



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Meteorologia



Instituto de Geociências

## **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LETÍCIA LORENA MOREIRA RODRIGUES**

### **AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS QUEIMADAS SOBRE A PROLIFERAÇÃO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NO NORDESTE DO PARÁ ATRAVÉS DO MODELO BRAMS**

**Nº: 291**

**Belém-PA**

**2010**

**LETÍCIA LORENA MOREIRA RODRIGUES**

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS QUEIMADAS SOBRE A  
PROLIFERAÇÃO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NO NORDESTE DO  
PARÁ ATRAVÉS DO MODELO BRAMS**

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado à Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará-UFPA, para obtenção do grau Bacharel em Meteorologia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Afonso Fischer  
Kuhn

Belém-PA

2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

R696a Rodrigues, Letícia Lorena Moreira

Avaliação do impacto das queimadas sobre a proliferação de doenças respiratórias no Nordeste do Pará através do modelo BRAMS / Letícia Lorena Moreira Rodrigues; Orientador: Paulo Afonso Fischer Kuhn – 2010

53f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia) – Faculdade de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2010.

1. Desmatamento – Pará. 2. Queimadas. 3. Ocupação. 4. CATT-BRAMS. 5. Doenças respiratórias. I. Kuhn, Afonso Fischer, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 20° ed.: 333.7513098115

---

**LETÍCIA LORENA MOREIRA RODRIGUES**

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS QUEIMADAS SOBRE A  
PROLIFERAÇÃO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NO NORDESTE DO  
PARÁ ATRAVÉS DO MODELO BRAMS**

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado à Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará-UFPA, para obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia.

Data de aprovação: 21/12/2010

Conceito: BOM

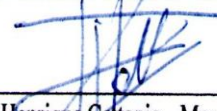
Banca examinadora:



Prof. Paulo Afonso Fischer Kuhn - Orientador  
Doutor em Agronomia  
Universidade Federal do Pará



Prof. Everaldo Barreiros de Souza - Membro  
Doutor em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará



Prof. José Henrique Cattanio - Membro  
Doutor em Agronomia Tropical  
Universidade Federal do Pará

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus que me deu força e coragem para vencer esta tão importante etapa de minha vida. A Ele toda honra e toda a glória alcançada em minha vida.

Aos meus pais Fernando Rodrigues e Lúcia Moreira a quem amo muito, que foram fundamentais em minha educação, apoiando-me em minhas decisões e não medindo esforços para que eu conquistasse um futuro melhor. Vocês são exemplo de força, coragem e perseverança. Dedico esta conquista a vocês.

Ao professor orientador Paulo Kuhn a quem admiro muito pelo grande profissional que é. Obrigado por orientar-me com sabedoria e paciência, dividindo seus conhecimentos, contribuindo para meu crescimento.

Aos professores que participaram desta banca examinadora e aos demais professores, que contribuíram para a minha formação acadêmica.

À minha irmã pelo companheirismo e estímulo. Por tornar minha vida mais feliz, com seu lindo sorriso. Por estar sempre ao meu lado dividindo os momentos difíceis e os mais alegres.

Às amigas que fiz durante estes quatro anos de curso, Ana Cláudia Azevedo, Amanda Nascimento e Pâmela Ávila. Seguiremos caminhos diferentes em busca de novas conquistas, mas certamente lembrar-nos-emos de nossa convivência, conversas e das gargalhadas que demos juntas.

Enfim, a todos os familiares e amigos que sempre torceram pelo meu sucesso e que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Espera no Senhor, anima-te, e ele fortalecerá o teu coração; espera, pois, no Senhor.

Salmos 27:14

## RESUMO

Apresenta simulações numéricas das concentrações e o transportes dos poluentes, como o monóxido de carbono (CO) e o material particulado (PM<sub>2,5</sub>), emitidos pela queima da biomassa na região do nordeste do Estado do Pará relacionando com o aumento dos índices de mortalidade e morbidade, de indivíduos expostos a estes tipos de substâncias químicas. As simulações foram realizadas pelo modelo de transporte CATT-BRAMS (*Coupled Aerosol and Tracer Transport Model Coupled to BRAMS*), que consiste de um modelo numérico de transporte de aerossóis atmosféricos e acoplado a versão brasileira do modelo RAMS. As emissões de CO e PM<sub>2,5</sub> feitas pelo CATT-BRAMS tiveram um tempo total de 8 dias, 09/Nov/2010 as 00:00 UTC a 16/Nov/2010 as 23:00 UTC. O modelo foi configurado para 2 grades, a primeira com 20 x 20 km de resolução e a segunda com 4 x 4 km. Os resultados do modelo mostraram que no nordeste Paraense existem vários focos de queimadas, responsáveis por grandes emissões de CO e PM<sub>2,5</sub> para a atmosfera. Estes poluentes, quando inalados exercem efeitos deletérios sobre a saúde, levando a necessidade de internação ou até mesmo levando ao óbito.

Palavras-chave: Desmatamento - Pará. Queimadas. Ocupação. CATT-BRAMS. Doenças Respiratórias.

## ABSTRACT

Apresents numerical simulations of the concentrations and transport of pollutants, such as carbon monoxide (CO), and particulate material (PM<sub>2,5</sub>), emitted by the burning of biomass in the northeast region of Pará State relating to the increase in mortality and morbidity among individuals exposed to these types Chemicals. The simulations were performed by the transport model CATT-BRAMS (Coupled Aerosol And Tracer Transport Model Coupled to BRAMS), which consists of a numerical model of atmospheric transport and coupled to the Brazilian version of the RAMS model. Emissions of CO and PM<sub>2,5</sub> made by CATT-BRAMS had a total time of 8 days, 09/Nov/2010 to 16/Nov/2010 at 00:00 UTC to 23:00 UTC. The model was configured for two grids, the first with 20 x 20 km resolution and the second with 4 x 4 km. The model results showed that there are several burning sources in northeastern Pará, responsible for large emissions of CO and PM<sub>2,5</sub> for atmosphere. These pollutants, when inhaled exert deleterious effects on health, leading to the need for hospitalization or even leading to death.

Key- words: Deforestation – Para. Forest fires.Occupation. CATT-BRAMS. Respiratory Diseases.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	09
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	10
2.1	OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA.....	10
2.2	CAUSAS DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA E SUAS IMPLICAÇÕES FUTURAS.....	10
2.3	FASES DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL NA AMAZÔNIA.....	11
<b>2.3.1</b>	<b>O Programa para a Integração Nacional (PIN) na primeira metade dos anos 1970</b> .....	11
<b>2.3.2</b>	<b>O Programa Polamazônia de 1974 a 1980</b> .....	12
<b>2.3.3</b>	<b>Programas integrados de desenvolvimento rural do início dos anos 1980</b> .....	13
<b>2.3.4</b>	<b>Mega-programas e projetos dos anos 1980</b> .....	14
<b>2.3.5</b>	<b>O Programa Piloto: uma nova iniciativa do desenvolvimento regional sustentável</b> .....	15
<b>2.3.6</b>	<b>O Mega-Programa Avança Brasil</b> .....	17
2.4	QUEIMADAS.....	20
<b>2.4.1</b>	<b>Deteção e caracterização de queimadas via sensoriamento remoto</b> .....	22
2.5	POLUENTES E RISCOS À SAÚDE PÚBLICA.....	24
2.6	PRINCIPAIS EFEITOS NA SAÚDE HUMANA DOS POLUENTES EMITIDOS POR QUEIMA DE BIOMASSA.....	24
<b>2.6.1</b>	<b>Efeitos à saúde do material particulado</b> .....	24
<b>2.6.2</b>	<b>Efeitos na saúde do monóxido de carbono</b> .....	26
2.7	POLUIÇÃO DO AR E RISCOS DE NEOPLASIAS.....	27
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	28
3.1	DESCRIÇÃO DO MODELO.....	29
<b>3.1.1</b>	<b>Coupled aerosol and tracer transport model coupled to BRAMS (CATT- BRAMS)</b> .....	30
3.2	PARAMETRIZAÇÃO DE EMISSÃO DE FONTE.....	31
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	32
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	41
	<b>REFERÊNCIA</b> .....	42
	<b>ANEXO</b> .....	48

## 1 INTRODUÇÃO

A região amazônica tem sofrido nas últimas décadas significativa mudança no padrão de uso do solo, através de intenso processo de ocupação humana.

O modelo tradicional da ocupação da Amazônia tem levado a um aumento significativo do desmatamento na Amazônia legal, sendo este um fenômeno de natureza bastante complexa, que não pode ser atribuído a um único fator.

As questões mais urgentes em termos da conservação e uso dos recursos naturais da Amazônia dizem respeito à perda da floresta frente ao avanço do desmatamento ligado às políticas de desenvolvimento na região, tais como especulação de terra ao longo das estradas, crescimento das cidades, aumento dramático da pecuária bovina, exploração madeireira e agricultura, principalmente ligada ao cultivo da soja.

A taxa de perda da floresta é dramática, em especial no “Arco do Desmatamento”, cujos limites se estendem do sudeste do estado do Maranhão, ao norte do Tocantins, sul do Pará, norte de Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e sudeste do estado do Acre.

A queimada é muito utilizada como a maneira mais barata no desmatamento, na limpeza de áreas de agropecuária e no “aumento da fertilidade” do solo em curto prazo de tempo.

Além dos efeitos das queimadas para o ecossistema amazônico, as emissões de poluentes contribuem para o aumento da mortalidade, de admissões hospitalares, atendimentos de emergência e aumento na utilização de medicamentos, devidas a doenças respiratórias e cardiovasculares, além de diminuição da função pulmonar. Apesar dos anos de estudos científicos e da atenção da mídia em relação ao desmatamento e às queimadas, acidentais ou intencionais, a incidência e o efeito dos incêndios florestais sobre a saúde das populações têm sido ignorados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA

Em 1966, foi iniciada uma nova fase dos programas de desenvolvimento do governo brasileiro para a exploração econômica da região amazônica. O foco do planejamento de desenvolvimento regional foi deslocado para a região relativamente isolada do norte do país. O órgão responsável pelo planejamento regional na Amazônia, a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), foi restabelecido depois de tentativas falhas do seu precursor, Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), em implementar os objetivos econômicos do governo militar, fixados no modelo de desenvolvimento orientado para o crescimento econômico. A nova região de planejamento, a “Amazônia Legal”, com cerca de 5 milhões de km<sup>2</sup>, consiste nas florestas tropicais da planície amazônica e da encosta do Brasil central, região que representa 59% da área total do país.

### 2.2 CAUSAS DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA E SUAS IMPLICAÇÕES FUTURAS

Vastas mudanças estão em curso na Amazônia, como evidenciado pelo rápido avanço do desmatamento. Enquanto Achard et al. (2002) estimaram uma perda florestal de 150.000 km<sup>2</sup> para toda América Latina entre 1990 e 1997, nesse mesmo período, somente para a Amazônia brasileira, o projeto Prodes (INPE, 2004) mensurou cerca de 100.000 km<sup>2</sup> de perda florestal.

A previsão de asfaltamento de rodovias através da região estimulará ainda mais a expansão da fronteira agrícola e da exploração madeireira, podendo acarretar uma colossal conversão de florestas em pastagens e áreas agrícola, e conseqüentemente, profunda perda do patrimônio genético de vários ecossistemas da Amazônia, e redução regional das chuvas, com resultante aumento da flamabilidade de suas paisagens e extensiva savanização. Somam-se a isso as contribuições dessas mudanças para o aquecimento global e suas teleconexões climáticas (alterações no clima de outras regiões), como a diminuição de chuvas no sudeste brasileiro. Por conseguinte, essas grandes mudanças na cobertura florestal têm importantes implicações quanto à perda de biodiversidade e outros serviços ambientais, emissão de gases que contribuem para o efeito estufa e à prosperidade da sociedade da Amazônia em longo

prazo. Novas terras na Amazônia foram colocadas à disposição, como a chamada “alternativa para a reforma agrária”.

As medidas para o desenvolvimento econômico regional na Amazônia podem ser subdivididas em duas categorias:

1- Ação estatal para o desenvolvimento da infra-estrutura, concentrada no transporte rodoviário, como parte central dos esforços para a integração da Amazônia. Projetos selecionados de colonização rural foram implementados. A redução de impostos para corporações foi um dos fatores mais importantes para atrair investidores privados aos projetos de desenvolvimento aprovados pelo Estado.

2- A ação privada foi baseada em investimentos em todos os setores econômicos mediante incentivos fiscais e a redução de taxas tributárias, a serem empregadas como capital de investimento, principalmente na criação de gado, indústria e projetos de mineração.

## 2.3 FASES DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL NA AMAZÔNIA

O planejamento de desenvolvimento regional para a região amazônica nos últimos 30 anos pode ser dividido em seis fases principais:

### 2.3.1 O Programa para a Integração Nacional (PIN) na primeira metade dos anos 1970

O programa de desenvolvimento infra-estrutural foi baseado no conceito de planejamento de eixos de desenvolvimento, realizado por construção de numerosas estradas de longa distância, como a Transamazônica, a Perimetral Norte, a Cuiabá-Santarém e também a Cuiabá-Porto Velho-Manaus. As estradas pioneiras serviram de roteiros de migração para a Amazônia e foram planejadas para o estabelecimento de áreas de atividades econômicas na forma dos chamados “corredores de desenvolvimento”, mas sua construção causou sérios impactos ambientais.

O número de colonos assentados representou somente pequena parte dos objetivos extremamente otimistas do início. No começo, foi planejado um milhão de famílias a serem assentadas; mais tarde, o INCRA reduziu esse número para 100.000 e, em meados dos anos 1970, somente 7% do número planejado estava assentado na Transamazônica (KOHLHEPP, 1976).

A colonização agrícola, especialmente ao longo da Transamazônica, foi um fracasso, pois as condições ecológicas não foram devidamente compreendidas e, por conseguinte, a sustentabilidade foi avaliada de maneira muito positiva (MAHAR, 1988). Planejamento, levantamento topográfico, organização, informações aos colonos, modelos de uso da terra (mudança rápida para culturas permanentes) e facilidades de mercado foram inadequados. Mesmo o conceito da agrovila, de assentamentos centrais, falhou. Todavia, o *slogan* do governo, “*Há terra para todos na Amazônia*”, impulsionou a migração em massa para o norte, tendo sido iniciada espontaneamente na segunda metade dos anos 1970. A fronteira agrícola avançou rapidamente, estendendo-se adentro das florestas tropicais (KOHLHEPP, 1984).

### **2.3.2 O programa Polamazônia de 1974 a 1980**

No cume do período do “milagre econômico” brasileiro, a mentalidade predominante do Eldorado envolveu a exploração econômica setorial e a quase ilimitada distribuição territorial da periferia da Amazônia. Os pólos de desenvolvimento previstos no Segundo Plano de Desenvolvimento Nacional (1975-79) foram baseados em pontos focais setoriais separados como, por exemplo, extração de recursos minerais ou áreas de criação de gado com possível processo industrial.

Investidores de capital nacional e internacional foram atraídos por reduções consideráveis de taxas tributárias e também por outros benefícios. Tornou-se vantajoso para os bancos, as companhias de seguro, as mineradoras e empresas estatais, de transportes ou de construção de estradas investir na devastação da floresta tropical para introduzir grandes projetos de criação de gado, com subsídios oficiais, realizando a exploração das terras a preços baixos. As fazendas de gado possuíam uma área máxima oficial de 60.000 hectares, mas na realidade havia ainda as fazendas da Volkswagen do Brasil, com 140.000 hectares, ou a da multinacional Liqueigás Group, com 566.000 hectares, estas e muitas outras foram responsáveis pela enorme destruição das florestas tropicais, principalmente nas regiões do sudeste e do leste do estado do Pará e na parte norte do Mato Grosso.

A rápida expansão de desmatamento por queimada em projetos de fazendas de gado causou danos irreparáveis aos ecossistemas, como erosão, perda de nutrientes por escoamento, encrustamento da superfície e distúrbios no balanço de águas. Além disso, a

especulação de terra causou sérios problemas e conflitos violentos entre as populações indígenas e posseiros.

A exploração de recursos minerais foi um dos objetivos centrais dos programas de desenvolvimento da Amazônia. Muitas licenças de exploração de jazidas de grande extensão foram cedidas a empresas nacionais e internacionais. Depois que os minérios como o manganês e a cassiterita começaram a ser explorados no Amapá e em Rondônia a partir de meados dos anos 1950 e 1960, as novas descobertas de enormes jazidas de minério de ferro na Serra dos Carajás, de bauxita no Rio Trombetas e também de ouro e diamantes revelaram a riqueza de recursos minerais da Amazônia, sendo iniciados no anos 80 grandes projetos na região.

No Programa Polamazônia, o conceito dos pólos de crescimento foi mal interpretado e o resultado não foi a “concentração descentralizada” de desenvolvimento, mas sim o aumento das disparidades do desenvolvimento inter e intra-regional.

### **2.3.3 Programas integrados de desenvolvimento rural do início dos anos 1980**

O fracasso dos projetos de fazendas de gado, que se tornou óbvio no final dos anos 1970, deu grande impulso a novas idéias de colonização agrícola por pequenos agricultores. O Programa Polonoroeste em Rondônia e no noroeste de Mato Grosso, financiado pelo Banco Mundial, criou um novo conceito para um desenvolvimento integrado orientado para a pobreza nas áreas rurais de zona pioneira, baseada em três premissas:

- Classes rurais de nível social mais baixo como grupos alvo;
- Desenvolvimento de estratégias para a satisfação de necessidades básicas; e
- Incentivo para métodos participativos.

