverso. Assim sendo, prefiro que o próprio Latour defina a si mesmo: “Sempre colaborei com os antropólogos, e de vez em quando gosto de me definir como um antropólogo das ciências [...] Mas ao mesmo tempo, aqui [na École des Mines], eu ensino sociologia. Minha formação é unicamente em filosofia, meus diplomas são em filosofia. Assim, os rótulos não são fáceis de estabelecer.” (MARRAS, 2004, p.398)

<sup>38</sup> Especialmente com relação ao princípio da *simetria* (LATOURE, 1994, p.94), tão caro para David Bloor, alegando que esse princípio é assimétrico. Pois, segundo Latour, ele é construtivista para a natureza, e realista para a sociedade, quando da explicação sobre o ‘verdadeiro’ e o ‘falso’. Em contraponto, Latour (1994, p.95) lança mão do que ele chama de princípio da *simetria generalizada*.

<sup>39</sup> Sublinhado meu.

fronteiras das associações não estão definidas, então a *sociologia do social* não pode dar conta dos fenômenos tradicionalmente estudados.

É nesse ponto que a TAR ou, nas palavras de Latour, a *sociologia das associações* propõe deter-se sobre as práticas e associações, que se formam e tentam perdurar; uma vez que a sociologia<sup>40</sup> deveria explicar como se mantém unida a sociedade, e não usar a sociedade para explicar outra coisa, como aponta Latour (2008, p.30).

O ‘social’ é um termo, segundo Latour (2008, p.19), que deveria designar uma sucessão de associações entre entes heterogêneos, assim como o ‘social’, por não constituir um domínio especial da realidade, opera como um princípio de conexões. Nesse sentido, a Sociologia é o rastreamento de associações entre elementos heterogêneos (entre humanos e não-humanos, p.ex.). Portanto, mapear tendências é também revelar associações dentro do campo científico, é estabelecer as relações e vínculos entre atores numa rede.

A abordagem da TAR pode ser considerada construtivista, não sem ressalvas, certamente. Bruno Latour (2008) considera que ao falarmos que algo é construído significa:

*“...que no es un misterio que apareció de la nada o que tiene un origen mas humilde pero también más visible y más interesante. Por lo general, la gran ventaja de visitar una obra en construcción es que ofrece un punto de mira ideal para presenciar las relaciones entre humanos y no humanos. Una vez que os visitantes tienen los pies bien metidos en el barro, sienten rapidamente el impacto del espectáculo de todos los participantes trabajando duro en el momento de su metamorfosis mas radical.”(p.131)*

Essa ponderação valeria para as mais diversas práticas sociais (artísticas, arquitetônicas, jurídicas,...), portanto, também para a ciência. Latour salienta que há uma distinção entre construtivismo e construtivismo social, sendo que quando se diz que algum fato é construído significa, somente, que damos conta da realidade objetiva, colocando em jogo as várias entidades cuja configuração/montagem poderiam fracassar (LATOUR, 2008, p.135). Por outro lado, construtivismo social significa, nas palavras de Latour (2008):

*“...que **reemplazamos** aquello de lo que esta hecha esta realidad con alguna otra sustancia, lo social, de lo que ‘realmente’ está hecho. El relato de la genesis heterogenea de una construcción es sustituido por otro que habla de la materia social con la que es construida.”<sup>41</sup> (p.135)*

No sentido de reabilitar o termo ‘social’, Latour o considera como ‘associação’ que, dessa forma, adquire sua capacidade explicativa operando como um princípio (como dito anteriormente). Isso exposto, para Latour, construção não pode significar a redução a um único tipo de material, que a tudo explicaria. Bruno Latour tece considerável crítica ao que ele

---

<sup>40</sup> Essa concepção de Sociologia advém, sobretudo, da influência que Bruno Latour (2008) teve de autores como Gabriel Tarde e Harold Garfinkel.

<sup>41</sup> Negrito meu.

chama de *sociologia do social*<sup>42</sup>, e também à Sociologia da Ciência, enquanto extensão da Sociologia normal a um novo objeto (LATOUR, 2008, p.138). Postula que a prática científica é demasiadamente dura para ser analisada com a teoria social ‘comum’. Deve-se, assevera Latour, desenvolver uma nova teoria social, uma vez que o “social” não explica nada; é o “social” que deve ser, portanto, explicado (LATOUR, 2008, p.142). Dessa crítica, portanto, emerge a TAR<sup>43</sup>, justamente como resposta metodológica aos desafios aos estudos sociais.

Latour (2008, p.42) sugere, metodologicamente, que o pesquisador social (analista) deva seguir por caminhos curtos e deixar que os atores expressem a ordem que fez possível, p. ex., a resolução das controvérsias<sup>44</sup>. Desse modo, o pesquisador social não deve estabelecer a ordem de antemão. Na perspectiva teórica da TAR, a tarefa de ordenar e definir o social deve ser dos atores e não do analista. Este pode recuperar o sentido da ordem somente se rastrear as relações entre controvérsias (como, p.ex., as controvérsias sobre mudanças climáticas). Tudo isso sem abandonar a busca pela ordem, rigor e padrões.

Cabe salientar outro ponto na abordagem da TAR, que é o caráter contingente<sup>45</sup> da Ciência, importante consideração para tratar de temáticas que envolvem produção, difusão e apropriação de conhecimento científico. Assim como, também merece ser ressaltada a noção de *translação de interesses*, que Latour (2000, p.178) considera como sendo a interpretação fornecida pelos construtores de fatos/máquinas/alegações aos seus interesses e aos das pessoas que eles alistam no processo de fabricação do conhecimento. A *translação de interesses* pode ser entendida, assim, como as estratégias para alistar aliados, durante produção de conhecimento científico, no intuito de formar e fortalecer as associações que mantêm coesa – mesmo que provisoriamente - a rede sociotécnica.

O sociólogo Pierre Bourdieu (1976) é outro autor que subsidia as discussões sobre Ciência, conhecimento e sociedade. Ao tratar da Sociologia da Ciência, lança mão da noção de campo científico<sup>46</sup> e considera a atividade científica como detentora de todas as invariantes

---

<sup>42</sup> Para Latour (2008, p.137), a TAR pretende modificar o repertório crítico abandonando a Natureza-Sociedade, que se havia inventado, para revelar o que realmente ocorre por trás dos fenômenos sociais.

<sup>43</sup> A TAR vem de conclusões diferentes sobre os estudos da ciência e tecnologia, que são basicamente quatro posições assumidas por Latour. Cf. Bruno Latour (2008, p.139).

<sup>44</sup> Convém destacar que, para Karl Mannheim (1968, p.302), a Sociologia do conhecimento atua sobre discussões antagônicas. Essa concepção serviu de base para Latour (assim como para a Sociologia do conhecimento científico) perceber nas controvérsias um objeto de estudo pertinente.

<sup>45</sup> Sobre o caráter contingente da ciência, cf. Latour (1994, p.118), onde o autor diz que o caminho que conduz da contingência às necessidades é coberto por uma rede de práticas, instrumentos e instituições. Assim, ao desconsiderar essa rede, os *modernos* podem expandir a – pretensa - universalidade de suas ciências.

<sup>46</sup> “O campo científico, enquanto sistema de relações objetivas entre posições adquiridas (em lutas anteriores), é o lugar, o espaço de jogo de uma luta concorrencial. O que está em jogo especificamente nessa luta é o monopólio da *autoridade científica* definida, de maneira inseparável, como capacidade técnica e poder social.”(BOURDIEU, 1976, p.02)

(como suas relações de força e monopólios, suas lutas e estratégias, seus interesses e lucros) dos outros campos, mas que se conformam de modo específico.

Para Bourdieu (1976, p.03), o que está em jogo no campo científico é o monopólio da competência científica, ou seja, a capacidade de falar e agir legitimamente - portanto, de maneira autorizada e com certa autoridade -, que é socialmente conferida a um agente determinado. Outro aspecto que faz parte do campo científico é o interesse científico (contrariando a noção mertoniana de ciência enquanto prática desinteressada) e sua expressão particular nesse campo, garantida mediante **estratégias**<sup>47</sup> que visam acúmulo de capital científico.

Pierre Bourdieu (1976), por sua vez, aponta que estratégias cognitivas e científicas também são estratégias políticas. Essa abordagem permite que a Sociologia se ocupe do estudo da interação social e política entre esses campos (científico, tecnológico e social), sem desconsiderar que, segundo o mesmo Bourdieu (1976, p.07), somente os cientistas engajados no mesmo jogo detêm os meios de se apropriar simbolicamente das obras científicas e de avaliar seus méritos. No entanto, os desdobramentos dos resultados científicos podem, e geralmente o são, utilizados/consumidos pelos mais diversos atores sociais, das mais variadas formas. Assim sendo, as demandas sociais acabam conformando agendas de pesquisa e informando aos membros do campo científico quais as necessidades práticas que podem ser atendidas através da investigação científica.

Consequentemente, a elaboração de artigos e projetos de pesquisa requer estratégias de convencimento (não só dentro do campo científico, mas no que se refere à agentes e campos não-científicos) e, desse modo, a forma como é processada a relevância de uma pesquisa científica torna-se, *per se*, um objeto de estudo social.

O sociólogo e filósofo Jürgen Habermas não pertence à esfera de autores que se dedicam essencialmente aos estudos sociais da Ciência. Mas os aportes teóricos de sua sociologia crítica podem subsidiar as discussões sobre os temas referentes à Ciência e seus desdobramentos sociais, uma vez que este autor aborda, especialmente em sua obra *Técnica e ciência como ideologia* (1968) a relação entre ciência (e técnica), sociedade e ideologia. Para Habermas, a ciência constitui uma dimensão especial da vida moderna, tanto no processo de produção e reprodução das condições de existência material, quanto nos processo de

---

<sup>47</sup> É importante tomar o devido cuidado com o uso, por parte de Bourdieu (1976), do termo 'estratégias' e seu vínculo com as relações objetivas. O autor esclarece que não se podem reduzir as relações objetivas que são constitutivas do campo ao conjunto das *interações*, no sentido do interacionismo, isto é, ao conjunto das *estratégias* que, na realidade, ele determina.

legitimação da dominação<sup>48</sup> política. Assim, no contexto das adaptações e subordinação, das formas (tradicionais) de legitimação da dominação, às exigências de racionalidade a ciência adquire um papel (ideológico) distinto na sociedade moderna. Nas palavras de Habermas (1968):

“A ciência moderna assume, neste contexto, uma função peculiar [...]. As ciências modernas geram por isso um saber que, pela *sua forma* (não pela sua intenção subjetiva), é um saber tecnicamente utilizável, embora as oportunidades de aplicação, em geral, só tenham surgido posteriormente. Até ao fim do século XIX, não existiu uma interdependência de ciências e técnica. Até então, a ciência moderna não contribuiu para a aceleração do desenvolvimento técnico.” (p.66)

É, justamente, pela promessa de saber aplicável, nos mais diversos contextos sociais, que a Ciência encontra fundamentado seu prestígio e mantém a possibilidade de legitimar formas de dominação política.

No modo de produção capitalista, o crescimento econômico depende da ciência e da técnica (que são, *per se*, variáveis independentes), como pondera Habermas (1968, p.73). Ou seja, a visão instrumental da ciência está ancorada no papel que a ciência e a tecnologia desempenham na sociedade moderna; isso permite que a produção de conhecimento científico possa servir, além de avanço cognitivo, como meio para atender demandas sociais práticas e, dessa forma, servir de legitimação da dominação<sup>49</sup>.

Habermas (1968, p.46) alerta que a razão técnica, de um sistema social de ação racional dirigida a fins, não abandona o seu conteúdo político. Destarte, a “racionalidade” (científica, em particular) caracteriza um crescente potencial das forças produtivas e proporciona o critério de legitimação das relações de produção (capitalista) restritivas (HABERMAS, 1968, p.54).

Temos, então, como consequência do método científico operacionalizado por uma racionalidade instrumental, o domínio do homem pelo homem, através do domínio da natureza. Dentro desse contexto, emerge uma série de questões ligadas à construção do conhecimento científico e à forma como esse processo encobre (ou revela) dimensões – como a ideológica, p.ex. – do fazer científico, que fogem de uma visão puramente instrumental da ciência.

---

<sup>48</sup> Acerca do papel da ciência (e da técnica) enquanto fonte de legitimação da dominação, ver Habermas (1968, p.68-69), onde o autor destaca a função ideológica da ciência nesse processo como chave para análise sociológica das mudanças na modernidade (tanto nos seus marcos institucionais quanto nos seus subsistemas de ação racional teleológica).

<sup>49</sup> Essa perspectiva é reforçada por autores como Regina Lúcia de Moraes Morel (1979, p.74), ao avaliar o caso brasileiro no que tange a relação entre Ciência e Estado, já mencionada no capítulo I da presente dissertação.

Convém destacar a percepção de Habermas sobre o problema da Sociologia: consiste em enquadrar conceitualmente as mudanças institucionais (estruturais), de uma sociedade tradicional, em sua transição para uma sociedade moderna<sup>50</sup>. Mesmo as decisões que o sujeito tem de tomar, em qualquer ação (considerando o catálogo de Parsons<sup>51</sup>), entre as alternativas possíveis de orientações de valores, se enquadram nessa tentativa de reconstrução conceitual, para Jürgen Habermas (1968, p.56). Essa questão orientaria, portanto, as investigações sociais sobre a ciência e tecnologia.

Jürgen Habermas também destaca, em *Fundamentação Linguística da Sociologia* (2010), que vivenciamos um crescente processo de racionalização<sup>52</sup>, onde as Ciências (empíricas) e técnicas modernas constituem *uma* de suas dimensões, caracterizadas, precisamente, pela capacidade de domínio instrumental de processos naturais (HABERMAS, 2010, p.268). Assim sendo, a ciência constitui um campo (para Bourdieu), ou uma rede (para Latour), onde operam tanto uma *ação instrumental* (voltada para o êxito) quanto uma *ação comunicativa* (voltada para o entendimento), com predomínio da primeira.

Portanto, para os pesquisadores sociais que desejam compreender aspectos da construção do conhecimento a partir de uma gramática dos processos de racionalização típicos da Ciência, poderiam se apoiar - *mutatis mutandis* - na teoria<sup>53</sup> de Habermas.

Por fim, cabe apontar o social construtivismo de Karin Knorr-Cetina, com suas raízes teóricas no pragmatismo e interacionismo, sendo caracterizada como uma sociologia pós-humanista e objetivista<sup>54</sup>, e que possui aportes teóricos para se debruçar sobre a Ciência e seus processos de produção de conhecimento.

A abordagem construtivista de Karin Knorr-Cetina estabelece uma ruptura com a sociologia funcionalista de Merton e também com Bourdieu (que postulam que os cientistas operam – unidimensionalmente - apenas com raciocínios instrumentais), como ressalta o sociólogo argentino Pablo Kreimer (KNORR CETINA, 2005, p.38). Essa autora desenvolve

---

<sup>50</sup> Percebe-se que, diferente de Bruno Latour, Jürgen Habermas defende o estatuto da modernidade, enquanto projeto inacabado, criticando seus aspectos negativos e buscando a supressão de suas *patologias*.

<sup>51</sup> Catálogo sobre as representações sistemáticas, de Talcott Parsons, das decisões entre orientações de valor alternativas que o sujeito tem de tomar em qualquer ação, independentemente do contexto cultural ou histórico particular. Mas, segundo Habermas, se olharmos atentamente para a lista (de decisões possíveis, sistematizadas por Parsons), dificilmente se pode passar despercebida a dimensão histórica do posicionamento que lhe é subjacente (HABERMAS, 1968, p.56).

<sup>52</sup> Nesse sentido, Habermas procura saber que conceitos de *ação social*, de Max Weber, são mais indicados para explicar o desenvolvimento da sociedade, sob o ponto de vista de uma crescente racionalização da vida.

<sup>53</sup> A teoria da Modernidade, em Habermas, está integrada à Teoria da Ação Comunicativa, como aponta Bárbara Freitag (1995). Cf: **Habermas e a Teoria da Modernidade**. Bárbara Freitag. In: Cad. CRH., Salvador, n.22. p.138-163, jan/jun.1995.

<sup>54</sup> Cf. em “*La fabricación del conocimiento*” (2005, p.52), onde Karin Knorr-Cetina demonstra sua predileção teórica pelo objetivismo.

uma sociologia que mostra que os cientistas podem ser analisados sob diferentes "lógicas" em movimento: cientistas com seus raciocínios "práticos", "indiciais", "analógicos", "socialmente situados", "literários" e "simbólicos". Destarte, o cientista é tido, dentro dessa perspectiva, como um sujeito social cujas práticas e modos de raciocinar não se distinguem - de uma forma substantiva - de outras práticas e raciocínios sociais.

Para tanto, Karin Knorr-Cetina tem como referência os enfoques microssociológicos<sup>55</sup>, em contraponto às perspectivas macrossociológicas, como aponta Nísia Trindade Lima (KNORR CETINA, 1982b, apud PORTOCARRERO, 1994):

“Abordagens macrossociológicas estão presentes em toda uma tradição sociológica de pensar a ciência. Em Marx, Durkheim, Mannheim, Merton, apenas para citar as principais referências, o foco da análise consiste em interrogar sobre as bases existenciais do conhecimento humano. O que a crítica dos construtivistas vem apontando é a dificuldade de tais abordagens precisarem como e através de quais mecanismos os fatores sociais participam na construção de fatos científicos particulares.” (p.172)

Essa reorientação metodológica acompanha, segundo Knorr-Cetina (2005, p.94), as mudanças nos problemas e nos objetos de investigação social.

Através dessa abordagem metodológica, aliada aos resultados de sua etnografia de laboratório, Karin Knorr-Cetina fornece elementos teóricos para problematizar e investigar a atividade científica, desde a prática de laboratório até os desdobramentos dos objetos epistêmicos pela sociedade afora.

### **3.2 Visão instrumental da Tecnologia e Ciência, interesses e conhecimento.**

Vivemos uma época em que a Ciência e a Tecnologia estão presentes em muitos processos do nosso cotidiano. Por estar em várias dimensões de nossas vidas (comunicação, controles de processos repetitivos/automação, usos na saúde, etc) a Tecnologia, atualmente, é vista como um elemento indispensável na dinâmica dos processos sociais. A sociedade moderna vê na Tecnologia a solução para diversas mazelas sociais, e a Ciência tende a incorporar uma visão instrumental da Tecnologia em seus artigos e projetos de pesquisa, como forma de atender demandas da sociedade.

Diante da visão instrumental da Tecnologia como uma panacéia, podemos indagar até que ponto a Ciência incorpora essa visão em seus artigos e projetos de pesquisa, no intuito de dar resposta para essa perspectiva. Ou, mesmo, se a Ciência usa essa pretensa resposta como

---

<sup>55</sup> Ver: Karin Knorr-Cetina (2005, p.93).

uma estratégia de sobrevivência acadêmica e encoraja intencionalmente essa concepção, sendo pragmática com o pragmatismo da sociedade, operando dentro da lógica econômica.

Partindo, então, de uma ideia tradicional sobre a Ciência - que consiste em uma atividade que busca a verdade, cuja validade seria universal, segundo motivações lógico-racionais, a qual seria obtida através de investigação científica com o uso de métodos apropriados e feita de maneira desinteressada - esperamos encontrar apenas argumentos de natureza científica entre as razões que justificam a importância de um artigo ou projeto de pesquisa científica. Contudo, é pertinente a pergunta: podemos esperar que prevaleçam somente argumentos de natureza cognitiva? E, ainda: que outros argumentos emergem nos artigos científicos e sob quais condições eles se apresentam?

Reconhecer que existe uma relação entre interesses (econômicos, político-corporativos,...) e atividade científica não diz algo novo na investigação social, e até mesmo induziu teoricamente muitos autores na busca desses vínculos. No entanto, estabelecer essa relação é algo difícil nos estudos sociais da Ciência. O Programa Forte da Sociologia, p.ex., recoloca a questão do interesse<sup>56</sup> na análise sociológica. Nesse sentido, os interesses são, dentro da perspectiva do Programa Forte da Sociologia (especialmente para Barry Barnes), **variáveis explicativas** dos padrões de mudança (dos usos conceituais e anomalias na ciência) no conhecimento, como aponta Manuel Palácios (PORTOCARRERO, 1994, p.194). A questão importante, assim sendo, se converte em explicar as estratégias de aplicação conceitual, os juízos que difundem-se, expressando as preferências pela manutenção dos padrões de uso por determinados grupos. Barry Barnes possui, dessa forma, uma abordagem instrumental do conhecimento (o que não é, necessariamente, reprovável).

Já David Bloor postula que os interesses sociais são a tradução (adequada) das necessidades humanas. Assim, cabe à investigação sociológica do conhecimento identificar os interesses que conformam os padrões de aceitação/rejeição dos jogos de linguagem (BLOOR, 1983, p.137 apud PORTOCARRERO, 1994, p.195).

Como mencionado anteriormente, Karin Knorr-Cetina (2005) aponta seu arsenal teórico e metodológico para as lógicas presentes na construção do conhecimento, na fabricação dos objetos de pesquisa. Desse modo, se afasta de visões instrumentais da ciência. Seus trabalhos, ao apontarem para os diversos raciocínios presentes na construção do conhecimento científico, permitem que se formule a seguinte questão: como é administrada a

---

<sup>56</sup> Não mencionarei a questão do interesse (e sua relação com o conhecimento) a partir da teoria de Jürgen Habermas, por considerar sua abordagem - nessa questão - mais filosófica que, propriamente, sociológica. Cf: *Conhecimento e Interesse* (1982), Jürgen Habermas. Rio de Janeiro: ZAHAR EDITORES S.A.

relevância da pesquisa científica? Esse problema somente pode ser estabelecido se apresentarmos a visão hegemônica sobre a ciência (notadamente, a instrumental) e nos propusermos compreender como, dentro de contextos práticos e discursivos, os cientistas combinam mecanismos, estratégias, alegações e fatos, para produzir conhecimento cientificamente novo e socialmente relevante.

### **3.3 Administração da relevância.**

Dentre os temas que compõe o quadro de pesquisa contemporâneo, a temática das mudanças climáticas emerge com especial interesse nas Ciências Sociais e, em particular, na Sociologia (dentre outras temáticas, como: risco, ecologia, movimentos sociais, etc.). O presente estudo se propõe, nesse sentido, investigar como é administrada a relevância da pesquisa científica, sobre mudanças climáticas, pelos cientistas, assim como quais são as relevâncias administradas. A administração da relevância está associada às práticas do fazer científico, portanto, consistindo num elemento do processo de produção do conhecimento científico.

Para Knorr-Cetina (2005, p.255) a administração da relevância, na elaboração de um artigo ou projeto de pesquisa, serve para inserir o trabalho do cientista num contexto tecnológico e, sobretudo, prático. Isso é feito através da reconstrução das etapas prévias e fornecendo a direção do intercâmbio no qual esse projeto se insere. Em outras palavras, opera no sentido de apresentar como sendo necessárias as contingências da prática científica. Na administração da relevância<sup>57</sup>, os autores/pesquisadores tratam de estabelecer que têm algo relevante para dizer, descrevendo o estado do tema/questão presente antes de seus aportes, legitimando assim a inserção de suas pesquisas. Depois, os autores indicam ‘como’ sua pesquisa é relevante.

