

# Impacto da Rio-92 na produção científica da USP considerando o tópico Mudanças Climáticas

*EDMILSON DIAS DE FREITAS e TERCIO AMBRIZZI*

## **Introdução**

**D**ESDE A RIO-92, marco na história socioambiental mundial, o interesse e a preocupação com temas ligados à ação do homem sobre o meio ambiente têm assumido proporções de destaque não apenas nas discussões científicas, mas também no cotidiano das pessoas. Atualmente, a divulgação de assuntos ligados ao ambiente tem sido quase diária nos meios de comunicação de maior alcance sobre a população, tais como a televisão e a internet. É comum em qualquer discussão rotineira a associação com efeitos observados e atribuição de algum tipo de causa. Um dos principais efeitos dessas discussões está relacionado a eventos meteorológicos extremos, tais como ondas de calor, furacões, tornados, inundações, deslizamentos de encostas, secas, e muitos outros aos quais, em grande parte, se faz relação imediata com algum tipo de Mudança Climática. Obviamente, existem e sempre existirão grandes incertezas relacionadas ao tema, mas o aumento no entendimento e na procura por melhores explicações sobre a causa para fenômenos meteorológicos de destaque, seja por sua intensidade, seja por sua duração, é um aspecto incontestável. Nesse sentido, é de esperar que a Universidade de São Paulo, por intermédio de seus Programas de Pós-Graduação e Núcleos de Pesquisa, tenha um papel de extrema relevância. Tal expectativa, envolvendo a área de Mudanças Climáticas, foi e está sendo atendida de forma crescente em diversas áreas do conhecimento, não se limitando apenas aos programas ligados diretamente às ciências atmosféricas. Programas de economia, ciências sociais, medicina, artes, engenharia, filosofia, física, matemática, computação, ciências da terra e muitos outros se empenharam em atender as demandas da sociedade mundial e, em especial, a sociedade brasileira, discutindo e tentando entender melhor todos os aspectos ligados aos efeitos diretos e indiretos que a atividade humana pode ter causado ao clima da Terra, como será apresentado nos levantamentos a seguir.

## **Material e métodos**

Para esta análise foram utilizadas duas abordagens principais: resposta dos

programas de Pós-Graduação da USP quanto à identificação das teses e dissertações defendidas desde junho de 1992 que estivessem ligadas ao tema das Mudanças Climáticas, e utilizar os dois principais acervos digitais de teses e dissertações do país, o sistema Dedalus (Banco de Dados Bibliográficos da USP, que pode ser consultado no portal <http://dedalus.usp.br>) e o banco de Teses e Dissertações da USP (<http://www.teses.usp.br/>). Uma descrição da metodologia utilizada para o presente levantamento pode ser encontrada em artigo de Wagner Costa Ribeiro et al. nesta edição da revista.

## Resultados

O Gráfico 1 mostra a evolução crescente no número de títulos defendidos na USP desde a realização da Rio 92.



Gráfico 1 – Evolução do número de títulos de mestrado e doutorado defendidos nos Programas de Pós-Graduação da Universidade de São Paulo entre junho de 1992 e setembro de 2011.

No Gráfico 1 nota-se claramente que a abordagem da temática de mudanças climáticas pelos programas de Pós-Graduação da USP só foi percebida a partir de 1996, como um possível reflexo das discussões realizadas na Rio-92, as quais motivaram a sociedade científica a discutir e estudar esse tema. As primeiras teses de doutorado só foram defendidas em 1998, e seu número permaneceu praticamente constante ao longo dos anos, oscilando em torno de seis defesas por ano. Em contrapartida, o número de dissertações de mestrado apresentou crescimento expressivo, atingindo em 2010 o total de 22 dissertações defendidas. Interessante notar que esse mesmo ano também mostrou um aumento significativo de teses de doutorado defendidas, totalizando 12 defesas, o dobro dos

