

Temas atuais em Mudanças Climáticas

para os Ensinos Fundamental e Médio



Organizadores
Pedro Roberto Jacobi

Edson Grandisoli

Sonia Maria Viggiani Coutinho

Roberta de Assis Maia

Renata Ferraz de Toledo

Temas atuais em Mudanças Climáticas

para os Ensinos Fundamental e Médio

Organizadores

Pedro Roberto Jacobi
Edson Grandisoli
Sonia Maria Viggiani Coutinho
Roberta de Assis Maia
Renata Ferraz de Toledo

1ª edição

São Paulo
2015

Capítulo 3

Florestas e as mudanças climáticas

Luciana Vanni Gatti, Luana Santamaria Basso e
Viviane Francisca Borges



A Amazônia representa de 4% a 6% da superfície terrestre, abrigando uma grande variedade de ecossistemas e espécies da flora e da fauna que neles residem em um equilíbrio delicado e único. Além de abrigar a maior floresta tropical, esta região abriga também a maior rede hidrográfica do planeta, com destaque para o Rio Amazonas que é reconhecido como o mais longo, caudaloso, largo e profundo do planeta (PNUMA-OCTA-CIUP, 2008). Em território brasileiro, os ecossistemas Amazônicos ocupam os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e parte dos estados do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso (MCT, 2010) (Figura 1).

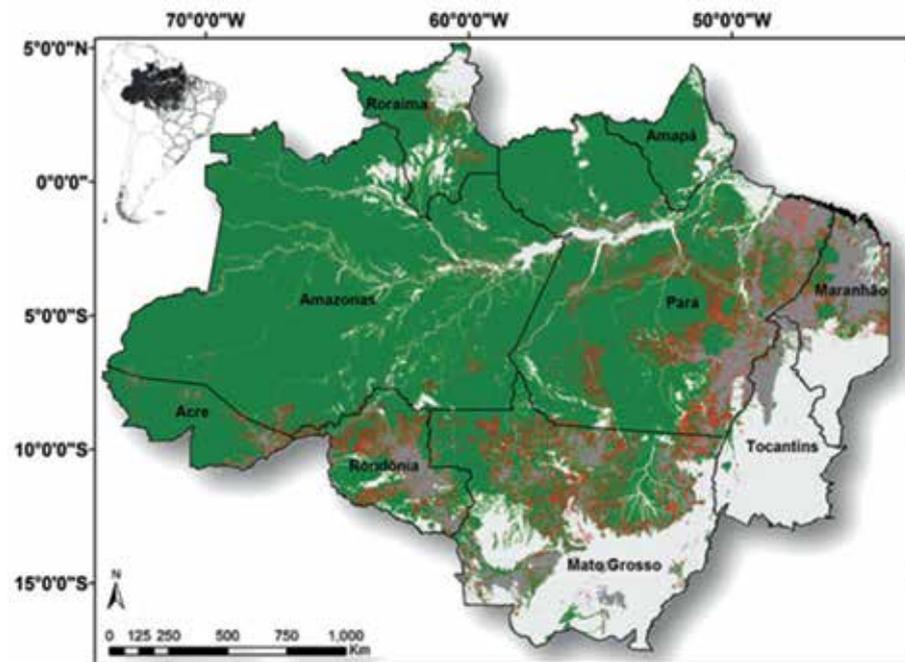


Figura 1. Amazônia. Em verde área florestal remanescente; em vermelho a área desmatada 2000-2010; em cinza escuro a área desmatada antes de 2000, e nas áreas não-florestadas cinza claro. Detalhe: mapa da América do Sul destacando o bioma Amazônico, dentro dos limites da Amazônia Legal brasileira. As linhas pretas indicam os limites políticos de estados amazônicos (ARAGÃO *et al.*, 2014).

Como se já não bastasse sua imponência em relação à sua extensão, biodiversidade e rede hidrográfica, a floresta Amazônica é responsável pelo armazenamento de uma grande quantidade de carbono orgânico. Estima-se de 95 a 120 PgC (Pg: 10^{15} g) na biomassa acima do solo, e 160 PgC nos solos (MALHI *et al.*, 2006; SAATCHI *et al.*, 2011). Este estoque de carbono corresponde à metade da quantidade de carbono contida na atmosfera global no século XVIII (antes do início da era industrial).