Um artigo científico não é um resumo, nem descrição ou mesmo reflexo do processo de investigação, mas sim, como salienta Knorr-Cetina (2005), é um produto do duplo modo de produção instrumental, que é a atividade em laboratório e a produção literária do artigo científico. O raciocínio literário, que opera na elaboração de artigos, é aquele que descontextualiza e recontextualiza as circunstâncias de produção do conhecimento científico. Seu resultado é um artigo científico, que serve para inserir uma pesquisa dentro de um

---

<sup>57</sup> Importante destacar que esse termo não coincide com noção de *relevância* que Thomas Kuhn apresenta em seu artigo *La tensión esencial* (1983), onde a *relevância* (de uma teoria ou objeto de pesquisa) seria um dos valores, dentre outros, que sustentam e organizam a ciência.

contexto sociotécnico e prático. Portanto, a administração da relevância é também um exercício de exorcizar, nas ações e procedimentos referentes aos métodos adotados na pesquisa, as suas seleções e raciocínios contextuais.

Na transição da atividade em laboratório para o artigo científico, a realidade de laboratório muda. Nessa conversão (de objetos) todos os traços do raciocínio seletivo presentes nas decisões em laboratório são purgados. O que para muitos representa um esforço consciente de descontextualização e recontextualização das circunstâncias contingentes da ação prática da pesquisa, talvez seja uma marca constituinte e indissociável dessa ação. Além disso, talvez esse aspecto da pesquisa seja o que permite a circulação dos objetos na rede.

Esse processo, no entanto, obscurece o caráter construtivista da atividade científica, pois os resultados são depurados dos seus traços de interdependência, presentes na sua gênese laboratorial ou criação construtiva, como aponta Knorr-Cetina (2005, p.286). No entanto, sempre é possível perceber as marcas contextuais que revelam a atividade científica como sendo uma criação construtivista.

Karin Knorr-Cetina destaca que a administração da relevância é um fenômeno do discurso acerca da prática, e não um fenômeno da prática mesma (KNORR-CETINA, 2005, p.256). Dessa forma, o raciocínio contido no artigo científico, para que este seja aceito, deve fornecer um manual para a ação prática, e não um *script* sobre o que foi ou será realizado. Para Knorr-Cetina, a administração da relevância está dentro do raciocínio literário dos cientistas, ou seja, faz parte de um processo que vai desde a forma como o cientista transforma a razão de laboratório, construindo uma rede de razões e fundamentações de investigação, até a apresentação de uma versão final dos resultados de pesquisa.

Administrar a relevância é, portanto, um processo de afastamento das circunstâncias contextuais da pesquisa, ou seja, de todas as contingências próprias das seleções feitas em laboratório, descontextualizando o objeto de investigação, e recontextualizando-o, para inseri-lo dentro de um contexto sociotécnico. P. ex. a relevância tecnológica de um projeto científico pode ser administrada, sendo apresentada – em artigos científicos - como um (possível) produto dos resultados da investigação científica que, pretensamente, possa ser utilizado para atender determinada demanda. Dessa forma, práticas locais de laboratório, contextualmente contingentes, se inserem em redes globais da atividade científica.

### **3.4 Sociedade moderna, administração da relevância e mudanças climáticas.**

Dentro dos estudos sociais que contemplam os problemas da sociedade moderna, tais como a questão do risco e globalização, despontam os trabalhos de Ulrich Beck.

Para o sociólogo alemão Ulrich Beck ([1986]2011), estamos vivenciando uma ruptura no interior da modernidade, que se apresenta sob a forma da sociedade (industrial) de risco<sup>58</sup>. Essa sociedade (de risco<sup>59</sup>) é marcada pela oposição<sup>60</sup> entre a modernidade e o projeto da sociedade industrial. Nesse cenário, como destaca o autor, as incertezas teóricas correspondem à incerteza prática (BECK, [1986]2011, p.12).

Atualmente, o processo de produção de riquezas é suplantado pelo processo de produção de risco (BECK, 2011, p.15). Na modernidade, portanto, a lógica de produção de riquezas<sup>61</sup> é acompanhada por uma lógica de produção de riscos (científico e tecnologicamente produzidos), como salienta Beck (2011, p.23). Dessa forma, pondera o autor, surge a questão: como é possível que ameaças – sistematicamente produzidas no processo de modernização – sejam evitadas e, quando venham à tona, isoladas de modo que não comprometam a modernização nem as fronteiras do ‘aceitável’? Essa nova variável (risco civilizacional) acaba por inserir-se em muitos aspectos da vida social, como, p.ex., na produção de conhecimento científico.

Nesse contexto, os riscos diferenciam-se claramente das riquezas, pois produzem danos sistematicamente definidos, irreversíveis e, fundamentalmente, invisíveis<sup>62</sup> (BECK, 2011, p.27). Além disso, apresentam-se, sobretudo, no conhecimento (científico ou anti-científico) e estão, de certo modo, abertos aos processos sociais de definição, uma vez que a disputa definitiva em torno dos riscos versa *sobre os efeitos colaterais* sociais, econômicos e políticos *dos efeitos colaterais* que comumente associamos, em geral, ao meio ambiente e, em particular, à saúde humana. Dito de outro modo trata-se, para Beck (2011, p.28), de perdas de

---

<sup>58</sup> Beck toma como referência empírica a sociedade alemã na década de 1980, mas seus apontamentos são pertinentes e válidos para a atualidade, mesmo em países periféricos.

<sup>59</sup> Risco, para o autor (BECK, 2011, p.25), é risco global como o risco proveniente de acúmulo de lixo nuclear, de acidentes como Chernobyl (1986) e Fukushima (2011) e não os riscos pessoais, assumidos por qualquer ator em um empreendimento humano.

<sup>60</sup> O autor expõe a diferenciação (e oposição) entre *modernidade* e *sociedade industrial clássica* utilizando-se de uma analogia histórica: assim como, no sec. XIX, a modernização dissolveu completamente a sociedade agrária, permitindo a consolidação da sociedade industrial, a modernização suplanta os marcos da sociedade industrial, fazendo surgir outra configuração social (BECK, 2010, p.13).

<sup>61</sup> Que é caracterizada pela busca por saciar as carências materiais, através das riquezas produzidas pela sociedade industrial, e pela sua correspondente distribuição desigual de recursos.

<sup>62</sup> Como a radioatividade e os poluentes presentes no ar e nos alimentos, que escapam à percepção humana imediata.

mercado, depreciação de capitais, controles de decisões empresariais, procedimentos judiciais, aberturas de novos mercados<sup>63</sup>.

Destarte, os processos cognitivos/teóricos de definição de riscos estão mesclados aos políticos, fazendo com que instrumentos e posições da definição de riscos tornam-se posições-chave em termos sociopolíticos. Nesse contexto, o conhecimento adquire uma nova relevância política e, por conseguinte, os potenciais políticos da sociedade de risco devem ser analisados por uma sociologia (e teoria) do *conhecimento sobre os riscos*. Nesses termos, Beck (2011) apresenta (sinteticamente) a dinâmica política das potenciais ameaças civilizacionais.

Bruno Latour (2004) coaduna com a perspectiva de Ulrich Beck (2011), sobre a produção de riscos na sociedade moderna, ao ressaltar que a crise ecológica (expressa por Latour como crise de objetividade, e não como crise da Natureza) é reconhecida/identificada quando podemos caracterizar os *vínculos de risco* dos ‘quase-objetos’<sup>64</sup>. Eles não têm contornos definidos (são desordenados) e, por isso, formam entrelaçamentos e raízes. Uma segunda característica desses objetos, para Latour (2004, p.51), é que seus produtores (cientistas, p.ex.) tornaram-se visíveis e a produção técnico-científico-industrial faz parte de sua definição. Outro traço desses ‘quase-objetos’ é o fato de estarem ligados/conectados ao mundo social e a seus autores. Por fim, não se pode mais suspendê-los de suas conseqüências inesperadas, pois sobre eles (quase-objetos) repousa a atenção de todos, voltada para essas conseqüências, cuja responsabilidade eles aceitam<sup>65</sup>.

Assim, o nó górdio da modernidade não pode ser resumido a (e resolvido pela) utilização econômica da natureza para livrar as pessoas das sujeições tradicionais, pois trata-se, também, de problemas oriundos do próprio desenvolvimento tecno-científico-econômico.

Uma vez que as fontes de riqueza, que saciam as carências materiais, vêm acompanhadas de “ameaças colaterais”, se percebe, no processo de modernização, que fontes de *destruição* também são desenvolvidas (BECK, 2011, p.25). Como conseqüência, para Beck (2011), vivemos uma transição entre uma sociedade que distribui riquezas para uma que distribui riscos. Para o autor, ao apagar das luzes dessa transição, as categorias tradicionais serão também transformadas<sup>66</sup>.

---

<sup>63</sup> Cabe ressaltar que o Relatório Stern (2007) faz extensa menção a esses aspectos, relacionando-os às mudanças climáticas.

<sup>64</sup> Que são objetos ‘limpos’ aos quais se somam seus riscos associados, seus produtores, consumidores, seus questionamentos jurídicos e cortejos de negócios (LATOUR, 2004, p.48)

<sup>65</sup> Lembremos que, pela abordagem *simétrica* de Latour (2000; 2008), tanto entes humanos quanto não-humanos são capazes de agenciamento.

<sup>66</sup> Assim como Bruno Latour (2008), ao constatar as mudanças conceituais no seio da sociedade moderna, Ulrich Beck (2011) também aponta para uma nova teoria social, que nesse caso se dedicaria a analisar os riscos disseminados.

Dentro da sociedade industrial moderna, os riscos adquirem um caráter inédito que está baseado na sua *construção científica e social*. A ciência (em relação aos riscos) possui um triplo sentido: se torna simultaneamente causa, expediente definidor e fonte de soluções (BECK, 2011, p.235). Sendo assim, a ciência experimenta a dúvida, da qual estava imune durante o período que Beck chama de *modernização das tradições*<sup>67</sup>. Agora, na *modernização da sociedade industrial*, a ciência confronta-se com seus próprios resultados, carências e tribulações, pois a dúvida foi estendida aos fundamentos do trabalho científico. Portanto, o recurso à ciência é ao mesmo tempo *universalizado e desmistificado* (BECK, 2011, p.17). Essa fase, que vivenciamos atualmente, é denominada por Ulrich Beck (2011, p.239) como *cientificização reflexiva*<sup>68</sup>.

Beck (2011) alerta para o fato de que as discussões ambientais – que permeiam tanto debates públicos quanto a formação de agendas de pesquisa científica - permaneceram tecnocráticas e naturalistas<sup>69</sup>. Segundo esse autor, essas discussões tornam-se vazias e mesmo absurdas sem a integração das estruturas sociais de poder, das burocracias e racionalidades<sup>70</sup> vigentes. Assim sendo, a distinção reducionista entre (e limitada por) tecnologia e natureza, no sentido de perpetrador e vítima (típica dos movimentos ambientalistas), não apreende os conteúdos sociais, políticos e culturais dos riscos da modernidade (BECK, 2011, p.29). Convém ressaltar que, de um modo geral, o impacto ambiental da indústria e a destruição da natureza vem acompanhados de um *déficit* de pensamento social nas situações de risco social que, na concepção de Beck (2011, p.30), não é percebido mesmo pelos sociólogos.

No que tange a produção do conhecimento científico sobre os riscos (civilizacionais), existe uma profusão de resultados pontuais condicionais e incertos da ciência (hipercomplexidade do conhecimento). Mesmo os critérios compensatórios (como reputação, tipo e local de publicação, base institucional,...) acabam fracassando, segundo Beck (2011), na tentativa de dar conta desses conhecimentos. Uma dimensão importante, destacada por Beck (2011, p.237), do processo de *cientificização reflexiva* - mas que não será abordada nessa dissertação - é o fato de que a insegurança se estende à dimensão exterior (da construção do conhecimento científico) e se invertem posições, tornando usuários dos produtos científicos

---

<sup>67</sup> Tanto para Beck (2011) quanto para Latour (2004) persiste, na sociedade moderna, uma separação (política e epistemológica) entre Sociedade e Natureza que não mais se sustenta. Essa separação artificial é ilustrada por Latour (2004) através do (anacrônico) *Mito da Caverna*.

<sup>68</sup> Nesse processo a dúvida científica é estendida às bases imanentes da ciência e seus efeitos, caracterizando um desencantamento das pretensões de verdade científicas.

<sup>69</sup> São conduzidas através de categorias das ciências naturais, portanto, a consciência teórica do risco é uma consciência marcadamente *cientificizada*.

<sup>70</sup> Recordemos que Karin Knorr-Cetina (2005) pondera que é importante o pesquisador social deter o olhar nas formas de raciocínio, presentes na construção do conhecimento científico.

*coautores ativos* do processo social de definição do conhecimento (especialmente sobre os riscos).

Outra dimensão é a passagem da ciência para sua práxis correspondente, onde as ciências são confrontadas com o reflexo de suas promessas não cumpridas. Ulrich Beck pondera que são, precisamente, os êxitos das ciências que fazem crescer – desproporcionalmente – os riscos advindos do progresso tecno-científico. Isso, por conseguinte, promove tanto uma série de análises científicas sobre os riscos quanto análises sobre a ciência e, para Beck (2011):

“...por paradoxal que pareça, num mundo já loteado de cientificidade e profissionalmente administrado, as perspectivas de futuro e as oportunidades de expansão da ciência estão vinculadas também à crítica da ciência.” (p.236).

Portanto, é justamente nesse contexto (de incertezas generalizadas e de proliferação do conhecimento sobre os riscos) que ocorre a administração da relevância da pesquisa científica.

### **3.5 Relevância da pesquisa científica no contexto das mudanças no clima.**

Os riscos, para Ulrich Beck ([1986]2011), se revelavam na eminência dos acidentes nucleares, das contaminações alimentares por agrotóxicos, da poluição dos rios e oceanos, etc. Além desses riscos, hoje percebemos os efeitos nocivos das mudanças climáticas como uma das fontes de ameaça moderna. Essa temática, como mencionado no capítulo II, está cercada pelas incertezas, expressas nos artigos científicos que tratam do tema, mas que se refletem também na crença social na ciência, enquanto instrumento capaz de dar conta dos riscos climáticos (que ela mesma reflexivamente co-produz, justamente, por seu papel na economia).

Ulrich Beck aponta, nesse sentido, que os riscos não podem ser limitados geograficamente ou em relação a grupos específicos, ou seja, as ameaças são independentes de classes e são supranacionais. Certamente os riscos ligados ao tema da mudança climática possuem essa característica, uma vez que esse tema também é transnacional e, em certo sentido, não respeita diferenças de classe social.

Porém, mesmo que se possa associar a temática das mudanças climáticas ao processo de produção de riscos (BECK, 2011, p.15), essa associação deve ser acrescentada, ao menos, de ponderações. Existe um discurso - expresso em documentos oficiais [STERN (2007); relatórios do IPCC (2001; 2007)] - que não aponta responsabilidades de atores específicos

sobre os efeitos<sup>71</sup>, ou seja, se distribui as responsabilidades entre todos os habitantes do planeta. Mas esses mesmos documentos trazem a noção de efeitos diferentes para países economicamente distintos, quando falam de mudanças climáticas. Assim, os riscos podem ser transnacionais, no entanto as responsabilidades são geográfica e economicamente distribuídas.

Há, portanto, uma blindagem em relação aos responsáveis objetivos pelas fontes de emissão de GEE (notadamente os setores da indústria e agricultura), colocando os *consumidores* no mesmo nível político<sup>72</sup> dos *produtores*, em termos de responsabilidade sobre os riscos.

Já no plano epistêmico, a produção de conhecimento científico sobre as mudanças climáticas opera diante de complexas expectativas sociais<sup>73</sup>. Essas expectativas - orientadas axiologicamente<sup>74</sup> - envolvem as (possíveis) respostas da ciência sobre os efeitos das mudanças no clima (em termos de explicação científica do tema) e envolvem, também, as formas potenciais de mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas (como novos produtos tecnológicos ou processos alternativos, oriundos desses conhecimentos científicos).

Nesse sentido, Beck salienta que, em relação às questões do emprego de tecnologias, se sobrepoem questões de “manejo” político e científico – englobando a administração, descoberta, integração, prevenção, acobertamento - dos riscos de tecnologias efetivas ou potencialmente utilizáveis, considerando os horizontes de relevância a serem objetivamente definidos (BECK, 2011, p.24).

Nesse contexto, a pesquisa científica sobre mudanças climáticas vê-se compelida a apresentar sua relevância (social, tecnológica, econômica, axiológica, epistemológica,...), ao mesmo tempo em que busca tratar (revelando ou escondendo) das incertezas inerentes à própria temática. Então, se é possível objetivar o *locus* da administração da relevância da pesquisa científica, dentro da produção de conhecimento, ela se encontra nos artigos científicos, como aponta Karin Knorr-Cetina (2005), que será abordado no capítulo IV.

---

<sup>71</sup> Uma vez que as causas são, desde a apresentação do 4º Relatório do IPCC (2007), antrópicas e naturais.

<sup>72</sup> Beck (2011, p.39), utilizando-se da idéia de sistema, diz que a interdependência sistêmica dos atores da modernização (na economia, política, agricultura, direito,...) corresponde à ausência de causas específicas e responsabilidades isoláveis. Em outras palavras: a alta divisão do trabalho implica uma cumplicidade geral e esta uma irresponsabilidade generalizada. Essa concepção de Ulrich Beck acaba reforçando a *blindagem* de específicos/especificáveis agentes político-econômicos, promotores das ameaças civilizacionais.

<sup>73</sup> Essa perspectiva é corroborada por Beck (2011), que destaca o fato da pesquisa científica, na sua essência, permanecer em uma dependência das expectativas e valores sociais.

<sup>74</sup> Uma vez que, mesmo a pretensão da racionalidade científica em definir os riscos objetivamente baseia-se, por um lado, num *castelo de cartas* de conjecturas especulativas e, por outro lado, para se falar em riscos, é necessário assumir um ponto de vista axiológico (BECK, 2011, p.35).

Visto que o objeto dos cientistas naturais é carregado em termos sociais, os cientistas trabalham dentro de um forte ‘campo magnético político-econômico-cultural’. Esse ‘campo magnético’ pode mesmo dar o tom de seus trabalhos científicos, encarrilhando questionamentos (ou seja, fornecem os objetos de pesquisa) a serem fundados em termos de evidência e, depois, em termos de conteúdo científico. (BECK, 2011, p.100)

Para Ulrich Beck (2011, p.101) a pesquisa científica deve arcar e conscientemente assumir, não somente com o bônus, mas também com o ônus de suas implicações e desdobramentos políticos. Cabe, então, às ciências sociais se debruçar sobre as práticas, os conteúdos e a importância política do trabalho científico, para lançar luz sobre essa atividade, especialmente sobre as *zonas tabus* (se realmente existirem e forem passíveis de investigação) da prática científica.

## Capítulo IV

### Análise do conteúdo dos artigos científicos.

“...toda ciência seria supérflua se a forma de manifestação [a aparência] e a essência das coisas coincidissem imediatamente”. (KARL MARX, *O capital*, livro III, 2º tomo, 1983, p. 271.)

#### 4.1 Introdução:

As diversas abordagens da sociologia do conhecimento científico fornecem caminhos metodológicos distintos para tratar o tema do conhecimento e as questões nas quais esse tema se desdobra. Nesse capítulo se pretende realizar a análise de conteúdo dos artigos científicos, para se compreender como a relevância, dos objetos de pesquisa, é administrada pelos cientistas. Antes, porém, será discriminado o papel dos artigos na produção de conhecimento, e abordadas as ambiguidades que cercam a noção da administração da relevância.

A pesquisa tem por objetivo, portanto, investigar ‘como’ cientistas apresentam objetos de pesquisas (como sendo relevantes), dentro de um contexto sociotécnico de produção de conhecimento científico, onde o caráter prático e instrumental da pesquisa é bastante valorizado. Perguntar-se “como” um fenômeno social ocorre aponta para o “por quê” desse fenômeno e, assim, para sua explicação, uma vez que essas perguntas estão conectadas. Dessa forma, a busca do “como” dirige a pesquisa para a origem do fenômeno e fornece um caminho para a sua compreensão (KNORR-CETINA, 2005, p.94). Isto posto, o foco dessa pesquisa está na administração da relevância das investigações científicas promovidas no âmbito das mudanças climáticas. Tomo a administração da relevância como sendo a noção que a socióloga Karin Knorr Cetina apresenta, em sua obra etnográfica *La Fabricación del conocimiento científico* (2005), quando esta trata do processo de produção do conhecimento científico.

A importância de se saber ‘como’ é promovida a relevância dos objetos epistêmicos, nos artigos científicos, reside também na possibilidade de se realizar uma cartografia das tendências na produção de conhecimento científico contemporaneamente. Para Bruno Latour (2008), a Sociologia é o rastreamento de associações entre elementos heterogêneos (entre humanos e não-humanos, p.ex.), nesse sentido, mapear tendências é também revelar

associações dentro do campo científico, as relações e vínculos entre atores numa rede e entre redes.

Dentro desse quadro teórico referencial, minha pesquisa baseou-se na análise de artigos científicos, produzidos por pesquisadores em mudança climática, da Rede CLIMA. Isso se deve ao papel que a Rede CLIMA desempenha dentro da organização e da produção de conhecimento científico sobre mudanças climáticas, como já mencionado no capítulo II.

#### **4.2 Artigo científico como forma de exposição do conhecimento.**

É importante destacar que os artigos são a forma cogente de apresentação dos resultados e dados científicos, mas nem sempre essa forma prevaleceu no meio científico. No passado, livros constituíam o formato de divulgação do conhecimento científico e eram voltados para um público leigo, possivelmente interessado nos objetos de estudo.

Thomas Kuhn argumenta que, agora, os artigos se voltam para os pares da comunidade científica. Então, segundo Kuhn (2009), as pesquisas:

“...aparecerão sob a forma de artigos breves, dirigidos apenas aos colegas de profissão, homens que certamente conhecem o paradigma partilhado e que demonstram ser os únicos capazes de ler os escritos a eles endereçados.” (p.40)

E, de fato, os artigos científicos apresentam-se como documentos breves, especialmente nas ciências naturais. Ainda sobre o papel dos livros e artigos, na divulgação científica, Kuhn (2009) pondera que:

“Hoje em dia os livros científicos são geralmente ou manuais ou reflexões retrospectivas sobre um ou outro aspecto da vida científica. O cientista que escreve um livro tem mais probabilidades de ver sua reputação comprometida do que aumentada. De uma maneira regular, somente nos primeiros estágios de desenvolvimento das ciências, anteriores ao paradigma, o livro possuía a mesma relação com a realização profissional que ainda conserva em outras áreas abertas à criatividade.” (p.41)

É bastante claro que Kuhn tinha como referência as ciências naturais, ao falar da mudança no padrão de publicação científica (dos livros para os artigos breves<sup>75</sup>).

Uma vez que um paradigma esteja compartilhado pelos membros da comunidade científica, segundo Kuhn, não é mais necessário, para construir um campo de estudos,

---

<sup>75</sup> Mas, atualmente muitos livros, mesmo nas ciências sociais, são constituídos por um conjunto de artigos científicos organizados por um autor.

fundamentar e justificar os conceitos introduzidos nas pesquisas. Talvez, por isso o artigo breve tenha se tornado a forma cogente de expressar o conhecimento científico<sup>76</sup>.