Uma enorme onda espontânea de migração, das áreas rurais socialmente degradada do sul e do sudeste, mas também da esfera de conflitos urbanos, foi atraída pela distribuição de terras nos projetos de colonização, que rapidamente se esgotaram. Isto causou, num processo contínuo, enorme aumento do número de terras apossadas e assentamentos descontrolados em áreas com capacidade agrícola muito limitada. Vastas áreas florestais foram devastadas e, em muitos casos, assentados foram expulsos por grileiros e por fazendeiros de gado. As deficiências e problemas aumentaram no Programa Polonoroeste, anunciado anteriormente com tanto otimismo.

### 2.3.4 Mega-programas e projetos dos anos 1980

Ao mesmo tempo em que participação foi propagada em desenvolvimento rural integrado como novo modelo em Rondônia, mega-projetos foram realizados no leste da Amazônia Legal. As informações para a população regional atingida por tais projetos foram insuficientes e tardias. As decisões eram tomadas sem qualquer coordenação com as respectivas autoridades regionais ou locais (VALVERDE, 1989). Nem mesmo a autoridade executiva encarregada do desenvolvimento regional na Amazônia, a SUDAM, participou das negociações do maior programa de desenvolvimento regional “Grande Carajás” (PGC). Este programa cobriu uma área de quase 900.000 km<sup>2</sup> ao leste da Amazônia, nos estados do Pará e do Maranhão (KOHLHEPP, 1987b). O programa estava em funcionamento desde 1980 e demonstrou forte dependência das condições do mercado mundial. O objetivo do PGC foi estabelecer uma série de projetos de infra-estrutura, mineração e indústria na base da mais importante jazida de minerais na Serra dos Carajás, especialmente o minério de ferro.

Enquanto a extração de minério de ferro, no coração do PGC, ocupava somente área limitada, totalmente cercada e bem organizada pela, na época ainda estatal, Companhia Vale do Rio Doce, os projetos associados e a migração espontânea e descontrolada para a região de planejamento levaram a uma situação um tanto caótica. A construção de estradas, a ferrovia da mineração Carajás, o novo porto Ponta da Madeira, perto de São Luís, a construção da mega-usina elétrica de Tucuruí (4.000 mW, contendo a água do Tocantins, rio acima, formando um reservatório de 2.430 km<sup>2</sup>), a larga rede de sistemas de transmissão e os gigantes fundidores de alumínio em Barcarena, perto de Belém e em São Luís, contribuíram para a sobreposição de novas estruturas espaciais e um novo surto de devastação das florestas, associada à produção de carvão vegetal, fazendo aumentar as disparidades socioeconômicas intra-regionais e a desintegração regional (HALL, 1989; VALVERDE, 1989).

Numerosos conflitos de interesse, a falta de respeito pelos limites das reservas indígenas, a insegurança com respeito a direitos legais e a continuada escalada da competição pelo uso da terra levaram a uma situação na qual a coexistência dos grupos sociais e seus objetivos econômicos ressaltaram a falha de objetivos comuns de desenvolvimento para a região Amazônica. O preço alto do crescimento econômico, juntamente com os mega-projetos, foi pago com a destruição da floresta tropical e a degradação ecológica e social (KOHLHEPP, 1991a, b).

A mudança nas estratégias de desenvolvimento para um conceito sadio do ponto de vista ambiental e social foi uma das diretrizes básicas da nova política regional para a Amazônia anunciada pelo recém-criado Ministério do Meio Ambiente (MMA/SCA, 1995), após a desordem social e ecológica ter prevalecido em alguns setores dessa região nas últimas três décadas.

### **2.3.5 O Programa Piloto: uma nova iniciativa do desenvolvimento regional sustentável**

Como consequência da preocupação internacional com a destruição das florestas tropicais, criou-se o Programa Piloto Internacional para Conservação das Florestas Tropicais Brasileiras (PPG-7), por iniciativa alemã, na reunião de cúpula dos países do G-7 em Houston, em julho de 1990 (KOHLHEPP, 1995). A proposta do G-7 de apoiar financeiramente a reorganização dos modelos de desenvolvimento regional para a Amazônia foi aceita pelas autoridades brasileiras.

O programa consistiu em um conjunto de projetos que deveriam contribuir para o uso sustentável dos recursos naturais e para uma substancial redução da taxa de desflorestamento.

O PPG-7 poderia ajudar a preservar a biodiversidade e os imensos recursos genéticos, bem como reduzir as emissões de CO<sup>2</sup> no Brasil, ao diminuir a taxa de desmatamento.

O programa seguiu quatro linhas principais de ação (KOHLHEPP, 2001b):

a) Experimentação e demonstração: para promover a experiência prática das comunidades locais em preservação da natureza, desenvolvimento sustentável e iniciativas de educação ambiental. Isso foi feito por meios de projetos de demonstração, de manejo dos recursos da floresta e das várzeas (JUNK, 2000) e de projetos e cursos de treinamento na prevenção de incêndios (NEPSTAD, 1999).

O objetivo era testar e disseminar iniciativas de conservação e desenvolvimento, em pequena escala, baseadas na comunidade local, que sejam sadias do ponto de vista ambiental, econômico e social, e que tragam benefícios diretos para a população que vive na floresta tropical.

b) Conservação: com o objetivo de melhorar o manejo de áreas protegidas, tais como parques, reservas naturais e reservas extrativistas (CLÜSENER-GODT; SACHS, 1994), florestas nacionais e terras indígenas.

A demarcação e o registro de reservas indígenas era uma das tarefas mais urgentes, porém mais controvertida, do ponto de vista político (KASBURG; GRAMKOW, 1999). Na

medida em que a integridade espacial, física e cultural dos grupos indígenas é ameaçada, suas terras devem ser protegidas (KOHLHEPP, 1998a). Os povos indígenas usam há muito tempo os ecossistemas da floresta tropical sem provocar degradação ambiental. Seu conhecimento especializado dos recursos naturais (POSEY, 2000) era considerado fundamental para o uso sustentável e a gestão dos recursos florestais.

c) Fortalecimento institucional: oferecer suporte técnico aos nove governos estaduais da região amazônica e suas instituições públicas, no âmbito da implementação de políticas ambientais sadias em cooperação com o setor privado e a sociedade civil, dentro do marco da descentralização ambiental e da capacitação a ela relacionada. Esse fortalecimento tem o apoio do complexo Projeto de Política de Recursos Naturais (KOHLHEPP, 2001a), que compreende o zoneamento do uso da terra como instrumento político para a gestão fundiária (MAHAR; DUCROT, 1998; MAHAR, 2000; AB'SABER, 1989).

d) Pesquisas científicas: têm o objetivo de melhorar o conhecimento científico sobre os ecossistemas da Amazônia e o uso e gestão sustentável de seus recursos. Um de seus componentes, o projeto de Centros de Ciência, apóia a modernização de duas instituições bem conhecidas, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em Manaus, e o Museu Paraense Emílio Goeldi, em Belém, com o objetivo de aprimorar a base de pesquisa regional e ajudar a recrutar e manter pesquisadores de alto nível. O componente de “pesquisa dirigida” permite que cientistas altamente qualificados solicitem financiamentos de projetos com prioridade específica de pesquisa.

O Programa Piloto foi uma iniciativa extremamente complexa e sua natureza experimental dá um estímulo exemplar ao processo de aprendizagem de desenvolvimento sustentável no nível dos atores internacionais, nacionais, regionais e locais (BECKER, 2001a). Financiado por países doadores, o principal foi a Alemanha, responsável por 45% dos recursos totais, o Programa Piloto, apesar de todas as deficiências e obstáculos conceituais, organizacionais e de implementação, foi o exemplo mais bem-sucedido de um programa de cooperação ambiental internacional (KOHLHEPP, 2001a). É um desafio para o governo brasileiro provar que o compromisso com um novo modelo de desenvolvimento regional sustentável pode ser executado na região amazônica.

Entre os problemas e inúmeros conflitos de interesses na Amazônia, somente os seguintes são mencionados:

a) Aumento da população e da urbanização: O Programa Piloto cobre a região de planejamento da Amazônia legal, que na época tinha cerca de 20 milhões de habitantes, com

cerca de dois terços dessa população vivendo em assentamentos urbanos. Desse ponto de vista, a Amazônia é uma “floresta urbanizada” (BECKER, 1995) com “cidades da floresta tropical” (BROWDER; GODFREY, 1997).

b) Desmatamento: a cada ano cresce a área de floresta afetada pelas atividades humanas devido aos incêndios de superfície que fogem do controle e se expandem para a floresta primária manejada. Estes podem destruir de 10% a 80% da biomassa da superfície, mas dificilmente são detectados por imagens de satélite.

c) Atividades madeireiras: A exportação de madeira da Amazônia para os mercados externos respondeu por apenas 14,4% do volume total, enquanto que 56,1% do consumo de madeira amazônica se concentraram no sudeste e no sul do Brasil. A contribuição da Amazônia para a produção total de madeira do Brasil aumentou rapidamente de 14% para 85% em duas décadas. Em 1997, a produção de madeira em toras na região amazônica chegou a 28 milhões de m<sup>3</sup>, dos quais 75% foram extraídos no Pará e no Mato Grosso (SMERALDI; VERÍSSIMO, 1999). Com a destruição das florestas do sudeste asiático, a Amazônia é vista pelas empresas transnacionais como a principal fonte de madeiras tropicais no futuro (COTTON; ROMINE, 1999).

A extração de madeira se espalha para grandes áreas da região amazônica sem nenhuma regulamentação, é necessário organizar o zoneamento dessa atividade conforme critérios ecológicos e a proteção de áreas específicas contra a extração devem ser rigorosamente controlados (VERÍSSIMO, 1998).

### **2.3.6 O mega-programa Avança Brasil**

Desde a implementação do Programa Piloto para Conservação das Florestas Tropicais Brasileiras (PPG-7), na primeira metade dos anos 1990, as atividades estatais na região amazônica se desenvolveram de modo desigual. De um lado, os objetivos do governo para os anos seguintes se concentraram na melhoria da infra-estrutura, no fomento ao crescimento econômico regional e no fortalecimento da integração ao mercado. Por outro lado, devido ao PPG-7, houve o compromisso de realizar o desenvolvimento sustentável e a proteção do espaço vital da população local e regional, bem como do ambiente, como um objetivo da política regional.

Como medida para melhorar o planejamento de infra-estrutura, o governo brasileiro recomendou um grande estudo de regiões de desenvolvimento nacional integrado, identificando e avaliando centenas de projetos que demonstram um potencial para acelerar o desenvolvimento econômico nos próximos anos (MPBM, 1999). Muitos desses projetos de infra-estrutura ofereceram oportunidades de investimentos a empresas privadas via privatização, *joint ventures* e outras formas de participação. Os projetos foram avaliados em grupos, a fim de identificar sinergias potenciais, e analisados dentro do contexto de nove regiões principais de desenvolvimento, os denominados “eixos nacionais de integração e desenvolvimento”. Essas regiões têm uma certa identidade, uma “vocação econ mica” distinta, e fazem parte de uma visão geoestratégica de longo prazo do desenvolvimento nacional.

O governo brasileiro planejou realizar investimentos de grande escala (US\$ 40 bilhões) em projetos de desenvolvimento, especialmente na região amazônica, por meio do programa Avança Brasil.

Quanto   região amazônica, há quatro pacotes de projetos (MPBM, 1999):

- Integração internacional do norte;
- Logística na região do Madeira-Amazonas;
- Logística no Brasil central; e
- Geração de energia hidrelétrica e linhas de transmissão.

Os dois estados mais ao norte, Roraima e Amapá, agora estão ligados aos países vizinhos por estradas pavimentadas, fato que desenha o mapa para um novo cenário geopolítico. Pode-se ir de Caracas a Manaus de caminhão. Além de um considerável contrabando de madeira para a Venezuela, espera-se que haja um crescimento do comércio regional, uma vez que a Zona Franca de Manaus é uma grande produtora de produtos eletr nicos domésticos.

Apesar do controle militar dessa região fronteiraca do norte, o trfico de drogas, ubíquo na Amazônia, será iminente também nos portos e aeroportos do Caribe e do Atlântico (Machado, 1996). A linha de transmissão (230 kV) de 700 km de Gur, na Venezuela, a Boa Vista, foi concluída em 2000.

O principal objetivo do planejamento infra-estrutural nesse grupo de projetos era possibilitar o transporte da produção agrícola, por meio da conexão dos sistemas de transporte fluviais e rodoviários. A via navegável do rio Madeira, capaz de operar com chatas o ano

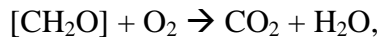
inteiro, foi melhorada com custos muito baixos e está ganhando importância no transporte, principalmente de soja, por chatas de reboque de até 6.000 toneladas, que descem o rio até Itacoatiara, a leste de Manaus. Esse novo terminal no rio Amazonas possibilitou o transporte de soja para o mercado europeu por cargueiros de até 80.000 toneladas brutas, reduzindo consideravelmente o tempo e os custos de transporte em relação aos portos graneleiros de Paranaguá e Santos, distantes até 2.000 km por rodovia.

Ao lado da melhoria da BR-364 (Cuiabá-Porto Velho) e de parte da BR-163 (Cuiabá-Alta Floresta/MT), o transporte fluvial da produção da área de plantação de soja e pecuária em expansão rápida do Mato Grosso concentra-se cada vez mais ao norte (KOHLHEPP e BLUMENSCHNEIN, 2000). Em 2002, a produção de soja no Brasil central esteve estimada em 6,5 milhões de toneladas, a de milho em 1,4 milhão de toneladas e a pecuária em 18 milhões de cabeças. À medida que a expansão agrícola no Planalto Central cresceu, foi preciso melhorar a infra-estrutura de transporte para os principais mercados nacionais e portos marítimos.

Os principais projetos na parte norte do Brasil central foram os de construção de usinas hidroelétricas no rio Tocantins e o da linha de transmissão de 1.300 km de extensão, ligando o sistema hidroelétrico do norte, inclusive a ampliação de Tucuruí e a instalação de eclusas, e o sistema da região centro-oeste, com uma conexão de rede de energia de 500 kV. Diversas usinas hidroelétricas equipadas com eclusas estão em construção ou sendo planejadas ao longo do rio Tocantins (KOHLHEPP, 1998b), dando capacidade adicional de 5.000 MW ao desenvolvimento regional do estado de Tocantins, criado em 1988, e que está se transformando em um novo “Eldorado” das atividades agrícolas. A privatização em andamento do setor de eletricidade oferecerá a construção de novas usinas aos investimentos privados em concessões de longo prazo. Deve-se enfatizar que os trabalhos de construção das vias fluviais planejadas, Araguaia-Tocantins e Teles Pires-Tapajós, tiveram de ser suspensos pelo IBAMA devido ao alto risco ambiental, às irregularidades nos estudos apresentados pelo Ministério dos Transportes (CARVALHO, 1999) e a vários defeitos no relatório de impacto ambiental (FEARNSIDE, 2001). O conflito oficial com esses projetos foi acompanhado de amplos protestos de grupos indígenas afetados.

## 2.4 QUEIMADAS

Uma queimada é um processo de queima de biomassa, que pode ocorrer por razões naturais ou por iniciativa humana. A queima de matéria orgânica produz primariamente água e dióxido de carbono, de acordo com a seguinte reação química:



onde o elemento  $[\text{CH}_2\text{O}]$  representa a composição média da biomassa.

Além destes elementos, também são produzidas outras substâncias químicas, tais como monóxido de carbono (CO), óxidos nitroso e nítrico ( $\text{NO}_x$ ), hidrocarbonetos (HC), e partículas de aerossóis (ANDREAE, 1991), os quais são incorporados à atmosfera, sendo a ela misturados.

De acordo com Andreae (1991), a maior parte das queimadas ocorre nos países tropicais em desenvolvimento. Sendo estes, responsáveis por 87% das emissões globais produzidas por queimadas, estimadas em 3.940 Tg[C]/ano (1Tg = 1.000 ton). Durante a estação seca nas regiões Amazônica e Brasil Central, compreendida entre os meses de julho a outubro ocorrem, em grande quantidade, queimadas antropogênicas em áreas de Cerrado e de Floresta Tropical (COUTINHO et al., 2002). A concentração de material particulado inalável e gases traços, medidos ao nível da superfície na região tropical do Brasil, apresentam forte sazonalidade, com máximos durante o período seco do ano.

As emissões de queimadas possuem vários efeitos importantes no equilíbrio climático e biogeoquímico do planeta. Além do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), as emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ) e  $\text{NO}_x$ , também contribuem para aumentar o efeito estufa, que é um fenômeno natural responsável pelo aquecimento do planeta, sem ele seria impossível haver condições propícias a vida na terra.

No caso do  $\text{CO}_2$ , a emissão durante a queimada pode ser reincorporada à vegetação no seu restabelecimento no ciclo anual, porém em situação de desflorestamento, isto pode não ocorrer, pois a recomposição da floresta nativa, se houver, toma um longo tempo (da ordem de várias décadas), provocando uma emissão líquida à atmosfera.

As partículas de aerossol emitidas pelas queimadas, com um tempo de residência na atmosfera da ordem de uma semana (KAUFMAN, 1995), durante a estação seca, compõem uma espessa camada de fumaça sobre as regiões Norte e Centro Oeste do Brasil.

