



Prof. Paulo Artaxo

Instituto de Física
Universidade de São Paulo
Rua do Matão, Travessa R, 187
05508-900, São Paulo, SP, Brasil



FAX: +[55] (11) 3091 6749

Phone: +[55] (11) 3091 7016

e-mail: artaxo@if.usp.br

Projeto de Pesquisa submetido ao Edital Universal CNPq em 1 de Julho de 2012

GoAmazon2014 - A interação entre emissões atmosféricas urbanas de Manaus e as emissões naturais da Floresta Amazônica

Coordenador: Prof. Paulo Artaxo, Instituto de Física da USP.

Participantes: Henrique M. Barbosa, Alexandre L. Correia, Joel de Brito (IFUSP), Luciana V. Rizzo (UFSP-Diadema), Andrea Arana, Glauber Cirino, Valdir Soares, Ana Maria Yanez Serrano (CLIAMB/INPA, Manaus), Rodrigo Souza (UEA), Scot T. Martin (Universidade de Harvard, EUA), Meinrat O. Andreae (Instituto Max Planck, Alemanha).

Resumo do projeto

Este projeto de pesquisa visa a implementação de uma componente brasileira ao projeto GoAmazon2014, em fase de implementação pelo “*Department of Energy*” (DoE dos Estados Unidos), em parceria com o INPA, UEA, MCT, USP, INPE e outras instituições brasileiras. O objetivo principal do GoAmazon2014 é investigar o impacto que emissões urbanas de Manaus têm no ecossistema Amazônico situado vento abaixo de Manaus. Em particular, o impacto na química atmosférica, nos processos de formação e desenvolvimento de nuvens, e no balanço radiativo atmosférico são os pontos principais desta proposta ao CNPq. Planejamos implantar uma estação de monitoramento atmosférico antes da cidade de Manaus (na torre ATTO (Amazon Tall Tower Experiment) ou na reserva ZF2 do INPA), e outra vento abaixo da cidade (em Manacapuru). Nestas duas estações deveremos operar por 2 anos (2013-2014) um extenso conjunto de instrumentos e técnicas para analisar partículas e gases na atmosfera: 1) Composição de partículas de aerossóis utilizando um “Aerosol Mass Spectrometer (ACSM-MAS-Aerodyne)”; 2) Propriedades óticas (espalhamento e absorção); 3) Propriedades físicas (distribuição de tamanho); 4) Composição de gases (VOCs, CO, O₃ e CO₂); 5) Balanço de radiação (radiômetros); 6) Propriedades de nuvens (altura da base, tamanho de gotas, perfil vertical de partículas com Raman Lidar, etc.); 7) Distribuição em larga escala da pluma utilizando sensoriamento remoto. Instrumentação avançada será utilizada, incluindo um Raman Lidar, Nefelômetros, Aetalômetros, Aerosol Mass Spectrometers, fotômetros solares CIMEL, radiômetros PAR e visível, filtros para medida de composição elementar e orgânica e outros instrumentos. Nesta proposta científica ao CNPq, pretendemos operar os sites T0 e T5 do experimento GoAmazon2014. Os demais sites serão operados por outras instituições de pesquisa. A medida simultânea antes e depois da pluma de Manaus em conjunto com análises de trajetórias de massas de ar e sensoriamento remoto vai permitir uma análise detalhada do impacto de emissões urbanas antropogênicas na floresta e nos processos que regulam a microfísica de nuvens, a fotoquímica da atmosfera e a produção de novas partículas na atmosfera Amazônica. Esperamos contribuir para um melhor entendimento dos impactos do processo de urbanização na região Amazônica e seus efeitos sobre o ecossistema.

Relevância Científica

A atmosfera da floresta amazônica está sofrendo alterações significativas em função da mudança de uso de solo e do processo de urbanização em algumas áreas tais como Manaus, Belém, Porto Velho e outras regiões. As emissões de gases traços tais como NO_x e CO, e de partículas alteram os processos de formação de gases e partículas que influenciam a composição atmosférica em regiões que atingem centenas de quilômetros vento abaixo das áreas urbanas. É importante entender estes processos que são importantes para toda a região tropical do planeta, e que influenciam propriedades únicas do ecossistema amazônico. Naturalmente na Amazônia, observamos concentrações extremamente baixas de partículas (abaixo de 350 partículas por cc^3) que são alteradas para valores da ordem de 3.000 a 4.000 (partículas por cc^3) em regiões afetadas por atividades humanas. As concentrações de ozônio naturalmente são da ordem de 10 a 15 ppb no meio do dia em áreas não afetadas, e já observamos concentrações de 100 ppb abaixo da pluma de Manaus. Os óxidos de nitrogênio (NO_x) são extremamente baixos naturalmente, e aumentam por fator 10 em áreas vento abaixo da pluma de Manaus e outras áreas urbanas. Os efeitos destas alterações atmosféricas ainda não foram estudados na Amazônia, e queremos quantificar o impacto no balanço de radiação, nos mecanismos de formação e desenvolvimento de nuvens, na formação de novas partículas de aerossóis, na fotoquímica e outros efeitos. Com o processo acelerado de urbanização da região amazônica, este estudo visa quantificar os possíveis efeitos ambientais destas alterações no padrão de emissões de gases traços e partículas para a atmosfera. Pretendemos orientar quatro alunos do programa CLIAMB do INPA/UEA, e transferir tecnologia de amostragem e análise de partículas de aerossóis a pesquisadores da região Amazônica.

Introdução

A floresta amazônica contribui significativamente no inventário global de emissões de material particulado e de gases traços para a atmosfera, com significativa contribuição das componentes biogênica e pirogênica (Davidson e Artaxo, 2004). A região amazônica está sofrendo uma série de transformações que estão levando a alterações profundas na composição da atmosfera (Davidson et al., 2012, Artaxo et al., 2012). Entre as principais alterações estão a mudança significativa no padrão de uso do solo, através de intenso processo de ocupação humana (Nobre et al., 1996, Artaxo & Silva Dias, 2003; Davidson & Artaxo, 2004). As queimadas são a principal causa das alterações na composição da atmosfera amazônica, sendo responsáveis por um significativo aumento na concentração de gases e partículas. Isto se traduz em um grande impacto antrópico no balanço de energia local, trazendo consequências importantes para todo o ecossistema amazônico (Artaxo et al., 2001; Procópio et al., 2004). Além das emissões de queimadas, a floresta amazônica, por sua localização tropical e seu intenso metabolismo, também é uma importante fonte natural de gases traço, aerossóis e vapor de água para atmosfera global (Andreae & Crutzen, 1997; Artaxo et al., 2005; Silva Dias et al., 2004; Martin et al., 2009). A biosfera e a atmosfera estão intrinsecamente relacionadas: as emissões de gases traço e aerossóis pela biosfera terrestre regulam as características da atmosfera, que por sua vez influenciam diversos processos biológicos responsáveis por estas emissões. A troca de gases traço e aerossóis biogênicos entre a superfície terrestre e a atmosfera são controlados pela produção e consumo desses compostos pela vegetação, atividade microbiótica, processos químicos, e transporte por fluxos turbulentos (Vitousek et al., 1986; Rizzo, 2006). Entender os processos naturais que

regulam a composição da atmosfera é crítico para que se possa desenvolver uma estratégia de desenvolvimento sustentável na região (Artaxo et al., 2006; Martin et al., 2009).