Sobre a questão da (im)possibilidade de compreensão e de acompanhamento das pesquisas científicas, e suas controvérsias, Bruno Latour destaca que a literatura científica isola o leitor. Isso ocorre, justamente, porque produzir artigos é arregimentar outros autores, portanto, é um processo de arregimentação de aliados (LATOURE, 2000):

“Um documento se torna científico quando tem pretensão a deixar de ser algo isolado e quando as pessoas engajadas na sua publicação são numerosas e estão explicitamente indicadas no texto. Quem o lê é que fica *isolado*.” (p.58)

Esse isolamento é, assim, um resultado das extensas cadeias de atores e decisões que envolvem a pesquisa. Latour ainda ressalta que a literatura técnica e científica é difícil de ler e analisar não porque ela escape a todos os elos sociais normais, mas porque é *mais* social do que os vínculos sociais considerados normais. (LATOURE, 2000, p.104).

Como mencionado no cap. III, através de etnografias de laboratório, realizadas por pesquisadores como Karin Knorr-Cetina (2005), aspectos importantes do processo de produção do conhecimento científico puderam vir à tona, sociologicamente, como o caráter contingente de sua construção e as estratégias de convencimento na apresentação dos objetos epistêmicos. Pierre Bourdieu (2003) ressalta o papel dos estudos de laboratório de Karin Knorr-Cetina na compreensão desses aspectos:

“*Los objetos científicos no sólo son fabricados técnicamente en los laboratorios, sino que también son contruidos de manera inseparablemente simbólica y política mediante unas técnicas literarias de persuasión determinadas que pueden encontrarse en los artículos científicos, mediante unas estrategias políticas con las que los científicos aspiran a establecer unas alianzas o a movilizar unos recursos, o mediante las selecciones que construyen los hechos científicos desde dentro.*” (BOURDIEU, 2003, p.44)

Isso somente foi possível através da investigação do processo de confecção dos artigos científicos, cotejando, no caso dos estudos etnográficos de Karin Knorr-Cetina, com as práticas de laboratório e com as racionalidades subjacentes a essas práticas.

Por sua vez, Karin Knorr-Cetina (2005, p.223) destaca que o artigo é a declaração, por parte dos cientistas, de resultado relevantes de um processo, além do qual, geralmente, não se

---

<sup>76</sup> Mas não apenas dentro do regime científico, como aponta Terry Shinn (2008, p.22), pois os praticantes do regime utilitário (como as engenharias), em uma tentativa de elevar seu prestígio, adotaram estratégias para alinhá-lo com alguns elementos disciplinares (da ciência), como a circulação de seus resultados na forma de artigos, relatórios e boletins em periódicos profissionais.

pode penetrar. No estudo sobre a fabricação do conhecimento, a produção do artigo científico deve ser, então, de especial interesse<sup>77</sup>.

A ação de laboratório procede em um espaço de possíveis seleções, delimitado por esse contexto, até que o contexto volte a redefinir-se. As razões que aparecem *post hoc*, em uma lógica das decisões, são simultaneamente presunções do futuro em uma lógica da ação, segundo Knorr-Cetina (2005, p.232). Os estudos de Karin Knorr-Cetina (2005) mostraram que, quando os cientistas geram um novo método como um recurso em relação com as diversas demandas que os atravessam, essas demandas atraem uma série de atores. É com respeito a estes e outros agentes que os cientistas constituíram a  **fusão de interesses**<sup>78</sup>, que caracteriza a relação de recursos, e que sustenta a construção de uma determinada investigação.

Assim, por se fruto de um trabalho coletivo – que envolve diversas demandas e agentes no contexto de laboratório -, a produção de fatos, expressa na literatura técnica, se torna de difícil leitura, cuja possibilidade de discordância seria fatigante e quase impossível de se refutar. Pois, cada artigo carrega uma série de autores, equipamentos e numerosos recursos retóricos, como pontua Latour (2000, p.112). Além disso, os artigos são estratificados, feitos em camadas, que defendem as afirmações, portanto, se auto-fortalecem, segundo Latour (2000, p.76). Diante disso, restariam três alternativas, de acordo com Bruno Latour (2000, p.170), aos leitores, especialmente deparando-se com uma controvérsia científica: desistir, aderir ou re-executar a pesquisa.

É nesse contexto (prático), com essas características (lógicas, simbólicas e materiais) e sob esses condicionantes que os artigos são produzidos.

Mas, enquanto estratégias sociais, as propriedades formais do trabalho científico não podem ser capturadas pela ciência do discurso. Nesse sentido, Knorr-Cetina (2005) ampara-se em Pierre Bourdieu para justificar a incapacidade de apreensão das lógicas, que operam no fazer científico, por meio de análise do discurso:

*“Como argumentó Bourdieu, las propiedades formales de un trabajo [científico] son al mismo tiempo estrategias sociales, y no pueden ser capturadas por una ciencia del discurso considerado en sí mismo y por sí mismo.”(KNORR-CETINA, 2005, p.226)*

---

<sup>77</sup> Knorr-Cetina vai além e sugere, metodologicamente, que devemos seguir a conversão de raciocínios, na medida em que passamos do laboratório ao papel.

<sup>78</sup> Noção muito próxima do conceito de *translação de interesses* de Bruno Latour (2000).

Dessa forma, deve-se conduzir a investigação, sociologicamente, através de outros instrumentos metodológicos como, p. ex., a análise de conteúdo.

#### **4.3 O *locus* da administração da relevância científica.**

A administração da relevância de uma pesquisa científica é realizada no artigo, especificamente, na *Introdução* do artigo, onde os resultados de investigação são apresentados como recursos (epistêmicos), como pondera Karin Knorr-Cetina (2005):

*“El artículo científico que he elegido para examinar supone una conversión de recursos que sirve para ilustrar un mecanismo más general de conexión en las redes que hemos llamado campos transcientíficos. Característicamente, esa versión se encuentra en la primera parte del producto científico (su **Introducción**).”*(p.227)

Por sua vez, no laboratório, a rede de raciocínios que rodeia uma investigação define suas traduções de decisões e suas seleções. No artigo, essas seleções são introduzidas e rodeadas pela rede de razões ligadas, de acordo com Knorr-Cetina (2005), na *Introdução*. A *Introdução* é, portanto, o *locus* do artigo que o marca em um contexto de relevâncias. Os autores fazem isso designando aqueles agentes a quem seu trabalho interessa, e especificando as circunstâncias de seu mandato. Constroem, segundo Knorr-Cetina (2005, p.248), um mundo real que lhes exige que se separem de um mundo possível.

Como estratégia literária efetiva (mas oculta), prefere-se falar de recursos disponíveis ao invés de necessários. No entanto, nas pesquisas sobre mudanças climáticas, os resultados são postos como necessários, na tentativa de eliminar qualquer suposição sobre as contingências do contexto de produção do conhecimento científico.

Os estudos etnográficos de Knorr-Cetina (2005) postulam que situações práticas ligadas com agentes práticos e ordenadas por contingências sequenciais constituem o tecido (contextual) de razões nas quais a *Introdução* insere o trabalho apresentado. Nesse sentido, é mister ressaltar que nenhuma parte do artigo reflete o relato dos cientistas sobre a origem e justificação da pesquisa. A seção do texto, para Knorr-Cetina (2005), que corresponde às explicações é a *Introdução*.

Na *Introdução*, um trabalho, que foi expurgado de interesses pessoais e de contingências situacionais, se insere num novo marco (de razões) no qual, quase literalmente, o trabalho se recontextualiza<sup>79</sup>.

#### 4.4 A relevância, a justificativa e a legitimidade do conhecimento.

No que tange a necessidade de justificação da pesquisa científica, Thomas Kuhn (2009) salienta que, ao contrário de atividades como a engenharia e a medicina, o cientista não está obrigado a escolher um problema somente porque este necessita de uma solução urgente. Segundo Kuhn (2009), o problema escolhido pelos cientistas deve considerar os instrumentos disponíveis para resolvê-lo e isso demarcaria uma distinta característica no seio da atividade científica:

“[...] o contraste entre os cientistas ligados às ciências naturais e muitos cientistas sociais é bastante instrutivo, pois os últimos tendem, com frequência, e os primeiros quase nunca, a defender sua escolha de um objeto de pesquisa – p. ex., os efeitos da discriminação racial ou as causas do ciclo econômico - principalmente e termos de importância social de uma dada solução.” (KUHN, 2009, p.208)

Ou seja, o fato de prevalecerem compromissos instrumentais na escolha dos objetos de investigação científica. No entanto, esse padrão tem se modificado, desde *As estruturas da revolução científica*<sup>80</sup>, e não é incomum perceber nas *Introduções* dos artigos científicos – mesmo nas ciências naturais – uma apresentação do problema que aponta para as possíveis demandas e usos sociais da pesquisa. Isso pode ser entendido como uma estratégia de justificação social da pesquisa, frente critérios de órgãos financiadores de projetos científicos.

A administração da relevância não pode, porém, ser confundida com justificativa, pois justificamos algo quando - tendo como referência um critério/norma/regra - apresentamos alguma ação - ou efeito da ação - como sendo condizente com uma determinada expectativa. Quando os cientistas têm seus projetos de pesquisa aprovados por agências de fomento à pesquisa, isso significa que sua investigação científica está justificada, ou seja, obedece aos critérios canônicos de uma instituição.

---

<sup>79</sup> Isso sinaliza, na concepção de Knorr-Cetina (2005, p.287), para um mecanismo de conexão social que é interessante em si mesmo, dado que difere da concepção hegemônica da organização social da Ciência (criticada no Cap.IV de sua obra), marcada pela ideia de que a integração social repousa sobre algo que é compartilhado, sejam normas, valores, para Robert Merton (Cf. *Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*, 1984), ou os paradigmas cognitivos das comunidades científicas, para T. Kuhn (2009), presumidas. Karin Knorr-Cetina aponta, então, em outro sentido: para a ideia de que o mecanismo relevante de integração social é uma forma de *intercâmbio* quase econômico.

<sup>80</sup> Cujas primeira edição data de 1962.

Nem nos referimos necessariamente à legitimidade, ou busca de legitimidade, de uma pesquisa quando operamos com a noção de administração da relevância. Pois, se a pesquisa é conduzida por cientistas, ela é considerada científica; ela é, *per se*, legítima e não há contestação de sua legitimidade (os resultados, no entanto, podem ser avaliados, contestados e refutados).

A importância (enquanto pressuposto) do trabalho científico, bem como a validade das regras do fazer científico, suscita uma série de questionamentos nos estudos sociais da ciência e tecnologia. No entanto, nem sempre essa questão exigiu atenção e formulação da Sociologia, pois, para autores como Max Weber (1992), essa importância não poderia ser demonstrada cientificamente, uma vez que:

“Todo trabalho científico tem como sempre pressuposto a validade das regras da lógica e da metodologia, que são os fundamentos gerais de nossa orientação no mundo. Ora, estes pressupostos não suscitam grandes problemas, pelo menos no tocante à nossa questão particular. Mas pressupõe-se ainda que o resultado do trabalho científico é “importante”, no sentido de que é “digno de ser sabido”. *E aqui residem, evidentemente, todos os nossos problemas.* Pois semelhante pressuposto não é, por seu lado, passível de uma demonstração científica. Só se pode interpretar de acordo com o seu sentido último, e deve rejeitar-se ou aceitar-se de harmonia com a atitude derradeira que cada um tem perante a vida.” (WEBER, 1992, p.443)

Mas, como exposto anteriormente, a administração da relevância dos objetos de pesquisa trata da projeção (desses objetos) em um cenário futuro, em um contexto que ainda não existe, e no qual os resultados da pesquisa (recursos) potencialmente serão úteis.

#### **4.5 Metodologia da pesquisa.**

Para se debruçar sobre o objeto estudado, optou-se pela análise de conteúdo, amplamente utilizada nas ciências sociais, como instrumento de investigação da administração da relevância. A análise de conteúdo é definida, por Mônica Carvalho Alves Cappelle et al. (2003), como:

“Um conjunto de técnicas de análise de comunicação visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção destas mensagens” (BARDIN, 1979, p.42 apud CAPPELLE, 2003, p.04).

Nesse sentido, Laurence Bardin (1979, p.28) defende a pertinência da análise de conteúdo, enquanto instrumento de investigação, como uma ‘técnica de ruptura’ dentro do esforço de

superação da ‘ilusão da transparência’ dos fatos sociais, apontada por Pierre Bourdieu (2003), típica da sociologia espontânea.

O objetivo da análise de conteúdo é, segundo Bardin (1979, p.39), a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção das mensagens. Nesse sentido, após a descrição sistemática e objetiva das mensagens, no intuito de chegar à interpretação dessas, faz-se necessário proceder com a inferência, permitindo a passagem da descrição à interpretação.

O que se busca, quando se realiza uma análise, é uma correspondência entre a estrutura semântica (ou linguística) e a estrutura sociológica dos enunciados, através de uma leitura que visa não “à letra” do texto, mas o realçar de sentidos que se encontram em segundo plano (BARDIN, 1979, p.41).

Nesse processo é necessário realizar a constituição do *corpus* a ser analisado<sup>81</sup>. Para a constituição do *corpus* da pesquisa, foram selecionados 14 (quatorze) artigos científicos da sub-rede Modelagem, da Rede CLIMA, de 2010<sup>82</sup> até 2012, que constam nos relatórios produzidos, desde 2009, pela Rede CLIMA. A seleção dos materiais nesse período de tempo tem como critério a sincronicidade, ou seja, artigos que pertencem a um ciclo (natural) de estabilidade na produção de conhecimento científico sobre mudanças climáticas, particularmente, aqueles produzidos a partir do Quarto Relatório de Avaliação (AR4) do IPCC (em 2007), como mencionado no capítulo II.

Nesse sentido, Roland Barthes (1967, apud BAUER e GASKELL, 2012) sugere que uma seleção qualitativa siga - além da relevância e da homogeneidade - a sincronicidade como critério, pois:

“[...] um *corpus* é uma interseção da história. A maioria dos materiais tem um ciclo natural de estabilidade e mudança. Os materiais a serem estudados devem ser escolhidos dentro de um ciclo natural: eles devem ser sincrônicos. O ciclo normal da mudança irá definir o intervalo de tempo dentro do qual um *corpus* de materiais relevantes e homogêneos deve ser selecionado.” (BAUER e GASKELL, 2012, p.56)

A partir disso, os objetivos da pesquisa podem ser delineados, que - nesse caso - é identificar a administração da relevância, nos artigos científicos.

Os artigos científicos fazem parte do domínio de aplicação da análise do conteúdo, uma vez que são códigos linguísticos, cujo suporte é escrito, e são formas de comunicação de

---

<sup>81</sup> Sobre as regras de seleção do *corpus*, Laurence Bardin (1979, p.97) elenca algumas que deveriam ser observadas, como a regra da exaustividade, a de representatividade (amostragem por quotas ou ao acaso), dentre outras.

<sup>82</sup> Ano em que a sub-rede Modelagem inicia a divulgação de suas pesquisas.

massa (como jornais, livros, panfletos, cartazes,...). Mesmo que, na prática<sup>83</sup>, os artigos científicos sejam *consumidos* por um público restrito, eles são considerados como comunicação de massa, justamente por que o resultado de uma pesquisa deve ser amplamente divulgado para ter validade científica.

Laurence Bardin (1979, p.36) apresenta-nos as unidades analíticas para fins de operacionalizar os códigos dos enunciados: *unidade de codificação* (como a palavra, a frase, o minuto,...) e, havendo ambigüidades no sentido do referencial, usa-se a *unidade de contexto*. Assim, no procedimento de codificação - que é a transformação dos dados brutos que permitam uma representação do conteúdo da mensagem/texto - recorre-se ao recorte do texto em unidades<sup>84</sup> de registro [ex: risco (tema), ameaça (palavra), erro (palavra), precisão (palavra), incerteza (tema); local (tema), regional (palavra)]. No que se refere ao recorte em unidades de contexto<sup>85</sup> trata-se, nesse trabalho, da *Introdução* dos artigos científicos analisados.

A unidade pode ser, no nível semântico, um ‘tema’ ou, no nível lingüístico, uma ‘palavra’ ou ‘fresca’ (BARDIN, 1979, p.104). Convém apontar que a unidade de registro existe na intersecção entre unidades perceptíveis (palavras, frases, documentos materiais, personagens,...) e unidades semânticas (temas, acontecimentos,...) (BARDIN, 1979, p.107).

Segundo Bardin (1979, p.133) existem dois pólos de análise: Emissor/receptor<sup>86</sup> e a mensagem<sup>87</sup>. Em minha pesquisa, o emissor é um grupo (os cientistas) e os receptores são constituídos, basicamente, de um grupo restrito (outros cientistas). O canal (ou meio) é o artigo científico, portador da mensagem.

Nessa pesquisa, alguns temas/conceitos emergiram, de forma pronunciada, a partir da leitura dos artigos analisados e, também, do contato com o referencial teórico, tais como a *incerteza*, o apelo *tecnológico/econômico/social* e o *fator local*. Assim, esses temas servem de balizamento para entender como a relevância é apresentada nos artigos, tomados de forma

---

<sup>83</sup> Bruno Latour (2000) postula que a literatura técnica é um produto dos cientistas voltado para seus pares, que possuem interesse e disposição para ler os materiais publicados, e não tem por objetivo um público ‘leigo’.

<sup>84</sup> Unidades são elementos que permitem uma descrição das características do conteúdo analisado (HOLSTI, 1969, apud, BARDIN, 1979, p.103).

<sup>85</sup> De acordo com Bardin (1979), serve de unidade de compreensão para codificar a unidade de registro e correspondem a fragmentos de mensagem, cujas dimensões são ótimas para compreender o significado das unidades de registro, como a frase para a palavra (ou o tema para palavra e para a frase; ou o fragmento da mensagem para o elemento).

<sup>86</sup> Sobre o *Emissor*: Bardin (1979) destaca a importância da função expressiva ou representativa da comunicação, ou seja, que a mensagem exprime ou representa o emissor. No que se refere aos *receptores*, a mensagem tem por finalidade agir sobre os indivíduos (função instrumental da mensagem) ou adaptar-se a eles (BARDIN, 1979, p.134). Essa consideração permite o estudo da mensagem como fonte de informação sobre os receptores também. No entanto, isso não está no escopo dessa pesquisa.

<sup>87</sup> Existem, na concepção de Bardin (1979), dois níveis possíveis de análise da mensagem: o continente e o conteúdo (ou, ainda, o significante e o significado; o código e a significação).

isolada, articulados com outros temas ou entre si. A partir disso, procedeu-se com a categorização<sup>88</sup> (representada nos quadros) em temas que emergem significativamente na administração da relevância dos objetos de pesquisa, seguida da interpretação dos resultados.

Portanto, dentre as técnicas da análise de conteúdo que almejam a compreensão dos significados manifestos e latentes no material de comunicação, a análise temática (ou categorial) foi utilizada nesse trabalho.

#### **4.6 Análise do fator local na administração da relevância dos resultados científicos.**

Os trabalhos científicos ligados às mudanças climáticas são realizados por diversas instituições ao redor do mundo, uma vez que envolve uma temática que afeta globalmente todos os países, e os resultados são apresentados como sendo empírica e teoricamente válidos para todos os lugares. Cabe salientar que na periferia da ciência (especificamente, nos trabalhos desenvolvidos pela Rede CLIMA), os artigos científicos sobre modelagem climática colocam em evidência a dimensão local da pesquisa sobre mudanças ambientais e climáticas, ou seja, evidenciam a forma como o local - onde foram extraídos os dados e sobre o qual foram ajustados os modelos climáticos - influencia e valida os resultados científicos.

A questão do local como elemento que influencia a produção e circulação de conhecimento científico emerge sob variadas formas, nos estudos sobre ciência e tecnologia. Christopher Henke e Thomas Gieryn (HACKETT, 2008, p.353) pontuam que, além de formas distintas, a importância (ou irrelevância) dessa questão surge como ondas<sup>89</sup>, em momentos

---

<sup>88</sup> Categorização consiste na classificação de elementos de um grupo, segundo critérios definidos (semântico, léxico, sintático ou expressivo) agrupando esses elementos de acordo com suas características comuns. (BARDIN, 1979, p.117)

<sup>89</sup> Christopher Henke e Thomas Gieryn (HACKETT, 2008) sintetizam as ondas da seguinte forma: **A 1ª onda** representada pelos filósofos positivistas e racionalistas da ciência, que pouco se interessavam em estudar o 'local' da ciência. As reais práticas situadas dos cientistas eram de importância menor para essa perspectiva, pois suas concepções acerca da ciência consideravam o caráter universal, abstrato e descontextualizado dessa atividade. A ciência sintetizou a 'visão sem local', disciplinando um único olhar por um método, instrumento, técnica e lógica. **A 2ª onda** inicia, nos anos 70, com as etnografias movendo-se para os laboratórios (H.Collins; Latour & Woolgar; K.Knorr-Cetina; e T.Lynch), descobrindo específicos contextos contingentes onde cientistas interpretavam dados, usavam instrumentos, conduziam experimentos e julgavam validades. Analistas de discurso mostraram como cientistas rotineiramente extirpam circunstanciais "modalidades" dos locais específicos de seus textos, deixando a impressão de que os fatos vieram direto da natureza. Embora os etnógrafos de laboratório tivessem estabelecido o irreduzível caráter local do conhecimento científico e das decisões científicas, o interesse conceitual em laboratório como um lugar era mínimo. **A 3ª onda** na dec. de 1990, a 3ª onda estava no bom caminho, em que estudiosos da STS produziram estudos de caso da mudança histórica dos locais de ciência, revelando as diferentes condições geográficas e materiais de tornar o conhecimento legítimo. Ao comparar os vários cenários onde a ciência acontecia, era possível discernir como distintos regimes epistêmicos foram constituídos nas e através das condições materiais situadas (locais) de investigação. **A 4ª onda** a ANT sugere um papel menor para o 'local' nos STS. ANT direciona a atenção para as materialidades não-humanos em "centros de cálculo", como o laboratório parisiense de Pasteur e as arenas públicas onde demonstrou sua vacina

diferentes nas discussões sobre ciência, sendo que estaríamos vivendo, segundo os autores, uma quinta onda.

O fator local, na administração da relevância da pesquisa sobre mudanças climáticas, surge de modo destacado como elemento que garante, entre outros predicados, maior precisão nas medidas, portanto, menor incerteza nos resultados científicos. Convém, assim, ressaltar o fato de que muitos estudos sobre clima são localmente situados, ou seja, baseados em uso de resoluções espaciais regionais<sup>90</sup>, em dados de observações de locais específicos, etc. No entanto, esse fato não é omitido, de nenhuma forma, durante a apresentação da pesquisa e de sua importância científica. Embora o conhecimento científico tenha pretensões de verdade cuja validade é universal<sup>91</sup>, portanto, livre de restrições circunstanciais de determinados lugares, a referência ao local – onde foram realizadas as pesquisas envolvendo modelagem climática – serve, justamente, para certificar esse conhecimento e para inserir o trabalho na rede sóciotécnica legitimamente. O processo de regionalização<sup>92</sup> da investigação científica, em modelagem climática, tem servido de símbolo de acurácia e rigor científico e de potencial subsídio para outros trabalhos científicos, particularmente para aqueles que envolvem modelos globais (de clima e vegetação). O quadro 1 representa o modo como o fator local, enquanto tema, emerge nos artigos sobre mudanças climáticas.

**Quadro 1: fator local como aspecto relevante na pesquisa científica.**

Categoria	Artigo analisado
Local	Artigo 8: “ <i>Modelos climáticos locais</i> são componentes de modelos de circulação global, que estão tornando-se importante no estudo de cenários de simulação das mudanças climáticas globais.”