As altas temperaturas envolvidas na fase de chamas da combustão e a ocorrência de circulações associadas às nuvens devidas, por exemplo, à entrada de frentes frias provenientes

da região sul do Brasil favorece o movimento convectivo e podem ser responsáveis pela elevação destes poluentes até a troposfera, onde podem ser transportados para regiões distantes das fontes emissoras.

Este transporte resulta em uma distribuição espacial de fumaça sobre uma extensa área, ao redor de 4-5 milhões de km<sup>2</sup> (figura 1), em muito superior à área onde estão concentradas as queimadas. Notam-se os principais corredores de exportação continental de fumaça, um mais ao norte e para o Oceano Pacífico, o outro para o sudeste em direção ao Oceano Atlântico e uma exportação direta para o sul em direção à Argentina. Os efeitos destas emissões excedem, portanto, a escala local e afetam regionalmente toda a composição e propriedades físicas e químicas da atmosfera na América do Sul.

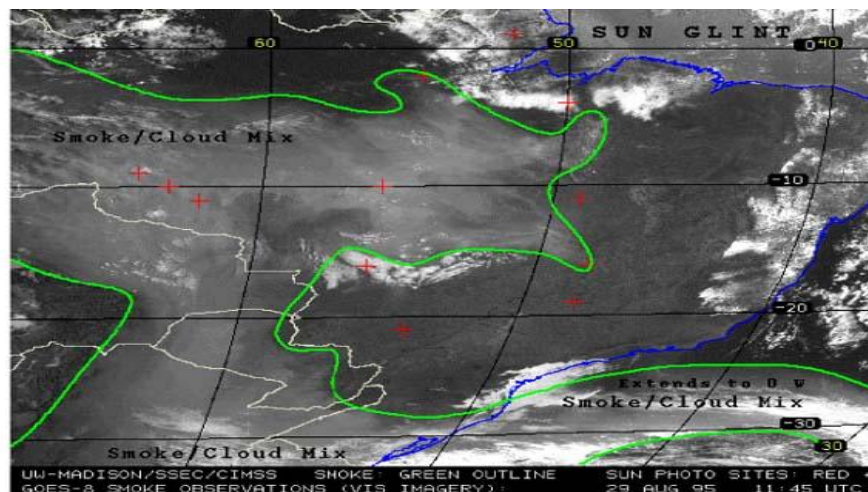


Figura 1: Imagens do satélite GOES-8, no canal visível, do dia 29/Ago/1995 às 11:45 UTC, mostrando fumaça sobre a América do Sul. A linha de contorno verde identifica a cobertura de fumaça. Extraído de Freitas 2005.

A queimada é muito utilizada como a maneira mais barata no desmatamento, na limpeza de áreas de agropecuária e no “aumento a fertilidade do solo” em curto prazo de tempo. Muitas vezes este fogo foge do controle e acabam invadindo, acidentalmente, áreas de floresta explorada pela atividade madeireira, plantações agrícolas e pastagem (NEPSTAD et al., 1999).

Após os incêndios transcontinentais nas ilhas polinésias na década passada, estudos epidemiológicos sobre poluentes atmosféricos originários de queima de biomassa começaram a ser desenvolvidos. A preocupação mundial com as mudanças climáticas globais e os extensos desmatamentos de florestas naturais têm despertado cada vez mais interesse nas queimadas e seus impactos socioambientais no continente sul-americano.

No Brasil, a Amazônia Legal concentra mais de 85% das queimadas que ocorrem, principalmente, no “Arco do Desmatamento”, que possui 3.000 km de extensão e mais de 300 km de largura, e se estende desde o Acre até o Maranhão. Entre agosto e dezembro de 2007 foram desmatados 3.235 km<sup>2</sup> nesta região, sendo 53% deste total apenas em Mato Grosso, estado que apresenta os maiores índices de desmatamentos e, conseqüentemente, de queimadas.

#### **2.4.1 Detecção e caracterização de queimadas via sensoriamento remoto**

A extensão espacial da ocorrência de queimadas em áreas tropicais e subtropicais da América do Sul torna o sensoriamento remoto por satélites a mais viável forma de monitoramento destes eventos. Detecção de focos de queimadas na região de cerrado e floresta tropical no Brasil, usando o radiômetro AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*), com resolução aproximada 1,1 km x 1,1 km no nadir e a bordo da série de satélites NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), foi desenvolvida por Pereira (1988). Setzer e Pereira (1991) implantaram a técnica de forma operacional no INPE ([www.cptec.inpe.br/queimadas](http://www.cptec.inpe.br/queimadas)), São José dos Campos.

Pesquisas realizadas por Radojevic e Hassan (1999) em Brunei Darussalam, nas ilhas Bornéo, indicam alguns dos efeitos que as queimadas de florestas desencadeiam na região com por exemplo: drástica redução da visibilidade, fechamento de aeroportos e escolas, aumenta de acidentes de tráfego, destruição da biota pelo fogo, aumento na incidência de doenças, diminuição da produtividade dos solos, restrição das atividades de lazer e de trabalho, efeitos psicológicos e custos econômicos (destruição do patrimônio público e privado). Dentre os sintomas e doenças observados relatam infecções do sistema respiratório superior, asma, conjuntivite, bronquite, irritação dos olhos e garganta, tosse, falta de ar, nariz entupido, vermelhidão e alergia na pele, e desordens cardiovasculares (RADOJEVIC, 1998).

Com o fenômeno das queimadas ocorre intensa produção de poluentes atmosféricos, entre os quais o material particulado (figura 2) com diâmetros igual ou menor de 2,5 µm (PM<sub>2.5</sub>), também chamado de particulado fino, e o material particulado grosso com partículas menores que 10 µm (PM<sub>10</sub>) são considerados mais danosos à saúde humana. Estudos mais recentes destacam o importante papel do PM<sub>2.5</sub> como fatores de risco para doenças respiratórias.

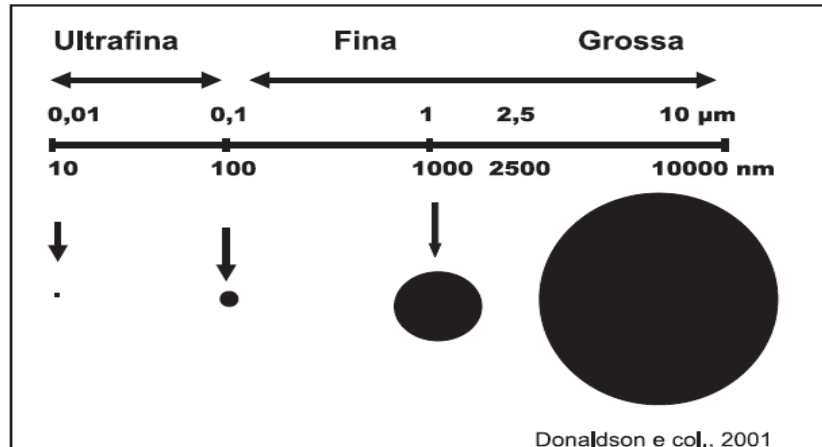


Figura 2: Classificação de Partículas grossa, fina e ultrafina, conforme seu diâmetro. Extraído de Arbex, 2004.

Os grupos mais suscetíveis aos efeitos deletérios da poluição atmosférica são crianças, idosos e indivíduos com doenças do aparelho respiratório e cardiovascular. Quanto maior a proximidade da queimada, geralmente é maior o seu efeito à saúde. Mas a direção e a intensidade das correntes aéreas têm muita influência sobre a dispersão dos poluentes atmosféricos e sobre as áreas afetadas pela pluma oriunda do fogo. Se os ventos predominantes dirigirem-se para áreas urbanas ou áreas densamente povoadas, um número maior de pessoas estarão sujeitas aos efeitos dos contaminantes aéreos. É o caso do Sudeste Asiático, onde queimadas provocam névoa de poluentes de extensão regional com impactos à saúde de centenas de milhões de pessoas. Estimativas revelam que a quantidade anual de material particulado liberado na atmosfera por causa de queimadas nos trópicos está em torno de 36 a 154 Tg. Diferentemente do que é observado em ambientes urbanos, em que a poluição atmosférica é caracterizada por uma exposição crônica, no caso das queimadas na Amazônia brasileira há uma exposição de elevada magnitude por um período médio anual de 3 a 5 meses, os quais são associados a baixos índices pluviométricos, impedindo a limpeza da atmosfera pelas águas da chuva. Nesse período, as concentrações de material particulado menor de 10 µm oriundo da queima de biomassa chegam a 400 µg/m<sup>3</sup>.

Dentre os diversos poluentes liberados na queima de biomassa na Amazônia, o material particulado é o poluente que tem sido mais estudado, através do Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA). As partículas finas têm um tempo de residência na atmosfera maior do que as partículas grossas e podem ser transportadas por grandes distâncias, o que aumenta a sua capacidade de dispersão e, conseqüentemente, o seu impacto sobre os indivíduos. Elas se depositam nos brônquios terminais e nos alvéolos, agravando problemas respiratórios e podendo causar mortes prematuras. Em áreas remotas na

Amazônia, o atendimento prestado em ambulatórios muitas vezes substitui os hospitais e serviços de emergência. Portanto, esses atendimentos podem representar com fidelidade os efeitos da poluição do ar na saúde humana.

## 2.5 POLUENTES E RISCOS À SAÚDE PÚBLICA

O efeito agudo à saúde da população em geral fica restrito àquelas pessoas mais próximas à área da queimada, em especial as que estejam atuando no seu combate. O efeito pode ir de intoxicação até a morte por asfixia, pela redução da concentração de oxigênio em níveis críticos e pela elevação no nível de monóxido de carbono, que compete com o oxigênio na sua ligação com a hemoglobina.

A avaliação dos efeitos da poluição causada pela queima de biomassa à saúde humana pode envolver diversos profissionais: médicos clínicos para verificar a saúde dos indivíduos expostos, toxicólogos para definir os danos causados pelo poluente, epidemiólogos e geógrafos ligados à medicina para identificar os efeitos sobre grupos expostos. No entanto, como já afirmado em item anterior, estudos nessa área são escassos.

A literatura especializada indica que os principais efeitos à saúde humana da poluição atmosférica são problemas oftálmicos, doenças dermatológicas, gastro-intestinais, cardiovasculares e pulmonares, além de alguns tipos de câncer.

Efeitos sobre o sistema nervoso também podem ocorrer após exposição a altos níveis de monóxido de carbono no ar. Além disso, efeitos indiretos podem ser apontados em decorrência de alterações climáticas provocadas pela poluição do ar. Um aumento na temperatura do ar tem impactos na distribuição da flora e da fauna e, conseqüentemente, influencia a distribuição de doenças transmitidas por vetores.

## 2.6 PRINCIPAIS EFEITOS NA SAÚDE HUMANA DOS POLUENTES EMITIDOS POR QUEIMA DE BIOMASSA

### 2.6.1 Efeitos à saúde do material particulado

Dependendo da origem, da composição química e do tamanho da partícula, o efeito do material particulado é diferente. As partículas maiores (5 a 30 $\mu$ m de diâmetro) depositam-se, pelo impacto da turbulência do ar, no nariz, na boca, na faringe e na traquéia. Partículas de 1 a

5µm, geralmente depositam-se por sedimentação na traquéia, nos brônquios e nos bronquíolos. Partículas com menos de 1 µm de diâmetro, em geral depositam-se por difusão nos pequenos bronquíolos e alvéolos (WHO, 1979).

A meia-vida biológica das partículas varia de alguns dias a vários anos, dependendo de sua composição. Partículas solúveis podem se dissolver no catarro e, neste caso, serão provavelmente eliminadas por expectoração ou engolidas e removidas pelo sistema digestivo. Nos alvéolos elas podem se dispersar nos sistemas linfático ou sangüíneo e ser removidas dos pulmões. A remoção de partículas insolúveis não é bem conhecida.

Dentre os efeitos detectados em inúmeras pesquisas realizadas por variadas metodologias, em diferentes locais e países sobre concentrações de material particulado inalável (PM<sub>10</sub>) acima das recomendações, encontrou-se aumento de sintomas cardio-respiratórios em crianças, aumento de doenças respiratórias em crianças, diminuição da função pulmonar em crianças, aumento da mortalidade em pacientes com doenças cardiovasculares e/ou pulmonares, aumento e piora dos ataques de asma em asmáticos, aumento de casos de câncer devido a efeitos de partículas cuja composição química contém componentes carcinogênicos (*Commitee of the Environmental*, 1996).

Um dos raros estudos procedidos no Brasil para se avaliar efeitos na saúde respiratória de queimadas foi realizado na cidade de Araraquara e visou verificar impactos da queima da cana-de-açúcar antes da colheita. No Brasil, o corte da cana-de-açúcar geralmente é feito à mão, e antes de ser cortada toda a plantação é incendiada. A fumaça representa um risco aos motoristas nas estradas e um incômodo aos moradores das cidades vizinhas.

Araraquara, com 173.000 habitantes, foi escolhida para sediar uma pesquisa epidemiológica por ser cercada de imensas plantações de cana-de-açúcar. No período de 1º de junho a 31 de agosto, quatro recipientes com 177 cm<sup>2</sup> de área foram colocados em pares em pontos estratégicos da cidade (um par no centro, outro na periferia) para coletar partículas, considerando-as como uma estimativa das partículas de fumaça depositadas em Araraquara. Esses dados foram comparados com o número de visitas hospitalares e de pacientes que necessitaram de inalação em um dos principais hospitais da cidade. A associação entre o peso do sedimento e o número de visitas foi avaliada por um modelo de regressão, controlado para sazonalidade, temperatura, dia da semana e chuva. Os pesquisadores encontraram uma significativa relação dose-dependente entre o número de visitas e a quantidade de sedimentos. O risco relativo de visita associado com um aumento de 10 mg de peso de sedimento foi de 1,09 % (1-1,19) e o risco relativo de necessidade de inalação foi de 1,20 % (1,03-1,39) nos

dias mais poluídos. Os resultados levaram a concluir que a queima de cana pode ter efeitos deletérios à saúde da população exposta (ARBEX et al., 2000).

### **2.6.2 Efeitos na saúde do monóxido de carbono**

O monóxido de carbono (CO) é um gás tóxico, sem cor e sem odor, que resulta da combustão incompleta do carbono em combustíveis, em incêndios, ou em queima de lenha em fogões ou lareiras. Como já mencionado, o envenenamento por CO é uma das causas mais frequentes das mortes ocorridas durante incêndios florestais e os afetados principais são aqueles combatentes do fogo. Além disso, pesquisas realizadas em moradias que usam fogão a lenha para preparar as refeições registraram níveis elevados de monóxido de carbono, tanto interna quanto externamente em aglomerados de maior densidade populacional (NAEHER et al., 2000).

O CO combina-se preferencialmente com a hemoglobina para produzir carboxihemoglobina (COHb), deslocando e reduzindo o oxigênio (O<sub>2</sub>) sistêmico arterial. Consequentemente, concentrações relativamente pequenas no ambiente podem causar concentrações tóxicas no sangue humano, resultando em uma molécula de hemoglobina mal equipada para liberar oxigênio aos tecidos. A menor liberação de oxigênio é detectada pelo sistema nervoso central, que estimula os esforços ventilatórios e acelera a respiração, por sua vez aumentando a inalação de monóxido de carbono e elevando os níveis de carboxihemoglobina (VARON et al., 1999).

Uma redução no nível de oxigênio nos tecidos, causada por COHb, pode ter relevantes efeitos adversos à saúde. Pequenos aumentos de carboxihemoglobina em pacientes com doenças isquêmicas do coração causam diminuição de tolerância a exercícios. Além disso, uma associação entre aumento de doenças cardiovasculares e níveis elevados de CO no ambiente foi detectada (*Committee of the Environmental*, 1996).

Em níveis mais baixos, acima de 10% de COHb no sangue, a poluição por monóxido de carbono pode causar dores de cabeça, náuseas e tonturas, alterar a percepção visual e a habilidade para realizar tarefas. Além disso, concentrações mais altas de monóxido de carbono podem afetar o desenvolvimento do feto, uma vez que a hemoglobina do feto se combina mais rapidamente com o monóxido de carbono, razão pela qual, às vezes, ocorre sua morte, enquanto a exposição não é fatal à mãe (VARON et al., 1999).

Queimadas controladas no norte da Califórnia e no Parque de *Yellowstone* indicaram o risco potencial do monóxido de carbono à saúde dos bombeiros, em que pesem as exposições mais altas não terem atingido os limites máximos recomendados para CO que é de 200 ppm. No entanto, os pesquisadores responsáveis informaram que as queimadas estudadas foram fracas e os bombeiros envolvidos relataram que os níveis de fumaça foram baixos e de curta duração, quando comparados com a média (REINHART et al., 1995).

Pesquisa realizada em 1992 (MATERNA et al., 1992) detectou exposições elevadas de equipes de combate a incêndios na Califórnia. Reinhardt et al., (1995) concluíram que exposição prolongada à fumaça de queimadas poderia levar a doses inaladas de CO acima daquelas máximas recomendadas (Padrões nacionais de qualidade do ar para monóxido de carbono: primário e secundário 40.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ou 35 ppm para uma hora; 10.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ou 9 ppm para oito horas, ambos não devendo ser excedidos mais que uma vez ao ano).

Considerando-se que episódios semelhantes ocorrem no Brasil, pode-se inferir que nas áreas rurais onde ocorrem queimadas e nos centros urbanos próximos a ultrapassagem dos padrões de monóxido de carbono no ar seja um fator recorrente no inverno e afete de forma crônica a população em geral e não só os combatentes de incêndios, que sofreriam de forma aguda os efeitos mais graves.