períodos anteriores. Outro ano de destaque, com um número de trabalhos um pouco menor que em 2010, foi o ano 2007, com 16 dissertações de mestrado e sete teses de doutorado defendidas. Boa parte desse aumento pode ser explicada em razão da publicação do Terceiro Relatório do IPCC em 2001 (IPCC Third Assessment Report – TAR). Esse relatório foi um dos mais citados até hoje, em virtude de um de seus capítulos discutir em detalhes as bases científicas das Mudanças Climáticas (IPCC, 2001). Após a publicação desse importante trabalho, aspectos como ciclo de carbono, queima de combustíveis fósseis, aquecimento global, desmatamento, eventos extremos e muitos outros começaram a ser estudados numa perspectiva mais ampla e correlacionada. O que antes era estudado de maneira isolada por área passou a ser considerado de maneira interdisciplinar, dando origem a um grande número de programas de Pós-Graduação Interunidades na Universidade de São Paulo e em outras Universidades importantes do país.

Dentro da USP existe uma distribuição de trabalhos ligados às Mudanças Climáticas bastante heterogênea e abrangente. Ao todo, foi constatado por meio desse levantamento que 28 Unidades distintas abordaram o tema, conforme pode ser verificado na Tabela 1.

Tabela 1 – Unidades da USP com teses e dissertações defendidas abordando temas ligados às Mudanças Climáticas

Unidade	Sigla	Unidade	Sigla
Escola de Comunicações e Artes	ECA	Instituto de Eletrotécnica e Energia	IEE
Escola de Enfermagem	EE	Instituto de Química de São Carlos	IQSC
Ensino Ciências Instituto de Física	Enscienc	Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto	FMRP
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo	FAU	Escola de Engenharia de São Carlos	Eesc
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto	Fearp	Faculdade de Direito	FD
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação	ICMC	Programa Interunidades em Energia EP/IEE/FEA/IF	Inter Energia
Programa Interunidades em Biotecnologia USP/IPT/Instituto Butantan	Inter Biotec	Programa Interunidades Ciência Ambiental	Procam
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares	Ipen	Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto	FFCLRP
Instituto de Química	IQ	Instituto Oceanográfico	IO

Programa de Integração da América Latina	Prolam	Escola Politécnica	Poli
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade	FEA	Centro de Energia Nuclear na Agricultura	Cena
Faculdade de Saúde Pública	FSP	Instituto de Biociências	IB
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas	FFLCH	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas	IAG
Instituto de Geociências	IGC	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz	Esalq

O Gráfico 2 apresenta o número de trabalhos defendidos em cada uma das unidades listadas na Tabela 1.