---

contra o antraz (Latour, 1983, 1988). E, no entanto, é o trânsito de Pasteur (e seus materiais de pesquisa) das fazendas para os laboratórios e aos locais de exibição pública que carrega o peso mais explicativo na explicação de Latour da pasteurização da França. A ênfase é colocada sobre a mobilidade ou "fluxos" de actantes heterogêneos através de redes e, em particular, sobre a fluidez ou maleabilidade de substâncias.

<sup>90</sup> Partindo do pressuposto de que quanto menor a escala espacial das resoluções dos modelos climáticos, maior é a precisão da previsão sobre a evolução do clima. P. ex: modelos globais operam com uma resolução típica de 200x200km aproximadamente, já modelos regionais situam-se em resoluções na ordem de 20x20km, conferindo mais acurácia na previsão.

<sup>91</sup> Ou seja, independente do lugar e das condições nas quais foi produzido, pois - supostamente - seguiu rigorosamente o(s) método(s) científico(s) e, além disso, é um conhecimento que não está indexado apenas às especificidades do contexto local e material que lhe atribuem sentido. Porém, é conveniente lembrar o adendo de Bruno Latour (1994, p.30), quando este autor assevera que *nenhuma ciência pode sair da rede de sua prática*, sendo, então, o universal algo confinado à extensão dessa rede (no caso, a rede tecnocientífica).

<sup>92</sup> Entendido aqui, simplesmente, como o uso de resoluções – horizontais e verticais - locais (e não globais) nos modelos desenvolvidos e avaliados, no uso de dados locais de observação para calibrar algoritmos de previsão climática, de experimentos envolvendo regiões específicas e de interesse da Rede CLIMA (como regiões da América do Sul, do Oceano Atlântico Sul), etc.

**Quadro 1: fator local como aspecto relevante na pesquisa científica. (continuação)**

Categoria	Artigo analisado
Local	<p>“Avaliando e melhorando a representação da estrutura da vegetação, dinâmica, e energia e ciclo de carbono <i>da Amazônia</i> nos modelos acoplados atmosfera-biosfera irá aumentar a nossa capacidade de compreender os impactos das mudanças de uso da terra no ciclo global do carbono e para realizar projeções confiáveis de futuras mudanças climáticas.” [Artigo 8]</p> <p>Artigo 10:  “Este estudo teve dois objetivos principais: (1) desenvolver um modelo de processo baseado na cana-de-açúcar como um módulo no LSM Agro-IBIS (Kucharik &amp; Brye, 2003) que pode ser aplicado em múltiplas escalas espaciais a partir <i>do local para o regional</i>; (2) para validar o modelo através de uma comparação entre o resultados simulados com os dados empíricos tomados de <i>diversos locais</i>.”</p> <p>Artigo 11:  “A importância do <i>acoplamento oceano-atmosfera local</i> em explicar modos recorrentes de variabilidade na anomalia da temperatura da superfície do mar (ATSM), sobre o Atlântico tropical, também foi sugerido por outros estudos.”</p> <p>“Este artigo explora o tema de processos oceano-atmosfera acoplados <i>a partir</i> de um ponto de vista <i>do modelo global</i> oceano-atmosfera totalmente acoplado, <i>com foco na dinâmica</i> da relações chuva-SST (<i>Sea Surface Temperature</i>) <i>sobre o Oceano Atlântico tropical</i>.”</p> <p>Artigo 12:  “O estudo tem quatro objetivos interligados: em primeiro lugar, desenvolver um algoritmo <i>regional</i> para o monitoramento automático de NPP das florestas neo-tropicais [...] em segundo lugar, utilização do RATE<sup>93</sup> para construir <i>mapas regionais</i> de NPP<sup>94</sup> anual para as florestas tropicais da América do Sul para o período de 2001 a 2010.”</p>

<sup>93</sup> Acrônimo de *Regional Algorithm for monitoring the carbon assimilation of Terrestrial Ecosystems*.

<sup>94</sup> *Net primary production*: produção primária líquida (de carbono, a partir da atmosfera para as plantas).

### Quadro 1: fator local como aspecto relevante na pesquisa científica. (continuação)

Categoria	Artigo analisado
Local	Artigo 14: “Em geral <i>modelos regionais</i> aplicados a América do Sul apresentaram melhora das simulações sobre modelos globais dirigidos usando a técnica de <i>downscaling</i> .”

É perceptível que o local é apresentado, além de símbolo de acurácia, como sinal de melhoria na capacidade de compreensão dos processos climáticos e ambientais de determinadas regiões; em contraste com os resultados dos modelos globais, cujo alcance e a correspondente validade são gerais (mesmo que pretensamente)<sup>95</sup> e que constituiriam, assim sendo, recursos genéricos em termos de modelagem climática. Portanto, a validade de modelos globais é revista pelos pesquisadores, através de comparações com modelos locais e com dados de observação locais, configurando quase um sub-ramo de pesquisa: a validação local de modelos climáticos globais. Na sub-rede Modelagem, então, os trabalhos mostram que os modelos globais muitas vezes não são imediatamente aplicáveis localmente, necessitando da construção de modelos climáticos locais (ou regionais), contemplando especificidades climáticas das regiões<sup>96</sup>, para que se realizem projeções satisfatórias.

O apelo ao fator local também está vinculado ao fato de que os impactos das mudanças ambientais e climáticas são percebidos socialmente - se forem percebidos<sup>97</sup> - em um nível local, embora afetem a todos globalmente. Nesse nível (local) reside o interesse da sociedade, em relação às ameaças das mudanças no clima, especialmente dos tomadores de decisão sobre políticas públicas e das populações potencialmente afetadas<sup>98</sup>.

---

<sup>95</sup> Os modelos globais partem de um pressuposto amplamente disseminado: uma vez que se determinem as variáveis que condicionam o estado (termodinâmico) de um dado sistema (físico), o modelo pode ser aplicado para prever a evolução sistêmica em quaisquer ambientes fisicamente reais. No entanto, em pesquisa sobre mudanças no clima, os locais específicos estabelecem um complexo processo de *feedback* com o clima, ou seja, o ambiente modifica-se com o clima e induz alterações no clima.

<sup>96</sup> Como a incorporação de condições/restrições ambientais locais (presença ou ausência de vegetação, neve, correntes oceânicas frias ou quentes, etc), na forma de variáveis pertinentes no modelo.

<sup>97</sup> Uma vez que, para Ulrich Beck (2011), os efeitos e as ameaças - promovidos no estágio mais avançado do desenvolvimento das forças produtivas - muitas vezes são *invisíveis*, difíceis de serem estimados, como mencionado no cap. III. Além de serem, por vezes, *irreversíveis* e, por basearem-se em *interpretações causais*, apresentarem-se somente no *conhecimento* (científico) que se possua sobre eles (BECK, 2011, p.27).

<sup>98</sup> Sobre a relação entre a gestão dos riscos e o papel do lugar, ver Olivier Borraz (2014, p.126), onde o autor ressalta que os riscos emergem de conflitos (políticos e interpretativos) entre organizações acerca de uma determinada atividade, configurando um processo de contestação. Sendo que é localmente, nesse processo, que os atores mobilizam-se contra uma atividade ou tecnologia que representa risco, pois a experiência do risco é

Nesse sentido, a administração da relevância local da pesquisa casa-se, mesmo que de forma involuntária, com demandas sociais (de organizações civis e de instituições públicas) por explicações sobre alterações no clima global<sup>99</sup>.

Nos artigos sobre mudanças climáticas, portanto, o local é um elemento que emerge de forma bastante particular e pronunciada, servindo como fator de projeção da pesquisa científica dentro da rede sociotécnica. Não no sentido do lugar onde a pesquisa foi realizada – que também afeta a forma como são aceitos/avaliados os resultados de pesquisa, como apontam Christopher Henke e Thomas Gieryn (HACKETT, 2008, p.355) -, ou seja, da dimensão propriamente física dos laboratórios, da estrutura material local disponível para a pesquisa e do prestígio associado à instituição na qual se desenvolveu a pesquisa. Mas sim, no sentido do local enquanto dimensão espacial delimitada, local onde os dados observacionais da investigação científica foram coletados (em estações e sistemas de observações meteorológicas), onde os experimentos foram realizados e ao qual se referem os conhecimentos, expressos nos artigos. Revestido desse sentido, o fator local da pesquisa sobre mudanças climáticas opera como certificador do conhecimento científico<sup>100</sup>, e não apenas como um elemento coadjuvante da pesquisa.

#### **4.7 Análise da tecnologia, economia e sociedade na administração da relevância das pesquisas.**

Muitos estudos, tanto científicos quanto aqueles baseados no conhecimento científico, fazem menção aos impactos econômicos e sociais e suas relações com as mudanças climáticas. Assim, dentre esses trabalhos, talvez o Relatório Stern (2007), com base nos dados do relatório de 2001 do IPCC, seja um dos estudos mais conhecidos, como referido no cap. II. Por sua vez, os artigos científicos que tratam particularmente das mudanças climáticas (em termos bio-geo-físicos) não permanecem alheios à importância dessa relação e também

---

mediada localmente. Disso resulta que a redução das incertezas locais dos modelos climáticos é importante, tanto para os cientistas quanto para os atores locais, em suas reivindicações por ações de mitigação e adaptação às mudanças.

<sup>99</sup> O fator local do conhecimento, da mesma forma, enseja também outras relações entre as demandas de grupos locais e especialistas, segundo Christopher Henke e Thomas Gieryn (HACKETT, 2008, p.367), como no caso das comunidades que desafiam as avaliações de especialistas de riscos ambientais locais, por vezes, optando por aumentar a sua própria compreensão experiencial e incorporada do local, com os métodos mais técnicos e institucionalmente credenciados de medir riscos. Em cada caso, há a possibilidade de uma completa "visão dupla" do lugar, aproveitando tanto o conhecimento científico e o experiencial - de fato, por esta razão, alguns estudiosos do STS começaram a desconstruir a própria divisão entre entendimentos "experts" e "leigos".

<sup>100</sup> Ironicamente, para Christopher Henke e Thomas Gieryn (2008), o local já foi pensado para poluir a credibilidade da ciência - o conhecimento meramente local era paroquial e idiossincrático e, portanto, não confiável. Agora que a produção do conhecimento científico tornou-se global com uma vingança (a visão, hoje, é de todos os lugares), o local vai reafirmar sua importância para a ciência como ratificador de autenticidade e confiança. (HACKETT, 2008, p.369).

abordam as dimensões tecnológicas, econômicas e os impactos sociais pertinentes a essa temática.

Tanto a tecnologia, como a economia e os impactos sociais, vinculados aos estudos sobre mudanças climáticas, constituem dimensões que poderiam ser tratadas isoladamente. Mas, por aparecerem ligadas dentro dos artigos científicos e por existir uma relação umbilical entre elas, agrupei-as nesse sub-tópico de análise.

A tecnologia, nas pesquisas sobre mudanças climáticas analisadas, aparece associada a vários termos e aspectos inerentes a essa temática, como p. ex., as incertezas e o fator local. Da mesma forma, a tecnologia (como ferramenta/processo/técnica/método) surge vinculada aos custos/eficiência (econômica) nas estimativas que envolvem processos ambientais e cenários climáticos; e está também ligada aos impactos – das mudanças climáticas globais - sobre as populações (especialmente, às populações locais, de onde as pesquisas extraíram seus dados). Nesse sentido, era esperado que menções aos fatores tecnológicos, econômicos e sociais da pesquisa se apresentassem como relevantes nos artigos. E esses fatores, de fato, se expressam nos trabalhos, como demonstra a quadro 2.

**Quadro 2: Tecnologia, sociedade e economia, enquanto aspectos relevantes nos artigos científicos.**

Dimensão	Trechos dos artigos analisados
Tecnologia	<p>Artigo 3:  “Neste artigo nós descrevemos e avaliamos uma técnica de estimativa para as emissões da queima da biomassa com base em uma combinação de produtos de sensoriamento remoto de queimadas e observações de campo.”</p> <p>Artigo 5:  “O objetivo deste trabalho é validar as modificações do Modelo Eta para utilização em simulações climáticas (Eta / CS) e para avaliar o progresso devido ao processo de regionalização. Este trabalho é um passo inicial na preparação do modelo para uso em estudos de mudanças climáticas como parte de um projeto para conduzir estudos de impacto de diferentes SRES<sup>101</sup> na América do Sul”</p> <p>Artigo 7:  “Neste artigo, apresentamos uma ferramenta de software, chamada PREP-CHEM-SRC, versão 1.0, desenvolvido para fornecer as emissões em grade de gases-traços e aerossóis com uma [...]</p>

<sup>101</sup> *Special Report on Emissions Scenarios* (Relatório Especial sobre Cenários de Emissões, feitos para o IPCC)

**Quadro 2: Tecnologia, sociedade e economia, enquanto aspectos relevantes nos artigos científicos (continuação)**

Dimensão	Trechos dos artigos analisados
Tecnologia	<p>[...] resolução espacial flexível, várias projeções e adequado para os modelos regionais e globais.” (Artigo 7)</p> <p>Artigo 12:  “Dada a potencial escala e a magnitude da futura mudança ambiental, é essencial que padronizados e amplamente aplicáveis métodos sejam rapidamente desenvolvidos para monitoramento preciso e avaliação das mudanças na biosfera terrestre.”</p>
Custos (redução/otimização)	<p>Artigo 8:  “Devido à <i>complexidade</i> e ao <i>custo de instalação no experimento de campo</i>, modelos ecológicos pode ser utilizado como um método alternativo para responder a questões relacionadas às mudanças ambientais no funcionamento dos ecossistemas”.</p> <p>Artigo 10:  “[...] estudos de impactos das mudanças climáticas na produtividade da cultura [<i>cultivo de cana, no caso</i>] têm geralmente questões negligenciadas da escala espacial, ou o impacto de eventos climáticos extremos na <i>produtividade da cultura</i>. Tais limitações podem ser abordados através da inclusão explícita das culturas dentro de modelos de superfície terrestre (a seguir designado Agro-LSMs) diretamente acoplados a modelos climáticos”.</p> <p>“[...]A cana de açúcar está se tornando cada vez mais importante na trópicos, onde é uma das principais culturas de biocombustíveis [...]A cana de açúcar também tem um dos mais baixos <i>custos de produção</i> (US\$ L<sup>-1</sup> ; OECD-FAO, 2008) e menor "tempo de retorno de carbono" no ecossistema (Fargione et al, 2008; Gibbs et al., 2008) de qualquer cultura de bioenergia.”</p> <p>Artigo 14:  “Modelos climáticos regionais (RCMs) tornaram-se ferramentas úteis para simular o clima com maior resolução com <i>custo computacional reduzido</i> em comparação com os modelos globais.”</p>

**Quadro 2: Tecnologia, sociedade e economia, enquanto aspectos relevantes nos artigos científicos (continuação)**

Dimensão	Trechos dos artigos analisados
Custos (redução/otimização)	<p>Artigo 14:  “Estes modelos [Modelos climáticos regionais (RCMs)] têm a vantagem de representar as mais detalhadas características regionais e topografia da superfície e processos de <i>feedback com menor demanda computacional</i>.”</p>
Impactos sociais	<p>Artigo 4:  “Conservação dessas florestas é importante, não apenas pela biodiversidade que contêm, mas também pelos <i>serviços dos ecossistemas vitais que fornece</i>.”</p> <p>Artigo 9:  “Nos últimos anos, a Bacia Amazônica tem experimentado um série de eventos climáticos extremos, com <i>forte impacto ecológico e social sobre a população local</i>, ou seja, uma seca em 2005 e as grandes inundações em 2006 e a maior inundação em recorde em 2009.”</p> <p>Artigo 12:  “Essas mudanças vão causar importantes modificações na composição, estrutura e distribuição de muitos ecossistemas, com consequências <i>potencialmente graves</i><sup>102</sup> para as pessoas que dependem delas para produtos e serviços essenciais.”</p>

Na administração da relevância, os resultados de pesquisa são apresentados (tecnologicamente) como produtos/recursos (p. ex: novos e melhores algoritmos; modelos alternativos – ecológico em substituição ao climático - de previsão de mudanças ambientais) possivelmente utilizáveis em outras pesquisas, especialmente pela capacidade de serem modificáveis e convertidos em outros recursos, ou como algo potencialmente comercializável.

Para isso, após a construção de um objeto de pesquisa e de um contexto em laboratório, torna-se necessária a criação de um cenário futuro, expresso no artigo científico, onde a pesquisa (e seus resultados/produtos) poderá subsidiar novas investigações científicas. Então, a relevância tecnológica e social, dos objetos de pesquisa, é exposta e cujo sentido

---

<sup>102</sup> Itálico meu.

somente pode ser entendido com respeito a esse novo cenário (tecnológico, social e ambiental) de demandas científicas.

Já a capacidade de transformação dos objetos epistêmicos – essencial nesse processo - é ilustrada no artigo 10, p. ex., onde o modelo desenvolvido é apresentado como sendo capaz de integrar-se (de forma acoplada) com outros modelos (globais) e isso seria um elemento de destaque na projeção do modelo, especialmente em um contexto científico e tecnológico que demande por produtos (objetos epistêmicos) específicos, flexíveis<sup>103</sup> (em termos de uso) e novos. Convém destacar, sobre o caráter inovador dos objetos epistêmicos, que o discurso da 'inovação tecnológica', tão comum no campo científico, só é possível a partir do momento que o modo de produção capitalista dotou o sistema econômico de mecanismos regulares de asseguram uma crescente produtividade (HABERMAS, 1968, p.62), não isento, certamente, de crises e sobressaltos, mas contínuo a longo prazo. Somente a partir da institucionalização do crescimento econômico auto-regulado, segundo Jürgen Habermas (1968), torna-se viável a introdução de novas tecnologias e estratégias, configurando um processo de institucionalização da inovação<sup>104</sup>.

O aspecto econômico da pesquisa, por sua vez, emerge na forma de redução dos custos operacionais dos modelos de previsão climática e ambiental (como otimização dos recursos computacionais, como vantagens da substituição de experimento de campo por simulação computacional, etc.). E surge, também, como resultado de pesquisa sobre modelos ecológicos e climáticos vinculados à produção de determinados cultivos (como a cana-de-açúcar), considerados importantes para o Brasil por serem fontes renováveis de energia. A pesquisa científica sobre clima, ao ligar-se a setores produtivos estratégicos, está de acordo com os propósitos institucionais da Rede CLIMA<sup>105</sup>, como já mencionado no capítulo II. Os artigos acabam por revelar, então, o grau de atrelamento e subordinação da atividade científica aos interesses da esfera econômica.

Outra forma como é representada a relevância da pesquisa ocorre por meio dos efeitos, das mudanças climáticas, sobre as pessoas, direta ou indiretamente (p.ex., através de ameaças às fontes de recursos vitais). Dessa forma, a simples menção aos riscos à sociedade coloca um

---

<sup>103</sup> Como aponta Karin Knorr-Cetina (2005), os objetos epistêmicos, para poder circular na rede tecno-científica, devem ser capazes de modificarem-se, de poderem ser adaptados por outros cientistas e usuários.

<sup>104</sup> Esse processo não é autônomo em relação ao processo de racionalização das relações vitais (institucionalização da dominação), cuja consequência é a proliferação permanente dos subsistemas de ação racional teleológicas, sendo estes, segundo Habermas (1968, p.46), exercícios de controle.

<sup>105</sup> Ver as metas e objetivos da Rede CLIMA presentes nos seus relatórios, particularmente, o Relatório de Atividades 2010-2011.

trabalho científico em um notável patamar<sup>106</sup> dentro da rede sociotécnica, respaldado pelo termo ‘social’. Nesse sentido, como aponta Beck (2011, p.99), as ameaças que as mudanças climáticas oferecem para as pessoas representam transformações sociais e epistêmicas importantes, dentro do que Beck denomina de *sociedade de risco*, onde as ameaças à natureza convertem-se em ameaças sociais, políticas, econômicas. Assim, a pesquisa cristaliza essa transformação ao referir-se aos pretensos efeitos das mudanças climáticas, não apenas em relação ao meio ambiente, mas às pessoas, como elemento destacado da investigação científica. Em outras palavras, a administração da relevância social da pesquisa científica também é um sintoma da perda da autonomia da natureza em relação à sociedade<sup>107</sup>, pois problemas ambientais não são meramente do meio ambiente, mas sim sociais, políticos e econômicos, e o que quer que os cientistas façam acaba por incidir socialmente, promovendo ou lesando a saúde, os interesses econômicos, direitos de propriedade, competências e autoridades (BECK, 2011, p.99-100). Isso ocorre, justamente, por que o objeto dos cientistas naturais está permeado de termos sociais, fazendo com que seus trabalhos sejam orientados por um *campo magnético político-econômico-cultural*, segundo Beck (2011).

#### **4.8 Análise da incerteza nos artigos científicos.**

Um tema que surge, de forma recorrente, nos artigos científicos sobre mudanças climáticas é a *incerteza*. Importante destacar que a categoria *incerteza* está umbilicalmente ligada à pesquisa sobre mudanças climáticas e, para os estudos sociais sobre ciência e tecnologia, a questão de risco possui uma dinâmica social própria. Assim, essa dinâmica é entendida sob diversas abordagens, segundo o sociólogo Olivier Borraz (2014, p.111-112). Para os propósitos desse trabalho, tomo a noção de Ulrich Beck (também compartilhada por Anthony Giddens) sobre incerteza, que consideram risco e incerteza como termos indistintos.

---

<sup>106</sup> Dentro da lógica de produção e distribuição dos riscos civilizacionais na sociedade moderna, segundo Ulrich Beck (2011, p.67), a ciência encontra-se envolvida em um processo de *conscientização desses riscos* que, primeiro, se desdobra através da intensificação da *cientificização dos riscos* e, segundo, - reflexivamente - a *comercialização* do risco se intensifica. Ou seja, os impactos/ameaças civilizacionais convertem-se em um fator de fomento econômico de primeira ordem.

<sup>107</sup> Importante considerar também as asserções de Latour (2004, p.26-27) sobre a distinção Natureza-Sociedade, onde o autor postula que a separação entre Natureza e Sociedade constitui um mito, que serve para interditar a vida política através da ciência; mito este que separa um ‘mundo da verdade’ (questões epistemológicas) do ‘mundo social’ (questões ontológicas) e, portanto, esse mito deve se rompid.

Dentro da administração da relevância da pesquisa científica, a categoria incerteza<sup>108</sup> é tratada de diversas formas; ora para expor, com cautela, os limites dos seus resultados encontrados (ex: artigo 13) e de outros trabalhos (ex: artigos 3 e 13 – que expõem limitações/imprecisões de outros modelos), ora no sentido de minimizar os *erros* associados aos modelos de previsão climática (ex: artigos 9, 12, 14). Por vezes, os artigos simplesmente sugerem que outros trabalhos não abordam as incertezas de maneira satisfatória, se propondo, então, a completar lacunas científicas (ex: artigos 9, 12). Por fim, mas não menos importante, os artigos também operam com o tema da *incerteza* enquanto ameaça ou risco (ambiental e climático) potencial, dentro de um cenário futuro.

O artigo ‘*Vegetation patterns in South America associated with rising CO<sub>2</sub>: uncertainties related to sea surface temperatures.*’, p. ex., ilustra bem o fato do tema da *incerteza* estar presente no cotidiano da sociedade moderna e, conseqüentemente, reproduzir-se na administração da relevância da pesquisa científica; nota-se que já no seu título trás o termo ‘incerteza’.