## 2.7 POLUIÇÃO DO AR E RISCOS DE NEOPLASIAS

Um aspecto muito importante relacionado às emissões de queimadas é seu efeito em longo prazo, com aumento do risco de neoplasias pela presença de substâncias cancerígenas ou suspeitas de ação cancerígena, como as dioxinas, furanos e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Esses compostos podem estar presentes tanto no material particulado quanto na fase gasosa. O material particulado resultante da combustão incompleta, como a que ocorre nas queimadas, é reconhecidamente cancerígeno em animais, com possível ação cancerígena também no homem.

As estimativas de  $\text{PM}_{2,5}$  e CO geradas pelo modelo CATT-BRAMS (*Coupled Aerosol And Tracer Transport Model Coupled to BRAMS*) foram cruciais para este estudo.

O presente estudo tem como objetivo estimar através do modelo numérico CATT-BRAMS a concentração e transporte de poluentes decorrido das queimadas, relacionando com possíveis agravos a saúde humana.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram necessárias simulações numéricas através do modelo BRAMS (*Brazilian Regional Atmospheric Modeling System*), em sua versão 4.2, o qual conta com um modelo acoplado que permite o prognóstico da evolução da dispersão de poluentes, sejam estes oriundos de queimadas, ou de origem industrial.

As simulações de emissão para o CO, PM<sub>2,5</sub> e fontes de emissão foram feitas pelo modelo numérico CATT-BRAMS em um período em 2010 (09/Nov a 16/Nov), tiveram como configurações de entrada duas grades, a primeira grade com resolução de 20 x 20 km, centrada em -5,0° de latitude e -48,0° de longitude, a segunda grade com resolução de 4 x 4 km, centrada em -3,0° de latitude e -48,0° de longitude, cobrindo o nordeste do Estado do Pará, mas para a melhor análise do transportes das partículas utilizou-se a primeira grade. O tempo total de integração do modelo foi de 192 horas (09/Nov/2010 às 00:00 UTC ao dia 16/Nov/2010 às 23:00 UTC), sendo que para cada hora uma imagem foi gerada.

Os dados necessários para a geração das imagens foram obtidos do CPTEC, assim também como as imagens dos focos de queimadas para os anos de 2009 e 2010 que servirão de análise neste trabalho. Os dados de órbitas foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para a execução do modelo foi necessário um executável do BRAMS e um arquivo de configuração RAMSIN (é o arquivo de controle do modelo, através dos quais diversos parâmetros podem ser ajustados). Através do RUNTYPE foi definido que o modelo seria executado pelo MAKEVFILE, que tem como objetivo analisar o conjunto de dados e criar os arquivos de inicialização de variáveis, e INITIAL essa opção define que essa rodada será a primeira da simulação. Nessa fase, presume-se que todas as variáveis atmosféricas já foram preparadas através da execução do MAKEVFILE. Além destes foi preciso fazer uma nova rodada através do HISTORY, devido à falta de energia elétrica, assim foi possível continuar a partir do ponto que a simulação anterior parou. A execução do modelo tem como objetivo, gerar arquivos de análise.

Em seguida é feito o pós-processamento. As configurações necessárias foram feitas no arquivo de controle ramspost.inp, onde estavam o conjunto de variáveis que serão extraídas dos arquivos de análise como CO, PM<sub>2,5</sub>, src e vento. Em seguida o próximo passo foi executar o ramspost, onde serão gerados os arquivos de análise para o período especificado.

### 3.1 DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo numérico usado nas simulações deste trabalho é o BRAMS, o qual foi baseado no *Regional Atmospheric Modeling System* (RAMS) com algumas funcionalidades novas e parametrizações especializadas para trópicos e sub-trópicos. RAMS é um modelo de previsão numérica desenvolvido para simular circulações atmosféricas com escalas variando da escala hemisférica até simulações de grandes turbilhões (LES, em inglês *Large Eddy Simulations*) da Camada Limite Planetária (CLP) (WALKO et al., 2000, [www.atmet.com](http://www.atmet.com)). O modelo é equipado com um esquema de aninhamento múltiplo que permite que as equações do modelo sejam solucionadas simultaneamente em qualquer número de grades computacionais com resoluções espaciais diferentes que interagem entre si. Também possui um complexo conjunto de módulos para simular processos como: transferência radiativa, troca de água, de calor e de momento entre a superfície e a atmosfera, transporte turbulento na camada limite planetária, e microfísica das nuvens. As condições iniciais podem ser definidas a partir de vários conjuntos de dados observacionais que podem ser combinados e processados com um pacote isentrópico (cuja a entropia do fluido no sistema permanece constante) mesoescala de análise de dados (TREMBACK, 1990). Para as condições de contorno, os esquemas 4DDA (Assimilação de Dados 4D) permitem que os campos atmosféricos sejam aproximados aos dados de grande escala. Pacotes do BRAMS utilizados nesse sistema incluem uma versão ensemble do esquema de convecção profunda e rasa baseado no formalismo de fluxo de massa (GRELL; DEVENYI, 2002) e dados de inicialização da umidade do solo (GEVAERD; FREITAS, 2006).

Algumas das seguintes parametrizações são usadas no modelo:

Os coeficientes de difusão horizontal são baseados na formulação de Smagorinsky (1963).

A difusão vertical é parametrizada conforme o esquema Mellor e Yamada (1974), que emprega um prognóstico da energia cinética turbulenta.

A troca de água, momento e energia entre a superfície e a atmosfera é simulada pelo modelo *Land Ecosystem Atmosphere Feedback* (LEAF-3), que representa o armazenamento e a troca vertical de água e energia em camadas múltiplas de solo, incluindo os efeitos do congelamento e derretimento do solo, água na superfície ou cobertura de neve temporária, vegetação e ar na copa das árvores (WALKO et al., 2000).

### 3.1.1 Coupled aerosol and tracer transport model coupled to BRAMS (CATT-BRAMS)

CATT-BRAMS explora a capacidade de transporte de traçadores do BRAMS de usar espaços reservados para escalares. O transporte simulado no modelo segue a técnica euleriana, solucionando a equação de conservação de massa para o CO e PM<sub>2.5</sub>, em que a razão de mistura,  $s$  ( $=\rho/\rho_{air}$ ), é calculada usando a equação de conservação de massa (usando a notação de tendências)

$$\frac{\partial \bar{s}}{\partial t} = \left( \frac{\partial \bar{s}}{\partial t} \right)_{adv} + \left( \frac{\partial \bar{s}}{\partial t} \right)_{PBL\ turb} + \left( \frac{\partial \bar{s}}{\partial t} \right)_{deep\ conv} + \left( \frac{\partial \bar{s}}{\partial t} \right)_{shallow\ conv} + W_{PM\ 2.5} + R + Q_{plume\ rise} \quad (eq. 1)$$

Fonte: Freitas et al., 2005.

em que adv, PBL turb e deep (shallow) conv significam a advecção na escala de grade, o transporte sub-grade na camada limite planetária (CLP) e o transporte sub-grade associado à convecção úmida e profunda (rasa, não-precipitante), respectivamente. A variável  $W$  representa o desentranhamento de PM<sub>2.5</sub>, sendo que  $R$  é um termo sumidouro associado com o processo genérico de desentranhamento/transformação de traçadores (deposição e sedimentação para PM<sub>2.5</sub> e transformação química para MC) e  $Q_{plume-rise}$  é a emissão associada ao processo de queima de biomassa, incluindo o mecanismo de subida da pluma.

A advecção, na escala de grade, é um esquema avançado de segunda ordem, a difusão horizontal é baseada na formulação de Smagorinsky e a difusão vertical é parametrizada segundo o esquema Mellor e Yamada (1974). O transporte sub-grade associado ao transporte profundo e raso é acoplado ao esquema de convecção de Grell. Para PM<sub>2.5</sub>, o esquema de transporte convectivo de traçador (substância química que se mistura com água) também é levado em consideração para o desentranhamento pela precipitação (dentro e por baixo das nuvens). A ascensão da pluma associada à queimada é incluída segundo o conceito de super-parametrização (FREITAS et al., 2006, 2007). Deposição seca e sedimentação seguem a formulação de resistência. A figura 3 mostra alguns processos de transportes de partículas de aerossóis simulados pelo CATT-BRAMS.

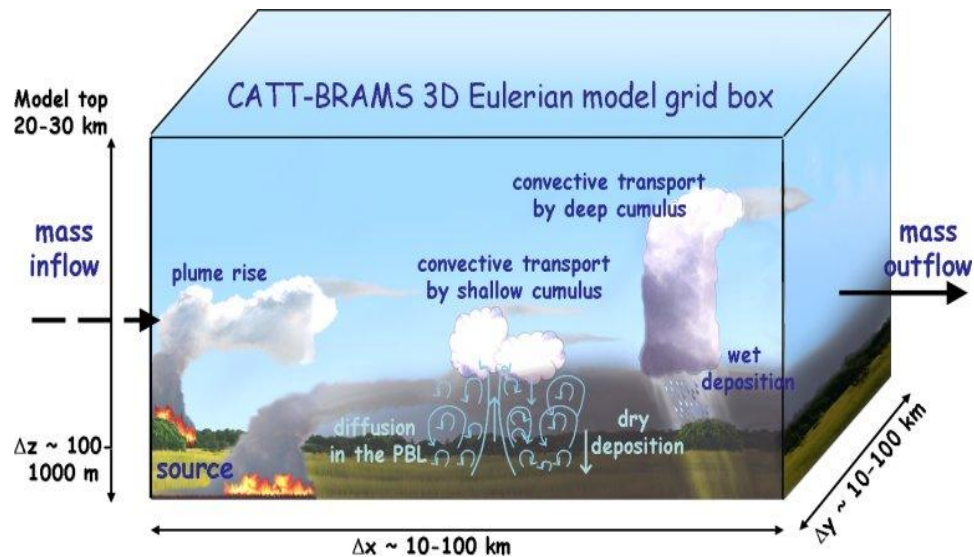


Figura 3: Alguns dos processos sub-grades envolvidos no transporte de gases e aerossóis e simulados pelo modelo CATT-BRAMS.

Fonte: Freitas *et al.*, 2005.

### 3.2 PARAMETRIZAÇÃO DE EMISSÃO DE FONTE

A parametrização da emissão de traçadores de queima da biomassa baseada no trabalho de Freitas (1999) foi implementada. A emissão da fonte de queima de biomassa (para CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub> e PM<sub>2.5</sub>) é baseada nos produtos de fogo GOES-12 WF\_ABBA (Prins *et al.*, (1998), <http://cimss.ssec.wisc.edu/goes/burn/abba.html>) GOES-12, AVHRR e nas observações de foco de incêndio do MODIS pelo CPTEC-INPE (<http://www.cptec.inpe.br/queimadas/>). Para cada fogo captado por sensoriamento remoto, a massa de traçadores emitidos é calculada (detalhes: emissão de fonte) e sua emissão do modelo segue um ciclo diurno de queima (taxa de emissão).

O tipo de vegetação que está queimando é obtido do mapa de vegetação de 1km do IGBP-INPE (<http://edcdaac.usgs.gov/glcc/glcc.html>) e (<http://www.cptec.inpe.br/proveg/>). As fontes são distribuídas espacialmente e temporalmente e assimiladas diariamente segundo os focos de queima de biomassa definidos pelas observações de satélite.

## 4 RESULTADOS

Primeiramente, antes de analisar as imagens de CO, PM<sub>2,5</sub> e Fonte de Emissão, observar-se o comportamento do vento para os dias em que as emissões de gases e partículas para a atmosfera foram mais expressivas.

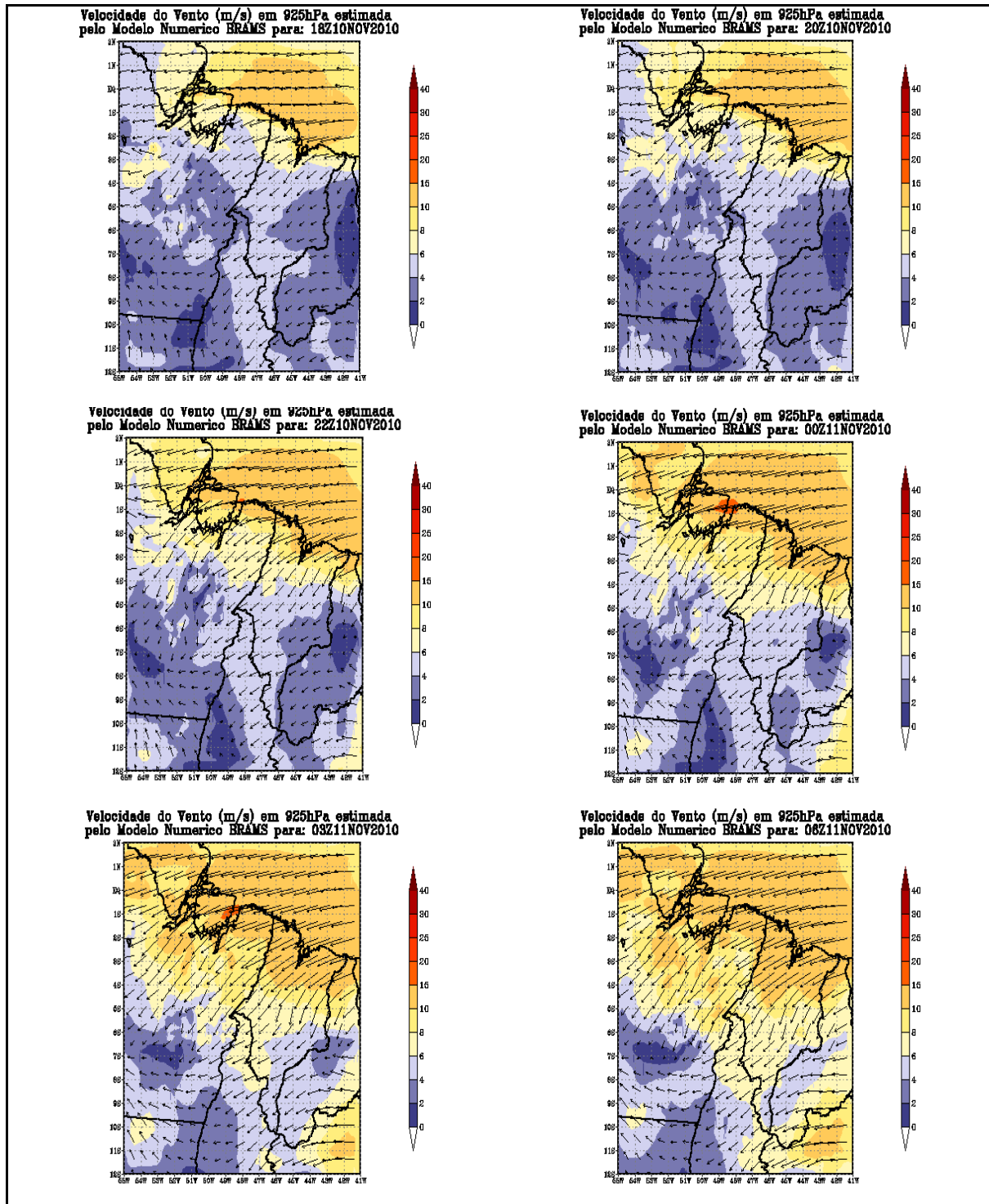


Figura 4: Velocidade e fluxo vento em hPa, para o nordeste do Pará.

Na figura 4 nota-se que o escoamento do vento ocorre no sentido leste-oeste, devido ao padrão da circulação da atmosférica. Estes são chamados de alísios, e ocorrem durante todo o ano nas regiões tropicais. Além do escoamento padrão, existem os sistemas de brisas, elas ocorrem porque a superfície terrestre aquece mais rapidamente pelo sol do que o oceano. Sobre o nordeste paraense observa-se que os fluxos dos ventos estão intensos, influenciando na dispersão dos poluentes para lugares distantes de sua fonte principal.