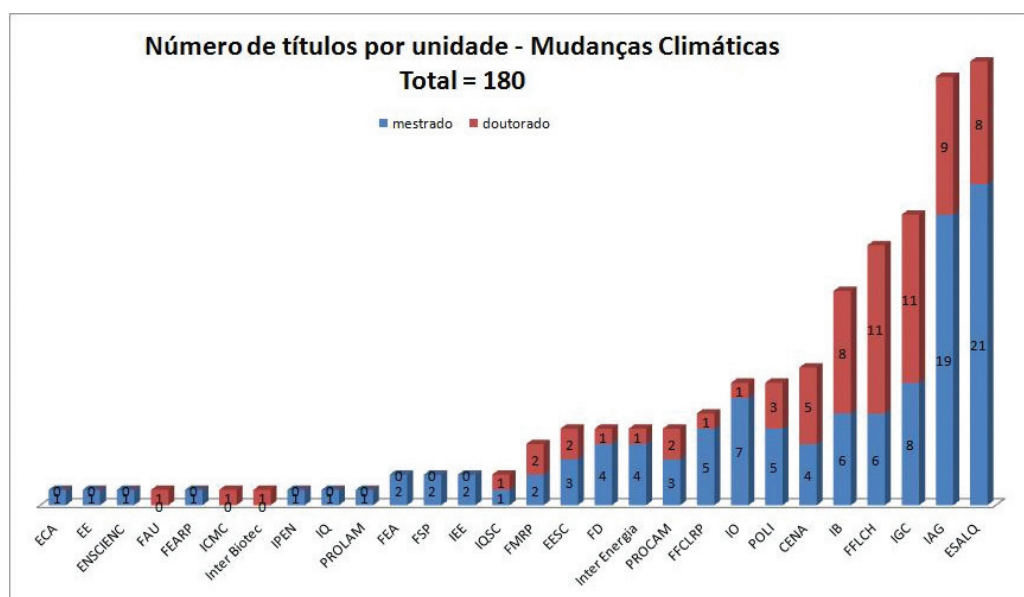


Gráfico 2 – Número de títulos de mestrado e doutorado defendidos nas Unidades que possuem Programas de Pós-Graduação na Universidade de São Paulo, abordando temas ligados a Mudanças Climáticas entre junho de 1992 e setembro de 2011.

Como pode ser visto no Gráfico 2, diversas Unidades abordaram a temática de Mudanças Climáticas em suas pesquisas na pós-graduação, destacando-se, em particular, aquelas ligadas à parte de biologia, agricultura e ciências da terra. O número de trabalhos defendidos na Esalq, IAG, IGc, FFLCH, IB, Cena e Poli está provavelmente relacionado aos impactos que as Mudanças Climáticas têm em eventos como seca, excesso de chuvas, variações na disponibilidade de energia solar, concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, além de outros fatores ligados ao sistema solo-vegetação-atmosfera, em que a agricultura é um dos setores de maior suscetibilidade a qualquer mudança nos padrões climáticos, além de sua



produção de energia e as atividades socioeconômicas nas grandes cidades. Toda essa interação tem um custo que pode ser avaliado e posteriormente associado à vulnerabilidade das populações.

Como um exemplo das contribuições que os estudos científicos realizados na pós-graduação da USP trouxeram, podemos citar uma tese de doutorado defendida na Esalq em 2010 (Moraes, 2010). Essa pesquisa destaca como as alterações climáticas são especialmente importantes para o setor agropecuário, uma vez que se trata de atividade que possui dependência dos ciclos naturais. O objetivo da tese foi avaliar impactos econômicos de cenários de mudança climática para a agricultura brasileira. Efeitos sobre áreas aptas de oito culturas (feijão, milho, soja, algodão, arroz, cana-de-açúcar, mandioca e café) foram avaliados por meio de um modelo de equilíbrio geral computável, o *The Enormous Regional Model for Brazil* (Term-BR) e cenários disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), baseados no Painel Intergovernamental para a Mudança Climática (IPCC). Dois cenários foram simulados com horizontes distintos, um para 2020 desconsiderando mudanças sociais e econômicas (2020/A2), e outro para 2070 com adaptações sociais e econômicas, nas projeções do IPCC (2070/B2). Para 2020/A2 os efeitos negativos se concentram na região Nordeste, como uma consequência do clima semiárido e perfil produtivo da região, além dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, como resultado de impactos sobre a área apta para o produto soja. Em oposição, nesse cenário, a região Sudeste se beneficiou, pois o produto cana-de-açúcar mostrou aumentos de rendimento sob aquecimento climático brando. O resultado líquido apontou para uma pequena redução da atividade econômica (PIB), elevação de preços de gêneros alimentícios e deslocamentos regionais da mão de obra, do Nordeste e no Centro-Oeste para as demais regiões. Para o segundo cenário, 2070/B2, o Nordeste e o Centro-Oeste foram novamente as regiões mais afetadas. Porém, os ganhos para a atividade econômica da região Sudeste foram menores, uma vez que o efeito benéfico sobre a cana-de-açúcar desaparece em cenários mais severos de mudança climática. Como consequência, houve um declínio nacional da atividade econômica superior ao cenário anterior. Com relação ao mercado de trabalho permaneceram as tendências de migração da mão de obra das regiões Nordeste e Centro-Oeste para as demais regiões. Contudo, essa migração se concentrou, proporcionalmente, nos estratos mais qualificados do mercado de trabalho. A mudança climática, na ausência de medidas de adaptação e mitigação mais intensas, pode representar um risco para regiões historicamente subdesenvolvidas ou de desenvolvimento recente. Em especial, demonstrou-se que os impactos econômicos no território brasileiro são heterogêneos entre as grandes regiões e os Estados que as compõem.