Existem trabalhos que mesclam o fator local (uso de escala regional nas estimativas) com a redução das incertezas (dos erros nas medidas) na exposição da relevância da pesquisa, como pode ser demonstrado, p.ex., no trecho abaixo do artigo 5:

“Os resultados mostraram que a rede de 80 km do *modelo regional* tinha melhores campos de precipitação do que o *modelo global*, com a redução da tendência sazonal e do erro no valor quadrático médio (RMSE). O modelo de 20 km exibiu *erros maiores*, com padrões de precipitação espaciais seguindo a topografia *local*. O *modelo regional* de 80 km mostrou melhor representação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico do que a grade de 20 km RSM e ECHAM3. Ambos os *modelos* climáticos *regionais* mostraram melhor distribuição espacial e temporal da chuva e apresentaram menor expansão do que os outros modelos estudados. *Estes erros* podem ser associados com o processo de aninhamento, onde o modelo de 20 km foi dirigido por valores de contorno com *erros transmitidos* a partir de dois modelos.”

Após revelar a imprecisão e propagação dos erros dos modelos globais, a melhora nos resultados das estimativas, com uso de escalas regionais, é destacada.

E essa fusão de categorias (fator local e incerteza) aparece também no artigo 9:

“...uma melhor compreensão de como os *ecossistemas amazônicos* lidam com extremos ambientais é crucial [...] para melhorar a capacidade de modelar tais extremos e [...] reduzir as *incertezas de cenários climáticos futuros* aplicadas a escala em nível regional.”

---

<sup>108</sup> Que se expressa através do conceito de risco e de termos como ‘erro’ (sistemático ou aleatório), ‘(im)precisão’ das medidas e das estimativas dos modelos, dentre outros.

Encontramos, aqui, uma articulação entre o fator local (conhecimento sobre a bacia amazônica) e a incerteza (que se pretende reduzir) associada ao objeto de pesquisa, que aponta para a minimização das incertezas através do uso de escalas (espaciais) regionais nos modelos.

O quadro a seguir, nos trás as formas como a *incerteza* é apresentada nos artigos sobre mudanças climáticas:

**Quadro 3: a incerteza na administração da relevância da pesquisa**

Categoria	Artigo analisado
<p>Incerteza, enquanto risco/ameaça</p>	<p>Artigo 2:  “[...] estudos mostram que condições climáticas mais secas e quentes poderiam perturbar o sistema vegetação-clima e levar a uma potencial ‘savanização’ de áreas orientais e até mesmo centrais da bacia amazônica (eg Salazar et al., 2007; Lapola et al, 2009.; entre outras).”</p> <p>“[...] a savanização da Amazônia continua a ser uma <i>questão científica aberta</i><sup>109</sup> (Nobre &amp; Borma, 2009), particularmente em relação à busca de limiares específico ('pontos críticos') relacionados a uma <i>quebra do equilíbrio do clima-vegetação</i> e uma abrupta mudança no ecossistema (Scheffer &amp; Carpenter, 2003).”</p> <p>Artigo 12:  “Esse acompanhamento intensivo é necessário para fornecer dados básicos importantes contra os quais as <i>mudanças futuras</i> podem ser avaliadas e de agir como um "sistema de alerta precoce", que irá <i>alertar</i> os cientistas e gestores de recursos para os <i>primeiros sinais de perturbação do ecossistema</i>.”</p> <p>Artigo 13:  “Além de aumento das temperaturas, o CO<sub>2</sub> <i>pode ter</i> adicional <i>efeito sobre a vegetação</i>.”</p>
<p>Incerteza, enquanto ‘erro’/imprecisão</p>	<p>Artigo 2:  “[...]destacando o insuficiente entendimento quantitativo sobre o papel de incêndios naturais na determinação da localização e extensão dos limites tropicais da floresta-cerrado.”</p>

<sup>109</sup> Itálico meu.

**Quadro 3: a incerteza na administração da relevância da pesquisa (continuação)**

Categoria	Artigo analisado
<p>Incerteza, enquanto ‘erro’/imprecisão</p>	<p>Artigo 3:                      “A versão mais recente GWEM (1,4), que inclui uma correção para a América do Sul com base no método aqui apresentado, produz estimativas de emissões de CO aumentada em 30% e uma melhoria da sazonalidade.”</p> <p>Artigo 4:                      “Embora <i>não encontrarem</i> [os modelos ecofisiológicos] <i>fronteiras nítidas</i> em regime espacial de chuvas - nada surpreendente, dado que as características do bioma são também influenciadas por propriedades do solo e hidrologia - eles eram ainda capazes de identificar amplos limites climáticos com base nas medições de precipitação anual[...].”</p> <p>Artigo 5:                      “Modelos de circulação geral da atmosfera [...] não são capazes de lidar com o grande número de processos de <i>feedback</i> que ocorre em sub-grade de escalas controladas por características locais, como topografia, linhas costeiras, vegetação e lagos. Estes processos de pequena escala, bem como sub-grade de calor turbulento e fluxo de momento, não pode ser descrita em detalhe por MCGA. O uso de modelos climáticos regionais torna possível lidar com esses escalas.”</p> <p>Artigo 13:                      “Esta ligação entre TSM (temperatura da superfície do mar) e clima da região, portanto, tem o <i>potencial</i> para aumentar dramaticamente a incerteza de previsões de cobertura vegetal.”</p> <p>“O objetivo deste estudo é quantificar a incerteza nas previsões de vegetação para a América do Sul [...]”</p> <p>“<i>Mesmo que este projeto não capte as completas interações oceano-atmosfera-biosfera</i>, ele captura as interações bidirecionais entre a atmosfera e biosfera, e o sentido único da interação entre a atmosfera e o oceano, expressa por vários Cenários de Temperatura da Superfície do Mar.”</p>

**Quadro 3: a incerteza na administração da relevância da pesquisa (continuação)**

Categoria	Artigo analisado
Incerteza, enquanto ‘erro’/imprecisão	Artigo 14: “...estes modelos [modelos globais] tendem a exibir alguns erros sistemáticos persistentes...”  “De modo a validar os estudos de modelação e <i>identificar erros sistemáticos no modelo</i> , um conjunto de dados observacionais é necessário; no entanto, a disponibilidade destas observações na América do Sul e sobre o oceano é uma restrição ao trabalho de validação. Reanálise de dados é utilizada como uma alternativa às observações. [...]”  “Comparação com os dados das bóias do PIRATA mostram que Eta + C resulta em menores erros na previsão de precipitação e de radiação de ondas curtas. Comparativamente melhores resultados do Eta + C são consequência de ambos: a resolução física do modelo regional e menores erros das condições de contorno laterais fornecidos pelo CGCM.”

Há também um silêncio<sup>110</sup>, em alguns artigos, sobre as incertezas que cercam a produção de conhecimento sobre as mudanças no clima (ex: artigo 7).

O sociólogo Ulrich Beck (2011, p.261-263) trata, em sua obra *Sociedade de Risco*, da *estimabilidade* dos “efeitos colaterais”, assim como da (in)calculabilidade dos efeitos reais, dentro das pesquisas científicas na sociedade moderna. Entretanto, se percebe que é justamente a (potencial) minimização das incertezas (portanto, dos riscos associados aos processos ambientais e climáticos, que se pretende estimar) que serve de elemento relevante das pesquisas científicas sobre mudanças climáticas, ou seja, é a possibilidade de elucidação e/ou redução<sup>111</sup> das incertezas, nos modelos climáticos, que desponta nos artigos como aspecto primaz da pesquisa.

Tratar dos erros e incertezas, por parte da ciência, não constitui um desabono ou uma ameaça à racionalidade científica, até mesmo por que, como aponta Beck (2011):

<sup>110</sup> Nesse sentido, dentro de uma sociedade que produz riscos (evidenciado pelo *fator antrópico* nas mudanças climáticas), ao passo que produz riquezas, a existência de artigos (pesquisas, portanto) que apresentam uma “cegueira econômica” em relação aos riscos dos resultados tecno-científicos, como pontua Beck (2011, p.73), pode ser bastante nociva socialmente, restringindo o papel das ciências ao de “madrinha legitimatória” dos riscos civilizacionais (poluição, contaminação, aquecimento global,...).

<sup>111</sup> Por meio de técnicas e procedimentos numéricos/computacionais novos.

“[...] as ciências conseguem, em grande medida, desmontar dentro do âmbito científico os efeitos práticos de falhas, equívocos e críticas e portanto, por um lado, sustentar face aos espaços públicos não especializados a pretensão de monopólio da racionalidade, e, por outro lado, oferecer aos especialistas um fórum para discussões críticas.” (p.240)

Mas sim, essa abordagem pode ser entendida como um sinal das transformações que tanto a sociedade quanto a própria ciência atravessam. Nesse processo, uma característica importante da produção de conhecimento é que erros são, na fase reflexiva da cientificização, transformados em oportunidades de desenvolvimento científico, justamente por meio dos riscos da modernização. Nas palavras de Ulrich Beck (2011):

“[...] essa *metamorfose dos erros e riscos em oportunidades de expansão e perspectivas de desenvolvimento da ciência e da técnica* imunizou consideravelmente o desenvolvimento científico contra a crítica da modernização e da cultura e tornou-o, por assim dizer, ‘*ultraestável*’.”(p.241)

Ou seja, a ciência possui suficientes mecanismos metodológicos para processar e converter fontes de erros em temas para novas pesquisas e, assim, fazer avançar o conhecimento, mantendo sua autoridade social nesse quesito.

Entretanto, como salienta o próprio Ulrich Beck (2011), é precisamente a estratégia de “projeção” de fontes equivocadas e de problemas que fará com que a ciência e a tecnologia passem a ser vistas como causas de possíveis problemas e erros. Além disso, os consumidores de serviços e conhecimento científicos pagam e exigem, não por equívocos (admitidos ou encobertos), nem por hipóteses falsificadas ou incertezas conduzidas com acuidade, mas por “conhecimentos”, como recorda Beck (2011, p.246). Assim, na luta científica pelo monopólio da racionalidade e validade de seus conhecimentos, os resultados que não podem ser mais que “equívocos por encomenda”, segundo Beck (2011, p.247), devem ser estilizados como “conhecimentos” de validade eterna. Ademais, na *cientificização reflexiva*<sup>112</sup>, o que vemos é que as interpretações científicas que afastam os riscos passam a ser decisivas. Isso faz com que a *sociedade de risco* encontre-se funcionalmente orientada por resultados científicos que menosprezem ou neguem os riscos (BECK, 2011, p.258).

No entanto, nos artigos analisados da Rede CLIMA, que tratam das incertezas e erros dos modelos climáticos, essa preocupação em estilizar o conhecimento (depurando as

---

<sup>112</sup> Diferente da fase de *cientificização simples*, onde a busca por explicações é acompanhada pelo interesse em controlar a natureza. Assim, as relações estabelecidas são pensadas como algo passível de uso tecnológico (BECK, 2011, p.258); essa caracterização da ciência e da modernidade coaduna com a perspectiva de Jürgen Habermas (1968), para o qual o interesse na ciência está centrado no seu papel de estimulador do crescimento econômico capitalista, através da institucionalização da inovação tecnológica, como mencionado anteriormente.

incertezas sobre o objeto de pesquisa) não se evidencia, uma vez que as incertezas são clara e objetivamente apresentadas em muitas pesquisas, como objeto de investigação científica.

Portanto, considerando a *incerteza* como elemento que compõe a produção de conhecimento e a forma como ela é processada cientificamente - e que os artigos permitem analisar -, administrar a relevância das incertezas representa possivelmente uma tendência entre os artigos científicos que abordam alterações climáticas, particularmente em uma sociedade atenta aos perigos (e também oportunidades) das mudanças no clima.

### **Considerações finais.**

Os estudos sociais da ciência e tecnologia – designação esta que, para Latour (2008, p.138), é bastante vaga –, ou Sociologia do conhecimento científico, têm se dedicado a análise das práticas científicas, assim como, aos contextos e objetos que permitem a produção de conhecimento e reprodução dessas práticas, sob diversas abordagens<sup>113</sup>. Dentro dos temas tratados pelos cientistas, a pesquisa sobre as mudanças climáticas (por mais controversa que seja), nos últimos anos, tem conformado as agendas de pesquisa com especial destaque.

Esse trabalho se debruçou sobre materiais (artigos científicos) que expressam os conteúdos cognitivos oriundos de um contexto prático de pesquisa (laboratórios e estações de campo). Mais especificamente, o interesse estava na forma como se constitui um discurso sobre a prática científica, como salienta Karin Knorr-Cetina (2005).

Assim, através do estudo da administração da relevância da pesquisa científica, foi possível perceber a emergência de uma série de temas e conceitos, que são utilizados pelos cientistas, no intuito de representar o processo de investigação científica. Assim como, por meio da análise de conteúdo dos artigos científicos, puderam ser explicitados aspectos do fazer científico que constituem a forma como a ciência se apresenta, ao apresentar seus objetos de estudo.

Os temas da incerteza, o fator local e as tecnologias (com seus impactos econômicos e sociais) operam como elementos de projeção dos objetos de pesquisa em mudanças climáticas. Enquanto elementos presentes nos artigos, esses temas mereceram uma especial categorização durante minha investigação. Esses temas apontam, nesse sentido, para o modo como a relevância dos resultados é conduzida pelos pesquisadores da Rede CLIMA, ao abordarem a física das mudanças climáticas; seja em termos de *incertezas* sobre o objeto

---

<sup>113</sup> Como mencionado no capítulo III.

investigado, seja do *local* como aspecto importante da pesquisa ou dos *impactos sociais e tecnológicos* que envolvem os resultados do trabalho científico. Talvez em outros artigos, de outros ramos da ciência e que abordam outros objetos de pesquisa, os temas relevantes e que servem de projeção dos trabalhos científicos sejam distintos destes. No entanto, a emergência desses temas, em certa medida, corresponde aos interesses de uma sociedade atenta às incertezas, sobre as mudanças ambientais e climáticas, e aos usos de tecnologias de prevenção, adaptação e mitigação dos efeitos, sociais e econômicos dessas mudanças.

Embora as instituições científicas brasileiras estejam integradas em projetos de pesquisa que abordam objetos que pertencem à fronteira do conhecimento científico, essas instituições realizam trabalhos ‘secundários’ (como o aferimento de equipamentos (sensores), ajustes e validação de modelos computacionais, desenvolvimento de modelos regionais, quantificação dos erros nos algoritmos disponíveis,...). Isso é resultado de uma ciência que trata de temáticas cada vez mais complexas, e que exigem recursos e apoio de redes cada vez maiores. Esse quadro, destarte, não é diferente para a pesquisa sobre mudança climática e é nesse contexto que os cientistas produzem seus conhecimentos, e os apresentam como sendo importantes cientificamente, através desses temas.

É, portanto, através da fabricação de objetos (epistêmicos), de sua capacidade de converter-se em outros recursos e, assim, de sua circulação pela rede sociotécnica, que a atividade científica torna-se possível<sup>114</sup>. E para que esse movimento ocorra é fundamental a administração da relevância desses objetos da pesquisa científica, dentro do processo de produção do conhecimento, com sua contextualização e re-contextualização candentes.

Nesse sentido, assim como Bruno Latour (2008), creio que é através dos arranjos institucionais (tanto da ciência, bem como de outros sistemas), e dos modos pelos quais as interações se tornam possíveis - dentro de contextos práticos que vinculam atores, objetos e objetivos - que poderemos explicar como a sociedade mantém-se ligada; e não o ‘social’ que explica a ciência e suas práticas. E essa possibilidade de interação/integração passa pela forma como a ciência apresenta seus resultados, enquanto algo relevante em outros contextos, para além dos muros institucionais.

---

<sup>114</sup> Assim como, é o que promove a integração das atividades sociais dentro da rede sociotécnica. Para Karin Knorr-Cetina (2005, p.288), a ação social está interconectada, justamente, pelo que é transmitido, modificado e reincorporado de um *locus* de ação para outro ou, em outras palavras, por um contínuo processo de conversão (circulação e transformação) de objetos sociais. Nesse sentido, Bruno Latour (2000, p.415) diz que a história da tecnociência é, em grande parte, a história dos recursos (instrumentos e invenções) espalhados ao longo das redes para acelerar a mobilidade, a fidedignidade, a combinação e a coesão dos traçados que possibilitam a ação.

## Referências:

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1979. 229 p.

BAUER, Martin W., GASKELL, George (orgs). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Tradução de Pedrinho A. Guareschi. 10ª ed. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2012.

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2ª ed. Tradução: Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011.

BLOOR, David. **Conhecimento e imaginário social**. São Paulo: UNESP, 2009.

BORRAZ, Olivier. **O surgimento das questões de risco**. Sociologias, Porto Alegre, ano 16, nº.35, jan/abr 2014, p. 106-137.

BOURDIEU, Pierre. **El oficio de científico: Ciencia de la ciencia y reflexividad**. Traducción de Joaquín Jordé. BARCELONA: EDITORIAL ANAGRAMA, 2003.

BRASIL. LEI nº 12.187, de 29 de DEZEMBRO de 2009 (Lei Ordinária). Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 dez. 2009. Seção Extra, p. 109, Coluna 2. 2009d.

\_\_\_\_\_.Portaria MCT nº 728, de 20 de NOVEMBRO de 2007.

\_\_\_\_\_.**Protocolo de Kyoto**. Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil. Disponível

em:<[http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/Protocolo\\_Quioto.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/Protocolo_Quioto.pdf)> Acesso em: 07 set. 2013.

BURGOS, Marcelo Baumann. **Ciência na periferia: A luz Síncrotron Brasileira**. Juiz de Fora: EDUFJF, 1999.

CAPPELLE, M. C. A.; MELO, M. C. O. L.; GONÇALVES, C. A. **Análise de conteúdo e análise de discurso nas ciências sociais**. Organizações Rurais & Agroindustriais, v. 5, n. 1, art. 6, p. 0-0, 2003.

DAGNINO, Renato; DIAS, Rafael. **A Política de C&T Brasileira: três alternativas de explicação e orientação**. Revista Brasileira de Inovação: Rio de Janeiro (RJ), 6 (2), p.373-403, julho/dezembro 2007.

DESSAI, S.; van der SLUIJS, J. P. **Uncertainty and climate change adaptation: a scoping study**. Report NWS-E-2007-198; Department of Science Technology and Society, Copernicus Institute, Utrecht University, 2007.

FBMC. **Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Revista FBMC. 2008. Disponível em:<<http://www.forumclima.org.br/index.php/biblioteca/revista-fbmc>>. Acesso em: 25 ago. 2013

HABERMAS, Jürgen. **Fundamentação Linguística da Sociologia**. Obras escolhidas, Vol.1. Lisboa: Edições 70, 2010, Cap. 5: Aspectos da racionalidade da ação, pp.263-292.

\_\_\_\_\_. **Técnica e Ciência como “Ideologia”**. Lisboa: Edições 70, 1968.

HACKETT, Edward J. et al. **The handbook of science and technology studies**. 3rd ed. The MIT Press: Cambridge, Massachusetts/London, England, 2008.

HOLSTI, Ole. R. **Content analysis for the social sciences and humanities**. Addison-Wesley Publishing Company, 1969.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Disponível em: <[http://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.shtml#U6w6z-b-F4](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml#U6w6z-b-F4)> Acesso em: 28 ago. 2013.

KNORR CETINA, Karin. **La Fabricación del Conocimiento: Un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia**. 1ª ed. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2005.

KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2009.

\_\_\_\_\_. **La tensión esencial**. México: Fondo de Cultura Económica, 1983.

LATOUR, Bruno. **Ciência em Ação: Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afóra**. São Paulo, UNESP, 2000.

\_\_\_\_\_. **Jamais fomos modernos: Ensaio de antropologia simétrica**. Tradução de Carlos Irineu da Costa. Rio de Janeiro: Editora 34, 1994.

\_\_\_\_\_. **Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor-red**. 1ª ed. Buenos Aires: Manantial, 2008. 392p.

\_\_\_\_\_. **Políticas da Natureza: Como fazer ciência na democracia**. EDUSC. Bauru, 2004.

MANNHEIM, Karl. **Ideologia e Utopia**. Ed. Zahar. Rio de Janeiro, 1968.

MARRAS, S.; Sztutman, R. **Por uma antropologia do centro**. *Entrevista com Bruno Latour*. Rio de Janeiro: Museu Nacional, Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social, UFRJ, 2004 (Entrevista para Revista Mana, Estudos de Antropologia Social: MANA 10(2):397-414, 2004).

MARX, Karl. **O Capital**. São Paulo: Abril, 1983.

MOREL, Regina Lúcia de Moraes. **Ciência e Estado: a política científica no Brasil**. São Paulo: A.T. Queiroz Editor. 1979.

NEVES, F. M. **Análise da Política Brasileira relacionada à Mudança do Clima sob a Perspectiva da Sustentabilidade: Consistências e Contradições**. Tese de doutoramento. Universidade Federal do Paraná, UFPR, Brasil. 2012.

NEVES, Fabrício; COSTA LIMA, João Vicente. **As mudanças climáticas e a transformação das agendas de pesquisa.** *Liinc em Revista*, v. 8, n. 1, p. 268-282, 2012.

ORTIZ, Renato (org.). 1983. Bourdieu – Sociologia. São Paulo: Ática. Coleção Grandes Cientistas Sociais, vol. 39. p. 122-155. Reproduzido de BOURDIEU, P. **Le champ scientifique.** *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, n. 2/3, jun. 1976, p. 88-104. Tradução de Paula Montero.

PETERSON. Garry. *et al.* **Uncertainty, Climate Change, and Adaptive Management.** *Ecology & Society*, vol. 1. n° 2. 1997.

PORTOCARRERO, Vera (org). *Filosofia, história e sociologia das ciências I: abordagens contemporâneas* [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1994. 272 p. ISBN: 85-85676-02-7. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

REDECLIMA. Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais. **Relatório de Atividades 2011-2012.** Disponível em: <[http://redeclima.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2013/04/RedeClima-2011-2012\\_mais-baixa.pdf](http://redeclima.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2013/04/RedeClima-2011-2012_mais-baixa.pdf)> Acessado em: 28 ago. 2013.

\_\_\_\_\_. Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais. **Relatório de Atividades 2010-2011.** Disponível em: <[http://www.ccst.inpe.br/wp-content/themes/ccst-2.0/pdf/Relatorio\\_RC\\_Nov\\_2011.pdf](http://www.ccst.inpe.br/wp-content/themes/ccst-2.0/pdf/Relatorio_RC_Nov_2011.pdf)> Acessado em: 12 ago. 2013.

\_\_\_\_\_. Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais. **Relatório de Atividades 2010.** Disponível em: <<https://docs.google.com/a/pontodoctextos.com.br/file/d/0B-idggjMSGs3cjNpWndCSWRrVmM/edit?pli=1>> Acessado em: 03 ago. 2013.

\_\_\_\_\_. Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais. **Relatório de Atividades 2009.** Disponível em <<http://redeclima.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2013/02/Relat%C3%B3rio-de-Atividades-Rede-Clima-2009.pdf>> Acessado em: 02 ago. 2013.

SCHWARTZMAN, Simon. **As raízes das tradições científicas**. Parcerias Estratégicas: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos: Ministério da Ciência & Tecnologia. Brasília, DF. n°.25, dez. 2007. p.263-290.

\_\_\_\_\_. **Um Espaço para a Ciência: A Formação da Comunidade Científica no Brasil**. Tradução de Sérgio Bath e Oswaldo Biato. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001.

SHINN, Terry. **Regimes de produção e difusão de ciência: rumo a uma organização transversal do conhecimento**. In: Scientiæ Zudia, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 11-42, 2008.

SOUSA, I. S. F. de. **A Sociedade, o cientista e o problema de pesquisa: o caso do setor público agrícola brasileiro**. HUCITEC-EMBRAPA-SPI: Brasília, DF, 1993.