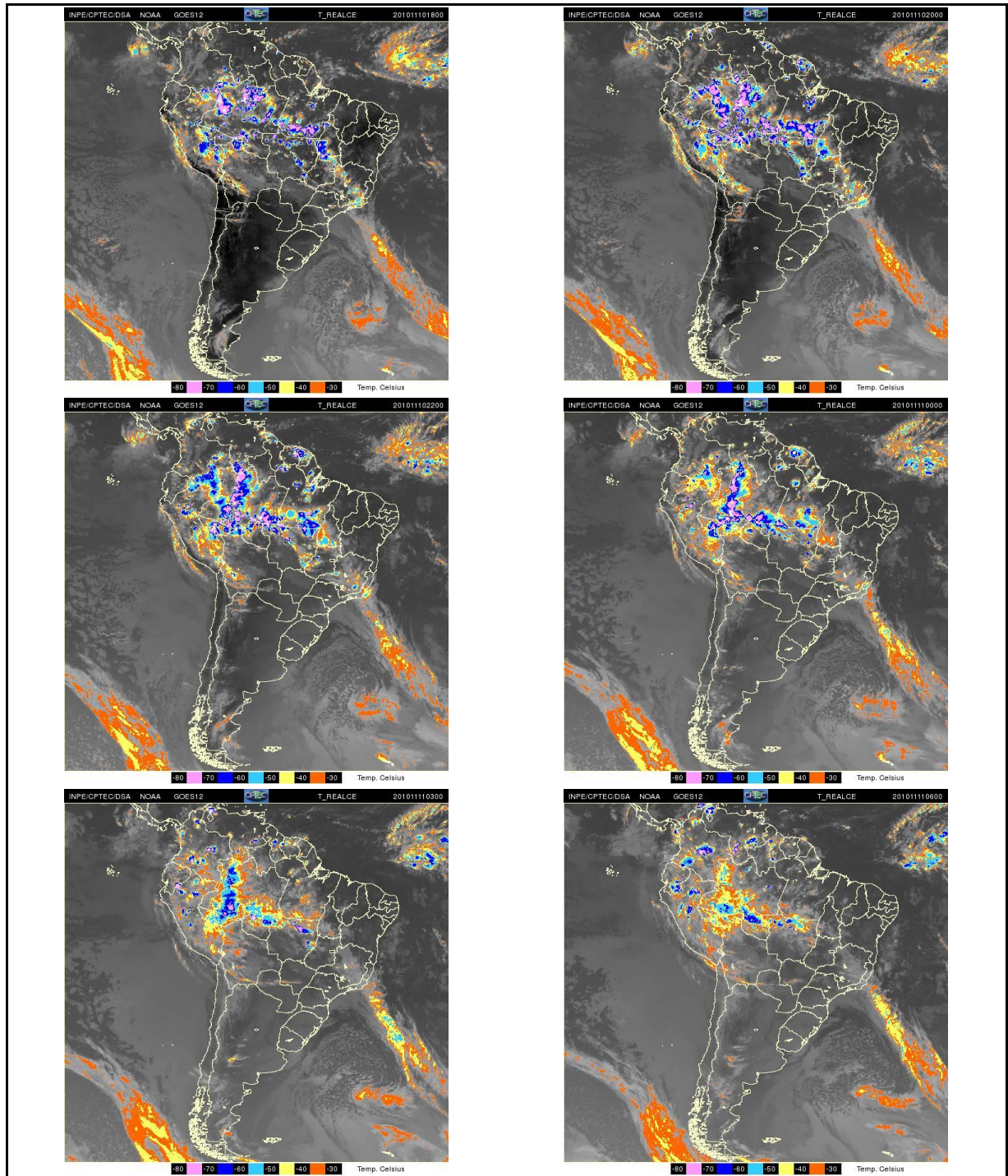


Figura 5: Imagens do canal infravermelho do satélite GOES12, com realce de pixel.  
Fonte: DSA/CPTEC/INPE.

As imagens de satélite mostradas na figura 5 apresentam o comportamento da atmosfera para o horário das 18Z, 20Z e 22Z do dia 10 de novembro e para as 00Z, 03Z e 06Z. Ao analisar as imagens verifica-se que sobre o nordeste do Pará há presença de poucas nuvens durante as 18 e 20 UTC para o dia 10, que podem ter sido provocadas pelo aquecimento da superfície durante o dia. Já a partir das 22 UTC a atmosfera tende a ficar mais estável, decorrente do resfriamento da superfície.

A figura 6 apresenta a distribuição dos focos de queimadas que ocorreram no nordeste paraense para dois dias e com horários diferentes. Nota-se que há vários pontos onde são detectados os focos de calor, elas são bem intensas em determinadas áreas da região nordeste do Pará. Na primeira imagem (a) é observado quantidades maiores de focos de calor, e que estes são de maior intensidade do que na segunda imagem (b).

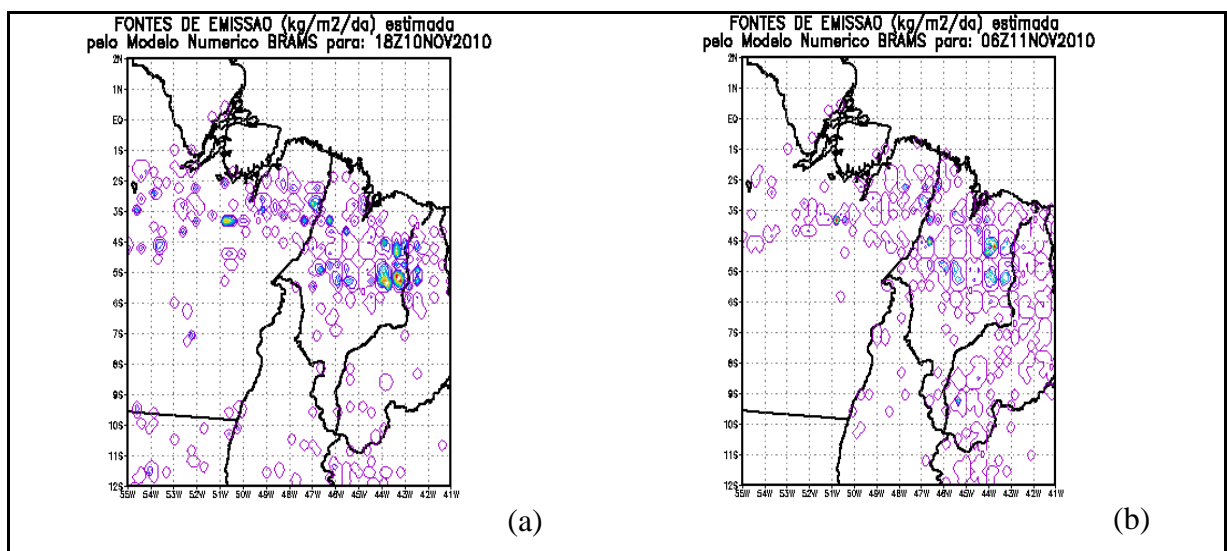


Figura 6: Simulação numérica das fontes de emissão, para o nordeste do Estado do Pará.

A Figura 7 mostra uma sequência de imagens da emissão de monóxido de carbono emitido para a atmosfera no período de 10/Nov/2010 às 18Z até 11/Nov/2010 às 06Z. Dentre todas as imagens foi nestes dias em que ocorreram as maiores emissões. Percebeu-se que há um aumento da emissão de CO, devido a queima de biomassa, que encobre praticamente toda a parte nordeste do Estado do Pará. A quantidade de monóxido de carbono emitido chega ao valor de 60 ppb sobre a região Metropolitana de Belém. Verificou-se ainda, que ocorre um transporte deste gás, principalmente dos Estados do Maranhão e do Piauí, para o nordeste do Pará.

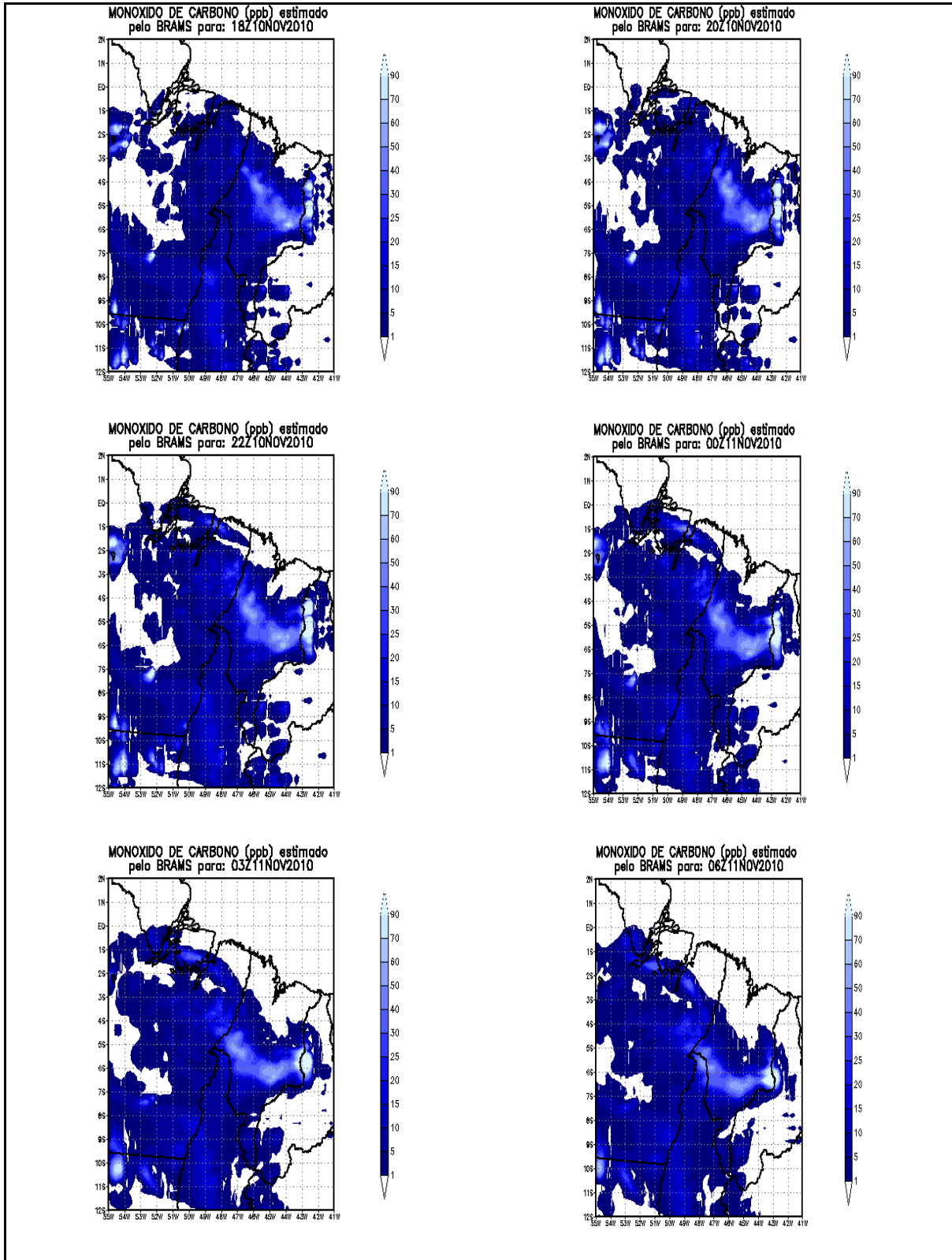


Figura 7: Simulação numérica da emissão de monóxido de carbono (CO ppb) para o nordeste do Pará.

Para o mesmo período do ano modelou-se a emissão de  $PM_{2,5}$  para a atmosfera como mostra a figura 8. Observa-se que também há um aumento da emissão de material particulado

sobre o nordeste paraense e que estas partículas são transportadas em função da circulação da atmosfera. Com isso, pessoas distantes dos focos de emissões destas partículas também sofrem com a inalação do  $PM_{2.5}$ .

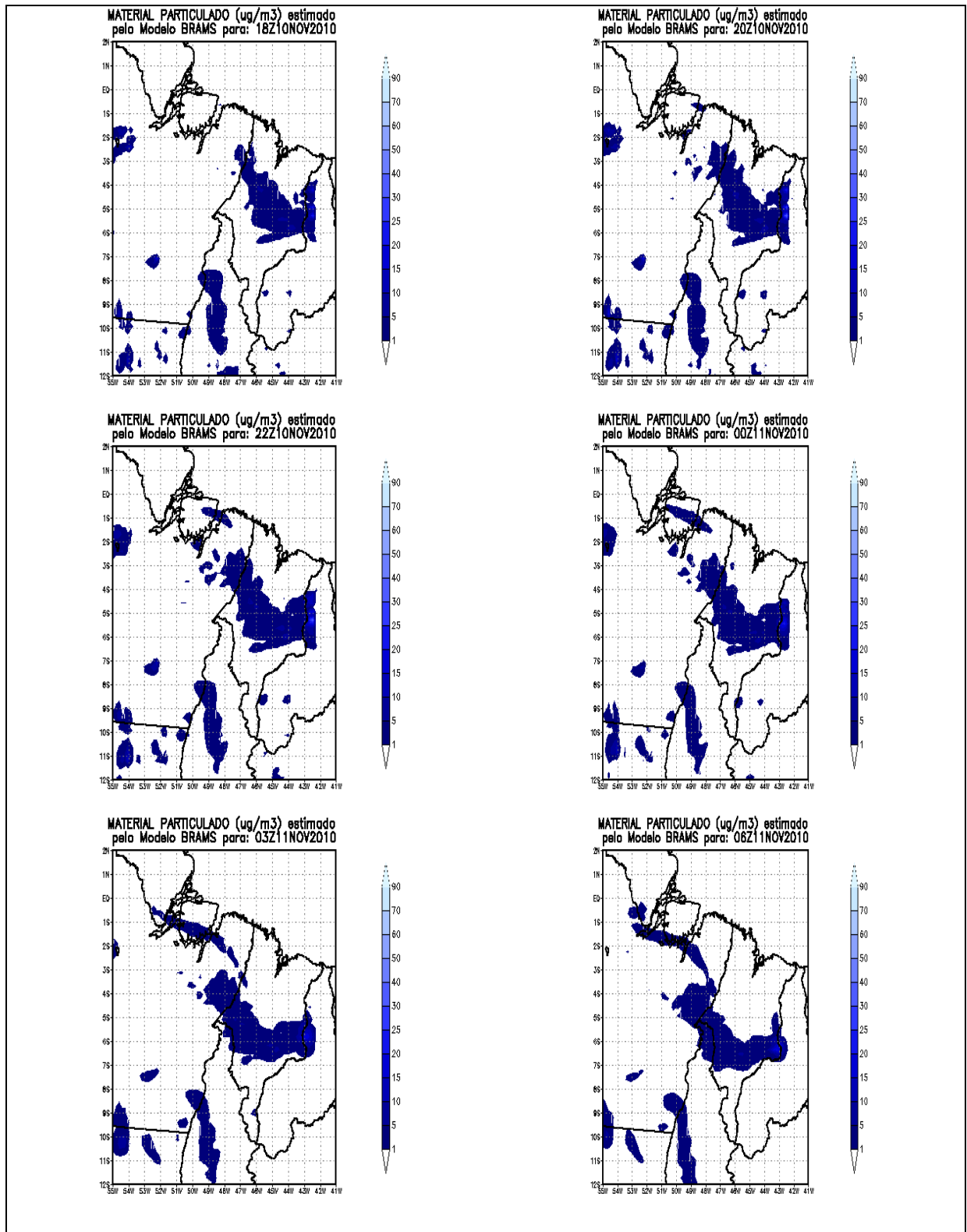


Figura 8: Simulação numérica da emissão de Material Particulado ( $PM_{2.5}$   $\mu g/m^3$ ), para o nordeste do Pará.

A figura 9 refere-se a distribuição do acumulado anual de focos de queima no Brasil no ano de 2009. Através do monitoramento destes focos, a partir de imagens de satélites, observou-se que em todo o Brasil ocorreram registros de queima com um total de 69.717. Destaca-se ainda que as maiores concentrações estão localizados nos estados do Maranhão, Pará, Tocantins e Mato Grosso. O Pará é o estado mais atingido pelas queimadas, principalmente no nordeste e sudeste do estado.

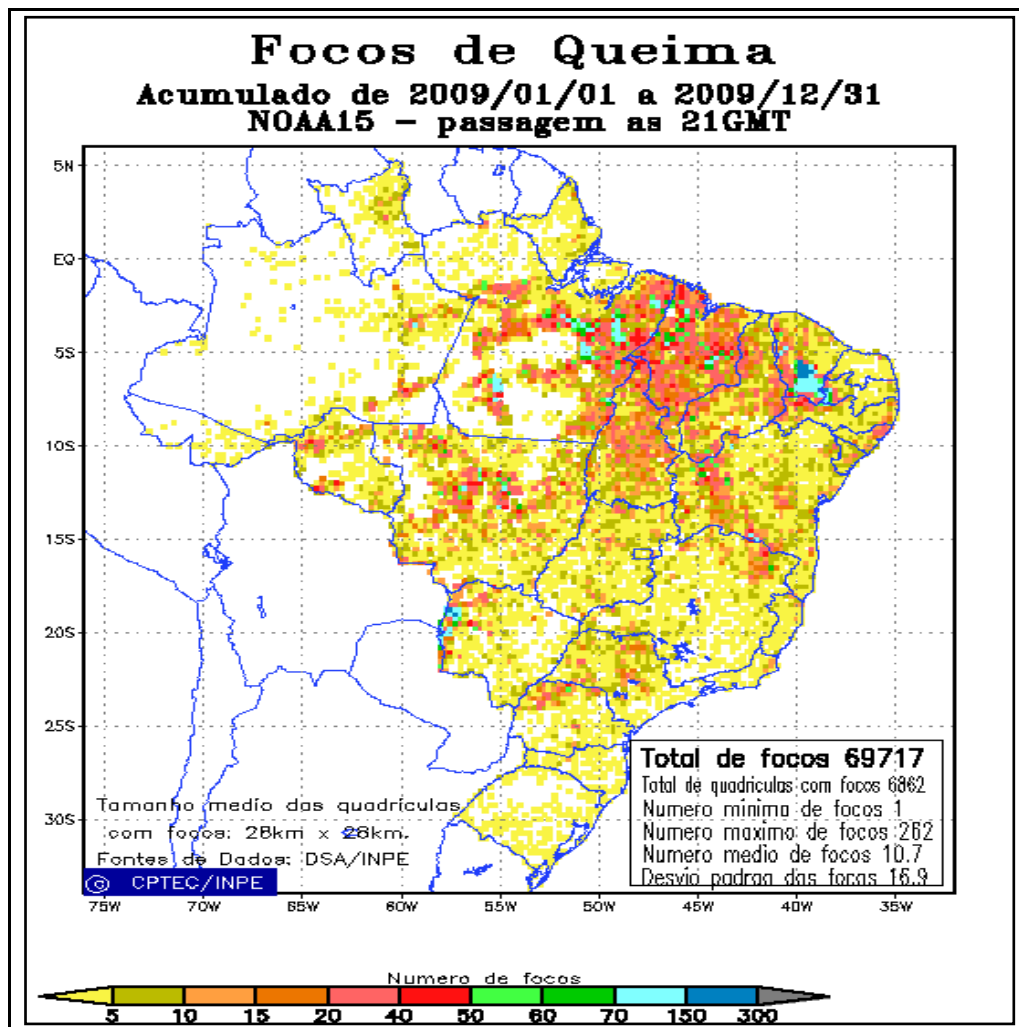


Figura 9: Mapa do registro de focos de queima acumulado, para o ano de 2009.