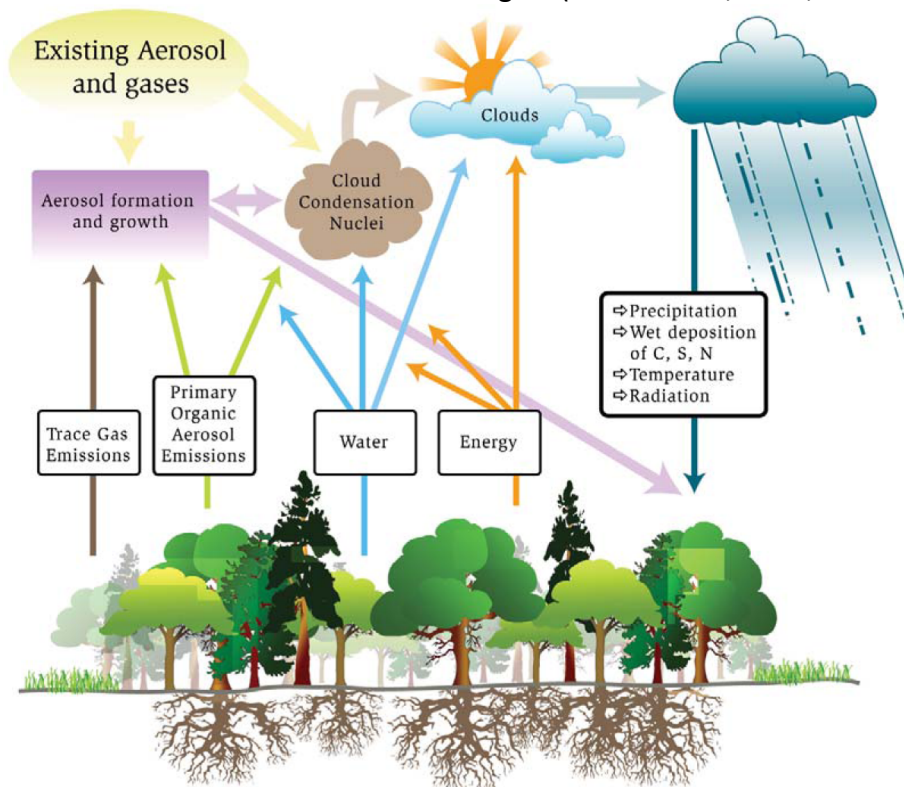


Figura 1 – Ilustração da complexidade dos processos que regulam a composição da atmosfera amazônica. A floresta é uma fonte essencial de gases traços e partículas para a atmosfera, que altera o processo de produção de nuvens e o balanço de radiação atmosférica. As emissões de gases produzem partículas secundárias e alteram os processos de crescimento de partículas.

Quando emissões de queimadas não ocorrem, a vegetação fornece à atmosfera a maior parte das partículas que atuam como núcleos de condensação de nuvens (NCN), efetivamente controlando os mecanismos de formação de nuvens e precipitação (Artaxo et al., 2003). As partículas de aerossóis em regiões de floresta não impactada são emitidas diretamente sob a forma de grãos de pólen, bactérias, fragmentos de folhas, excrementos e fragmentos de insetos (Artaxo et al., 1994, 1998), além de processos de conversão gás-partícula. Os processos de deposição seca e úmida são responsáveis pela remoção dos aerossóis atmosféricos, que são fundamentais para a ciclagem de nutrientes da floresta (Hoffman et al., 1997; Clayes et al., 2004).

Os aerossóis naturais primários e secundários interagem com a radiação solar através de absorção e espalhamento de luz, influenciando o balanço de energia na superfície e as taxas de reações fotoquímicas na troposfera (Rizzo, 2006). Os aerossóis atmosféricos também podem interagir com a radiação solar de forma indireta, através da nucleação de gotículas de nuvens (Silva Dias et al., 2004). Com essas alterações no balanço radiativo atmosférico, alterações na assimilação de carbono pelo ecossistema podem ocorrer, induzindo mudanças na produtividade primária da floresta em larga escala (Oliveira et al., 2005, Artaxo et al., 2006). As partículas de aerossol também atuam nos ciclos biogeoquímicos, por ser um meio de transporte eficiente para micronutrientes importantes para o ecossistema, tais como Ca, P, N, entre outros compostos (Echalar et al., 1995, 1998; Andreae et al., 2002; Artaxo et al., 2006). Na atmosfera, estão sujeitos ao transporte de larga escala, sendo exportados para outras regiões (Freitas et al., 2005; Andreae et al., 2001).

O conjunto das partículas de aerossol presentes na atmosfera da bacia amazônica é fruto da contribuição de emissões da floresta, de emissões de queimada, emissões urbanas e partículas de poeira de solo (Artaxo et al., 1988, 1990, 1998). Partículas transportadas de

outras regiões, como o sal marinho e poeira do deserto do Saara também são eventualmente observadas (Artaxo, 1990; Longo, 1999; Yamasoe, 1999; Procópio, 2005). A composição química das partículas é complexa, mas Guyon *et al.* (2003) mostrou que cerca de 90% da massa do material particulado é composto por matéria orgânica. Graham *et al.*, (2003a, 2003b) mostraram através da caracterização química da fração orgânica das partículas de aerossol natural, em região remota na Amazônia, que na moda grossa esta fração é rica em açúcares, álcoois e ácidos graxos. Aproximadamente metade dos aerossóis provenientes da matéria orgânica é solúvel em água, o que facilita sua atuação como núcleos de condensação de nuvens (Rissler *et al.*, 2004; Fuzzi *et al.*, 2006). Claeys *et al.* (2004) mostrou que a foto-oxidação de isopreno (gás emitido diretamente pela vegetação) é um mecanismo importante para a formação de novas partículas na Amazônia. Precisamos lidar na instrumentação de medidas com estes diferentes tipos de partículas.

O Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) é uma iniciativa de pesquisa na região Amazônica visando compreender o papel integrado da Amazônia como entidade regional e de que modo as mudanças de uso da terra influenciarão o funcionamento biológico, químico e físico da Amazônia, incluindo seus efeitos no clima global (Nobre *et al.*, 1996, Davidson e Artaxo, 2005). Atualmente o grande desafio é ampliar o entendimento sobre o funcionamento dos ecossistemas da região e integrar as dimensões sociais e econômicas às pesquisas ambientais de ponta. Após 10 anos, torna-se ainda mais prioritária a construção de pontes para a aplicação dos resultados das pesquisas científicas no desenvolvimento sustentável da Amazônia. Assim, o plano científico atual consolidou as sete áreas iniciais de estudo do programa em três grandes áreas integradas: interação biosfera-atmosfera, ciclo hidrológico e dimensões sociopolíticas e econômicas das mudanças ambientais.

As partículas emitidas para a atmosfera pela queima de biomassa na região amazônica são provenientes da combinação de queima de diferentes tipos de vegetação: cerrado, pastagem e florestas primárias e secundárias (Artaxo *et al.*, 1998). São observadas predominantemente na moda fina, sendo composta por uma mistura de cerca de 10% da massa de carbono grafítico, 10% de compostos inorgânicos e 80% de compostos orgânicos solúveis e insolúveis (Rosen e Novakov, 1984; Artaxo *et al.*, 2002; Graham *et al.*, 2002; Mayol-Bracero *et al.*, 2002; Fuzzi *et al.*, 2005). Estas partículas têm a capacidade de serem transportadas em longas distâncias. As partículas de aerossol, tanto de origens naturais quanto de processos antrópicos, influenciam o clima atuando na absorção e espalhamento da radiação solar, na formação das nuvens, na reciclagem dos nutrientes em ecossistemas, na composição química da precipitação, na visibilidade e na saúde das pessoas (Andreae *et al.*, 2008; Martin *et al.*, 2008).

A influência no clima pela alteração do balanço radiativo terrestre pode ser tanto pela interação direta dos aerossóis na absorção e espalhamento da radiação solar (ondas curtas e longas), como indiretamente pela mudança nas propriedades microfísicas das nuvens, uma vez que os aerossóis atuam como núcleos de condensação das nuvens. Algumas propriedades dos aerossóis necessárias para a determinação de seus efeitos no clima são: distribuição do tamanho das partículas, forma das partículas, composição e

dependência espectral das propriedades óticas (profundidade ótica, albedo simples de espalhamento, função de fase, etc.) (Forster et al., 2007).

Os efeitos climáticos diretos dos aerossóis são os mecanismos que afetam diretamente a radiação solar e terrestre através do espalhamento e da absorção destas, podendo levar tanto ao aquecimento quanto ao resfriamento da superfície terrestre e da atmosfera (Artaxo et al., 2006). O espalhamento de radiação pelos aerossóis depende significativamente do tamanho da partícula, sendo maior o efeito quando o tamanho da partícula e o comprimento de onda incidente são da mesma ordem. É por este motivo que aerossóis predominantemente de moda fina (faixa de tamanho: 100 a 700 nm) possuem efeitos radiativos importantes sobre a radiação solar em relação aos da moda grossa (Liou, 2002; Procópio, 2005). Atividades antrópicas na Amazônia produzem grande quantidade de gases e partículas de aerossóis, oriundos da queima de biomassa, alterando assim a composição química da atmosfera e o balanço radiativo atmosférico.