STERN, N. **The economics of climate change**. Cambridge, Cambridge University Press, 2007.

STOKES, Donald E. **O Quadrante de Pasteur: Ciência básica e a Inovação Tecnológica**. Tradutor: José Emílio Mariorino. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2005.

VENTURA, Andréa Cardoso et al. **Tecnologias sociais: as organizações não governamentais no enfrentamento das mudanças climáticas e na promoção de desenvolvimento humano**. Cad. EBAPE.BR: Rio de Janeiro. vol.10, n°.3. Sept. 2012.

WEBER, Max. **Metodologia das Ciências Sociais**, Parte 2. Tradução: Augustin Wernet; Introdução à edição brasileira: Maurício Tragtenberg. São Paulo: Cortez; Campinas, SP: Editora da Universidade Estadual de Campinas, 1992.

## Anexo 1

### *Technical Note: Sensitivity of 1-D smoke plume rise models to the inclusion of environmental wind drag*

**S. R. Freitas<sup>1</sup>, K. M. Longo<sup>2</sup>, J. Trentmann<sup>3,\*</sup>, and D. Latham<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Center for Weather Forecasting and Climate Studies, INPE, Cachoeira Paulista, Brazil

<sup>2</sup>Center for Space and Atmospheric Sciences, INPE, São José dos Campos, Brazil

<sup>3</sup>University of Mainz, Mainz, Germany

<sup>4</sup>USDA Forest Service, Montana, USA

\*now at: German Weather Service, Offenbach, Germany

Received: 29 May 2009 – Published in Atmos. Chem. Phys. Discuss.: 7 July 2009

Revised: 16 December 2009 – Accepted: 11 January 2010 – Published: 21 January 2010

#### **1 Introduction**

Biomass burning emits hot gases and particles which are transported upward by the positive buoyancy generated by the fire. Due to radiative cooling and the work done against the environment due to expansion during convective rise, there is a rapid decay of temperature above the burning area. Also, the interaction between the smoke and the environment produces eddies that entrain colder environmental air into the smoke plume, which cools and dilutes the plume and reduces buoyancy. The dominant characteristic is a strong upward flow with a moderate temperature excess from the ambient atmosphere. The final height that the plume reaches is controlled by the thermodynamic stability of the atmospheric environment and the surface heat flux release from the fire. Moreover, additional buoyancy may be gained from latent heat release of condensation and plays an important role in determining the effective injection height of the plume, that is, its terminal height. However, the occurrence of strong horizontal wind can lead to a bent-over and enhance lateral entrainment and can even prevent the plume's reaching the condensation level, particularly for small fires, severely impacting the injection height. This effect is shown by two photographs of the smoke plume rise produced from two different deforestation fires in the Amazon basin (Fig. 1). The plume shown on the left moves upward with only a slight deviation from the vertical, indicating plume development in a calm environment. However, the plume on the right shows much stronger deflection from the vertical, an indication of a windy environment. Note that both plumes are capped by cumulus, indicating that cloud microphysics might have had a

significant role in the plume development. The effect of ambient wind on the plume rise from volcanic sources has been studied by several authors. Graf et al. (1999) performed a set of sensitivity studies using a two-dimensional version of the Active Tracer High resolution Atmospheric Model (described here in Sect. 3.1) as a non-hydrostatic volcano plume model with explicit treatment of turbulence and microphysics. The authors applied this modeling system to simulate the impacts of environmental conditions on the vertical plume development. They found that, in general, a horizontal wind reduces the height reached by the plume. All environmental impacts were found to strongly depend on the intensity of the entrainment and, thus, on the quality of the calculated turbulence properties. Bursik (2001) applied a 1-D theoretical model of a plume to study the interaction between a volcanic plume and an ambient wind. He also shows that the enhanced entrainment from the wind decreases the plume rise height, mainly at altitudes with the high wind speeds of the polar jet. To the author's knowledge, no study on the impact of horizontal wind on the injection height of volcanic eruptions or wild fires is available that employs

three-dimensional model simulations. However, observational and theoretical studies of volcanic eruptions (Ernst et al., 1994; Rose et al., 2003) and fire plumes (Cunningham et al., 2005; Cunningham and Linn, 2007) have shown the relevance of three-dimensional aspects for the dynamical evolution of such plumes. Hence, the results obtained from 1-D and 2-D simulations have to be interpreted with care. For the present work, ATHAM is used for 3-D simulations (see Sect. 3.1). In this paper we describe the improvement of the 1-D parameterization of the vertical transport of hot gases and particles emitted from vegetation fires, described in Freitas et al. (2007, hereafter F2007), to include the effects of environmental horizontal wind on transport and dilution of the smoke plume at its scale. This process is quantitatively represented by introducing an additional entrainment term to represent the organized inflow of the ambient air into the plume, as well as the drag on the plume by the external ambient wind. The extra entrainment enhances the in-plume mixing with the cooler and drier ambient air. The net effect on the dynamics is a reduction of the in-plume velocity in the vertical through momentum transfer to the entrained air mass; while horizontally, there is a strong acceleration in the nearby surface layer as well as in the layers with strong ambient wind shear. An extended set of equations, including the horizontal motion of the plume and increase of the plume radius, is now solved to simulate the time evolution of the plume rise and determine the final injection height. In the methodology proposed by Freitas et al. (2006, 2007), the 1-D plume model is embedded in each column of 3-D low resolution atmospheric chemistry-transport models (the hosts) to provide

interactively the smoke injection height, in which trace gases and aerosols, emitted during the flaming phase of the vegetation fires, are released and then transported and dispersed by the prevailing winds simulated by them. This technical note is organized as follows. In Sect. 2, the methodology is described. Section 3, Part 1 discusses the dynamics and thermodynamics of the case studies. In parts 2 and 3, numerical simulations with 3-D ATHAM and the 1- D plume models are introduced and compared. Conclusions are discussed in Sect. 4.

Referência para o artigo completo:

S. R. Freitas, K. M. Longo, J. Trentmann, D. Latham (2010) Technical Note: Sensitivity of 1-D smoke plume rise models to the inclusion of environmental wind drag, Atmospheric Chemistry and Physics 10(2), p. 585-594

## Anexo 2

### *The climatic sensitivity of the forest, savanna and forest– savanna transition in tropical South America*

Marina Hirota<sup>1</sup>, Carlos Nobre<sup>1</sup>, Marcos Daisuke Oyama<sup>2</sup> and Mercedes MC Bustamante<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Center for Earth System Science, National Institute for Space Research (INPE), Cachoeira Paulista, SP, Brazil;

<sup>2</sup>Division of Atmospheric Sciences, Institute

for Aeronautics and Space (IAE), São José dos Campos, SP, Brazil; <sup>3</sup>Department of Ecology, Institute of Biology, University of Brasilia (UnB), Brasilia, DF,

Brazil

#### **Introduction**

In the last two decades, many modeling studies have explored vegetation–climate interactions in the Amazon tropical forest. On the one hand, these studies show that drier and warmer climate conditions could disturb the vegetation– climate system and lead to a potential ‘savannization’ of eastern and even central areas of the Amazon basin (e.g. Salazar et al., 2007; Lapola et al., 2009; among others). On the other hand, land cover change due to cropland expansion, grazing, and other anthropogenic activities (Morton et al., 2006) could also contribute to the ‘savannization’ process, through feedback mechanisms that could negatively affect the amount of local precipitation and thus weaken the entire hydrological cycle, favoring droughts (Nobre et al., 1991; Hahmann & Dickinson, 1997; Costa et al., 2007; Sampaio et al., 2007; among many others). Although large-scale studies, using dynamical global vegetation models (DGVMs), have also considered a more realistic simulation with climate and land cover disturbances occurring concurrently (e.g. Costa & Foley, 2000), Amazon ‘savannization’ remains an open scientific issue (Nobre & Borma, 2009), particularly in relation to the search for specific thresholds (‘tipping points’) related to a breakdown of the climate–vegetation equilibrium and an abrupt ecosystem shift (Scheffer & Carpenter, 2003). In this context, conceptual models are expected to be an important tool for simulating complex system behavior and evaluate its ‘tipping points’ in more understandable and tractable ways. Although their parameterizations may be limited, conceptual models have in many cases produced successful results for nonlinear complex systems, particularly those models focusing on the resilience and adaptability of social-ecological systems (Anderies et

al., 2002; Walker et al., 2004; Folke, 2006). However, they have also been applied as a first-order approach to represent biome boundary shifts in the Sahara/Sahel region in Africa (e.g. Zeng et al., 2005) and in the forest/savanna region in the tropics (Sternberg, 2001). Most of these investigations using conceptual models have been carried out considering climate and vegetation as the main state variables. This is reasonable for the Sahara/Sahel transition, in spite of the contrast between desert and savanna climatic conditions. However, although climate is one of the major drivers in controlling vegetation distribution in tropical South America, climate gradients are not as marked as in the arid African transitional zone (Coutinho, 1990), and natural fires are reported also to be very important in maintaining the savanna biome and, thus, delimiting the forest-savanna transition. Unlike humid tropical forests, which are quite impenetrable to natural fires, mainly because of their high humidity, tropical savannas are naturally influenced by fires triggered by lightning activity (Mistry, 1998; Ramos-Neto & Pivello, 2000; Miranda et al., 2002). In light of the ecological relevance of natural fires, some large-scale DGVMs include, with varying levels of complexity, fire ignition and its effects on vegetation in their fire modules (e.g. Thonicke et al., 2001; Arora & Boer, 2005; Cardoso et al., 2007). In simulations of the world without fire, for example, an important expansion of forest areas is likely to occur (Bond et al., 2005; Scheiter & Higgins, 2009). Some landscape-scale demographic-bottleneck models have also been developed to investigate in detail tree-grass coexistence exclusively within the savanna biome (e.g. Higgins et al., 2000; Gardner, 2006; Hanan et al., 2008). These models essentially consider that the impacts of disturbances, particularly fires, are different depending on the life history stages of trees; that is, disturbances affect tree germination, mortality and demographic transition in different ways (Sankaran et al., 2004). Despite quite accurate parameterizations to represent real-life biophysical processes, DGVMs and demographic bottle neck models usually produce outputs that are difficult to disentangle to further quantify under which conditions ('tipping points') the system may abruptly shift towards other equilibrium states (Holling, 1973; Scheffer et al., 2001). For instance, for South America, it has been suggested that there are two potential stable vegetation-climate states (Oyama & Nobre, 2003): one showing the current forest and savanna distribution, and a second with savannas covering most of eastern and southeastern Amazonia. A thorough review of the literature on potential tipping points of the Amazon forest is presented by Nobre & Borma (2009), highlighting the insufficient quantitative understanding on the role of natural fires in determining the location and extent of tropical forest-savanna boundaries. Therefore, inspired by the conceptual approaches described above (e.g. Sternberg, 2001) and by the lack of climate-vegetation-natural fire

(CVNF) modeling in South America (Nobre & Borma, 2009), we have developed a simplified CVNF model which has three main benefits: good representation and quantification of the forest–savanna boundary in tropical South America in response to the combination of climate and lightning-triggered natural fires; investigation of vegetation-cover sensitivity to environmental changes in precipitation (P), temperature (T) and lightning activity (R); and evaluation of environmental tipping points, which could displace the forest-savanna transition and lead to a potential shift into another equilibrium state.

Referência para o artigo completo:

Marina Hirota, Carlos Nobre, Marcos Daisuke Oyama, Mercedes M C Bustamante (2010)  
The climatic sensitivity of the forest, savanna and forest-savanna transition in tropical South America., *The New phytologist* 187(3), p. 707-19

## Anexo 3

### *The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS) – Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories*

**K. M. Longo<sup>1,\*</sup>, S. R. Freitas<sup>1</sup>, M. O. Andreae<sup>2</sup>, A. Setzer<sup>1</sup>, E. Prins<sup>3</sup>, and P. Artaxo<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Center for Weather Forecasting and Climate Studies, INPE, Cachoeira Paulista, Brazil

<sup>2</sup>Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany

<sup>3</sup>UW-Madison Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, Madison, WI, USA

<sup>4</sup>Institute of Physics, University of São Paulo, Brazil

\*now at: Earth System Science Center, INPE, São José dos Campos, Brazil

Received: 20 April 2007 – Published in Atmos. Chem. Phys. Discuss.: 20 June 2007

Revised: 19 March 2010 – Accepted: 10 June 2010 – Published: 1 July 2010

#### **1 Introduction**

The high concentrations of aerosol particles and trace gases observed in the Amazonian and Central Brazilian atmosphere during the dry season are with the result of intense anthropogenic biomass burning activity (vegetation fires). A widely cited estimate suggests that biomass burning in South America is responsible for the emission of 30 Tg year<sup>-1</sup> of aerosol particles to the atmosphere (Andreae, 1991). Most of the particles are in the fine particle fraction of the size distribution, which can remain in the atmosphere for approximately a week (Kaufman, 1995). In addition to aerosol particles, biomass burning produces water vapor and carbon dioxide, and is a major source of other compounds such as carbon monoxide (CO), volatile organic compounds, nitrogen oxides, and organic halogen compounds (Andreae and Merlet, 2001). In the presence of abundant solar radiation and high concentrations of NO<sub>x</sub>, the oxidation of CO and hydrocarbons results in ozone (O<sub>3</sub>) formation. In this way, biomass burning emissions have a strong impact on tropospheric and stratospheric chemical composition, and are an important agent of weather and climate change. Therefore, the estimation of the amounts injected into the atmosphere at regional as well as global scales is needed. The most common way to estimate emissions from vegetation fires, the so-called “bottom-up” approach, is through an initial estimation of the quantity of biomass consumed through combustion. This estimation can be accomplished if information

on the aboveground biomass density, the combustion factor (the fraction of the fuel load actually combusted) and the area burned is available. Following this method, the amount of specific chemical species can be obtained by using the associated emission factor (fraction of mass of compound emitted per mass of fuel burned, on a dry mass basis). A thorough review of emission factors was presented by Andreae and Merlet (2001). Several authors have presented estimates of biomass consumption by combustion. Hao and Liu (1994) built a database for the spatial (5 degrees) and temporal (monthly) distribution of the amount of biomass burned in tropical America, Africa, and Asia during the late 1970s. Schultz (2002) and Generoso et al. (2003) proposed the use of fire-count data from the Along Track Scanning Radiometer (ATSR) to estimate the typical seasonal and interannual variability of biomass burning emissions. Duncan et al. (2003) combined the same ATSR fire-count data and the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) World Fire Atlas, and using the total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) Aerosol Index as a proxy to estimate the strength of emissions, the authors estimated the mean variability of CO emissions from biomass burning. The Global Wildland Fire Emission Model (GWEM) (Hoelzemann et al., 2004) provides emissions for several species based on the data from the European Space Agency's monthly Global Burnt Scar satellite product (GLOBSCAR), and more recently GBA2000 of the Joint Research Centre of the European Commission (JRC) and results from the Lund-Potsdam-Jena Dynamic Global Vegetation Model (LPJ-DGVM) for the year 2000. Giglio et al. (2006) and van der Werf et al. (2006), using burned-area estimates from remote sensing, a biogeochemical model, and emission factors from the literature, estimated fire emissions during the 8-year period from 1997 to 2004. This dataset, called Global Fire Emissions Database (GFEDv2), has 1\_×1\_ spatial resolution with 8-day and one-month time steps. GWEM yields over 5 times less CO emissions than GFED for South America, and predicts an early emission maximum in August, in contrast to the agreement on a maximum in September by all the other inventories cited above. The relatively poor result of GWEM for South America was attributed mainly to the insufficient performance of the global burnt area products GLOBSCAR (Hoelzemann et al., 2004) and GBA2000 (Hoelzemann et al., 2007) over this region. The most recent GWEM version (1.4), which includes a correction for South America based on the method presented here, yields estimated CO emissions increased by 30% and an improved seasonality, shifting the emission maximum to September (Hoelzemann et al., 2007). Alternative methodologies use the fire radiative energy to estimate the emission rates (Kaufman et al., 2003; Riggan et al., 2004; Ichoku and Kaufman, 2005; Wooster et al., 2005; Freeborn et al., 2008; Pereira et al., 2009). In this paper we describe and

evaluate an estimation technique for biomass burning emissions based on a combination of remote sensing fire products and field observations. The resulting inventory is then applied to simulate the 2002 dry season pyrogenic CO over South America (SA), when and where the field campaigns LBA Smoke, Aerosols, Clouds, Rainfall, and Climate (SMOCC) and Radiation, Cloud, and Climate Interactions in the Amazon during the dry-to-wet Transition Season (RaCCI) took place. The paper is organized as follows: in Sect. 2, the technique is described. In Sect. 3, we evaluate the model results for CO, using surface measurements, airborne and remote-sensing-retrieved data. Our conclusions are discussed in Sect. 4.

Referência para o artigo completo:

K. M. Longo, S. R. Freitas, M. O. Andreae, a. Setzer, E. Prins, P. Artaxo (2010) The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS) – Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories, *Atmospheric Chemistry and Physics* 10(13), p. 5785-5795

## Anexo 4

### *Cerrado Conservation is Essential to Protect the Amazon Rainforest*

Author(s): Ana Cláudia Mendes Malhado, Gabrielle Ferreira Pires and Marcos Heil Costa

Source: AMBIO: A Journal of the Human Environment, 39(8):580-584. 2010.

Published By: Royal Swedish Academy of Sciences

URL: <http://www.bioone.org/doi/full/10.1007/S13280-010-0084-6>

#### INTRODUCTION

Despite widespread deforestation the forests of Amazonia still cover more than 5 million km<sup>2</sup> and may host up to a quarter of the world's terrestrial species (Dirzo and Raven 2003)—many of which are still undocumented. Conservation of these forests is important, not just for the biodiversity they contain, but also for the vital ecosystem services they provide. Historically, the greatest threat to Amazonia has been conversion to agriculture, initially through small-scale farming and, more recently, also through well-capitalized organizations producing agricultural and forestry products for global markets (Rudel et al. 2009). The attention of scientists and conservationists has recently shifted toward another factor that could radically alter the distribution, ecology, and value of the forest—climate change. Climatologists predict that changes in atmospheric composition in the twenty-first century will cause Amazonia to experience an increase in temperatures of around 3°C and a reduction in precipitation of about 20% (IPCC 2007). In addition to well-documented changes in atmosphere chemistry, climate change in Amazonia may also be caused by the impacts of deforestation on vegetation–atmosphere interactions. These processes are not mutually exclusive, and both could act together to induce a more rapid shift in the system (Costa and Foley 2000). Changes in the local climate—either caused by rising greenhouse gases or by local deforestation—may cause some parts of the Amazon rainforest to cross an ecological tipping point during this century (Cox et al. 2000; Lenton et al. 2008; Nobre and Borma 2009). Here, ‘tipping point’ refers to a critical threshold at which a relatively small perturbation can qualitatively alter the state or development of a system (Lenton et al. 2008). In Amazonia, scientists have suggested that the tipping point is represented by some threshold in the area of the rainforest that, if crossed, would lead to a reduction of the rainfall and to an extension of the dry season, causing further reduction of the rainforest and shifting the system into a new and drier

equilibrium. Such radical restructuring and re-sorting of the forest community is supported by evidence from paleoecology and ecophysiology. Mayle et al.'s (2004) review of paleovegetation and paleoclimate datasets revealed that a period of reduced precipitation 8,000–3,600 years ago resulted in widespread, frequent fires in southern Amazonia leading to “the competitive replacement of lowland evergreen rainforest taxa by drought-fire-tolerant semi-deciduous dry forest taxa and Cerrado savannas” (p. 510). Rainforests extended their range again in the late Holocene (Mayle et al. 2004), but it seems likely that another period of low precipitation would result in similar ecosystem transformation. Predicting the geographic location of tipping points is clearly vital for the future conservation of the Amazon region. Fortunately, rapid progress is being made, thanks to the latest generation of ecophysiological models. Malhi et al. (2009) used global datasets to infer precipitation-based boundaries for rainforest viability and combined this with global climate change models to estimate the critical thresholds for water availability and, by extension, the potential extent of climate change-induced ecosystem transitions in Amazonia. Although they found no sharp boundaries in rainfall regime space—unsurprising, given that biome characteristics are also influenced by soil properties and hydrology—they were still able to identify broad climatic thresholds based on measurements of annual rainfall and the most negative value of maximum climatological water deficit (MCWD) and rainfall. These boundaries can be converted into the following crude typology: (i) evergreen ‘rainforest’:  $MCWD > -200$  mm; (ii) ‘seasonal forest’:  $MCWD < -200$  mm and rainfall  $> 1,500$  mm; (iii) ‘savanna’:  $MCWD < -300$  mm (midpoint of the broad transition range,  $-400$  mm  $< MCWD < -200$  mm) and rainfall  $\leq 1,500$  mm.