Outro exemplo específico e interessante relacionando emissões do GEE, economia e a industrialização foi desenvolvido em uma tese de doutorado na EP (Lima, 2009). Esse trabalho demonstrou como o setor da construção contribui para a emissão de CO<sub>2</sub> na produção de materiais, sugerindo até mesmo a im-



portância da criação de políticas nessa área. O trabalho tinha por objetivo obter indicadores relacionados à emissão de CO<sub>2</sub> no segmento de concreto nacional para avaliação de sua relação com as mudanças climáticas. Os resultados mostraram que a emissão na faixa de 195 a 231 kgCO<sub>2</sub>/t de concreto, em torno de 88%, estão associados ao cimento. Nos cenários escolhidos para os estudos, caso não haja alterações na emissão de CO<sub>2</sub> no cimento, as emissões totais, em 2030, serão iguais a 3,0 e 4,5 vezes maiores que as de 1990, ano adotado como referência em cenários de evolução de fatores ligados às mudanças climáticas. Nesses patamares, o crescimento das emissões será maior que os necessários para enquadramento em qualquer dos cenários de mitigação considerados mundialmente na atualidade, o que mostra os desafios que a indústria cimenteira enfrentará nas próximas décadas. O setor da construção também pode contribuir com a melhoria do controle tecnológico na produção do concreto, e com a maior participação do concreto usinado no segmento. Esse trabalho se insere num tema mais geral: sustentabilidade da cadeia de materiais de construção, que é cada vez mais importante. Nessa cadeia, há dificuldade de se encontrar indicadores confiáveis, o que é relacionado, em parte, ao alto grau de informalidade e organização setorial deficiente em alguns segmentos. Por isso, a utilização de ferramentas que permitam a identificação e estudo de problemas relevantes com grau adequado de confiabilidade e com boa relação custo-benefício das pesquisas é muito importante. Ao longo dos últimos anos, a Amazônia tem sido o foco de discussões em todos os setores da sociedade, particularmente pelo seu crescente desmatamento e conseqüente impacto climático que poderá causar. No entanto, uma tese de doutorado defendida em 2001 na FFLCH (Zamparoni, 2001) já demonstrava claramente o processo de degradação do solo e urbanização em algumas regiões do Brasil. Esse estudo analisou as alterações climáticas ocorridas na Amazônia Mato-Grossense, derivadas do processo de colonização a partir da década de 1970, tomando como amostragem os municípios de Sinop, Sorriso e Vera, localizados na Bacia do Médio Teles Pires. No contexto da apropriação, ocupação e transformação do espaço na Amazônia Mato-Grossense, os dados relativos à evolução temporal/espacial do processo de desmatamento da área de estudos foram mapeados e quantificados, resultando em porcentagens de áreas ocupadas e áreas com vegetação remanescentes. Os dados resultantes do acréscimo populacional da área de estudo e o crescente processo de urbanização do campo na Amazônia Mato-Grossense foram enfocados à luz das correntes migratórias rural/urbana, derivadas dos processos de modernização da agricultura na Região Sul do Brasil. A análise dos resultados das tendências das variáveis climáticas analisadas no período de 1973-1998 subsidiou a verificação de possíveis alterações climáticas derivadas do processo de ocupação e transformação da área estudada. Enquanto no município de Vera o desmatamento de sua área total foi de 31%; em Sinop foi de 47,08%; em Sorriso chegou a 66%, até o ano de 1997, a partir do processo de ocupação da área, na década de 1970. O processo de urbanização do campo se manifestou nos três municípios objetos do referido

estudo, pois a maior parte da população migrante está concentrada nas áreas urbanas. Ficou evidenciado um acréscimo nas médias anuais das temperaturas do ar, das máximas e mínimas, um decréscimo nos valores das médias anuais das chuvas e acréscimos nos valores das médias anuais da umidade relativa e evaporação. Concluiu-se que as modificações nas variáveis climáticas possuem relações com o processo de desmatamento e o processo de urbanização do campo nos municípios de Sinop, Sorriso e Vera, localizados na Amazônia Mato-Grossense.