Na Amazônia, a redução no fluxo de radiação fotossintética ativa (PAR) pode chegar a valores da ordem de 70 %, afetando fortemente a produtividade primária da floresta Amazônica (Eck et al., 2003, Procópio et al., 2003, 2004; Artaxo et al., 2006; Oliveira et al., 2007). Esta espessa coluna de aerossóis também aumenta a fração de radiação difusa na atmosfera, que por seu lado aumenta a penetração de radiação dentro do dossel da floresta. A vegetação utiliza de modo mais eficiente a radiação difusa para a realização da fotossíntese, o que aumenta a absorção de carbono pela vegetação, fato que balança em parte os efeitos da redução do fluxo direto de radiação (Oliveira et al., 2007). Na maior parte da região amazônica, o efeito da redução do fluxo solar pela absorção das partículas de aerossóis e o aumento da radiação difusa ocorrem durante o período de queimadas e tem efeitos significativos no funcionamento do ecossistema Amazônico (Artaxo et al., 2001, 2003, Oliveira et al., 2007). Mas, o impacto em larga escala desta alteração no padrão de radiação ainda precisa ser mais investigado (Procópio et al., 2004).

O clima é um dos principais reguladores dos ciclos biogeoquímicos dos elementos no solo, na água e no ar. Alterações climáticas afetam diretamente processos físicos, químicos e biológicos que dependem da temperatura e de água para que ocorram (Artaxo et al., 2006; Andreae et al., 2007). As florestas tropicais são um dos maiores emissores de vapor de água para a atmosfera global (Artaxo et al., 2006). Através da circulação global da atmosfera, em particular dos fortes mecanismos de convecção em regiões tropicais, este vapor de água é transportado até regiões temperadas, sendo responsável por uma fração importante da chuva que cai em regiões a grandes distâncias da Amazônia (Artaxo et al., 2006).

Pauliquevis (2005) mostrou que a eficiência de formação de Núcleos de Condensação de Nuvens (NCN) é mais fortemente controlada pela distribuição de tamanho do que pela composição química das partículas de aerossóis. Uma vez a gota formada, ela começa a crescer através de uma série de mecanismos físicos, dessa forma, desde o momento em que a gota começa seu processo de crescimento com um diâmetro típico de 20 micrômetros até a sua chegada ao chão como gota de chuva, com um diâmetro típico de 1 a 2 milímetros, vários processos intermediários podem ocorrer (Artaxo et al., 2005). A diferença na concentração de NCN da estação chuvosa para a estação seca (de cerca de 200 para 20.000 #/cm^{-3}) em grandes áreas da Amazônia faz com que as propriedades microfísicas de nuvens

sejam profundamente alteradas (Rosenfeld, 1999, 2000, Silva Dias, 2002; Artaxo et al., 2006). Um fator importante na estrutura de nuvens durante a estação seca, com forte impacto de queimadas, é a presença significativa de partículas que absorvem radiação, “Black carbon”, que consiste em fuligem das queimadas (Martins et al., 1998; Artaxo et al., 2006). Gotículas de nuvens ricas em fuligem absorvem radiação muito eficientemente, evaporando-se antes de precipitarem, intensificando a supressão da precipitação (Andreae et al., 2005, Martin et al., 2008).

O recente processo de urbanização da Amazônia nos leva a iniciar pesquisas na área de poluição do ar urbana e seus efeitos sobre a floresta. A cidade de Manaus com 1.800.000 habitantes já é uma cidade que pode apresentar índices de poluentes atmosféricos significativos. A frota de veículos e as fontes de combustão na região metropolitana de Manaus causam emissões significativas de material particulado, óxidos de nitrogênio e outros precursores de ozônio (Kuhn et al., 2009). Estas emissões interagem com os compostos orgânicos voláteis emitidos pela floresta, e com isso produzem novas partículas de aerossóis, núcleos de condensação de nuvens e ozônio, alterando significativamente a composição da atmosfera Amazônica.

A **Figura 2** abaixo mostra a proposta do experimento GoAmazon 2014, com a operação de várias estações de amostragem de aerossóis e gases. O local chamado T0, na torre ATTO ou o site T1, na reserva ZF2, é o local que será utilizado para caracterização antes da cidade de Manaus. O site T3 é localizado no centro da cidade de Manaus e deverá ser operado pela UEA e pelo INPA, O site T4 fica no outro lado do Rio negro e o site T5 fica em Manacapuru, cujo transito a partir de Manaus é de 2 a 6 horas. Nesta proposta de pesquisa ao CNPq pretendemos operar os sites T0 e T5.

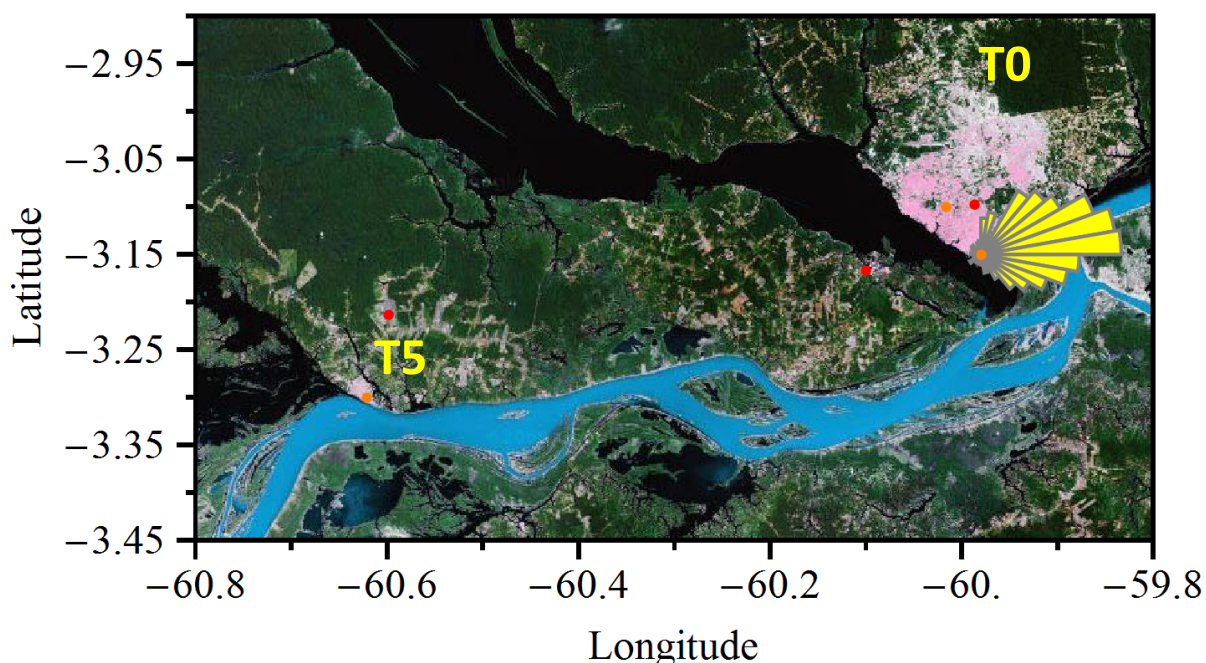


Figura 2 - Sites de amostragem do experimento GoAmazon 2014. O local chamado T0, na torre ATTO ou o site T1, na reserva ZF2, é o local que será utilizado para caracterização antes da cidade de Manaus. O site T3 é localizado no centro da cidade de Manaus e deverá ser operado pela UEA e pelo INPA, O site T4 fica no outro lado do Rio negro, e o site T5 fica em Manacapuru, cujo transito a partir de Manaus é de 2 a 6 horas. Nesta proposta vamos operar medidas de aerossóis nos sites T0 e T5.

A **Figura 3** abaixo, adaptada de Kuhn et al., 2010, mostra o trajeto médio da pluma de Manaus e seu impacto em Manacapuru. As medidas reportadas por Kuhn et al., foram realizadas por este grupo de pesquisa em parceria com o Instituto Max Planck em 2002, e uma síntese é mostrada na **Figura 4** abaixo.