Figura 2. Esquema da trajetória do vapor d'água, oriundo do oceano até a região sul da América Latina



A liberação de carbono de ecossistemas como a Amazônia poderia contribuir substancialmente para o incremento do CO₂ atmosférico e, conseqüentemente, o aumento do efeito estufa (GLOOR *et al.*, 2012). Infelizmente, as alterações do uso do solo na Amazônia têm sido baseadas na derrubada e queima de enormes áreas de floresta, o que tem liberado parte desse carbono para a atmosfera.

IMPACTOS À AMAZÔNIA

Ciclos hidrológicos

A Bacia Amazônica detém 73,6% dos recursos hídricos superficiais do Brasil, ou seja, a vazão média dessa região é quase três vezes maior que a soma das vazões de todas as demais regiões hidrográficas brasileiras (PBMC, 2013). Cabe ressaltar, que a água que escoar das florestas da Amazônia para o oceano Atlântico representa entre 15% e 20% da descarga total mundial de água doce fluvial, portanto,

uma alteração na quantidade de água nos ciclos hídricos da região poderia ser suficiente para influenciar algumas das grandes correntes oceânicas, que são importantes reguladoras do sistema climático global (NEPSTAD, 2007).

Já existem indícios de que esta alteração vem ocorrendo e impactando a distribuição de chuvas pelo Brasil. Em 2014, foi observada uma seca extrema na região Sudeste do Brasil, deixando grande parte da população desta região com escassez de água. Segundo resultados do Projeto “Rios Voadores”, mais da metade da água das chuvas nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil e também na Bolívia, no Paraguai, na Argentina, no Uruguai e até no extremo Sul do Chile vem da Amazônia.

Estudos recentes têm mostrado uma ligação significativa entre o sistema climático amazônico e aquele sobre a Bacia do Prata. Poucas pessoas conhecem a existência do transporte do vapor de água amazônico por massas de ar, denominados **rios voadores ou rios aéreos**. Muito menos podem imaginar que o volume de vapor de água lançado para a atmosfera pelas árvores da floresta amazônica pode ter a mesma ordem de grandeza da vazão do rio Amazonas (200.000 m³/s). Conseqüentemente, quanto maior o desmatamento, menor a evaporação e, portanto, menos chuva (**Figura 2**). E, por fim, com a diminuição das chuvas, os reservatórios de água vão diminuindo seu volume e sua capacidade de abastecimento (MOSS *et al.*, 2014).

Porém, um fenômeno global também contribuiu para esta situação, devido a uma anomalia com aumento de chuvas

na Indonésia e menos chuvas no Oceano Pacífico Central. Este fenômeno manteve as frentes frias mais ao Sul de sua posição convencional, fazendo com que chovesse menos na região Sudeste do Brasil (SILVA DIAS, 2014, comunicação pessoal).

Uso do solo: desmatamento e queimadas

Dos biomas brasileiros o Bioma Amazônico é o de maior extensão ocupando aproximadamente 50% do território nacional (**Figura 3**). Este bioma é definido pelo clima quente e úmido, predominância de florestas, e grande biodiversidade.

A Amazônia Legal, por sua vez, é uma unidade administrativa compreendendo nove estados brasileiros, e englobando todo o Bioma Amazônico, 37% do Bioma Cerrado e 40% do Bioma Pantanal, sendo

A água que esco das florestas da Amazônia para o oceano Atlântico representa entre 15% e 20% da descarga total mundial de água doce fluvial.

caracterizada por uma diversidade de ecossistemas.

A Amazônia (Bioma e Legal) tem sido ameaçada pela expansão da pecuária e agricultura em escala industrial (agronegócio), desenvolvimento de infraestrutura, além do impacto da agricultura de subsistência. A maior parte do desmatamento está relacionada e é determinada pela construção e pavimentação de estradas (o que facilita o escoamento da produção), combinada com a falta de controle governamental. Entretanto, as áreas protegidas, as reservas de uso sustentável e as terras indígenas têm auxiliado no retardamento da propagação do desmatamento em toda a bacia (NEPSTAD, 2007).