Fonte: CPTEC/INPE.

A figura 10 apresenta o percentual de óbitos para os estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará, Amapá e Tocantins ocorrido no ano de 2009 causados por doenças no aparelho respiratórios. De acordo com os dados do Ministério da Saúde o estado com maiores casos de doenças no aparelho respiratório foi o Pará (45%), seguido do estado de Tocantins. Esses casos de doenças podem está relacionados com emissões de partículas, que

são lançadas para a atmosfera através da queima da biomassa, como no caso do material particulado que é um poluente de grande toxicidade.

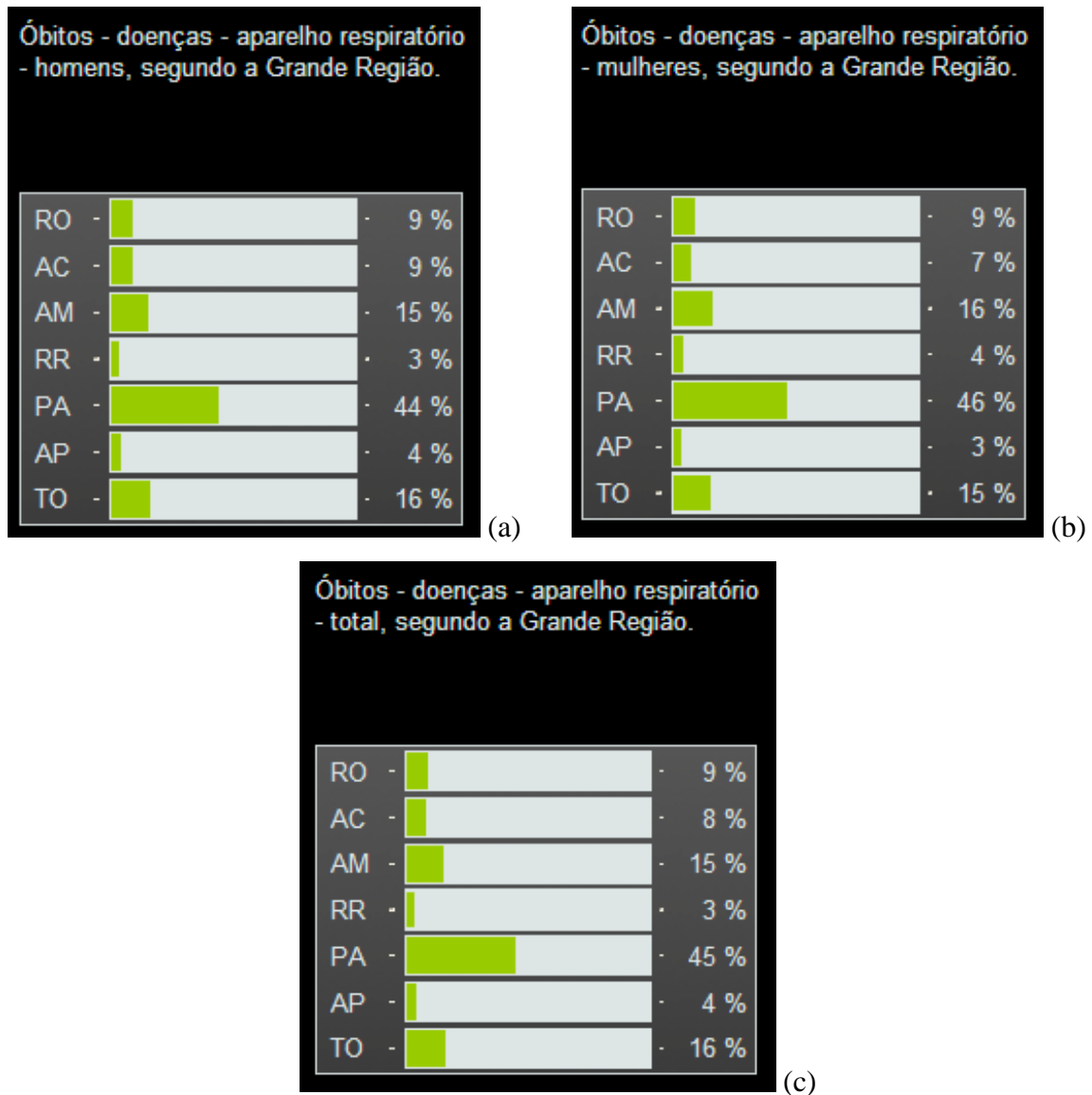


Figura 10: Tabela de óbitos (%) por doenças no aparelho respiratório para os estados da Região Norte. Fonte: IBGE.

A figura 11 mostra o número óbitos por doenças no aparelho respiratório no ano de 2009 para o estado do Pará. O total de morbidade hospitalar para este ano teve um total de 1.395 casos de óbitos. A figura indica que a maior proporção dos óbitos por doenças respiratórias foram registradas em pessoas do sexo masculino. Esses casos de mortalidade podem estar relacionados com a emissão de poluentes para a atmosfera.

Óbitos - doenças - aparelho respiratório - total	1.395
Óbitos - doenças - aparelho respiratório - homens	783
Óbitos - doenças - aparelho respiratório - mulheres	612

Figura 11: Números de óbitos causados por doenças no aparelho respiratório, para o estado do Pará no ano de 2009.

Fonte: IBGE.

A figura 12 refere-se ao acumulado anual de focos de queimadas em todo o território brasileiro para o ano de 2010 (01/01/2010 a 13/12/2010). Segundo dados de satélites do INPE, até o período observado, verificou-se um aumento considerável no número de focos em relação ao ano de 2009, chegando a um valor total de 132.505. Mas é no período de estiagem que ocorre um crescimento assustador no número de focos de incêndios em todo o Brasil. Em compensação, houve uma diminuição destes focos nos Estados do Pará, Maranhão e Amazonas.

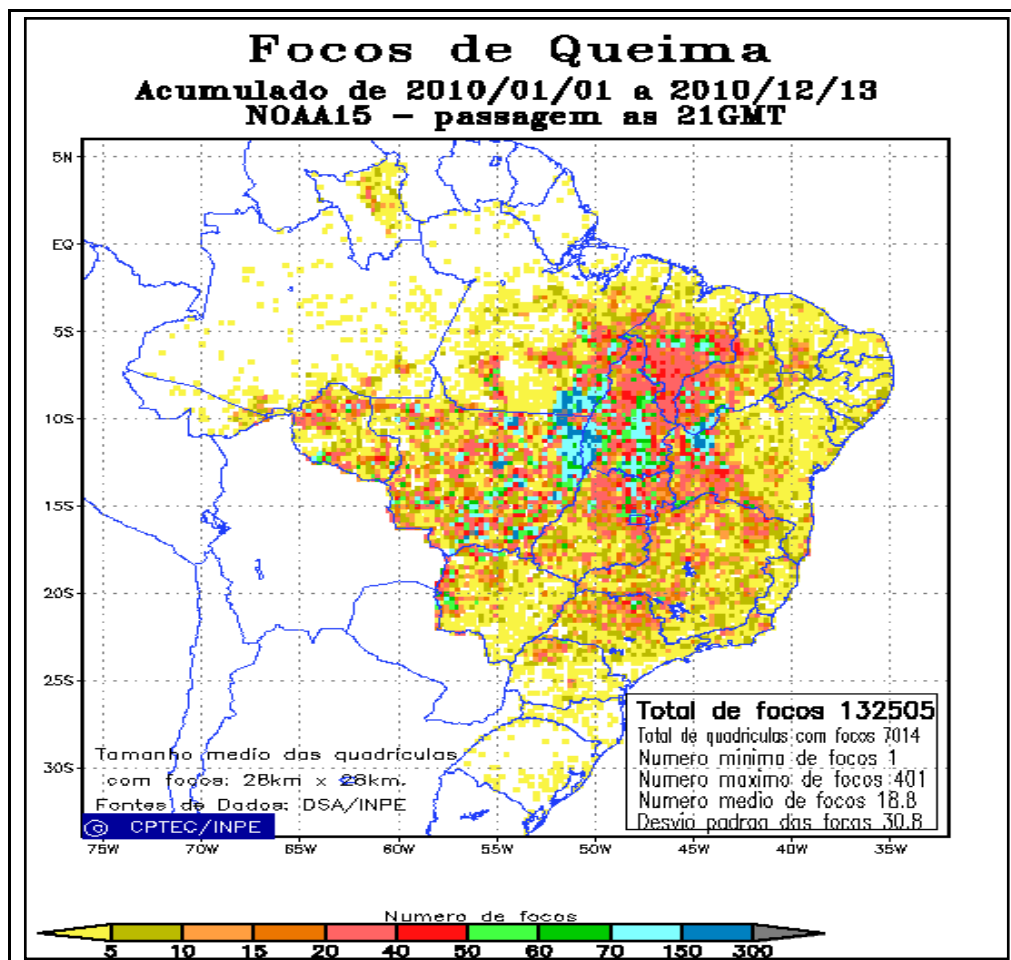


Figura 12: Mapa do registro de focos de queima acumulado, para o ano de 2010.

Fonte: CPTEC/INPE.

## 6 CONCLUSÕES

As queimadas que acompanham o desmatamento, são fontes de emissões de gases e partículas para a atmosfera como o monóxido de carbono e o material particulado.

No período do estudo foi observado que sobre o nordeste do Estado do Pará houve grandes concentrações de focos de calor, gerados por queimadas. Estes focos foram responsáveis por emitir quantidades elevadas de poluentes para o ar.

O regime dos ventos, tanto da circulação geral da atmosfera quanto das brisas, são responsáveis pelo transporte dos contaminantes para diversas áreas, inclusive para regiões distantes dos locais de origem. Foi observado que os poluentes emitidos nos Estados do Maranhão e Piauí influenciaram na grande concentração de partículas sobre o nordeste do Pará.

Ao analisar as imagens do acumulado de focos de queima para todo o Brasil no ano de 2009, foi possível observar uma enorme quantidade focos, principalmente no leste do Estado do Pará. Esta grande quantidade de focos pode ter contribuído para que, dentre todos os estados da Região Norte, o Pará tivesse sido o maior com número de casos de óbitos no ano de 2009.

Não foi possível correlacionar diretamente o desencadeamento de doenças no aparelho respiratório, com a presença de poluentes atmosféricos oriundos da queima da vegetação, na região sob análise. Por outro lado, é importante ressaltar que, além das queimadas, também pode ter influência direta sobre a saúde da população a poluição atmosférica proveniente de muitas outras fontes, como a geração de energia, veículos, indústrias, além de fontes presentes em residências e estabelecimentos comerciais ou industriais.

## REFERÊNCIAS

- AB´SABER, A.N. Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia: questões de escala e Método. *Revista do Instituto de Estudos Avançados da USP*, v.3, n.5, p.4-20. 1989. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/revista>>. Acesso em: 30 out. 2010.
- ACHARD, F. et al. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, v.2, n.97, p.999-1002. 2002. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br>>. Acesso em: 03 nov. 2010.
- ANDREAE, M. O. Biomass burning: its history, use and distribution and its impact on environmental quality and global climate, In: LEVINE, J. S. (ed.) *Global biomass burning: atmospheric, climatic and biospheric implications*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1991. p.3-21.
- ARBEX, M. A. et al. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, São Paulo, v.30, n.2, p.159, mar/abr. 2004. Disponível em:<<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 16 out. 2010.
- ARTAXO P. et al. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazonica*, Manaus, v.35, n.2, p.86, jun. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 14 out. 2010.
- CARMO, C. N. et al. Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. *Revista Panamericana de Salud Pública*, Washington, v.27, n.1, p.11-13, jan. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 11 out. 2010.
- CARVALHO, R. A Amazônia rumo ao ciclo da soja. *Amazonia Papers 2*, Amigos da Terra. Programa Amazônia, São Paulo, 1999, 8 p. Disponível em: <<http://www.amazonia.org.br>>. Acesso em: 29 out. 2010.
- CLÜSENER-GODT, M.; SACHS, I. (eds.). Extractivism in the Brazilian Amazon: perspectives on Regional Development, *Man and the Biosphere Digest*, 18, Paris UNESCO; Nova York, The Parthenon Publishing Group. 1994.
- COMMITTEE OF THE ENVIRONMENTAL and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society. Health effects of outdoor air pollution: state of the art. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v.153, p.3-50; 477-498. 1996.
- COTTON, C. e T. *Romine facing destruction: a Greenpeace briefing on the timber industry in the Brazilian Amazon*, Amsterdã: Greenpeace International Publications. 1999, p.21.
- COUTINHO, L. M.; MIRANDA, H. S.; MORAIS, H. C. de. O bioma do cerrado e o fogo. *Revista do Instituto de Estudos Avançados da USP*, p.50. 2002.

CENTRO DE PREVISAO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMATICOS (CPTEC). *Focos de queima acumulado para o ano de 2009*. Disponível em: <<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/perguntas.html>>. Acesso em 12 / 12 /2010.

CENTRO DE PREVISAO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMATICOS (CPTEC). *Focos de queima acumulado para o ano de 2010*. Disponível em: <<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas>>. Acesso em 12 / 12 /2010.

FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation*, v.28, n.1, p.23-38. 2001.

FEARNSIDE P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. *Megadiversidade*, Belo Horizonte, v.1, n.1, p.113-114, jul. 2005. Disponível em:<<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 14 out. 2010.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E., ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. *Revista do Instituto de Estudos Avançados da USP*, v.19, n.53, p.159, jan/abr.2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 16 out. 2010.

FREITAS S. R. et al. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. *Revista do Instituto de Estudos Avançados da USP*, v.19, n.53, p.167 jan/abr. 2005. Disponível em:<<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 03 nov. 2010.

FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; ANDREAE, M. O.: Impact of including the plume rise of vegetation fires in numerical simulations of associated atmospheric pollutants, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L17808, doi:10.1029/2006GL026608, 2006.

FREITAS, S. R.; LONGO, K. M. DIAS, CHATFIELD, R.; DIAS, P.; ARTAXO P.; ANDREAE, M.; GRELL, G.; RODRIGUES, L. A.; FAZENDA; PANETTA, J. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 1: Model description and evaluation. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 7, p.8525-8569. 2007.

GEVAERD, R.; FREITAS, S. R. Estimativa operacional da umidade do solo para inicialização de modelos de previsão numérica da atmosfera. Parte I: Descrição da metodologia e validação, *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.3, p.1-15. 2006.

GRELL, G. A.; DEVENYI, D. A generalized approach to parameterizing convection combining ensemble and data assimilation techniques. *Geophysical Research Letters*, v.29, n.14. 2002.

HALL, A. *Developing Amazonia: deforestation and social conflicts in Brazil's Carajás programme*, Manchester, Nova York, Manchester University Press, 1989, p.303.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). *Números de óbitos causados por doenças no aparelho respiratório*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat> . Acesso em: 12 dez. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite – Projeto Prodes*. 2004: Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>. Acesso em: 16 nov. 2010.

JUNK, W. J. “The Use of Amazonian Floodplains Under an Ecological Perspective”, *Interciencia*, v.14, n.6, p.317-322, 1989.

KASBURG, C.; GRAMKOW M. M. (orgs.) *Demarcando terras indígenas; experiências e desafios de um projeto de parceria*. Brasília: FUNAI, PPTAL, GTZ, 1999, p.312.

KAUFMAN, Y. J. Remote sensing of direct and indirect aerosol forcing. In: CHARLSON, R. J.; HEINTZENBERG, J. (Ed.). *Aerosol Forcing of Climate*. [S.l.]: John Wiley & Sons Ltd., 1995.

KOHLHEPP, G. “Development Planning and Practices of Economic Exploitation in Amazonia. Recent Trends in Spatial Organization of a Tropical Frontier Region in Brazil (1966-1981)”. SIOLI, H. (ed.). *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht, Boston, Lancaster: Dr. W. Junk Publishers, 1984. p.649-674. (Monographiae Biologicae, 56).

\_\_\_\_\_. “Planung und heutige Situation staatlicher kleinbäuerlicher Kolonisationsprojekte an der Transamazônica”, *Geographische Zeitschrift* v.64, n.3, p.171-211. 1976.

\_\_\_\_\_; SCHRADER, A. (eds.). Área do Programa Grande Carajás no Leste da Amazônia *Homem e natureza na Amazônia*, Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerikaforschung 3, Tübingen, 1987, p. 313-345.

\_\_\_\_\_. “Impactos Regionais de ‘Grandes Projetos’ e as Possibilidades de Reorganização do Espaço na Periferia Amazônica”. In: ARAGON, L.E. (ed.). *A desordem ecológica na Amazônia*. Belém: UNAMAZ, UFPAM, 1991a., p.253-269. (Série Cooperação Amazônica 7).

\_\_\_\_\_. “The Destruction of the Tropical Rain Forests in the Amazon Region of Brazil. An Analysis of the Causes and the Current Situation”, *Applied Geography and Development* v. 38, p. 87-109, 1991b.