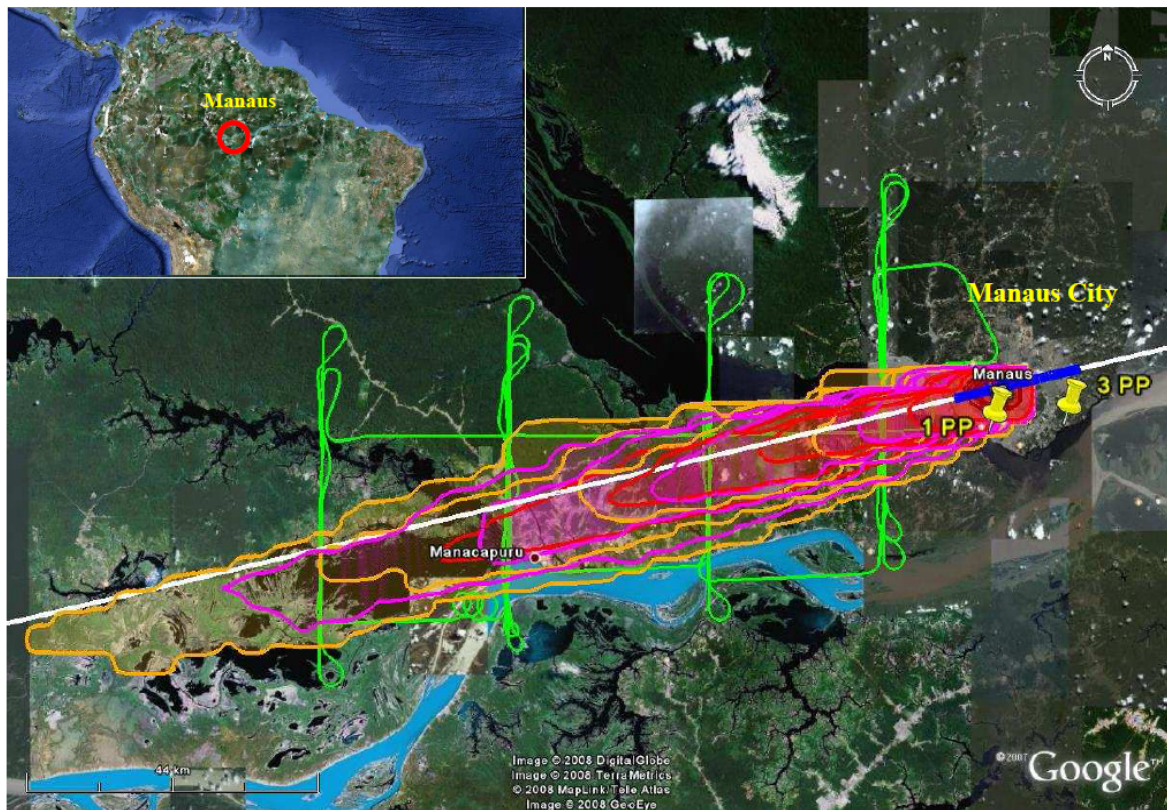


Figura 3 - Pluma de Manaus e seu impacto vento abaixo da área urbana e em Manacapuru. Em verde está o trajeto do avião Bandeirante utilizado nas medidas (Kuhn et al., 2010).

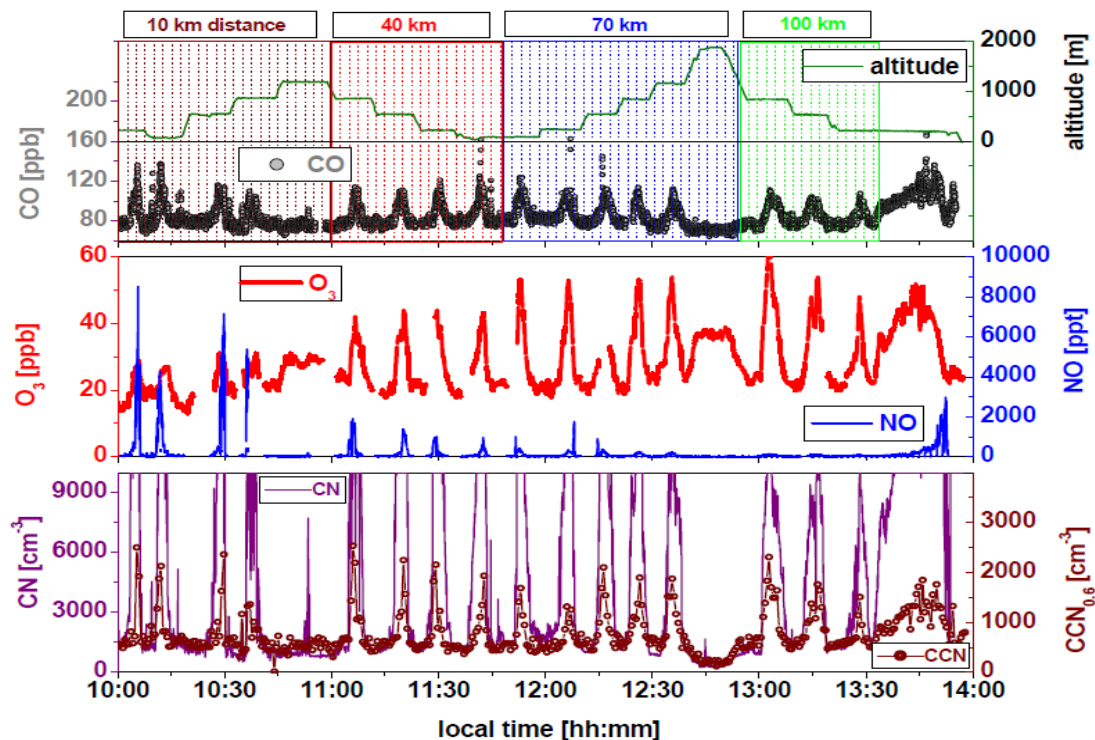


Figura 4 – Medidas de CO, O₃, partículas vento abaixo de Manaus, realizadas com o avião Bandeirante do INPE. Figura adaptada de Kuhn et al., 2010.

Nesta figura 4 vemos claramente que ao nos distanciarmos da pluma de Manaus, a concentração de ozônio que em situação de background é de 12 a 15 ppb de ozônio, passa a valores de até 60 ppb, nível acima do limiar de possível dano à vegetação. A concentração de partículas quando o avião cruza a pluma de Manaus atinge mais de 9.000 partículas por cc^3 , sendo que em situações de background, este valor é de cerca de 300 $\#/\text{cc}^3$. O monóxido de carbono atinge valores de 140 ppb, quando o seu background na área é de 100 a 150 ppb.

Objetivos

- 1) Quantificar o impacto que as emissões atmosféricas de Manaus têm nas concentrações de aerossóis e gases traços em sua interação com emissões naturais da floresta Amazônica.
- 2) Determinar a composição e as propriedades físico-químicas de aerossóis em áreas remotas ao Norte de Manaus, no local da torre ATTO ou na reserva ZF2 do INPA.
- 3) Determinar a composição e as propriedades físico-químicas de aerossóis em Manacapuru, vento abaixo de Manaus.
- 4) Medir com Raman Lidar o perfil vertical de aerossóis até 12 Km de altura antes e depois da área urbana de Manaus.
- 5) Realizar medidas de gases traços tais como O_3 , CO e CO_2 em áreas remotas vento acima e abaixo da área urbana de Manaus.
- 6) Medir propriedades de nuvens tais como tamanho de gota e altura da base antes e depois da área urbana de Manaus. Utilizar sensoriamento remoto para caracterizar diferenças nas propriedades de nuvens.
- 7) Modelar o transporte de massas de ar na região, identificando episódios de transporte da pluma de Manaus para Manacapuru.

Este projeto de pesquisa é uma componente do Programa LBA, e é uma cooperação entre várias instituições de pesquisa (INPA, UEA, USP, Univ. Harvard, Instituto Max Planck e outros), com caráter multidisciplinar.