Nos últimos anos têm sido obtidos importantes avanços com relação ao combate do desmatamento na Amazônia, com expressiva redução de suas taxas anuais a partir de 2004 (**Figura 4**). O desmatamento na Amazônia intensifica a vulnerabilidade do Bioma às mudanças climáticas e, com isso, a função reguladora do clima global, regional e local que a floresta exerce encontra-se ameaçada (PBMC, 2013). Por menores que sejam as mudanças na dinâmica deste sistema, elas acabam por acarretar mudanças climáticas em escala regional ou global (MALHI *et al.*, 2006). Suas florestas e

Fonte: <http://www.imazon.org.br/>



Figura 3. Mapa diferenciando as áreas da Amazônia Legal (área dentro do contorno preto) e o Bioma Amazônico (área maior em verde).

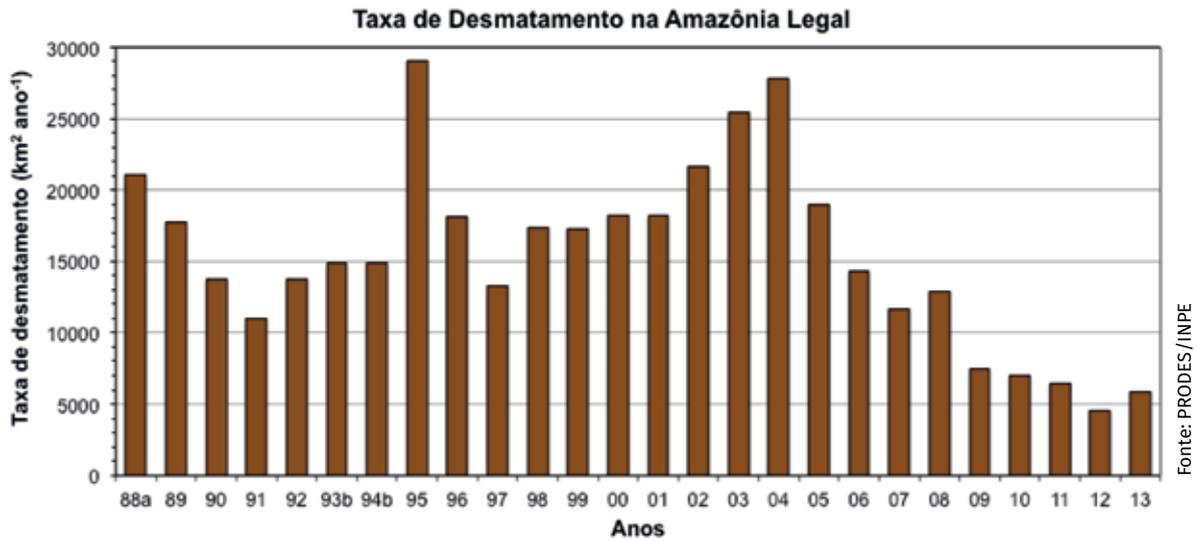


Figura 4. Taxa de desmatamento registrado ao longo dos anos na área da Amazônia Legal.

solos armazenam grande quantidade de carbono orgânico, que pode ser liberado rapidamente para a atmosfera em consequência da destruição da floresta para conversão em áreas de pastagem ou mudanças no bioma (GLOOR *et al.*, 2013).

A quantidade de focos de queimadas ocorridos no Bioma Amazônia e na Amazônia Legal (**Figura 5**) apresenta que não houve uma diminuição significativa das queimadas a partir de 2004, na mesma tendência de diminuição da taxa de desmatamento, que diminuiu 79% de 2004 a 2013. Considerando o ano de 2005 como base, os últimos 3 anos apresentaram uma redução em torno de 58% no número de focos de queimada. Os focos de queimadas ocorridos no Bioma Amazônico representam de 54% a 82% do total de queimadas da Amazônia Legal entre os anos de 2004 a 2013, sendo que, nos últimos anos, em torno de 60% das queimadas vêm ocorrendo dentro do Bioma Amazônia. Os meses que apresentam o maior número de focos de queimadas são agosto, setembro e outubro.

Dessa forma, as queimadas, nos últimos anos, têm contribuído de forma significativa para as emissões de gases estufa em território brasileiro. Para além da necessidade de fiscalização, é fundamental que as práticas com relação à derrubada e queima da floresta alterem-se. Um mecanismo seria a valorização da floresta em pé.