\_\_\_\_\_. “The International Pilot Programme for Amazonia: An Approach to Sustainable Regional Development”, *International Geographical Union Bulletin*, v. 45, p.17-30, 1995.

KOHLHEPP, G. “O Problema do Espaço Vital dos Povos Indígenas e os Conflitos de Interesse na Demarcação das Áreas Indígenas na Amazônia Brasileira”. In: KÖNIG, H.-J. (ed.) *El indio como sujeto y objeto de la historia latinoamericana, pasado y presente*

(=Americana eystettensia. Frankfurt am Main, Madrid: Vervuert, 1998. p.109-120. (Serie A: Kongreßakten 18).

\_\_\_\_\_; BLUMENSCHNEIDER, M. “Brasileiros Sulistas como Atores de Transformação Rural no Centro-Oeste brasileiro: O Caso de Mato Grosso”, *Território* v. 8, p. 47-66, 2000.

\_\_\_\_\_. “Estratégias da Política Ambiental e Regional para a Proteção das Florestas Tropicais no Brasil. O Programa Piloto Internacional e seus Atores em Direção ao Desenvolvimento Sustentável?”. In: KOHLHEPP, G. (coord.) *Brasil: Modernização e globalização*. 2001a. p. 209-234. (Bibliotheca Ibero-Americana, 80).

\_\_\_\_\_. “A Amazônia Frente a um Novo Desafio: o Desenvolvimento Sustentável e o Programa Avança Brasil” em *Amazônia : Avança o Brasil?*, *Cadernos Adenauer*, São Paulo, v. 2, n° 4, p.9-38, 2001b.

KOHLHEPP G. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. *Estudos avançados*, São Paulo, v.16, n. 45, p. 37-45, 48-50, agosto. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br>> . Acesso em: 17 out. 2010.

MAHAR, D.J. *Government policies and deforestation in Brazil's Amazon region* Washington, D.C.: World Bank, 1988.

MAHAR, D.J.; DUCROT, C.E.H. *Land-use zoning on tropical frontiers: emerging lessons from the Brazilian Amazon*. Washington, D.C.: The World Bank, EDI Case Studies, p. 25, 1998.

\_\_\_\_\_. *Land-use zoning in the Amazon region: the experience of Rondônia, Acre and Tocantins*. 2000. 35 p. (mimeo).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal e Secretaria de Coordenação da Amazônia. *Política nacional integrada para a Amazônia legal* Brasília: CONAMAZ, 1995. 34 p.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. *Avança Brasil. Development structures for investment*. Brasília: MPOG, 1999. 22 p.

MATERNA, B.L.; JONES, J.R.; SUTTON, P.M.; ROTHMAN, N.; HARRISON, R.J. Occupational exposures in California wildlife firefighting. *American Industrial Hygiene Association Journal*, v. 53, n. 1, p. 69-76, 1992.

MELLOR, G.L.; YAMADA, T. A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. *J. Atmos. Sci.*, v. 31, p. 1791-1806, 1974.

NAEHER, L.P.; SMITH, K.R.; LEADERER, B.P.; MAGE, D.; GRAJEDA, R. Indoor and outdoor PM<sub>2.5</sub> and CO in high - and low - density Guatemalan villages. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, v. 10, n. 6, p. 544-551, part 1, nov./dec. 2000.

NEPSTAD, D.C. et al. Large-scale impoverishment of Amazon forests by Logging and fire, *Nature*, n. 398, p. 505-508. 1999.

NOBRE, C. A. et al. *The large scale biosphere-atmosphere experiment in Amazonia (LBA)*. LBA – Plano experimental conciso. Cachoeira Paulista: INPE, 1996.

POSEY, D.A. Biodiversity, genetic resources and indigenous peoples in Amazonia: (Re) discovering the wealth of traditional resources of native Amazonians, In: HALL, A. (ed.) *Amazonia at the crossroads*. Londres: [s.n.], 2000. p.188-204.

PRINS, E. M.; FELTZ, J. M.; MENZEL, W. P. WARD, Y D. E. An overview of GOES-8 diurnal fire and smoke results for SCAR-B and 1995 Fire Season in South America. *J. Geophysics Res.*, v. 103, D24, p.31821-31835. 1998.

PROCOPIO, A. S., REMER, L. A.; ARTAXO, P.; KAUFMAN, Y. J.; HOLBEN, B. N. Modeled spectral optical properties for smoke aerosols in Amazonia. *Geo. Res. Letters*, v.30, n.24, p.2265, doi:10.1029/2003GL018063. 2003.

RADOJEVIC, M. Burning issues. *Chemestry in Britain*, v. 34, n.12, p.38-42. 1998.

RADOJEVIC, M.; HASSAN, H. Air quality in Brunei Darussalam during the 1998 haze episode. *Atmospheric Environment*, v. 33, n. 22, p. 3651-3658. 1999.

REINHARDT, T.; BLACK, J.; OTTMAR, R.D. *Smoke exposure at Northern California vegetation fires*. Seattle, WA., USDA Forest Service, Pacific Northwest research station, 1995.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. Efeitos das queimadas na saúde humana. *Revista do Instituto de Estudos Avançados da USP*, v. 16, n. 44, p. 126-142, jan./apr. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 22 nov. 2010.

SALAME, C. W. *Análise espaço-temporal da ocorrência de queimadas e desmatamento no estado do Pará no período de 1999 a 2004*. p.10, 2008. Dissertação (Mestrado em Matemática e Estatística) - Universidade Federal do Pará, Belém. Disponível em: <<http://www.ppgme.ufpa.br/doc/diss/camilsalame.pdf>> . Acesso em: 25 set. 2010.

SETZER, A. W.; PEREIRA, M. C. Amazonia biomass burnings in 1987 and an Estimate of Their Tropospheric Emissions. *Ambio*, n. 20, p.19-22. 1991.

SMAGORINSKY, J. General circulation experiments with the primitive equations. Part I, The basic experiment. *Mon. Wea. Rev.*, 91, p.99-164. 1963.

SMERALDI, R.; VERISSIMO A. *Hitting the target: timber consumption in the Brazilian domestic market and promotion of forest certification*, São Paulo: Amigos da Terra/IMAFLORA/IMAZON, 1999. p.41.

SILVA, A. M. C. et al. Material particulado (PM2.5) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 338-339, jun. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 11 out. 2010.

SOARES FILHO B. S. et al. Cenários de desmatamento para a Amazônia. *Revista do Instituto de Estudos Avançados da USP*, v.19, n.54, p.137-138, ago. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 17 out. 2010.

TREMBACK C. J. *The regional Atmospheric Modeling System (RAMS): development for parallel Processing computer architectures*, Austrália. 1990. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar>>. Acesso em: 12 set. 2010.

VALVERDE, O. *Grande Carajás: planejamento de destruição*. [S.l.]: Editora Forense UNB/USP, 1989.

VERÍSSIMO, A. et al. Zoning of Timber Extraction in the Brazilian Amazon, *Conservation Biology*, v.12, n.1, p.128-136. 1998.

VARON, J.; MARIK, P.E.; FROMM, R.E.; GUELER, A. Carbon monoxide poisoning: a review for clinicians. *The Journal of Emergency Medicine*, Elsevier, USA, v.17, n.1, p.87-93. 1999.

WALKO, R.; BAND, L.; BARON, J.; KITTEL, F.; LAMMERS, R.; LEE, T.; OJIMA, D.; PIELKE, R.; TAYLOR, C.; TAGUE, C.; TREMBACK, C.; VIDALE, P. Coupled Atmosphere-Biophysics-Hydrology Models for Environmental Modeling. *J Appl Meteorol* 39, n.6, p.931-944. 2000.

WORLD HEALTH ORGANISATION (WHO). Sulfur oxides and suspended particulate matter. *Environmental Health Criteria*, 8, Genève, 1979.

```

22 Dez 10 12:56                                     RAMSIN                                     PÄgina 2/13
16700., 11700., 12700., 13700., 14700., 15700., 16700.,
17700., 18700., 19700.,
! Coarse grid long timestep
! Small timestep ratio
! -0 - constant timesteps
! >0 - initial computation <0 - variable
DILONG = 120.,
NACOST = 3,
IDELTAT = -2,
! Nest ratios between this grid
! and the next coarser grid.
! x-direction
NSTRATX = 1,5,4,4,
! y-direction
NSTRATY = 1,5,4,4,
! Time
NSTRATZ = 1,3,3,2,
NESTZ1 = 0,
! Contort coarser grids if negative
NSTRATZ1 = 3,3,2,1,
NESTZ2 = 0,
! Contort coarser grids if negative
NSTRATZ2 = 3,3,2,1,
POLELAT = -5.0,
! Latitude of pole point
POLELON = -48.0,
! Longitude of pole point
CENTLAT = -5.0, -3.0, -23.2,
CENTLON = -48.0, -48.0, -47.0,
! Grid point on the next coarser
! nest where the lower southwest
! corner of this nest will start.
! If NINEST or NJNEST = 0, use CENTLAT/LON
NINEST = 0,0,0,0,
! i-point
NJNEST = 0,0,0,0,
! j-point
NKNEST = 1,1,1,1,
! k-point
NNSTOPE = 1,1,1,1,
! Flag (0-no or 1-yes) if this
! Nest goes the top or bottom of the
! coarsest nest.
GRIDU = 0.,0.,0.,0.,
! u-component for moving grids
GRIDV = 0.,0.,0.,0.,
! v-component for moving grids
! (not working again!)
$END
SCATT_INFO
CAIT = 1, ! 1-CAIT environmental model activated 0-off
! Fire Map file prefix
FIREMAPFN = './fire_map/BRAMS4_CAIT_sources',
RECYCLE_TRACERS = 1,
PLUMRISE = 1, 10-Desativated, 1-Activated Plume Rise routine
PFRSQ = 3600.,
$END
$TEB_SPM_INFO
TEB_SPM = 0, ! 1-TEB activated 0-off
$END
    
```

```

22 Dez 10 12:56                                     RAMSIN                                     PÄgina 1/13
! namelist
$MODEL_GRIDS
! Simulation title (64 chars)
EXPNAME = 'BRAMS Version 4.2',
! RUNTYPE = 'MAKESEC', ! MAKESEC, INITIAL, HISTORY, MAKEVFIL, MEMORY
! RUNTYPE = 'MAKEVFIL', ! MAKESEC, INITIAL, HISTORY, MAKEVFIL, MEMORY
! RUNTYPE = 'INITIAL', ! MAKESEC, INITIAL, HISTORY, MAKEVFIL, MEMORY
! RUNTYPE = 'HISTORY', ! MAKESEC, INITIAL, HISTORY, MAKEVFIL, MEMORY
TIMESUNIT = 'h', ! 'h','m','s' - Time units of TIMMAX, TIMSTR
TIMMAX = 192,
LOAD_BAL = 0, ! Dynamic load balance flag: 1=yes, 0=no
! Start of simulation or ISM processing
MONTH1 = 11,
IDATE1 = 17,
IYEAR1 = 2010,
ITIME1 = 0000,
! Grid specifications
NGRIDS = 2, ! Number of grids to run
NXP = 82,292, 170,292,34, ! Number of x gridpoints
NYP = 82,202, 170,152,34, ! Number of y gridpoints
NZP = 32,32,32, ! Number of z gridpoints
NZG = 7, ! Number of soil layers
NZS = 1, ! Maximum number of snow layers
NXTWEST = 0,1,2,2, ! Grid number which is the next coarser grid
! Coarse grid specifications
IF_ADAP = 0,
IHTRAN = 1, ! 0-Cartesian, 1-Polar stereo
DELTAX = 2000.,
DELTAY = 2000., ! X and Y grid spacing
DELTAZ = 100., ! Z grid spacing (set to 0. to use ZZ)
DZRAF = 1.2, ! Vertical grid stretch ratio
DZMAX = 1000., ! Maximum delta Z for vertical stretch
! Vertical levels if DELTAZ = 0
ZZ = 0.,
20.0, 46.0, 80.0, 120.0, 165.0,
220.0, 290.0, 380.0, 480.0, 590.0,
720.0, 870.0, 1030.0, 1200.0, 1380.0,
1595.0, 1850.0, 2120.0, 2410.0, 2715.0,
3030.0, 3400.0, 3840.0, 4380.0, 5020.0,
5800.0, 6700.0, 7700.0, 8700.0, 9700.0,
    
```

```

22 Dez 10 12:56          RAMSIN          P gina 3/13

$MODEL_FILE_INFO
! Variable initialization input
INITIAL = 2,
! Initial fields - 1=horiz.homogeneous,
! 2=init from varfile
! 3=init from HFILIN

! ----- Analysis nudging parameters -----
! 1 - nudge from history files (1-way nest)
! 2 - nudge from varfiles
! 3 =0 - no analysis nudging
VAREFFX = './ivar/iv-brams',
VWAITI = 0.,
VWAITOT = 0.,
! wait between each VFILE check (s)
! total wait before giving up on a VFILE (s)
HUD_HFILE = './H/a-H-2001-07-21-000000-head.txt',
! Header file name for history nudging files (only prefix is used)
NUDLAT = 5,
! Number of points in lateral bnd region
INUDLAT = 500.,
! Nudging time scale(s) at lateral boundary
INUDGENT = 43200.,
! Nudging time scale(s) in center of domain
INUDTOP = 10800.,
! Nudging time scale (s) at top of domain
ZHUDTOP = 16000.,
! Nudging at top of domain above height(m)

WT_NUDGE_GRID = 1., 0.5, 0.3, 0.0, ! Relative nudging weights for active gr
ds
! =0., turns off nudging for that grid

! These weights will multiply the base timescales
! to determine full nudging weight.
! (Timescales)/(WT_NUDGE*)
! must be larger than DTLONG
! Anal nudging weight for u and v
WT_NUDGE_UV = 1.,
WT_NUDGE_TH = 1.,
WT_NUDGE_PI = 1.,
WT_NUDGE_RT = 1.,
! Anal nudging weight for theta
! Anal nudging weight for p1
! Anal nudging weight for r_tot

!----- Condensate nudging -----
NUD_COND = 0,
! Only nudge total water where condensate
! exists (from previous history files, HFILIN)
COND_HFILE = './H/a-H-2001-07-21-000000-head.txt',
! Header file name for cond nudging history files (only prefix is us
ed)
TCOND_BEG=0., TCOND_END=21600., ! Model time start and end of cond nudging (s)
ec)
WT_NUDGE_RC = 3600.,
! Cond nudging timescale for r_total
WT_NUDGE_GRID = 1., 0.8, 0.7, 0.5, ! Relative nudging weights for active gr
ids
! =0., turns off nudging for that grid
!-----
!----- Observation Data Assimilation (ODA) -----
IF_ODA = 0,
! Flag to turn on oda
ODA_UPAPREFIX = './obs/dp-r',
! File prefix for upper air obs
ODA_SFCPREFIX = './obs/dt-s',
! File prefix for surface obs

```

```

22 Dez 10 12:56          RAMSIN          P gina 4/13

PRODA=300., TODAEND=999999999.,
! Frequency of obs analysis
! Model time start and end of oda (sec)

)
INUDODA= 900.,
! Nudging timescale for each grid
WT_ODA_GRID = 1., 1., 0.7, 0.5,
! Relative nudging weights for active g
rids
! =0., turns off nudging for that grid

WT_ODA_UV = 1.,
! ODA nudging weight for u and v
WT_ODA_TH = 1.,
! ODA nudging weight for theta
WT_ODA_PI = 1.,
! ODA nudging weight for p1
WT_ODA_RT = 1.,
! ODA nudging weight for r_tot

! Following are radii that affect the "smoothness" of the analyzed fields
! The SFCE and UPAE are the radii where the affect falls off to e**(-2)
! The SFCE and UPAE are the radii where the affect falls off to 0
! Values are grid dependent.
RODA_SFCE = 50000.,100.,100.,100.,
RODA_SFCE = 100000.,100000.,100000.,100000.,
RODA_UPAE = 100000.,200.,200.,200.,
RODA_UPAE = 200000.,2000.,2000.,2000.,
RODA_HGT = 3000.,3000.,3000.,3000., ! Height at which transition from SFC ra
di
! to UPA radii occurs
RODA_ZEACI = 100.,100.,100.,100., ! Vertical factor related to dx/dz

! - Time interpolate limit (TIL)- if the future-past obs time
! is > this limit, do not use to interpolate
! - Time extrapolate limit (TEL)- if past/future obs is greater than TIL,
! but less than TEL, use the obs

ODA_SFCE_TIL=21600.,
ODA_SFCE_TEL=900.,
ODA_UPA_TIL=43200.,
ODA_UPA_TEL=21600.,

!----- Cumulus inversion tendency input -----
IF_CUINV = 0,
CU_PREFIX = './t5-C-',
INUDCU=900.,
WT_CU_GRID=1., 1., .5,
TCU_BEG=0., TCU_END=7200.,
CU_TEL=3600.,
CU_TIL=21600.,
!-----
! History file input
TIMSTR = 192.0,
! Time of history start (see TIMEUNIT)
HFILIN = './H/hist-H-2010-11-17-000000-head.txt',
! Input history file name
! Analysis file input for assimilation (currently LEAF variables)