Metodologia a ser empregada

Duas estações de medidas de gases e partículas de aerossóis serão instaladas antes e depois do impacto da pluma de Manaus. A estação antes da cidade poderá ser instalada em dois locais: um na torre ATTO (*Amazon Tall Tower Observatory*), que é um projeto que está sendo executado pelo INPA, UEA, Instituto Max Planck, USP, INPE, IEAv, e outras instituições. O objetivo é construir uma torre de 320 metros para observações atmosféricas perto de Balbina. Em Junho de 2012, já temos 2 torres de cerca de 80 metros instaladas, e estamos realizando medidas preliminares de coeficientes de espalhamento e absorção na torre ATTO. Também temos a opção de realizar as amostragens na torre TT34 da reserva Ecológica Cuieiras da ZF2, onde desde 2008 estamos estudando processos naturais de produção de partículas de aerossóis. **A Figura 5** abaixo mostra a localização da estação em operação na

ZF2, e que pode ser utilizada no projeto. Preferimos a estação na torre ATTO, mas a logística para atingir este local de modo prático ainda está sendo construída pelo INPA.

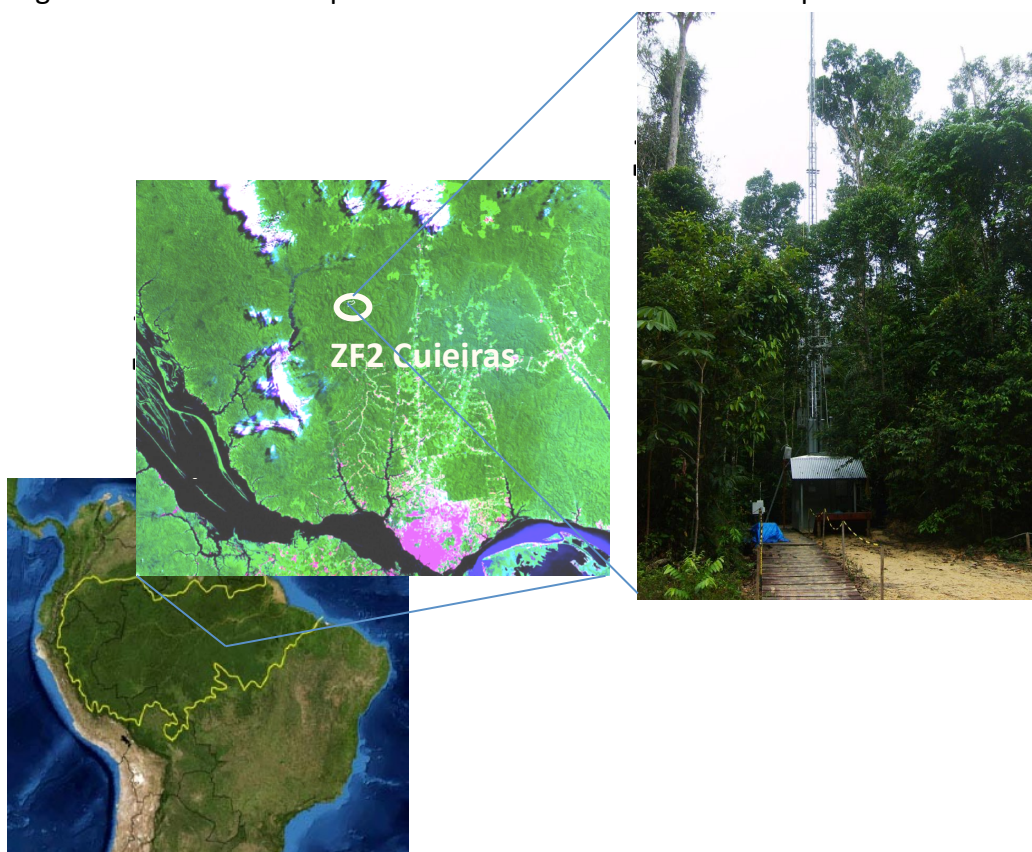


Figura 5 – Mapa apresentando a área da floresta Amazônica, com uma imagem representando a área (Rebio Cuieiras, ZF2) onde estamos medindo aerossóis e gases traços desde 2008. Na foto da direita vemos a torre TT34 e o container de medidas de aerossóis e gases traços na Amazônia. Este site poderá ser o site T0 da Figura 3.

O local de amostragem em Manacapuru (Local T5) é indicado na Figura 3. Uma instrumentação idêntica deverá ser instalada nos dois locais e consiste basicamente nos instrumentos listados na Tabela 1. Colocamos destaque no aerossol mass spectrometer, pela capacidade de realizar medidas da composição orgânica em tempo real. O Raman Lidar, equipamento de alta complexidade adquirido recentemente também é uma peça fundamental na instrumentação pois permite a medida em tempo real com 1 segundo de resolução do perfil vertical de aerossóis e vapor de água até 12 Km de altura.

Utilizaremos medidas de sensoriamento remoto sobre a região sendo estudada, calculada a partir de medidas de radiância efetuadas pelos sensores CERES (*Clouds and the Earth's Radiant Energy System*) e MODIS (*MODerate resolution Imaging Spectroradiometer*), ambos a bordo do satélite Terra da NASA. O Laboratório de Física Atmosférica da USP já desenvolveu os métodos para esta medida, e os estudantes Glauber Cirino e Elisa Sena estão trabalhando com suas teses de doutorado, aprimorando os métodos. Fotômetros solares CIMEL da rede AERONET irão medir a espessura ótica da atmosfera antes e depois da pluma de Manaus, para medir o seu impacto integrado sobre a coluna atmosférica.

O modelamento do transporte atmosférico será feito com os sistemas BRAMS (Brazilian Regional Atmospheric Modeling System) e WRF-Chem, implantados pelo Prof. Henrique Barbosa no IFUSP. Também utilizaremos trajetórias de massa de ar utilizando o sistema

HySplit da NOAA, que permite análises detalhadas de trajetórias, mas com resolução espacial limitada.

Instrumento	Propriedade medida
TEOM Thermo Environment, Inc.	Medida da massa de aerossóis em tempo real para partículas menores que 2.5 micron e menores que 10 micra.
Monitor de ozônio Thermo Environment 49i	Concentração de ozônio a cada 10 minutos
CPC, WCPC - Condensation Particle Counter TSI 3010, TSI 3772.	Concentração numérica de aerossóis
Nephelometer-TSI 3563 e Nephelometer-Ecotech Aurora 3000.	Espalhamento por aerossóis em diversos comprimentos de onda (450 – 700 nm)
Aethalometro Magee Scientific	Absorção por aerossóis em diversos comprimentos de onda (450 a 950 nm)
MAAP – Multi Angle Absorption Photometer Thermo Environment.	Absorção por aerossóis a 637 nm
OPC – Optical Particle Counter, GRIMM Inc.	Concentração numérica de aerossóis discriminados em seis faixas de diâmetro (0,3 a 10 µm)
SMPS – Scanning Mobility Particle Sizer, TSI Inc.	Distribuição de tamanho de aerossóis com diâmetro entre 10 e 500 nm
Monitor de CO, CO ₂ e CH ₄ da Picarro	Concentração de CO, CO ₂ e CH ₄
AFG – Amostrador de Particulado Fino e Grosso	Massa, concentração de carbono elementar e composição elementar e iônica de aerossóis da moda fina ($D_p < 2,5 \mu m$) e da moda grossa ($D_p > 2,5 \mu m$)
Aerodyne Aerosol Mass Spectrometer ACSM.	Medida da composição de aerossóis em tempo real.
Radiômetro CIMEL integrado à rede AERONET da NASA	Medida da espessura ótica de aerossóis em 8 comprimentos de onda.
Raman Lidar da Raymetrics Inc.	Medida do perfil vertical da atmosfera para aerossóis e vapor de água até 12 Km.

Tabela 1: Propriedades físico-químicas de aerossóis e gases traços a serem medidas nos dois sites do projeto GoAmazon2014: Sites T0 e T5 e equipamentos utilizados.