As emissões provenientes da mudança no uso do solo, dessa forma, são a segunda maior fonte antropogênica de CO₂. O desmatamento, a exploração agrícola e pecuária emitem CO₂. Essas emissões são, em parte, compensadas pela absorção de CO₂ da rebrota da vegetação secundária e a reconstrução de estoques de carbono no solo após o reflorestamento.

Ao contrário de emissões de combustíveis fósseis, que refletem a atividade econômica instantânea, as emissões da mudança do uso do solo decorrem tanto do desmatamento atual, como de áreas desmatadas em anos anteriores (QUÉRÉ *et al.*, 2009). Na **Figura 1** podem ser observadas as alterações que ocorreram na região Amazônica devido à ação

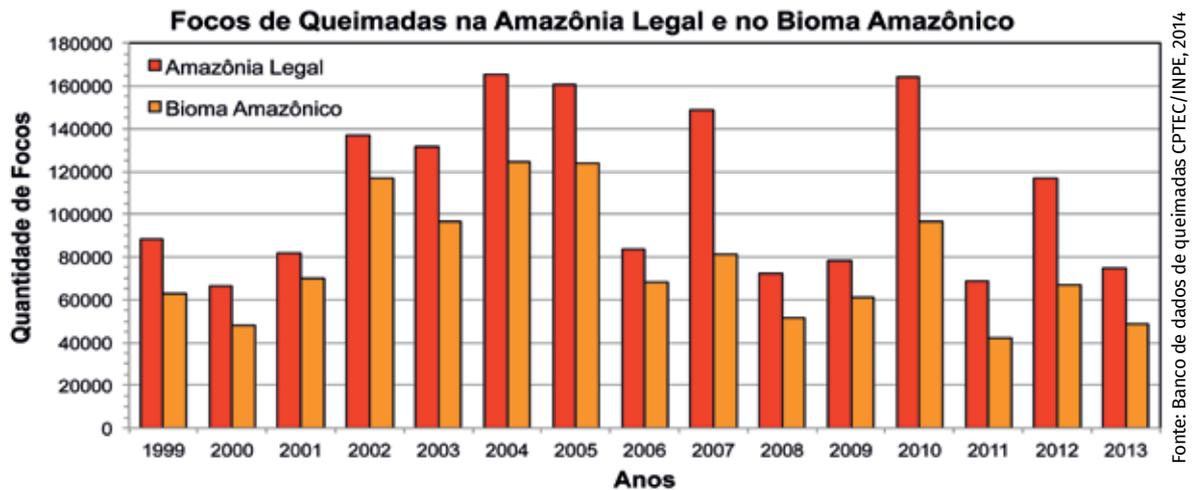


Figura 5. Quantidade de focos de queimadas ocorridos na Amazônia Legal (barras vermelhas) e quantidade de focos no Bioma Amazônico (barras laranjas) entre 1999 a 2013.

humana, onde, segundo o IBGE, cerca de 20% da área florestada original (4 milhões km²) já foi desmatada.

A Amazônia e as mudanças climáticas

A Amazônia sozinha contribui com aproximadamente 14% de todo o carbono que é fixado pela biosfera terrestre global, e explica 66% das variações interanuais (46 a 63 PgC). O balanço de carbono na Amazônia é diretamente afetado por eventos extremos, induzidos pelo clima, como as secas e as mudanças de cobertura da terra (ARAGÃO *et al.*, 2014, GATTI *et al.*, 2014). Segundo o IPCC, as principais mudanças no regime climático são o aumento da temperatura mundial, a elevação do nível dos oceanos e uma maior frequência dos eventos climáticos extremos. O aumento da temperatura atingirá principalmente os ecossistemas aquáticos da Amazônia, resultando em maior evaporação da água superficial e maior transpiração das plantas, produzindo, assim, um ciclo hidrológico mais intenso (PNUMA-OCTA-CIUP,

2008). Estas alterações já têm sido observadas na Amazônia, a temperatura sobre esta região aumentou aproximadamente 0,25°C por década durante os últimos 30 anos, e os níveis de CO₂ aumentaram cerca de 35% em relação aos tempos pré-industriais (BARLOW *et al.*, 2011).