Conforme visto aqui, e baseado em vários outros trabalhos, a modificação do clima local em razão das atividades humanas pode contribuir para a mudança do clima global. Discute-se atualmente como se dá esse *feedback*, ou seja, essa retroalimentação entre ambos, pois vários indicadores meteorológicos considerando cenários futuros mostram alterações nas circulações médias globais e, particularmente, em sistemas de tempo. Uma dissertação de mestrado defendida em 2009 no IAG (Krüger, 2009) mostrou interessantes resultados nessa direção. A pesquisa analisou possíveis impactos dos cenários de mudanças climáticas na climatologia de ciclones extratropicais no Atlântico Sul. O trabalho utilizou um modelo numérico regional analisando os ciclones no clima presente (1975-1989) e no futuro (2071-2085-cenários A2 e B2). Primeiramente avaliou-se a climatologia simulada pelo modelo em termos de precipitação e de temperatura no clima presente. Para ambas variáveis, o modelo regional simulou o padrão espacial e sazonal de forma semelhante ao observado, embora com diferenças na intensidade. Para os cenários futuros, o modelo simulou anomalias positivas de temperatura do ar, maiores sobre o norte e o nordeste do Brasil para o A2, coincidindo com as maiores reduções de precipitação. Um esquema automático de rastreamento de ciclones foi utilizado para obter as climatologias de ciclones simuladas pelo modelo. Os ciclones simulados foram mais fracos do que os observados no clima presente (1975-1989). No entanto, a distribuição espacial da densidade ciclogénica simulada foi mais próxima do observado. A climatologia projetada para os cenários futuros (A2 e B2) indicou redução no total de ciclones, tempo de vida médio, intensidade inicial média e velocidade de deslocamento médio. As maiores alterações ocorreram no cenário A2. As três regiões de formação de ciclones na costa leste da América do Sul (costa sul/sudeste do Brasil, sudeste do Uruguai e sul da Argentina) se mantiveram ativas nas simulações do clima futuro, com pequenas diferenças na intensidade e posição do núcleo de máxima densidade. Além disso, a região de geração dos ciclones que tem intensidades iniciais maiores deslocou-se em direção ao Polo Sul. Esses resultados sugerem que o clima das Regiões Sul e Sudeste do Brasil poderá ser bem diferente do que observamos atualmente, necessitando, portanto, avaliar adaptações e definir vulnerabilidades nestas áreas.

### **Conclusões**

De forma geral, fica claro que ao longo dos últimos anos a pesquisa desenvolvida na Universidade de São Paulo tem contribuído para o aprimoramento



do conhecimento de todas as implicações que as atividades do homem têm gerado na modificação do clima como o conhecemos nos últimos séculos. Alguns dos exemplos apresentados mostram claramente que a pós-graduação da USP não realiza somente pesquisa básica, mas também está atenta a necessidades da sociedade para avançar no conhecimento de temas importantes.

#### Referências

IPCC. *Climate change 2001: the scientific basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton, J. T. et al. (Ed.). Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press, 2001. 881p.

KRÜGER, L. F. *Projeções climáticas das ciclogêneses no Atlântico Sul utilizando os modelos HadAM3 e RegCM3*. São Paulo, 2009. 100p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo.

LIMA, J. A. R. de. *Avaliação das consequências da produção de concreto no Brasil para as mudanças climáticas*. São Paulo, 2009. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MORAES, G. I. de. *Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo de equilíbrio geral computável*. Piracicaba, 2010. 266p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

ZAMPARONI, C. A. G. P. *Desmatamento, processo de urbanização do campo e variabilidade climática na Amazônia Mato-Grossense*. São Paulo, 2001. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

*Edmilson Dias de Freitas* é professor do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP.

@ – [efreitas@model.iag.usp.br](mailto:efreitas@model.iag.usp.br)

*Tércio Ambrizzi* é professor do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP.

@ – [ambrizzi@model.iag.usp.br](mailto:ambrizzi@model.iag.usp.br)

Recebido em 22.12.2011 e aceito em 28.12.2011.