Referências

- Andreae, M. O., "Aerosols before pollution," *Science* **2007**, 315, 50.
- Andreae, M. O., Andreae, T. W., "The cycle of biogenic sulfur-compounds over the Amazon Basin. 1. Dry season," *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* **1988**, 93, 1487.
- Andreae, M. O., P. Artaxo, V. Beck, M. Bela, S. Freitas, C. Gerbig, K. Longo, J. W. Munger, K. T. Wiedemann, and S. C. Wofsy. Carbon monoxide and related trace gases and aerosols over the Amazon Basin during the wet and dry seasons. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 12, 8107–8168, 2012.
- Andreae, M. O.; Artaxo, P.; et al., "Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments," *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* **2002**, 107, 8066.
- Andreae, M. O.; Berresheim, H.; Bingemer, H.; Jacob, D. J.; Lewis, B. L.; Li, S. M.; Talbot, R. W., "The atmospheric sulfur cycle over the Amazon Basin. 2. Wet season," *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* **1990**, 95, 16813.
- Andreae, M.O., D. Rosenfeld, P. Artaxo, A. A. Costa, G. P. Frank, K. M. Longo, and M. A. F. Silva-Dias, *Smoking rain clouds over the Amazon*. *Science*, Vol 303, (5662) 1337-1342, 2004.
- Arraut, J.M., C.A. Nobre, H.M.J. Barbosa, J.A. Marengo and G. Obregon. Aerial Rivers and Lakes: looking at large scale moisture transport, its relation to Amazonia and to Subtropical Rainfall in South America, *J. Climate*, doi: 10.1175/2011JCLI4189.1, 2011.
- Artaxo P, Fernandes ET, Martins JV, et al. *Large-scale aerosol source apportionment in Amazonia*, *Journal of Geophysical Research - Atmospheres* 103 (D24): 31837-31847 DEC 27 1998.
- Artaxo, A., Gatti, L.V., Cordova, A.M.L., Longo, K.M., Freitas, S.R., Lara, L.L., Pauliquevis, T.M., Procopio, A.S., Rizzo, L.V., *Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica*, *Acta Amazônica*, Edição especial projeto LBA, 35(2), 185-196, 2005.
- Artaxo, P., "Break down boundaries in climate research," *Nature* **2012**, 481, 239.

- Artaxo, P., A Amazônia e as mudanças globais. **Ciência Hoje**, Vol. 38, numero 224, 21-25, 2006.
- Artaxo, P., F. Gerab, M. A. Yamasoe, J. V. Martins, Fine Mode Aerosol Composition in Three Long Term Atmospheric Monitoring Sampling Stations in the Amazon Basin. **J. Geophys. Res.**, 99, 22857-22868, 1994.
- Artaxo, P., H-C Hansson, Size distribution of biogenic aerosol particles from the Amazon basin. **Atmospheric Environment**, Vol. 29, No. 3, pp. 393-402, 1995.
- Artaxo, P., J. V. Martins, M. A. Yamasoe, A. S. Procópio, T. M. Pauliquevis, M. O. Andreae, P. Guyon, L. V. Gatti, A. M. C. Leal. *Physical and chemical properties of aerosols in the wet and dry season in Rondônia, Amazonia*. **Journal of Geophysical Research**, Vol. 107, No. D20, 8081 - 8095, 2002.
- Artaxo, P., M. O. Andreae, A. Guenther, D. Rosenfeld, *LBA Atmospheric Chemistry: Unveiling the lively interactions between the biosphere and the Amazonian atmosphere*. **IGBP Global Change Newsletter LBA Special Issue**, Vol. 45, 12-15, 2001.
- Artaxo, P., Maenhaut, W., Storms, H., Vangrieken, R., *Aerosol characteristics and sources for the Amazon basin during the wet season*, **Journal of Geophysical Research-Atmospheres** 95 (D10): 16971-16985 SEP 20 1990.
- Artaxo, P., Oliveira, P.H., Lara, L.L., Pauliquevis, T.M., Rizzo, L.V., Pires, C., Paixão, M.A., Longo, K.M., Freitas, S., Correia, A.L., *Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia*, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3, 1-22, 2006.
- Artaxo, P., Storms, H., Bruynseels, F., Vangrieken, R., Maenhaut, W.: *Composition and sources of aerosols from the amazon basin*, **Journal of Geophysical Research-Atmospheres** 93 (D2): 1605-1615 Feb 20 1988.
- Artaxo, P., *The atmospheric component of biogeochemical cycles in the Amazon basin*, In: *The biogeochemistry of the Amazon basin*. Editado por M. E. McClain, R. Victória, J. E. Richey. **Oxford University Press**, ISBN 0-19-51143, 42-52, 2001.
- Artaxo, P.; Orsini, C.; Tabacniks, M.; Bouéres, L.; Leslie, A., "Características dos aerossóis atmosféricos naturais e de queimadas da Bacia Amazônica", **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 54, 299-314, 1982.
- Artaxo, Paulo, M. O. Andreae, T. M. Pauliquevis, B. Holben, J. Schafer, L. L. Lara, M. Paixão, S. de Lucca, P. H. Oliveira. *Aerosol particles in Amazonia: Their composition, role in radiation balance, cloud formation and nutrient cycles*. **LBA Synthesis Book Chapter B6**, American Geophysical Union (AGU) Book Series Amazonia and Global Change series, manuscript number 2008BK000778. 2008.
- Baars, H., A. Ansmann, D. Althausen, R. Engelmann, P. Artaxo, T. Pauliquevis, R. Souza. Further evidence for a significant smoke transport from Africa to Amazonia during the wet season. **Geophysical Research Letters**, Vol. 38, Article number L20802, 2011.
- Bowman, D.; J. Balch, P. Artaxo, W. Bond, M. Cochrane, C. D'Antonio, R. DeFries, F. Johnston, J. Keeley, M. Krawchuk, C. Kull, M. Mack, M. Moritz, S. Pyne, C. Roos, A. Scott, N. Sodhi, and T. Swetnam. The human dimension of fire regimes on Earth. **Journal of Biogeography**, Vol. 38, Issue 12, Pg. 2223-2236, 2011.
- Bowman, David M. J. S., Paulo Artaxo, et al., Fire in the Earth System. **Science**, 324, 481-484, DOI: 10.1126/science.1163886. 2009.
- Browell, E. V.; Gregory, G. L.; Harriss, R. C.; Kirchhoff, V., "Ozone and aerosol distributions over the Amazon Basin during the wet season," **Journal of Geophysical Research-Atmospheres** 1990, 95, 16887.
- Christopher E., K. T. Wiedemann, B. Sinha, M. Shiraiwa, S. S. Gunthe, M. Smith, Hang Su, P. Artaxo, Qi Chen, Yafang Cheng, Wolfgang Elbert, Mary K. Gilles, Arthur L. D. Kilcoyne, Ryan C. Moffet, Markus Weigand, Scot T. Martin, Ulrich Pöschl, Meinrat O. Andreae, Biogenic potassium salt particles as seeds for secondary organic aerosol in the Amazon. In press, **Science**, Manuscript Number: 1223264, April 2012.
- Claeys, M., Graham, B., Vas, G., Wang, W., Vermeylen, R., Pashynska, V., Cafmeyer, J., Guyon, P., Andreae, M.O., Artaxo, P. and Maenhaut, W.: *Formation of secondary organic aerosols through photooxidation of isoprene*, **Science**, 303, 1173-1176, 2004.
- Davidson, E. A. and P. Artaxo, *Globally significant changes in biological processes of the Amazon Basin: Results of the Large-scale Biosphere-Atmosphere Experiment*. Invited paper **Global Change Biology**, Vol. 10, No. 5, pg. 1-11, doi: 10.1111/j.1529-8817.2003.00779.x. 2004.
- Davidson, E. A.; de Araujo, A. C.; Artaxo, P.; Balch, J. K.; Brown, I. F.; Bustamante, M. M. C.; Coe, M. T.; DeFries, R. S.; Keller, M.; Longo, M.; Munger, J. W.; Schroeder, W.; Soares, B. S.; Souza, C. M.; Wofsy, S. C., "The Amazon basin in transition," **Nature** 2012, 481, 321.
- Eck, T. F., B. N. Holben, J. S. Reid, D. M. Giles, M. A. Rivas, R. P. Singh, S. N. Tripathi, C. J. Bruegge, S. Platnick, G. T. Arnold, N. A. Krotkov, S. A. Carn, A. Sinyuk, O. Dubovik, A. Arola, J. S. Schafer, P. Artaxo, A. Smirnov, H. Chen, and P. Goloub. Fog and Cloud Induced Aerosol Modification Observed by AERONET. **Journal of Geophysical Research**, Vol. 117, D07206, 2012.
- Eck, T. F.; Holben, B. N.; Reid, J. S.; O'Neill, N. T.; Schafer, J.; Dubovik, O.; Smirnov, A.; Yamasoe, M.A.; Artaxo, P. *High aerosol optical depth biomass burning events: a comparison of optical properties for different source regions*. **Geophysical Research Letters**, 30(20): 2.035-2.048, 2004. doi: 10.1029/2003GL017861.
- Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Berntsen, R. A. Betts, D. W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D. C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz, R. Van Dorland. *Changes in Atmospheric Constituents and Radiative Forcing*. Chapter 2 of the Climate Change 2007: The Physical Science Basis, **IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change Book**, Cambridge University Press, United Kingdom, ISSN 978-0-521-88009-1, 2007.
- Freitas, S. R., K. M. Longo, M. A. F. Silva Dias, P. L. Silva Dias, R. Chatfield, E. Prins, P. Artaxo, F. S. Recuero, *Monitoring the Transport of Biomass Burning Emissions in South America*. **Environmental Fluid Mechanics**, Vol. 5, No. 1, pg. 135-167, 2005.
- Frohlich-Nowoisky, J., S. M. Burrows, Z. Xie, G. Engling, P. A. Solomon, M. P. Fraser, O. L. Mayol-Bracero, P. Artaxo, D. Begerow, R. Conrad, M. O. Andreae, V. R. Despres, and U. Pöschl. Biogeography in the air: fungal diversity over land and oceans. **Biogeosciences Discuss.**, 8, 7071-7096, 2011, www.biogeosciences-discuss.net/8/7071/2011/ doi:10.5194/bgd-8-7071-2011.
- Fuzzi, S., Artaxo, P., et al., *Overview of the inorganic and organic composition of size-segregated aerosol in Rondônia, Brazil, from the biomass burning period to the onset of the wet season*, **Journal of Geophysical Research**, **Journal of Geophysical Research**, Vol. 112, (D1), Art. D01201, pg. 1201-1236, doi:10.1029/2005JD006741, 2007.
- Gilardoni, S., E. Vignati, E. Marmer, F. Cavalli, C. Belis, V. Gianelle, A. Loureiro, and P. Artaxo. Sources of carbonaceous aerosol in the