Referência para o artigo completo:

Ana Cláudia Mendes Malhado, Gabrielle Ferreira Pires, Marcos Heil Costa (2010) Cerrado Conservation is Essential to Protect the Amazon Rainforest, *Ambio* 39(8), p. 580-584

## Anexo 5

### *Climate downscaling over South America for 1961–1970 using the Eta Model*

José Fernando Pesquero & Sin Chan Chou &  
Carlos Afonso Nobre & José Antonio Marengo

#### 1 Introduction

Atmospheric general circulation models (AGCMs) are useful tools for representing the evolution of atmospheric processes at different time scales, ranging from weather to climate. Due to the large domain covered, the typical spatial resolutions of AGCMs are the order of a few hundred kilometers. Therefore, AGCMs are not able to handle the large number of feedback processes occurring on subgrid scales controlled by local features such as topography, shorelines, vegetation, and lakes. These small-scale processes, as well as subgrid turbulent heat and momentum fluxes, cannot be described in detail by AGCMs. The use of regional climate models makes it possible to deal with these scales. These models can be used for climate simulations on decadal time scales and are better able to take into account subgrid scale climate feedback mechanisms. Outside the domain of the regional model, surface conditions such as sea surface temperature (SST), ocean ice, and three-dimensional atmospheric fields are generally provided by the global model. During the last decade, the regional climate models with horizontal resolutions on the order of 10–20 km or higher have become available to represent atmospheric conditions. Some of the first regional climate model simulations were the January climatology simulations over western North America carried out by Giorgi (1990) using the Pennsylvania State University (MM4) mesoscale model with 60 km resolution. The simulations were driven by two versions of the global Community Climate Model (CCM), one with a horizontal grid resolution of  $4.5 \times 7.5^\circ$  and the other with a resolution of  $2.89 \times 2.89^\circ$ . The nested MM4 results were similar to the CCM simulations, but the precipitation and temperature fields showed better results than the CCM due to the higher resolution of the regional model. The frequency of intense daily precipitation showed good agreement with observations. Lateral boundary conditions, from the driver model, are important in the nesting procedure because they are the source of biases being introduced into the regional model. To study the magnitude of this problem, Nobre et

al. (2001) used the output of the ECHAM3 global model from January to April of 1999 to drive the Regional Spectral Model (RSM) on an 80-km grid. A second nesting was used to drive the RSM on a 20-km grid meshed with the 80-km grid output. The sea surface temperature used for lower boundary conditions was forecast over the tropical oceans. The results showed that the 80-km grid regional model had better precipitation fields than the global model, with reductions in the seasonal bias and root mean square error (RMSE). The 20-km model exhibited larger errors, with spatial precipitation patterns following the local topography. The 80-km regional model showed better representation of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) position over the Atlantic than the 20-km grid RSM and ECHAM3. Both regional climate models showed better spatial and temporal precipitation distribution and exhibited less spread than the other models studied. These errors can be associated with the nesting procedure, where the 20-km model was driven by contour values with errors transmitted from the two models. Chou et al. (2000) showed that lateral boundary conditions had a larger impact than lower boundary conditions in long-term Eta Model simulations of South American climate. The Brazilian Center for Weather Forecasts and Climate Studies (CPTEC) has used the Eta Model operationally since 1996 to provide weather forecasts over South America. Due to its vertical coordinate system, the Eta Model is able to produce satisfactory results in regions with steep orography such as the Andes range. Chou and Tanajura (2002) conducted one of the first experiments of 1 month continuous integration with a seasonal regional model for South America. This work clearly displayed added value for the dry season and good results for the summer period, as compared with global model results (Chou et al. 2005). The Eta Model was used to investigate precipitation predictability at different time scales (seasonal, monthly, and weekly) over South America (Chou et al. 2005). The lateral boundary conditions used in this work were obtained from the CPTEC GCM forecast at T62L28. Twelve overlapping 4.5-month time integrations were performed from February, 2002 to February, 2003. The CPTEC GCM forecasts comparisons with Eta showed that the Eta Model provided considerable improvement over the driver model. The assessment of the Eta Model seasonal forecasts against climatology showed that, in general, the model produced additional useful information over climatology. Based on ten consecutive Januaries (1991–2000), Fernandes et al. (2006) investigated the ability of two regional models—the RegCM3 and the Eta Model—to simulate the mean climatological characteristics of the quasistationary circulation over South America. In general, the RegCM3 and Eta models showed, respectively, negative and positive biases for surface temperature in almost all regions over South America. The Eta Model exhibited better results in simulations

of upper- and lowerlevel circulation and precipitation fields. In general, over the Amazon (AM), neither model was able to correctly simulate precipitation. Pisnichenko et al. (2008) described two timeslice integrations of the Eta Model driven by the HadAM3P Atmospheric Global Climate Model (Gordon et al. 2000). One time slice was for the period 1961 to 1990; the other was from 2071 to 2100. The results of Pisnichenko showed precipitation fields with a strong negative bias over a large part of South America during the summer for present-climate simulations and slightly less precipitation activity along the Atlantic ITCZ for the same period. The RegCM3 regional climate model driven by HadAM3P outputs was also used to simulate 10 years of present climate over South America (Rocha et al. 2003). The model used 60-km horizontal resolution and 23 vertical levels. The results showed that the annual precipitation cycles simulated over the Amazon by the global and regional models are in good agreement. Both model runs had negative biases over the Amazon region from January to September. Relative to the HadAM3P, the RegCM3 provided only a poor indication of the beginning of the rainy season between October and November. The annual maximum temperature of the RegCM3 occurred in October, which does not agree with observations. More recently, Solman et al. (2008) presented a simulation of present-day climate, 1981–1990, over southern South America using the MM5 model (Grell et al. 1993). The simulation was evaluated in terms of seasonal means, interannual variability, and extreme events. In general, maximum temperatures were better represented than minimum temperatures. The warm bias was larger during austral summer for maximum temperatures and during austral winter for minimum temperatures, mainly over central Argentina. They concluded that the regional model is capable of reproducing the main regional seasonal features. In this work, the results will be analyzed over South America to investigate the circulation patterns for summer and winter periods, looking at precipitation and near-surface temperature regimes. The goal of this work is to validate the modified Eta Model for use in Climate Simulations (Eta/CS) and to assess the progress due to the regionalization process. This work is an initial step in the preparation of the model for use in climate change studies as part of a project to conduct impact studies of different SRES over South America. The investigation focuses on near-surface air temperature and precipitation over land areas within the domain, because of the importance of these fields for climate impact studies. It also focuses on the availability of observed datasets for model validation and the possibility of comparison with previous work, such as Ambrizzi et al. (2007) and Solman et al. (2008). Moreover, some assessment of upper-air circulation patterns is also presented in order to better assess model behavior. The HadAM3P outputs were used as the available conditions

during the development of this work. In the future, a Coupled General Circulation Model should be available as well. A brief description of the model and the experimental design are presented in Section 2, and simulation results are discussed in Section 3. Some final conclusions are drawn in Section 4.

Referência para o artigo completo:

José Fernando Pesquero, Sin Chan Chou, Carlos Afonso Nobre, José Antonio Marengo (2010) Climate downscaling over South America for 1961–1970 using the Eta Model, *Theoretical and Applied Climatology* 99(1-2), p. 75-93

## Anexo 6

### *Aquecimento global: conceituação e repercussões sobre o Brasil*

Francis Lacerda <sup>1</sup>, Paulo Nobre <sup>2\*</sup>

1 Pesquisadora do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco-LAMEPE / Instituto Tecnológico de Pernambuco-ITEP. Av. Prof. Luiz Freire, 700. Cidade Universitária. CEP: 50.740-540. Recife-PE. PABX: 81 3272.4399. FAX: 81 3272.4272.

2 Pesquisador do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.

#### **Introdução**

O aquecimento global é o aumento da temperatura terrestre, causado pela intensificação do efeito estufa, i.e., a retenção parcial da radiação infravermelha termal emitida pela Terra por constituintes da atmosfera. A origem do aquecimento global de origem antropogênica está relacionada com o aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera, dos quais o dióxido de carbono – CO<sub>2</sub> é o mais abundante, gerado, principalmente, por atividades humanas. Desde a década de 1950, evidências científicas apontam para a possibilidade de MUDANÇA NO CLIMA GLOBAL devido ao aumento da concentração atmosférica de gases de efeito estufa, sendo o principal entre eles o dióxido de carbono, mas dentre os quais também se encontram o metano e os óxidos nitrosos. O vapor d'água também é um poderoso gás de efeito estufa. Seu aumento é uma decorrência de uma atmosfera mais aquecida e, por sua vez, contribui para seu maior aquecimento. Não somente isso, mas o aumento da umidade específica da baixa troposfera influencia todo o ciclo hidrológico, favorecendo a ocorrência de precipitações pluviométricas mais intensas e episódicas, não raro com a produção de grande volume de precipitação líquida e na forma de granizo. A Organização Meteorológica Mundial (OMM), juntamente com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) estabeleceram o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), que tem por missão “avaliar as informações científicas, técnicas e sócio-econômica relevantes para entender os riscos induzidos pela mudança climática, seus potenciais impactos e opções para adaptação e mitigação”. O objetivo desta revisão é apresentar os conceitos e repercussões do aquecimento global no Brasil.

Referência para o artigo completo:

Francis Lacerda, Paulo Nobre (2010) Aquecimento global: conceituação e repercussões sobre o Brasil, Revista Brasileira de Geografia Física 03, p. 14-17

## Anexo 7

### *PREP-CHEM-SRC – 1.0: a preprocessor of trace gas and aerosol emission fields for regional and global atmospheric chemistry models*

**S. R. Freitas<sup>1</sup>, K. M. Longo<sup>2</sup>, M. F. Alonso<sup>1</sup>, M. Pirre<sup>3</sup>, V. Marecal<sup>4</sup>, G. Grell<sup>5</sup>, R. Stockler<sup>1</sup>, R. F. Mello<sup>1</sup>, and M. Sánchez Gácita<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Center for Weather Forecasting and Climate Studies, INPE, Cachoeira Paulista, Brazil

<sup>2</sup>Earth System Science Center, INPE, São José dos Campos, Brazil

<sup>3</sup>Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace, CNRS-Université d'Orléans, Orléans, France

<sup>4</sup>Centre National de Recherches Météorologique/Groupe d'étude de l'Atmosphère Météorologique, Météo - France and CNRS, Toulouse, France

<sup>5</sup>Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES) and NOAA Earth Systems Research Laboratory (ESRL), USA

#### **1 Introduction**

Atmospheric chemistry composition studies with numerical simulations are widely conducted due to the increasing availability of atmospheric-chemistry transport models and computational resources. Emission inventories of trace gases and aerosols provide surface as well as upper level mass fluxes for the mass continuity equation (MCE), which are crucial needed information for these numerical studies. To provide this information, several international programs and groups have been developing emission inventories of the most relevant primary atmospheric trace gases and aerosols. For example, we can cite the Global Fire Emissions Database (GFED, van der Werf et al., 2006) for biomass burning and the “REanalysis of the TROpospheric chemical composition over the past 40 yr” (RETRO, <http://retro.enes.org>) for urban emissions. The numerical simulation of atmospheric chemistry composition is done with advanced models where the MCE is solved on- or off-line (Zhang, 2008) with several spatial resolutions and geographical projections, on either regional or global scales. In this paper, we introduce a software tool, named PREP-CHEM-SRC, version 1.0, developed to provide gridded emissions of trace gases and aerosols with a flexible spatial resolution, several projections and suitable for regional and global models. Emission fields generated by this system have been used with CCATT-BRAMS (Freitas et al., 2009, Longo et al., 2011), WRF-CHEM (Grell et al., 2005), and the Flow-following finite-volume

Icosahedral Model (FIM, Bleck et al., 2010). The emission preprocessor was also implemented for use with the Brazilian Center for Weather Forecasting and Climate Studies (CPTEC) global circulation model. This paper is organized as follows. Section 2 covers all available inventories of emissions from anthropogenic and biogenic sources as well as the chemical species available in the database of this software tool. In Sect. 3, we briefly describe a possible way to introduce the emission contribution in the MCE. Section 4 describes the system and its functionalities. Our conclusions are discussed in Sect. 5.

Referência para o artigo completo:

S. R. Freitas, K. M. Longo, M. F. Alonso, M. Pirre, V. Marecal, G. Grell, R. Stockler, R. F. Mello, M. Sánchez Gácita (2011) PREP-CHEM-SRC – 1.0: a preprocessor of trace gas and aerosol emission fields for regional and global atmospheric chemistry models, *Geoscientific Model Development* 4(2), p. 419-433

## Anexo 8

### *Performance evaluation of the SITE® model to estimate energy flux in a tropical semi-deciduous forest of the southern Amazon Basin*

Luciana Sanches & Nara Luísa Reis de Andrade &  
Marcos Heil Costa & Marcelo de Carvalho Alves &  
Denilton Gaio

#### **Introduction**

Knowing and quantifying processes related to the role of forests in the energy balance of the Amazon is relevant to the formulation of environmental and climate policies (Baldocchi et al. 1996; Falkowski et al. 2000). These ecosystems play an important role in determining the climate and biology of the land. Energy, water and carbon transfer are the most important interactions between the biosphere and atmosphere. Due to the complexity and cost of experiment installation in the field, ecological models can be used as an alternative method to answer questions related to environmental changes in the functioning of ecosystems (Santos 2001). Local climate models are components of global circulation models, which are becoming important to study simulation scenarios of global climate change (Yu et al. 2006). Global climate models can also be downscaled for a particular region using limited-area regional climate models. A range of models are often developed to investigate broadly similar ecological and environmental phenomena, resulting in a collection of models with unique characteristics but sharing key similarities. Currently, ecosystem models, for example, the biogeochemical model (Running and Gower 1991; Raich et al. 1991; Parton et al. 1988), the biophysical model (Dickinson et al. 1984; Sellers et al. 1986; Pollard and Thompson 1995) and the biogeographic model (Woodward 1987; Prentice et al. 1992; Haxeltine and Prentice 1996), are being developed to characterize terrestrial global change. Moreover, integrated models such as IBIS (Foley et al. 1996) include both biogeochemical and biophysical models. Improvements in physiological and biophysical understanding, model approaches, validation and calibration measurements, forcing datasets, and computing power have increased model rigor, accuracy, and spatial resolution. The utility of models lies not only in their absolute predictions but also, at least as importantly, in their ability to identify

relationships between our level of understanding of individual processes and the quantity of interest (Friend 2010). The Simple Tropical Ecosystem Model (SITE; Santos 2001) can be classified as a biogeochemical and biophysical model developed to simulate mass and energy fluxes between the ecosystem and the atmosphere, adopting ecosystem equations integrated over time related to a point of land totally covered by an evergreen broadleaf forest. The model fills the niche of an ecosystem model of intermediate complexity, and is sophisticated enough to be used to study the fast dynamics of tropical ecosystems. Some intended characteristics and uses of the model defined some important simplifications. For example, the intended restricted use of the model for tropical regions allowed the elimination of snow and ice thermodynamics. The assumption that the model will be used in instrumented areas, where the albedo is known, permitted important simplifications in the solar radiation equations (Santos and Costa 2004). This regional model been fully validated against available field and remote sensing measurements that characterize the vegetation dynamics of the region. Evaluating and improving the representation of the vegetation structure, dynamics, and energy and carbon cycle of Amazonia in coupled atmosphere-biosphere models will increase our ability to understand the impacts of land-use changes on the global carbon cycle and to perform reliable projections of future climate changes (Senna et al. 2009). Rocha et al. (2009) verified the existence of two patterns of energy partition that may be helpful in explaining the complexity of functioning of tropical humid forests, savannas, and the transitional ecosystems based on field data. Considering that energy partition can be modeled, and the availability of integrated models to study energy fluxes in tropical humid forest, this work evaluated the possibility of using the SITE model to characterize the energy fluxes in a tropical semi-deciduous forest of the southern Amazon Basin, over wet and dry seasons. Approximately 50 km northwest of Sinop, Mato Grosso, Brazil (11°24.75'S:55°19.50'W) (Fig. 1). The forest is located 423 m above sea level in a climatic transition between Amazonian rain forest and savanna that spans between 9°S and 14°S in northern Mato Grosso (Ackerly et al. 1989). The vegetation is composed of semi-deciduous tree species, such as *Brosimum lactescens*, *Qualea paraensis* and *Tovomita schomburkii*, with a maximum height of 28 m (Sanches et al. 2008), and vegetation species of savanna ('cerrado'), transitional vegetation ('cerradão'), and Amazonian forest, which, on the southern fringes of the Amazon Basin near Sinop, is recognized as dry ('mata seca') or semi-deciduous mesophytic forest (Ratter et al. 1978; Ackerly et al. 1989). Leaf area index varies between 4–5 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup> in the wet season and 2–3 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup> in the dry season, reflecting the semi-deciduous nature of the forest (Pinto-Júnior et al. 2010). The distribution of the textural composition of the soil was a

quartzarenic neosol characterized by sandy texture [(84% sand, 4% silt, and 12% clay in the upper 50 cm soil). This soil had a high porosity and drained rapidly following rainfall events (i.e., within 4–7 days; Priante-Filho et al. 2004).

Referência para o artigo completo:

Luciana Sanches, Nara Luísa Reis de Andrade, Marcos Heil Costa, Marcelo De Carvalho Alves, Denilton Gaio (2011) Performance evaluation of the SITE® model to estimate energy flux in a tropical semi-deciduous forest of the southern Amazon Basin., International journal of biometeorology 55(3), p. 303-12

## Anexo 9

### *The droughts of 1996–1997 and 2004–2005 in Amazonia: hydrological response in the river main-stem*

Javier Tomasella,\* Laura S. Borma, Jos´e A. Marengo, Daniel A. Rodriguez, Luz A. Cuartas,

Carlos A. Nobre and Maria C. R. Prado

*Centro de Ciˆencia do Sistema Terrestre, INPE, Rodovia Presidente Dutra, Km 39, 12630-000 Cachoeira Paulista/SP, Brazil*

#### INTRODUCTION

The Amazon Basin—with a drainage area of about 6.1 Mkm<sup>2</sup>, a mean discharge of about 200900 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, (Molinier, 1992) equivalent to 15% of global freshwater that flows into the oceans and home of the world largest tropical rainforest—has captured the attention of the scientific community for decades. Because of the sheer size of the Amazon Forest, which includes a variety of climate and hydrological regimes, soil types, landscapes and stunning biodiversity, and where physical, chemical and biological interactions occur at different time and spatial scales, a complete understanding of how the Amazon functions as a regional entity for the Earth system remains one of the most fascinating scientific challenges. The Amazon Basin is less disturbed by anthropogenic actions in comparison to the world’s large river basins (Richey *et al.*, 2004). It provides a unique opportunity to improve our understanding on how pristine environments function, in particularly during extreme climatic events. In recent years, the Amazon Basin has experienced a series of extreme climate events with strong ecological and social impact on local population, namely a drought in 2005 and large floods in 2006 and the largest flood on record in 2009. Moreover, recent studies based on numerical models suggest that the Amazon is highly vulnerable to a suite of anthropogenic drivers of environmental change: global climate change (Cox *et al.*, 2004, 2008; Li *et al.*, 2006; Salazar *et al.*, 2007), deforestation (Costa *et al.*, 2007; Sampaio *et al.*, 2007) and increased forest fires (Cardoso *et al.*, 2003; 2009; Brown *et al.*, 2006) and has the potential to accelerate those changes by feedback mechanisms towards tipping points when changes become irreversible (Cox *et al.*, 2008; Nobre and Borma, 2009). Bearing in mind that future scenarios suggest an increase in frequency and intensity of extreme climatic events, a better understanding of how

Amazon ecosystems cope with environmental extremes is crucial not only to assess the degree of vulnerability of the whole natural system to human perturbations but also to improve the ability to model such extremes and consequently reduce the uncertainties of future climate scenarios applied at a regional scale. The goal of this study is to analyse the drought of 2005 from a hydrological perspective and understand why this event caused severe social and ecological impacts. Indeed, the drought of 2005 showed unique characteristic, when compared to the droughts that normally affect the basin, and consequently has become a ‘study case’ to understand Amazon forest response to a climate extreme. The 2005 drought has been studied from a meteorological (Marengo *et al.*, 2008a,b; Zeng *et al.*, 2008), ecological (Aragão *et al.*, 2007; Saleska *et al.*, 2007; Phillips *et al.*, 2009; da Costa *et al.*, 2010; Samanta *et al.*, 2010), remote sensing (Asner and Alencar, 2010) and human perspective (Brown *et al.*, 2006; Aragón *et al.*, 2008; Boyd, 2008). However, the hydrological aspects of that drought event have not been addressed in their full extent so far. Previous to the event of 2005, the Amazon experienced a more typical El Niño-induced meteorological drought during 1997–1998. El Niño-type events generally cause pronounced rainfall deficits over central, northern and eastern Amazonia (Marengo, 2009). The drought of 2005, on the other hand, was related to warm sea surface anomalies in the tropical North Atlantic ocean, leading to negative rainfall anomalies mostly over western and southeastern portions of the Basin. In spite of these differences, the impact of both droughts on the main river floodplain has been considered relatively similar. To that end, this paper will discuss and compare the hydrological response of the Amazon Basin of both episodes, highlighting its similarities and differences. A forthcoming paper will analyse the ecological and human impact of both droughts on the river floodplain.

Referência para o artigo completo:

Javier Tomasella, Laura S Borma, A Marengo, Daniel A Rodriguez, Luz A Cuartas, Carlos A Nobre, Maria C R Prado (2011) The droughts of 1996 – 1997 and 2004 – 2005 in Amazonia : hydrological response in the river main-stem, *Hydrological Processes* 25, p. 1228-1242

## Anexo 10

### *A biophysical model of Sugarcane growth*

S . V. CUADRA \*w, M. H. COSTA w, C. J. KUCHARIK z, H. R. DA ROCHA§, J. D. TATSCH §,

G . INMAN-BAMBER } , R. P. DA ROCHA§, C. C . L E I T E w and O . M . R . CABRAL k

\*Department of Atmospheric Sciences, Federal Center of Technological Education Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Av. Maracanã, 229, Rio de Janeiro, RJ 20271-110, Brazil,

w Department of Agricultural Engineering, Federal University of Viçosa, Av. P. H. Rolfs s/n, Viçosa, MG 36570-000, Brazil,

z Department of Agronomy, College of Agricultural and Life Sciences, University of Wisconsin – Madison, 1575 Linden Drive, Madison, WI 53706, USA,

§ Department of Atmospheric Sciences, University of São Paulo, 1226 Rua do Matão, Cidade Universitária, São Paulo, SP 05508-090, Brazil,

} Division of Sustainable Ecosystems, Australian Commonwealth Scientific and Research Organization (CSIRO), Davies Laboratory, University Drive, Townsville, QLD 4814, Australia,

k Brazilian Agricultural Research Corporation, Embrapa Environment. Rodovia SP 340, KM 127, Jaguariúna, SP 13820-000, Brazil

#### **Introduction**

Although biosphere–atmosphere models are improving rapidly (Randall et al., 2007), there are still some important processes that have not been incorporated or which are generically characterized. One example is the bidirectional feedbacks between croplands and the atmosphere (Betts, 2005). Crops are not explicitly included in most current land surface schemes coupled to atmospheric models (Meehl et al., 2007) and studies of climate change impacts on crop yield have generally neglected issues of spatial scale, or the impact of extreme weather events on crop yield. Such limitations can be addressed by the explicit inclusion of crops within land surface models (hereafter referred to as Agro-LSMs) directly coupled to climate models (e.g. Kucharik & Brye, 2003; Gervois et al., 2004; Kothavala et al., 2005; Bondeau et al., 2007; Osborne et al., 2007; Lokupitiya et al., 2009). Diverse approaches have been used to incorporate different crop types within LSMs. For example, crops can vary from a single generic variety (e.g., Oleson et al., 2008) to as many as 13 crop classes (Bondeau et al., 2007). Moreover, Agro-LSMs have a flexible architecture that has allowed successful application over a range

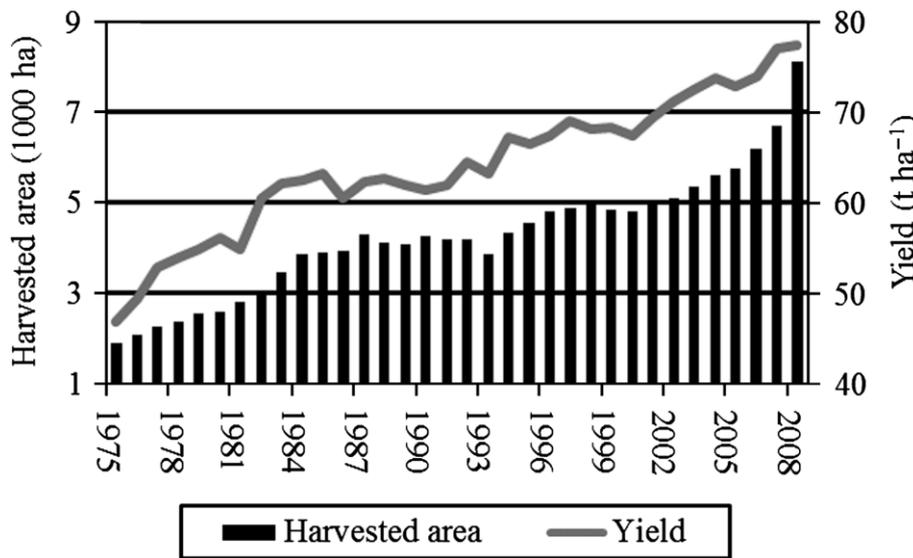


Fig. 1 Brazilian sugarcane harvest area (millions of hectares) and average yield (t ha<sup>-1</sup>). Based on IBGE statistics (see text).

of spatial scales: (i) site level (Gervois et al., 2004; Kothavala et al., 2005; Bondeau et al., 2007; Kucharik & Twine, 2007; Lokupitiya et al., 2009); (ii) regional level (e.g., Kucharik, 2003); (iii) global scale (e.g., Bondeau et al., 2007; Osborne et al., 2007). Despite these successes, not all crops have been included within Agro-LSMs, most notably the high-energy biofuel crop sugarcane. Sugarcane is becoming increasingly important in the tropics where it is one of the main biofuel crops, beside its use for sugar production. For example, In Brazil, the harvested area of sugarcane increased fourfold from 1975 to 2008 (Fig. 1), while the annual average yield nearly doubled over the same period. In 2007, Brazilian sugarcane cultivation accounted for approximately 34% of the 20 million hectares planted annually across the globe (OECD-FAO, 2007). Among crops used for biofuel production, sugarcane has one of highest renewable energy outputs (the fraction between produced energy and fossil fuel used into the production process; Macedo, 2006) and biofuel yield per unit area (Gibbs et al., 2008). Sugarcane also has one of the lowest production costs (US\$ L<sub>1</sub>; OECD-FAO, 2008) and smallest ecosystem ‘carbon payback times’ (Fargione et al, 2008; Gibbs et al., 2008) of any bioenergy crop. This study had two main objectives: (1) to develop a process-based sugarcane model as a module in the LSM Agro-IBIS (Kucharik & Brye, 2003) which can be applied at multiple spatial scales from site to region; (2) to validate the model through a comparison of the simulated results with empirical observations taken from several sites.