Ainda é pouco conhecido o papel da floresta Amazônica no balanço global de carbono. Uma compilação de resultados de diversos estudos publicados indica uma variabilidade entre os fluxos de carbono para diversas regiões estudadas da Amazônia (OMETTO *et al.*, 2005). Estes estudos estão focados nas emissões líquidas de carbono, nos fluxos de carbono do desmatamento e da variabilidade sazonal e interanual da produtividade da floresta Amazônica, sendo esta variabilidade potencialmente maior do que as emissões de desmatamento em uma base anual. E, a questão principal da produtividade da floresta tropical é se ela é mais limitada pela luz solar ou pela chuva. Saber esta resposta é fundamental para reduzir as incertezas no balanço de carbono das florestas tropicais, e a provável resposta da

floresta Amazônica às mudanças climáticas (MORTON *et al.*, 2014).

Recentemente foi estimado o balanço de carbono para a Amazônia para os anos de 2010 e 2011, com base em medidas de CO₂ e de monóxido de carbono (CO), incluindo variações sazonais e anuais. Observou-se uma resposta pronunciada de uma grande parte da vegetação Amazônica à seca, com valores de produtividade florestais neutros e com uma alta emissão de carbono pelas queimadas, e durante o ano seguinte (chuvoso) esta

região voltou a absorver carbono. Estes resultados tornam-se preocupantes, tendo em conta o recente aumento dos extremos de precipitação e temperaturas crescentes. Se essas tendências climáticas continuarem, possíveis mudanças no funcionamento da Floresta Amazônica ocorrerão, levando a uma redução da absorção de carbono, agravando as emissões de carbono para a atmosfera, como resultado de atividades humanas diretas, como o desmatamento (GATTI *et al.*, 2014).

Referências Bibliográficas

ARAGÃO, L.E.O.C. *et al.* Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. **Biological Reviews**, p.000-000, 2014. doi:10.1111/brv.12088.

BARLOW, J. *et al.* Using learning networks to understand complex systems: a case study of biological, geophysical and social research in the Amazon. **Biological Reviews**, v. 86, p.457-474, 2011. doi:10.1111/j.1469-185X.2010.00155.x.

GATTI, L.V. *et al.* Drought sensitivity of Amazonian carbon balance revealed by atmospheric measurements, **Nature Letter**, v.506, p.76-80, 2014. doi:10.1038/nature12957.

GLOOR, M. *et al.* The carbon balance of South America: a review of the status, decadal trends and main determinants. **Biogeosciences**, v.9, p.5407-5430, 2012. doi:10.5194/bg-9-5407-2012.

_____. Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades, **Geophysical Research Letters**, v.40, p.1-5, 2013. doi:10.1002/grl.50377.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change - **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535p., 2013.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Banco de dados de queimadas CPTec/INPE (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>. Acesso em: 17 fev. 2014.

MALHI, Y. *et al.* The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. **Global Change Biology**, v.12, p.1107-1138, 2006. doi:10.1111/j.1365-2486.2006.01120.x.

MCT, Ministério da Ciência e Tecnologia. **Segunda Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2010.

MORTON, D. C. *et al.* Amazon forests maintain consistent canopy structure and greenness during the dry season, **Nature Letter**, v.506, p.221-224, 2014. doi:10.1038/nature13006.

MOSS, G. *et al.* **Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro**, disponível em: <http://riosvoadores.com.br/wp-content/uploads/sites/5/2014/05/Caderno-Professor2.pdf>, 2014.

NEPSTAD, D., **Los círculos viciosos de la Amazonía. Sequía y fuego en el invernadero**. Gland, Suíza: WWF Internacional. 2007.

OMETTO, J. P. H. B. *et al.* Amazônia and the modern carbon cycle: lessons learned. **OEcologia**, v.143, p.2119-2130, 2005. doi:10.1007/s00442-005-0034-3.

PBMC, Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas: Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Sumário Executivo do GT2**. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 28 p., 2013.

PNUMA-OCTA-CIUP, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) e Centro de Pesquisa da Universidad del Pacífico (CUIP). **Perspectivas do Meio Ambiente na Amazônia – Geo Amazônia**, Panamá-Brasil-Peru, 2008.