- Amazon basin. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 2747–2764, 2011.
- Graham B, Guyon P, Maenhaut W, et al. *Composition and diurnal variability of the natural Amazonian aerosol*. **Journal of Geophysical Research-Atmospheres** 108 (D24): Art. No. 4765 DEC 18 2003b.
- Graham, B., Guyon, P., Taylor, P. E., Artaxo, P., Maenhaut, W., Glovsky, M.M., Flagan, R.C. e Andreae, M.O.: *Organic compounds present in the natural Amazonian aerosol: Characterization by gas chromatography-mass spectrometry*, **Journal of Geophysical Research** 108, D24, 4766, doi:10.1029/2003JD003990, 2003a.
- Guyon, P., B. Graham, J. Beck, O. Boucher, E. Gerasopoulos, O. L. Mayol-Bracero, G. C. Roberts, P. Artaxo, M. O. Andreae. *Physical properties and concentration of aerosol particles over the Amazon tropical forest during background and biomass burning conditions*. **Atmospheric Chemistry and Physics** 3, 951–967, 2003.
- Guyon, P., Graham, B., Roberts, G. C., Mayol-Bracero, O. L., Maenhaut, W., Artaxo, P., Andreae, M.O.: *In-canopy gradients, composition, sources, and optical properties of aerosol over the Amazon forest*, **Journal of Geophysical Research**, 108(D18), 4591, 2003.
- Jardine, K., A. Yanez Serrano, A. Arneth, A. Jardine, P. Artaxo, E. Alves, J. Kesselmeier, T. Taylor, S. Saleska, and T. Huxman. *Ecosystem-scale compensation points of gas-phase formic and acetic acid in the central Amazon*. *Biogeosciences Discussions*, 8, 9283–9309, 2011.
- Jardine, K.; Monson, R.; Abrell, L.; Saleska, S.; Arneth, A.; Jardine, A.; Karl, T.; Fares, S.; Goldstein, A.; Loreto, F.; Huxman, T. E; Artaxo, P.; Ishida, F.. *Within-plant isoprene oxidation confirmed by direct emissions of oxidation products methyl vinyl ketone and methacrolein*. *Global Change Biology*, Vol. 18, Issue 3, pg. 973–984, 2012.
- Jardine, K.; Yañez Serrano, A.; Arneth, A.; Abrell, L.; Jardine, A.; van Haren, J.; Artaxo, P.; Rizzo, L. V.; Ishida, F. Y.; Karl, T.; Kesselmeier, J.; Saleska, S.; Huxman, T. *Within-Canopy Sesquiterpene Ozonolysis in Amazonia*. *Journal of Geophysical Research – Atmospheres*, Vol. 116, Article number D19301, 2011.
- Kesselmeier, J.; Kuhn, U.; Wolf, A.; Andreae, M. O.; Ciccioli, P.; Brancaleoni, E.; Frattoni, M.; Guenther, A.; Greenberg, J.; Vasconcellos, P. D.; de Oliva, T.; Tavares, T.; Artaxo, P., “Atmospheric volatile organic compounds (VOC) at a remote tropical forest site in central Amazonia,” *Atmospheric Environment* **2000**, 34, 4063.
- Kuhn, U.; Andreae, M. O.; Ammann, C.; Araujo, A. C.; Brancaleoni, E.; Ciccioli, P.; Dindorf, T.; Frattoni, M.; Gatti, L. V.; Ganzeveld, L.; Kruitj, B.; Lelieveld, J.; Lloyd, J.; Meixner, F. X.; Nobre, A. D.; Pöschl, U.; Spirig, C.; Stefani, P.; Thielmann, A.; Valentini, R.; Kesselmeier, J., “Isoprene and monoterpene fluxes from Central Amazonian rainforest inferred from tower-based and airborne measurements, and implications on the atmospheric chemistry and the local carbon budget,” *Atmospheric Chemistry and Physics* **2007**, 7, 2855.
- Lelieveld, J.; Butler, T. M.; Crowley, J. N.; Dillon, T. J.; Fischer, H.; Ganzeveld, L.; Harder, H.; Lawrence, M. G.; Martinez, M.; Taraborrelli, D.; Williams, J., “Atmospheric oxidation capacity sustained by a tropical forest,” *Nature* **2008**, 452, 737.
- Longo, K.M., *Estudo de aerossóis e gases traço na atmosfera da bacia Amazônica: influência das circulações regionais e de larga escala*. Tese de Doutorado defendida no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 1999.
- Martin, S. T.; Andreae, M. O.; Artaxo, P.; Baumgardner, D.; Chen, Q.; Goldstein, A. H.; Guenther, A.; Heald, C. L.; Mayol-Bracero, O. L.; McMurry, P. H.; Pauliquevis, T.; Pöschl, U.; Prather, K. A.; Roberts, G. C.; Saleska, S. R.; Silva-Dias, M. A.; Spracklen, D. V.; Swietlicki, E.; Trebs, I., “Sources and Properties of Amazonian Aerosol Particles,” *Rev. Geophys.* **2010**, 48, RG2002.
- Martins, J. V.; Artaxo, P.; Lioussé, C.; Reid, J. S.; Hobbs, P. V.; Kaufman, Y. J. 1998. *Effects of black carbon content, particle size and mixing on light absorption by aerosol particles from biomass burning in Brazil*. **Journal of Geophysical Research**, 103(D24): 32.041–32.050.
- McMurry, Peter H. *A review of atmospheric aerosol measurements*. **Atmospheric Environment**, 34, 1959–1999, 2000.
- Na, K.; Song, C.; Cocker, D. R., “Formation of secondary organic aerosol from the reaction of styrene with ozone in the presence and absence of ammonia and water,” *Atmospheric Environment* **2006**, 40, 1889.
- Nobre, C., et al., 1996. *The Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA)*. Concise Experimental Plan. INPE, C. Paulista, SP, Brazil.
- Oliveira, P. H. F.; P. Artaxo, C. Pires Jr, S. de Lucca, A. Procópio, B. Holben, J. Schafer, L. F. Cardoso, S. C. Wofsy, H. R. Rocha. *The effects of biomass burning aerosols and clouds on the CO₂ flux in Amazonia*. *Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology*, 59B, (3) 338–349, 2007.
- Prenni, Anthony J., Markus D. Petters, Sonia M. Kreidenweis, Colette L. Heald, Scot Martin, Paulo Artaxo, Rebecca M. Garland, Adam G. Wollny, and Ulrich Pöschl. *Relative roles of biogenic emissions and Saharan dust as ice nuclei in the Amazon basin*. **Nature Geoscience**, Vol. 2, pp. 402–405, doi:doi:10.1038/ngeo517, 2009.
- Procópio, A. S.; 2005. *Forçante radiativa direta dos aerossóis na Região Amazônica devido à queima de biomassa*. Tese de Doutorado defendida no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, 2005.
- Procópio, A. S.; Artaxo, P.; Kaufman, Y. J.; Remer, L. A.; Schafer, J. S.; Holben, B. N.; 2004. *Multiyear analysis of Amazonian biomass burning smoke radiative forcing of climate*. **Geophysical Research Letters**, 31(3) L03108–L03112, 2004. doi:10.1029/2003GL018646.
- Procópio, A. S.; Remer, L. A.; Artaxo, P.; Kaufman, Y. J.; Holben, B. N. 2003. *Modeled spectral optical properties for smoke aerosols in Amazonia*. **Geophysical Research Letters**, 30(24): 2.265–2.270. 2003. doi: 10.1029/2003GL018063.
- Raes, F. et al., *Formation and cycling of aerosols in the global troposphere*, **Atmospheric Environment**, 34, 4215–4240, 2000.
- Rissler, J., Swietlicki, E., Zhou, J., Roberts, G., Andreae, M.O., Gatti, L.V., Artaxo, P., *Physical properties of the sub-micrometer aerosol over the Amazon rain forest during the wet-to-dry season transition – comparison of modeled and measured CCN concentrations*, **Atmospheric Chemistry and Physics**, 4, 2119–2143, 2004.
- Rizzo, L. V., Correia, A. L., Artaxo, P., Procópio, A. S., Andreae, M. O. *Spectral dependence of aerosol light absorption over the Amazon Basin*. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 8899–8912, 2011.
- Rizzo, Luciana V., *Os fluxos turbulentos de partículas e de compostos orgânicos voláteis, e a distribuição vertical de aerossóis na baixa troposfera da Amazônia*. Tese de Doutorado defendida no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2006.
- Schneider, J., F. Freutel, S. R. Zorn, Q. Chen, D. K. Farmer, J. L. Jimenez, S. T. Martin, P. Artaxo, A. Wiedensohler, and S. Borrmann. *Mass-spectrometric identification of primary biological particle*