Referência para o artigo completo:

S. V. Cuadra, M. H. Costa, C. J. Kucharik, H. R. Da Rocha, J. D. Tatsch, G. Inman-Bamber, R. P. Da Rocha, C. C. Leite, O. M. R. Cabral (2012) A biophysical model of Sugarcane growth, *GCB Bioenergy* 4(1), p. 36-48

## Anexo 11

### *Coupled Ocean–Atmosphere Variations over the South Atlantic Ocean*

PAULO NOBRE, ROBERTO A. DE ALMEIDA, MARTA MALAGUTTI, AND EMANUEL GIAROLLA  
National Institute for Space Research (INPE), Cachoeira Paulista, Brazil

#### 1. Introduction

Summer rainfall distribution over most of tropical South America is strongly modulated by two atmospheric convergence zones: the South Atlantic convergence zone (SACZ) (Carvalho et al. 2004; Lenters and Cook 1999; Liebmann et al. 1999; Nogue´s-Paegle and Mo 1997) and the intertropical convergence zone (ITCZ) (Chang et al. 2000; Hastenrath and Lamb 1977). Notwithstanding the fact that both zones have a pronounced maritime component, they present fundamental dynamical differences. The ITCZ lies over warmer surface waters, its variability is modulated by the underneath meridional gradient of sea surface temperatures (SSTs) (Chiang et al. 2002; Nobre et al. 2006), and it is generally well simulated by global atmospheric general circulation models (AGCMs) forced by prescribed SST (Chang et al. 2000). Contrasting with the ITCZ, the oceanic portion of the SACZ occurs predominantly over cooler surface waters (Grimm 2003; Robertson and Mechoso 2000) and is poorly simulated by AGCMs (Marengo et al. 2003; Nobre et al. 2006). AGCM studies of the behavior of the SACZ predict the formation of enhanced rainfall over warmer waters (Barreiro et al. 2002, 2005; Robertson et al. 2003)—an essentially hydrostatic response of the model atmosphere to positive SST anomalies. A comparison of results of 14 coupled ocean–atmosphere general circulation models (CGCMs) used for the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report (AR4) (Lin et al. 2009) shows that most of the models underestimate seasonal (November–April) mean precipitation over eastcentral and northeastern Brazil. They also fail to properly represent the SACZ and shift the ITCZ southward of its observed position during the Southern Hemisphere summer. Several studies have demonstrated the importance of ocean–atmosphere coupling in explaining SST principal modes of variability over the tropical Atlantic (Chang et al. 2001; Huang et al. 2004; Nobre et al. 2003; Xie et al. 1999; Zebiak 1993), as well as the occurrence of SACZ rainfall (Chaves

and Nobre 2004; De Almeida et al. 2007) and Asian–Pacific summer monsoon rainfall (Wang et al. 2005) over colder waters. Chaves and Nobre (2004) suggested a causal relationship between SACZ and SST, with the former conditioning the latter through solar radiation–cloud–SST feedback; cold SST anomalies under the SACZ are a consequence of the very formation of the SACZ, rather than the forcing mechanism that explains it. The use of a state-of-the-art AGCM to simulate summer rainfall globally generates patterns of rainfall distribution over southeastern South America and the southwestern tropical Atlantic that are negatively correlated to observed rainfall (Marengo et al. 2003; Nobre et al. 2006). This is a result commonly found in other two-tier AGCM approaches (i.e., first, a global SST forecast field is generated, and then the SST forecast is prescribed as a surface boundary condition of the AGCM), which generate thermally direct circulation cells with increased precipitation over warmer SSTs (Barreiro et al. 2005; Robertson et al. 2003). An alternative to the two-tier approach is the CGCMs’ one-tier approach, which accounts for nonlinear effects of surface fluxes of momentum, water, and heat in determining SST and salinity variations. A regionally coupled ocean–atmosphere experiment with the Center for Ocean–Land–Atmosphere Studies’ (COLA)CGCM over the tropical Atlantic (Huang et al. 2002, 2004) demonstrated that the SST patterns that explain the largest variance of SST anomalies over the tropical Atlantic can be simulated by the coupled model without the need for external forcing, such as those emerging from the tropical Pacific Ocean during the occurrence of El Niño–Southern Oscillation (ENSO) episodes. These results suggest that the most recurrent patterns of SST anomalies over the tropical Atlantic can be explained by air–sea interactions within the Atlantic Ocean region or by the oceanic responses to atmospheric internal forcing. In fact, there are indications that Atlantic SST interhemispheric variations influence not only the Atlantic ITCZ variability, but also the North Atlantic Oscillation (NAO) and ENSO phenomena (Wu et al. 2007). Conversely, other studies indicate that both the interhemispheric SST gradient and the ENSO-related east–west Walker circulation modulate the variability of the Atlantic ITCZ (Chiang et al. 2002). The importance of local ocean–atmosphere coupling in explaining recurrent modes of sea surface temperature anomaly (SSTA) variability over the tropical Atlantic was also suggested by other studies (Chang et al. 1998; Kitoh et al. 1999; Nobre et al. 2003; Xie et al. 1999; Zebiak 1993), which used coupled ocean–atmosphere models of intermediary complexity to study modes of coupled variability of the tropical Atlantic and Pacific SST. Kitoh et al. (1999) showed that both latent heat flux and shortwave radiation (SWR) have their roles in producing SST anomalies in the equatorial Pacific Ocean. Carvalho et al. (2004) presented observational evidence that SACZ variability over the

southwestern Atlantic is related to midlatitude wave train activity. Other studies have indicated that the coupling between the atmosphere and ocean in the midlatitudes enhances the variance in both media, while it decreases the energy flux between the atmosphere and the ocean (Barsugli and Battisti 1998). The basic question of whether or not a coupled model is mandatory for simulating climate patterns like the NAO is addressed in the work of Bretherton and Battisti (2000), who showed that SST forced AGCM simulations reproduce observed low-frequency variability of the NAO, despite the simulated air–sea fluxes being of reverse sign to those observed. The misrepresentation of the local relationship between SST and precipitation by SST-prescribed AGCM simulations has also been shown to occur over parts of the Indian Ocean (Kumar and Hoerling 1998; Kumar et al. 2005). Other studies have suggested the role of continental surface–atmosphere feedbacks in explaining South American summer rainfall variations (e.g., Grimm 2003; Grimm et al. 2007). Yet, the dynamics of the SACZ, whose preferred mode of variability shows enhanced precipitation over colder waters, persists as an outstanding question regarding seasonal climate variability and predictability over the southern tropical Atlantic Ocean. This paper explores the topic of coupled ocean–atmosphere processes from a fully coupled ocean–atmosphere global model point of view, with a focus on the dynamics of rainfall–SST relationships over the tropical Atlantic Ocean.

Referência para o artigo completo:

Paulo Nobre, Roberto a. Almeida, Marta Malagutti, Emanuel Giarolla (2012) Coupled Ocean–Atmosphere Variations over the South Atlantic Ocean, *Journal of Climate* 25(18), p. 6349-6358

## Anexo 12

### *Monitoring carbon assimilation in South America's tropical forests: Model specification and application to the Amazonian droughts of 2005 and 2010*

Edson L. Nunes [a,\\*](#), Marcos H. Costa [a](#), Ana C. M. Malhado [a,b](#), Livia C. P. Dias [a](#), Simone A. Vieira [c](#),  
Luciana B. Pinto [a](#), Richard J. Ladle [b,d](#)

[a](#) Federal University of Viçosa (UFV), Viçosa, MG, Brazil

[b](#) Federal University of Alagoas (UFAL), Maceió, AL, Brazil

[c](#) Environmental Studies and Research Center, State University of Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brazil

[d](#) School of Geography and the Environment, Oxford University, South Parks Road, Oxford, UK

#### 1. Introduction

The global environment is entering a period of unprecedented change. The most recent prediction of the Intergovernmental Panel on Climate Change is that global temperatures could rise by between 1.1 and 6.4 °C during the 21st century and precipitation patterns will be altered (IPCC, 2007). Such climate change is taking place during a time of continuing wide-scale destruction, fragmentation and modification of natural habitats and ecosystems. These changes will cause important modifications in the composition, structure and distribution of many ecosystems with potentially severe consequences for the people who rely on them for essential products and services. Some of the most globally threatened ecosystems are the tropical forests of South America. These include the forests of the Amazon basin, which stretch across more than 6 million km<sup>2</sup> and nine countries. Of the original (pre-colonization) forest, it is thought more than 18% has been cleared, mainly for agricultural purposes, and the rate of destruction is not being effectively controlled (Margulis, 2004). By comparison, the situation in Brazil's Atlantic tropical forest (Mata Atlântica) is far worse. A vast forest that once covered 12% of Brazil's territory (~1 million km<sup>2</sup>), it has now been transformed into thousands of tiny fragments accounting for only 5–12% of its pre-Columbian extent (Brown & Brown, 1992; Ribeiro et al., 2009). Given the potential scale and magnitude of future environmental change, it is essential that standardized and widely applicable methods are rapidly developed for precise monitoring and assessment of the changes in the terrestrial biosphere. These methodologies need to extend beyond simply measuring the extent of different habitat types to incorporate the detection of short-term (interannual) and long-term

trends in ecosystem structure and dynamics. Such intensive monitoring is needed to provide important baseline data against which future changes can be assessed and to act as an 'early warning system' that will alert scientists and resource managers to the first signs of ecosystem disruption. The challenges of creating effective and meaningful monitoring systems are considerable given the complexity and dynamic nature of ecosystems, and the enormous areas that need to be assessed. One solution is to search for simple surrogates of ecosystem composition and structure that can be detected remotely. One such surrogate for monitoring the forest ecosystems is the rate of carbon fixation, as measured by net primary production (NPP). NPP is the net flux of carbon from the atmosphere to plants. In other words, the difference between the gross primary production (GPP) and the autotrophic respiration of the ecosystems (RA), integrated through time. Accurate assessment of NPP over broad spatial scales is also vital for generating realistic global and regional carbon budgets and for projecting how these will be affected by anthropogenic changes in climate and atmospheric composition (Clark et al., 2001). There are various approaches to estimating NPP over larger spatial scales (reviewed in Sala & Austin, 2000). Among the most widespread are deterministic models of productivity that use a combination of climate and land cover data (e.g. Ollinger et al., 1998). More recently, remote sensing products have become available that use algorithms to estimate NPP from the spectral information obtained from satellites (Cohen et al., 2006; Field et al., 1995; Running et al., 1999, 2004; Senna et al., 2005; Turner et al., 2006; Xiao et al., 2005; Zhao et al., 2005). The latest and most effective of these products uses data on the spectral reflectance data of terrestrial vegetation derived from the MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) sensor. The MODIS NPP algorithm has three main theoretical assumptions (Running et al., 2004): (1) that plant NPP is directly related to absorbed solar energy; (2) that there is a connection between absorbed solar energy and satellite-derived spectral indices of vegetation, and; (3) that there are biophysical reasons that explain why the actual conversion efficiency of absorbed solar energy may be reduced below the theoretical potential value. This algorithm is based on the application of the radiation conversion efficiency logic, attenuated for simple linear ramp functions (0–1) of daily minimum temperature (TMIN) and daylight average vapor pressure deficit (VPD), to predictions of daily GPP from vegetation. In order to estimate annual NPP the algorithm uses a satellite-derived fraction of absorbed photosynthetically active radiation (FAPAR from MOD15A2 product), independent estimates of photosynthetically active radiation and other surface meteorological fields (from the NASA Data Assimilation Office — DAO), and the subsequent estimation of maintenance and growth respiration terms that are subtracted

from GPP. The maintenance and growth respiration components are derived from allometric relationships that link daily biomass and annual growth of plant tissues to satellite-derived estimates of leaf area index (LAI) from the MOD15A2 product. There have been few studies that validate the accuracy of the MODIS NPP algorithm. In a notable exception Turner et al. (2006) compared the results of the MODIS algorithm with plot-level measurements of NPP at nine sites that varied widely in biome type and land cover. They concluded that although the MODIS NPP product showed no overall bias it tended to overestimate NPP at low productivity sites and underestimate NPP in high productivity sites such as tropical forests. These inadequacies indicate the need to develop more biome and region specific algorithms that are better able to convert remotely sensed spectral data into NPP estimates. In this paper we present a biome-specific algorithm for South American tropical forests. The study has four interlinked objectives: first, to develop a regional algorithm for the automatic monitoring of NPP of neo-tropical forests — hereafter referred to by the acronym RATE (Regional Algorithm for monitoring the carbon assimilation of Terrestrial Ecosystems); second, to use RATE to construct regional maps of annual NPP for the South American tropical forests for the period 2001 to 2010; third, to compare the estimates of RATE with experimental observations of NPP and estimations derived from the MODIS (MOD17A3) NPP product; and fourth, to use these products to generate NPP estimates for the 2005 and 2010 drought years and to compare them against the years 2001–2004 and 2006–2009 (hereafter collectively referred to as ‘non-drought years’).

Referência para o artigo completo:

Edson L. Nunes, Marcos H. Costa, Ana C.M. Malhado, Lívia C.P. Dias, Simone a. Vieira, Luciana B. Pinto, Richard J. Ladle (2012) Monitoring carbon assimilation in South America's tropical forests: Model specification and application to the Amazonian droughts of 2005 and 2010, *Remote Sensing of Environment* 117, p. 449-463, Elsevier Inc.,

## Anexo 13

### *Vegetation patterns in South America associated with rising CO<sub>2</sub>: uncertainties related to sea surface temperatures*

Marcos Paulo Santos Pereira & Marcos Heil Costa & Ana Cláudia Mendes Malhado

#### **1 Introduction**

Patterns of natural vegetation are determined by a combination of temperature, rainfall, solar radiation, soil conditions and CO<sub>2</sub> concentration (Woodward and Kelly 2004). Thus, changes in climate due to rising CO<sub>2</sub> will affect the distribution and structure of vegetation, which in turn feedback on atmospheric circulation, causing further climate change. In addition to rising temperatures, CO<sub>2</sub> may have additional effects on vegetation. For example, the physiological effect whereby the increase in atmospheric CO<sub>2</sub> concentration stimulates net photosynthesis increases water use efficiency (Field et al. 1995; Sellers et al. 1996) and causes a structural effect whereby changes in plant physiology alter the composition and structure of ecosystems (Betts et al. 1997). Despite the dynamic nature of vegetation–climate interactions, the standard scenarios of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) consider vegetation to be “fixed”, in the sense that neither the structural nor physiological effects are evaluated. However, incorporating such information into global climate models is not straightforward. Studies on the response of tropical vegetation elevated CO<sub>2</sub> have produced conflicting results. For example, Levis et al. (2000) simulated the interactions between radiative forcing, physiological effects and vegetation cover at a global level using the National Center for Atmospheric Research (NCAR) GENESIS 2.0 climate model coupled to the vegetation dynamics model IBIS 2.0. For the tropical region, the simulations indicated that an increase in CO<sub>2</sub> is accompanied by an increase in vegetation cover. This process initiated a feedback loop through the hydrological cycle, leading to an increase in precipitation and soil moisture. In contrast, studies by Cox et al. (2000, 2004) and Betts et al. (2004) using the HadCM3 model suggest that the Amazon region will suffer a significant decline in rainfall leading to the rapid loss of rainforest and, as a consequence, a further decrease in rainfall. The contrasting results may be due to different patterns of sea surface temperature (SST) used by the simulations since the South American climate is strongly dependent on the patterns of SST in the Pacific and Atlantic (Nobre and Shukla 1996; Diaz et al. 1998; Grimm et al. 2000; Haylock et al. 2006). According to Fu et al. (2001), the seasonality of SST in the Tropical

Pacific and Atlantic has a major influence on precipitation in eastern Amazonia during equinoxes. The eastern part of Amazonia is thought to be influenced by the direct thermal circulation of the Intertropical Convergence Zone and Rossby waves—these processes being amplified by seasonal cycles of SST. Moreover, SST has less effect on the precipitation during the solstices and has little influence in western Amazonia. Further evidence of SST impacts on regional climate can also be seen during El Niño and La Niña events which have been associated with a range of climate anomalies in South America (Grimm et al. 2000). The current generation of coupled ocean–atmosphere climate models generates a range of patterns of SST for the tropics, even when performed for the same future scenario of CO<sub>2</sub> (Barsugli et al. 2006). This link between SST and regional climate therefore has the potential to dramatically increase the uncertainty of vegetation cover forecasts. The objective of this study is to quantify the uncertainty in vegetation forecasts for South America caused by different predicted patterns of SST for the first half of the twenty-first century. To evaluate this uncertainty, ideally, we should use several different coupled dynamic atmosphere–ocean–vegetation models, a task beyond the capabilities of most world laboratories today. Instead, we hypothesize that under the same greenhouse gas emissions scenario, varying patterns of Pacific and Atlantic SST will play a major role in defining the spatial distribution and identity of vegetation cover in South America. We then design a much simpler numerical experiment in which we force a coupled climate–biosphere model by ten SST patterns produced by different IPCC AR4 models for the period 2000–2050. While this design does not capture the full ocean–atmosphere–biosphere interactions, it captures the bidirectional interactions between atmosphere and biosphere, and the one-way interaction between atmosphere and ocean, expressed by several SST scenarios.

Referência para o artigo completo:

Marcos Paulo Santos Pereira, Marcos Heil Costa, Ana Cláudia Mendes Malhado (2012) Vegetation patterns in South America associated with rising CO<sub>2</sub>: uncertainties related to sea surface temperatures, *Theoretical and Applied Climatology* 111(3-4), p. 569-576

## Anexo 14

### *Seasonal climate hindcasts with Eta model nested in CPTEC coupled ocean–atmosphere general circulation model*

Isabel L. Pilotto & Sin Chan Chou & Paulo Nobre

#### **1 Introduction**

Regional climate models (RCMs) have become useful tools to simulate climate at higher resolution with reduced computational cost in comparison with the global models. These models have the advantage of representing a more detailed regional characteristics and surface topography and feedback processes with less computational demand. However, studies indicate that regional models are sensitive to the type of nesting strategy (Nobre et al. 2001; Dimitrijevic and Laprise 2005), the choice of the domain area and spatial resolution (Dimitrijevic and Laprise 2005; Antic et al. 2006), and also the data and the resolution of lateral boundary conditions (Druryan et al. 2002; Seth et al. 2007; Amengual et al. 2007; Laprise et al. 2008). On the other hand, lower boundary conditions provided by slowly varying tropical sea surface temperature (SST) have strong effects in the tropical climate (Shukla 1981). The Eta model has been used for studying seasonal climate in various works adopting continental scale domains and driven by atmospheric global models (e.g., Fennessy and Shukla 2000; Altshuler et al. 2002; Katsafados et al. 2005; Chou et al. 2005). Chou et al. (2000) carried out a 1-month simulation of the rainy season over South America (November 1997) using the Eta model with 80-km resolution nested in the T62L28 CPTEC (The Brazilian Center for Weather Forecasts and Climate Studies) AGCM. The authors found that in general the Eta model improved the representation of the precipitation over the driver AGCM, except in regions of the northeast of Brazil and part of the Amazon. In Chou et al. (2005), precipitation evaluation of 4.5-month Eta model hindcasts for the year 2002 at 40-km resolution showed that the model nested in the CPTEC AGCM represents well the pattern and magnitude of the seasonal precipitation over South America. Multidecadal version of the Eta model was developed (Pesquero et al. 2010) and applied to study the climate of South America in the period between 1961 and 1970 nested in the HadAM3P AGCM from UK Hadley Centre (Pope et al. 2000). Their results at 40-km resolution showed reduction of the

bias present in the driver AGCM. A four-member ensemble with the Eta model nested in the HadCM3 CGCM was also realized for the present climate considering the period between 1961 and 1990 (Chou et al. 2011). The nested runs produced spread and errors of magnitude comparable to the CGCM runs, but improved the precipitation especially over the Amazon region. In general regional models applied over South America showed improvement of the simulations over the driver global models by using the downscaling technique (Nobre et al. 2001; Druyan et al. 2002; Misra et al. 2003; Rauscher et al. 2007; Solman et al. 2008). Most of these works used reanalysis or atmospheric global models to drive the RCMs. In this work, the Eta model will be nested in the CGCM and the comparison with the run nested in AGCM will be carried out in the domain covering the tropical Atlantic Ocean. Coupled ocean–atmosphere global models are the appropriate tools to study the climate variability. On the other hand, these models tend to exhibit some persistent systematic errors such as the double Intertropical Convergence Zone (ITCZ), the warm bias of SST over the southeast Atlantic region or the heat and moisture fluxes, which in some circumstances can severely hinder the CGCM ability to predict seasonal climate variations a few months ahead (Nobre et al. 2006). The atmospheric component has been accounted for some of these errors (e.g., Schneider 2002; Lin 2007). Some works have shown that changes in the ACGM, such as in the horizontal and vertical resolutions (Mechoso 2006), cumulus parameterization scheme (Frey et al. 1997; Zhang and Wang 2006) or formulation of the surface wind stress (Luo et al. 2005), can reduce these errors. Huang et al. (2007) found SST warm bias over the southeast tropical Atlantic which persisted for the 9- month length integrations of the climate forecast system (CFS) of the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) for the period from 1981 to 2003. They showed that these errors grew faster during summer and spring, peaking in November and December at about 2 °C. Nobre et al. (2006, 2012) compared the CPTEC AGCM and CGCM, and showed that CGCM improved the precipitation forecasts over the Atlantic Ocean and southeast South America. In order to validate modeling studies and to identify model systematic errors, observational dataset is necessary; however, the availability of these observations in South America and over the ocean is a restriction to validation works. Reanalysis data is used as an alternative to observations. Over the tropical Atlantic Ocean, the PIRATA (Pilot Research Moored Array in the tropical Atlantic) Project (Bourlès et al. 2008) has provided some buoys measurement. The objective of this work is to verify the added value of nesting the Eta regional climate model in the CPTEC CGCM to hindcast precipitation, latent heat flux, and shortwave radiation over the tropical Atlantic and SouthAmerica regions and compare with the model nested in the same global model, but only

the atmospheric component. Verification using PIRATA observations will be performed. The data and models are described in Section 2. Section 3 presents the four-way model output comparisons, the validation against the PIRATA buoys, and an evaluation of the ensemble spread. Some conclusions are drawn in Section 4.

Referência para o artigo completo:

Isabel L. Pilotto, Sin Chan Chou, Paulo Nobre (2012) Seasonal climate hindcasts with Eta model nested in CPTEC coupled ocean–atmosphere general circulation model, *Theoretical and Applied Climatology* 110(3), p. 437-456