PRODES. Coordenação Geral de Observação da Terra – OBT. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 17 fev. 2014.

QUÉRÉ, C. L. *et al.* Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. **Nature Geoscience**, advance online publication, v.2, p.831-836, 2009. doi:10.1038/ngeo689.

SAATCHI, S. S. *et al.* Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents, **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108 (24), p.9899–9904, 2011. doi:10.1073/pnas.1019576108.

SILVA DIAS M. A. F., 2014 [mensagem pessoal] mensagem recebida em 13 out. 2014.

Sobre os autores

Adalgiza Fornaro

Docente no Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG/USP).
Contato: adalgiza.fornaro@iag.usp.br

Alexander Turra

Docente do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.
Contato: turra@usp.br

Ana Paula Freire

Jornalista no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP), doutora em Linguística pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
Contato: anapaula@ipen.br

Cristiano M. Chiessi

Pesquisador e professor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (USP).
Contato: chiessi@usp.br

Denise de La Corte Bacci

Professora do Instituto de Geociências da USP nos cursos de graduação em Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental e Bacharelado em Geologia.
Contato: bacci@usp.br

Edson Grandisoli

Doutorando pelo Programa de Ciência Ambiental da USP, pesquisador do LAPPES – USP, professor e consultor em Educação e Sustentabilidade.
Contato: edsongrandisoli@yahoo.com

Fabio Luiz Teixeira Gonçalves

Professor associado do IAG da Universidade de São Paulo.
Contato: fgoncalv@model.iag.usp.br

Francisco William da Cruz Júnior

Professor do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geociências da USP.
Contato: cbill@usp.br

Gina Rizpah Besen

Pós-doutora e bolsista CAPES no Instituto de Energia e Ambiente - IEE - Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental - PROCAM/USP.
Contato: rizpah@usp.br

Leandro Luiz Giatti

Professor Associado no Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
Contato: lgiatti@usp.br

Luana Basso

Pós-doutoranda na University of Leeds, UK.
Contato: luanabasso@gmail.com

Luciana Vanni Gatti

Pesquisadora titular do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares e professor do curso de pós-graduação do IPEN/USP.
Contato: lvgatti@gmail.com

Maria de Fátima Andrade

Professora Associada do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG/USP).

Contato: maria.andrade@iag.usp.br

Michelle Simões Reboita

Docente do Instituto de Recursos Naturais (IRN) da Universidade Federal de Itajubá (Unifei).

Contato: mireboita@gmail.com

Paulo Artaxo

Professor titular do Instituto de Física da USP e coordenador do Laboratório de Física Atmosférica. É membro do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas da ONU (IPCC).

Contato: artaxo@if.usp.br

Pedro Roberto Jacobi

Professor titular da Faculdade de Educação e do Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental da USP.

Contato: prjacobi@gmail.com

Renata Ferraz de Toledo

Orientadora e Professora do Programa de Mestrado Profissional Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da FSP/USP.

Contato: renataft@usp.br

Roberta de Assis Maia

Pós-doutoranda da FEUSP, pesquisadora do LAPPES-USP e GovAmb, consultora em Educação, Ciência & Sustentabilidade.

Contato: robertamaia7@gmail.com

Simone Erotildes Teleginski Ferraz

Professora na Universidade Federal de Santa Maria no curso de Graduação e Pós-graduação em Meteorologia.

Contato: simonetfe@gmail.com

Sonia Maria Viggiani Coutinho

Orientadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da FSP/USP.

Contato: scoutinho@usp.br

Suellyn Garcia

Graduada do curso de Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

Contato: suellyn.garcia@usp.br

Tércio Ambrizzi

Professor Titular do Departamento de Ciências Atmosféricas no IAG/USP. Foi revisor dos relatórios do IPCC em 2007 e 2013.

Contato: tercio.ambrizzi@iag.usp.br

Vanessa Empinotti

Professora da UFABC e pesquisadora associada do Centro de Estudos em Governança Ambiental, GovAmb no IEE/USP.

Contato: empinotti@gmail.com

Viviane Francisca Borges

Doutoranda na Universidade de São Paulo - USP pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN.

Contato: vivianefran.borges@gmail.com