markers: indication for low abundance of primary biological material in the pristine submicron aerosol of Amazonia. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 11415–11429, 2011.

Seinfeld, J. H., Pandis, S. N.: *Atmospheric Chemistry and Physics*. John Wiley & Sons Ltd., 1326 p., 1998.

Sena, E. T., P. Artaxo, and A. L. Correia The impact of deforestation in the Amazonian atmospheric radiative balance: a remote sensing assessment. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 12, 1–38, 2012.

Silva Dias, M. A.F., P. Artaxo, M. O. Andreae, Aerosols impact clouds in the Amazon Basin. *GEWEX Newsletter*, Vol. 14, No. 4, pages 4–6, November 2004.

Soto-Garcia, LL; Andreae, MO; Andreae, TW; Artaxo, P.; Maenhaut, W.; Kirchstetter, T.; Novakov, T.; Chow, JC; Mayol-Bracero, O. L. Evaluation of the carbon content of aerosols from the burning of biomass in the Brazilian Amazon using thermal, optical and thermal-optical analysis methods. *Atmospheric Chemistry and Physics*. Vol. 11, Issue: 9 Pages: 4425–4444, 2011

Trebs, I., O. L. Mayol-Bracero, T. Pauliquevis, U. Kuhn, R. Sander, L. Ganzeveld, F. X. Meixner, J. Kesselmeier, P. Artaxo, and M. O. Andreae, Impact of the Manaus urban plume on trace gas mixing ratios near the surface in the Amazon Basin: Implications for the NO-NO₂-O₃ photostationary state and peroxy radical levels, *J. Geophys. Res.*, 117, D05307, 2012.

Vitousek, P.M., Stanford Jr, R.L.: Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:137–167, 1986.

Weber, R. J.; Sullivan, A. P.; Peltier, R. E.; Russell, A.; Yan, B.; Zheng, M.; de Gouw, J.; Warneke, C.; Brock, C.; Holloway, J. S.; Atlas, E. L.; Edgerton, E., “A study of secondary organic aerosol formation in the anthropogenic-influenced southeastern United States,” *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* **2007**, 112, D13302.

Zhang, Q.; et al., “Ubiquity and dominance of oxygenated species in organic aerosols in anthropogenically-influenced Northern Hemisphere midlatitudes,” *Geophysical Research Letters* **2007**, 34, L13801.

Cronograma de atividades

Este projeto é desenhado para 2 anos de execução, iniciando em Janeiro de 2013. Este período concorda com o cronograma geral do projeto GoAmazon2014, onde medidas preliminares serão feitas durante o ano de 2013, e a operação da estação do DoE ocorrerá em 2014.

ANO – 2013

Atividades	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Instalação dos equipamentos na estação T0 ao Norte de Manaus	X	X	X	X	X	X	X					
Instalação da estação no ponto T5, em Manacapuru				X	X	X	X	X				
Operação das estações					X	X	X	X	X	X	X	X
Estudos de sensoriamento remoto									X	X	X	X

ANO – 2014

Atividades	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Operação das estações	X	X	X	X	XX	X	X					
Análises elementares nos filtros	X	X	X	X	X	X	X	X				
Análise de dados das duas estações	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Análise das trajetórias de massas de ar	X	X	X	X	X	X						
Publicações			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Orçamento e Justificativa

Do ponto de vista orçamentário, já temos os equipamentos a serem operados, e estamos solicitando somente passagens, diárias e serviços prestados para instalação e operação dos instrumentos nas 2 estações amostradoras T0 e T5.

Passagens: Necessitamos de várias passagens no trecho São Paulo-Manaus-São Paulo, alocadas da seguinte maneira:

Instalação: 6 passagens. Precisamos de 3 técnicos ou pesquisadores para instalar em cada um dos sites. Total de passagens para instalação: 6.

Visita de 2 técnicos a cada 2 meses para calibração e manutenção dos instrumentos. Total das passagens necessárias para manutenção: 16 passagens.

Total de passagens São Paulo-Manaus-São Paulo: 22 passagens. Valor de cada passagem: R\$1.400,00. **Total das passagens: R\$22.400,00.**

Diárias: Para a instalação das duas estações precisamos de cerca de 20 dias para cada um dos 3 técnicos ou pesquisadores para cada uma das 2 estações. Total de diárias para instalação: 120 diárias. Valor de cada diária: R\$300,00. **Total de diárias para instalação: R\$36.000,00.**

Manutenção das estações: Precisamos de uma visita de um técnico por 6 dias a cada 2 meses para cada estação. Isso implica em 6x6x2: 72 diárias. Valor de cada diária: R\$300,00. **Valor total de diárias para manutenção das estações: 21.600,00**

Serviços prestados: Durante a instalação das estações precisamos pagar serviços de instalação de containers, ar condicionado, Internet no container e instalações elétricas. Na operação da estação, precisamos pagar eletricitista para manutenção dos sistemas, e serviços gerais de manutenção para que o sistema tenha operação contínua. **Valor de serviços prestados: R\$30.000,00.**

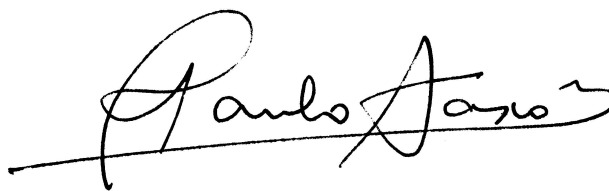
Total do orçamento:

Total das passagens: R\$22.400,00.

Total de diárias: R\$57.600,00

Total de serviços prestados: R\$30.000,00.

Valor total do projeto: R\$110.000,00



Prof. Paulo Eduardo Artaxo Netto
Instituto de Física
Universidade de São Paulo