```

```

22 Dez 10 12:56          RAMSIN          PÁgina 5/13
!
! Initialize various fields from analysis file?
IPASTIN = 1,
! yes, 0=no
PASTFN = './anal-A-20i0-11-16-230000-head.txt',
! Input analysis file name
!
! History/analysis file output
! 0-no files, 1-save ASCII, 2-save binary
TOUPTN = 2, ./H/hist',
HEIOUT = './H/hist',
AFIOUT = './A/anal',
ICLOBBER = 1,
! 0-stop if files exist, 1=overwrite files
HISTDEL = 0,
! 0=keep all hist files, 1=delete previous
FRQHS = 10800.,
! History file frequency
FRQANL = 3600.,
! Analysis file frequency
-----
FRQLITE = 0.,
! Analysis freq. for "lite" variables
! = 0 : no lite files
! num>0 are absolute grid indexes
! num<0 count in from the domain edges
! num=0 are domain edges
XLITE = '/0:0/',
YLITE = '/0:0/',
ZLITE = '/0:0/',
MLITE_VARS=4,
LITE_VARS='UP','VP','WP','swd','THETA',
-----
AVGTIM = 0.,
! Averaging time for analysis variables
! must be abs(AVGTIM) <= FRQANL
! > 0 : averaging is centered at FRQANL
! < 0 : averaging ends at FRQANL
! = 0 : no averaged files
FROMAN = 0.,
! Analysis freq. for "averaged" variables
FRQBOTH = 0.,
! Analysis freq. for Both "averaged" and
! "lite" variables
KWRITE = 0,
! 1-write,0-don't write scalar K's to anal.
!
! Printed output controls
FRQPT = 10800.,
! Printout frequency
INITFLD = 1,
! Initial field print flag 0=no print,1=print
!
! Input topography variables
TOPFILES = './data/toph-brams', ! File path and prefix for topo files.
SFCFILES = './data/sfc-brams',
SSTFFX = './data/sst-brams',
NDVIFFX = './data/ndvi-brams', ! Path and prefix for ndvi files
!
ITOPFLG = 1,1,1,1,
! 2 - Fill data in "leaf3_init"
ISSIFLG = 1,1,1,1,
! 0 - Interpolate from coarser grid
IVEGFLG = 1,1,1,1,
! 1 - Read from standard Lat/Lon data file
ISOILFLG = 2,2,2,1,
!
NDVIFLG = 2,2,2,2,
!
NOFILFLG = 2,2,2,2,
! 2 - Fill data in "leaf3_init"
! 0 - Interpolate from coarser grid
!
IUPNDVI = 0,
! 0 - No update of NDVI values during run
IUPDSSI = 0,
! 0 - No update of SST values during run
! 1 - Update values during run

```

```

22 Dez 10 12:56          RAMSIN          PÁgina 6/13
! The following only apply for IxxxxFLG=1
ITOPTN = './opt/data/topo10km/H',
! /opt/data/topo10km/EL',
ISSITN = './opt/data/SST/W',
! /opt/data/SST/W',
IVEGTN = './opt/data/veg/GE',
! /opt/data/veg/GE',
ISOILFN = './opt/data/soil_FAG/FAO',
! /opt/data/soil_FAG/FAO',
NDVIFN = './opt/data/ndvi-modis/N',
! /opt/data/ndvi-modis/N',
!
! Topography scheme
ITOPFLG = 0,0,0,0,
! 0 = Average Orography
! 1 = Silhouette Orography
! 2 = Envelope Orography
! 3 = Reflected Envelope Orography
!
! For ITOPFLG=1, Weighting of topo
! silhouette averaging
! For ITOPFLG=2 or 3, Reflected Envelope
! and Envelope Orography enhancement factor
!
! Topo wavelength cutoff in filter
TOPTWVL = 3.,2.,2.,4.,
!
! Surface Roughness scheme
IZOFLG = 0,0,0,0,
! 0 = Use veg, bare soil and water surface
! 1 = Also use subgrid scale topography
ZOMAX = 5.,5.,5.,5.,
! Max zo for IZOFLG=1
ZOFAC = 0.005,
! Subgrid scale orographic roughness factor
!
! Microphysics collection tables
MRCOLTAB = 1,
! Make table: 0 = no, 1 = yes
COLTABFN = './micro/ct2.0',
! Filename to read or write
$END
$MODEL_OPTIONS
!
NADDSC = 4,
! Number of additional scalar species
! to use with CAII must be >= 4
!
! Numerical schemes
ICORFLG = 1,
! Coriolis flag/2D v-component - 0=off, 1=on
IBND = 1,
! Lateral boundary condition flags
JBND = 1,
! 1-Klemp/Wilhelmsen, 2-Klemp/Lilly, 3-Orlanski
! 4-cyclic
CPHAS = 20.,
! Phase speed if IBND or JBND = 1
LSFLG = 0,
! Large-scale gradient flag for variables other tha
n

```

```

! normal velocity:
! 0 = zero gradient inflow and outflow
! 1 = zero gradient inflow, radiative b.c. outflow
! 2 = constant inflow, radiative b.c. outflow
! 3 = constant inflow and outflow
! Rayleigh friction - number of points from the top
! - dissipation time scale
NFPT = 0,
DISTIM = 400.,
! Radiation parameters
ISWRTYP = 4,
ILWRTYP = 4,
! Shortwave radiation type
! Longwave radiation type
! 0-none, 2-Mahrer/Pielke, 1-Chen, 3-Harrington
! 4-CARMA
! Parameters needed by CARMA radiation scheme
RADDATFN = '/opt/data/carma/rad_param.data',
RADFRQ = 1200.,
! Freq. of radiation tendency update (s)
LONRAD = 1,
! Longitudinal variation of shortwave
! (0-no, 1=yes)
! Cumulus parameterization parameters
! Convective param. flag (0-off, 1-on,
! 1-on standard,
! 2-on Grell par.)
NNQPARM = 2,2,2,2,
! Closure type (for Grell Param.):
! EN: ensemble (all closures)
! GR: Grell
! LO: low level omega
! MC: moisture convergence
! SC: like Fritsch Chappel or Kain Fritsch
! AS: Arakawa-Schubert
! Shallow Cumulus Param. (0-off, 1-on)
MNSHCU = 1,1,1,1,
CONFRQ = 600.,
! Frequency of conv param. updates (s)
SHCUFRQ = 600.,
! Frequency of Shallow param. updates (s)
WCLDBS = .0005,
! Vertical motion needed at cloud base for
! to trigger convection
! Surface layer and soil parameterization
NPATCH = 5,
! Number of patches per grid cell (min=2)
NVEGPAT = 4,
! Number of patches per grid cell to be
! filled from
! vegetation files
! (min of 1, max of NPATCH-1)
N_CO2 = 1,
! Number of CO2 tracers for use with SiB submodel
CO2_INIT = 360., 360., 360., 355., 355., 350., 350., 340.,
! CO2 vertical profile for SiB submodel initialization. [ppm]
ISFCL = 1,
! Surface layer/soil/veg model
! 0-specified surface layer gradients
! 1-soil/vegetation model - LEAF
! 3- SiB submodel
NVGCON = 6,
! Vegetation type (see below)

```

```

! 1 -- Crop/mixed farming
! 2 -- Short grass
! 3 -- Evergreen needleleaf tree
! 4 -- Deciduous needleleaf tree
! 5 -- Deciduous broadleaf tree
! 6 -- Evergreen broadleaf tree
! 7 -- Tall grass
! 8 -- Desert
! 9 -- Irrigated crop
! 10 -- Ice cap/glacier
! 11 -- Semi-desert
! 12 -- Ice cap/glacier
! 13 -- Bog or marsh
! 14 -- Inland water
! 15 -- Evergreen shrub
! 16 -- Ocean
! 17 -- Deciduous shrub
! 18 -- Mixed woodland
PCTLCON = 1.,
! Constant land % if for all domain
NSLCON = 6,
! Constant soil type if for all domain
! 1 -- sand
! 2 -- loamy sand
! 3 -- sandy loam
! 4 -- silt loam
! 5 -- loam
! 6 -- sandy clay loam
! 7 -- silty clay loam
! 8 -- clay loam
! 9 -- sandy clay
! 10 -- silty clay
! 11 -- clay
! 12 -- peat
ZROUGH = .05,
! Constant roughness if for all domain
ALBEDO = .2,
! Constant albedo if not running soil model
SEATMP = 293.,
! Constant water surface temperature
DTHCON = 0.,
! Constant sfc layer temp grad for no soil
DRTCON = 0.,
! Constant sfc layer moist grad for no soil
SOIL_MOIST = 'n',
! n => Homogeneous (standard)
! 1,h,a => Heterogeneous Soil Moist.Init.
! with file.
! i => INITIAL
! h => HISTORY
! a => INITIAL or HISTORY
SOIL_MOIST_FAIL = 'i',
! In case of Heterogeneous Soil Moist. file was
! not found, what to do?
! s => STOP the program
! h => Initialize with Homogenous Soil Moist.
! i => Looking for 5 days old files, and if
! not found again then stop.
USDATA_IN = './umid/GLSM.GPDR.',
! Soil Moisture File prefix
USMODEL_IN = './umid/us',
! File prefix with pre-calculated data by BRAMS
SLZ = -2.0, -1.75, -1.50, -1.25, -1.00, -0.75, -0.50, -0.25, -0.05, ! soil
! grid levels
SLMSTR = 0.30, 0.30, 0.30, 0.25, 0.25, 0.20, 0.20, 0.20, 0.18, 0.15,
! Initial soil moisture
STGOFF= 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
! Initial soil temperature offset
! from lowest atmospheric level
!----- Urban canopy parameterization -----
IF_URBAN_CANOPY = 0,
!----- Eddy diffusion coefficient parameters -----
IDIFFK = 1,1,1,1,
! K flag:

```

```

22 Dez 10 12:56          RAMSIN          PÀgina 9/13
!
! 1 - Horiz deform/vert Mellor-Yamada
! 2 - Anisotropic deformation
! 3 - isotropic deformation
! 4 - Deardorff IKE (horiz and vert same)
! 1 - horiz grad frm decomposed sigma grad
! 2 - true horizontal gradient.
! Non-conserving, but allows small DZ
! Deformation horiz. K's coefficient
! Deformation vert. K's coefficient
! Ratio of horiz K_h to K_m for deformation
! Ratio of vert K_h to K_m for deformation
! Ratio of minimum horizontal eddy
! viscosity coefficient to typical value
! from deformation K
!----- Microphysics -----
LEVEL = 3, ! Moisture complexity level
ICLOUD = 4, ! Microphysics flags
IRAIN = 2,
IPRIS = 5,
ISNOW = 2, ! 1 - diagnostic concn.
IAGGR = 2, ! 2 - specified mean diameter
IGRAUP = 2, ! 3 - specified y-intercept
IHAIL = 2, ! 4 - specified concentration
! 5 - prognostic concentration
CPARM = 1e9, ! Microphysics parameters
RPARM = 1e-3,
SPARM = 0., ! Characteristic diameter, # concentration
APARM = 1e-3, ! or y-intercept
GPARM = 1e-3,
HPARM = 3e-3,
GNU = 2., 2., 2., 2., 2., 2., ! Gamma shape parms for
! cld rain pris snow agrg graup hail
!-----
$END
$MODEL_SOUND
!-----
! Sounding specification
!-----
! Flags for how sounding is specified
IPNFLG = 1, ! Specifies what is in PS array
! 0-pressure(mb) 1-heights(m)
! PS(1)=sfc press(mb)
ITNFLG = 0, ! Specifies what is in TS array
! 0-temp(C) 1-temp(K) 2-pot. temp(K)
IRTNFLG = 3, ! Specifies what is in RTS array
! 0-dew pnt.(C) 1-dew pnt.(K)
! 2-mix rat.(g/kg)

```

```

22 Dez 10 12:56          RAMSIN          PÀgina 10/13
!
! 3-relative humidity in %,
! 4-dew pnt depression(K)
IUSFLG = 0, ! Specifies what is in US and VS arrays
! 0-u, v component(m/s)
! 1-umoms-direction, vmoms-speed
HS = 0.,
PS = 1010., 1000., 2000., 3000., 4000., 6000., 8000., 11000., 15000., 20000., 25000.,
TS = 25., 18.5, 12., 4.5, -11., -24., -37., -56.5, -56.5, -56.5, -56.5,
RTS = 70., 70., 70., 20., 20., 20., 20., 10., 10., 10.,
! US = 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5,
! US = 10., 10., 10., 10., 10., 10., 10., 10., 10., 10.,
! US = 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
! US = 3., 3., 3., 3., 3., 3., 3., 3., 3.,
! VS = 3., 3., 3., 3., 3., 3., 3., 3.,
! VS = 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 2.5,
! VS = 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
$END
$MODEL_PRINT
!-----
! Specifies the fields to be printed during the simulation
!-----
NPLT = 0, ! Number of fields printed at each time
! For various cross-sections (limit of 50)
IPLFLD = 'UP', 'THP', 'THETA', 'RT', 'TOTPRE',
! Field names - see table below
! PLFMT(1) = 'OPF7.3', ! Format spec. if default is unacceptable
IXSCTN = 3, 3, 3, 3, 3, 3, ! Cross-section type (1=XZ, 2=YZ, 3=XY)
ISEVAL = 2, 2, 2, 2, 2, 2, ! Grid-point slab value for third direction
! The following variables can also be set in the namelist: IAA,
! IAB, JOB, JOB, NNAVG, NOAVG, FLIIT, PLCONLO, PLCONHI, and PLCONIN.
! 'UP' - UP (M/S) 'RC' - RC (G/KG) 'FCPI' - TOTPRE
! 'VP' - VP (M/S) 'RR' - RR (G/KG) 'TKE' - TKE
! 'WP' - WP (CM/S) 'RP' - RP (G/KG) 'HSCL' - HL(M)
! 'PP' - PRS (MB) 'RA' - RA (G/KG) 'VSCL' - VL(M)
! 'THP' - THP (K)
! 'THETA' - THETA (K) 'RL' - RL (G/KG) 'TG' - TG (K)
! 'THVP' - THV (K) 'RI' - RI (G/KG) 'SLM' - SLM (PCT)
! 'TV' - TV (K) 'RCOND' - RD (G/KG) 'CONFR' - CON RATE
! 'RT' - RT (G/KG) 'CP' - NPERIS 'CONP' - CON PCP
! 'RV' - RV (G/KG) 'RTP' - RT' (G/KG) 'CONH' - CON HEAT
! 'THIL' - Theta-il (K) 'TEMP' - temperature (K)

```

22 Dez 10 12:56	RAMSIN	P�gina 11/13
<pre> 'TVP' - Tv' (K) 'RELHUM' - relative humidity (%) 'FHRD' - radiative flux convergence (??) 'MICRO' - GASPRC 'ZO' - Z0 (M) 'USTARU' - USTARW (M/S) 'TSTARW' - TSTARW (K) 'UR' - UR (M*W/S*S) 'WFZ' - WFZ (M*W/S*S) 'QFZ' - QFZ (G*W/G*S) 'RGHORT' - RSHORT </pre>	<pre> 'THV' - Theta-v 'SPEED' - wind speed (m/s) 'ZMAT' - ZMAT (M) 'USTARW' - USTARW (M/S) 'TSTARL' - TSTARL (K) 'RSTARW' - RSTARW (G/G) 'VW' - VW (M*W/S*S) 'TFZ' - TFZ (K*W/S) 'RLONG' - RLONG </pre>	<pre> 'ISZSTAGE' = 1, 'IVRSTAGE' = 1, ISAN_INC = 0600, </pre>
<pre> \$END \$ISAN_CONTROL ! isentropic control </pre>	<pre> ! Main switches for isentropic-sigz ! "varfile" processing ! ISAN processing increment (hhmm) ! range controlled by TIMEAX, ! IYEAR1,...,TIME1 ! Type of first guess input- 'PRESS', 'RAMS', ! What to do if first guess file should be ! used but does not exist. ! 1= I know it may not be there, ! skip this data time ! 2= I screwed up, stop the run ! 3= interpolate first guess file from ! nearest surrounding times, stop if unable ! (not yet available) </pre>	<pre> IUPA_FLG = 3, ISFC_FLG = 3, ! Input data file prefixes IAPR = './dprep/dp', IARAWI = './', ! Archived rawindsonde file name IASRICE = './dprep/fls', ! Archived surface obs file name ! File names and dispose flags VARPFX = './ivar/iv-brams', IOFLGSZ = 0, IOFLGVAR = 1, \$END \$ISAN_ISENTROPIC </pre>
<pre> ! Isentropic and sigma-z processing </pre>	<pre> ! Specify isentropic levels NLSN = 43, ! Number of isentropic levels LEVTH = 280,282,284,286,288,290,292,294,296,298,300,303,306,309,312, 315,318,321,324,327,330,335,340,345,350,355,360,380,400,420, 440,460,480,500,520,540,570,600,630,670,700,750,800, </pre>	<pre> ! Analyzed grid information: NIGRIDS = 2, ! Number of RAMS grids to analyze TOPSIGZ = 20000., ! Sigma-z coordinates to about this height HYBBOT = 4000., ! Bottom (m) of blended sigma-z/isentropic layer in varfiles HYBTOP = 6000., ! Top (m) of blended sigma-z/isentropic layr SFCINF = 1000., ! Vert influence of sfc observation analysis SIGZWT = 1., ! Weight for sigma-z data in varfile: ! 0.= no sigz data, ! 1.=full weight from surface to HYBBOT NEEDVAR = 1, ! 1=feed back nested grid varfile, 0=don't </pre>
<pre> ! Observation number limits: MAXSTA = 150, ! maximum number of rawindsondes ! (archived + special) MAXSFC = 1000, ! maximum number of surface observations NOTSTA = 0, ! Number of stations to be excluded NOTID = 'r76458', ! Station ID's to be excluded ! Prefix with 'r' for rawindsonde, ! 's' for surface IOBSWIN = 1800, </pre>	<pre> STASBP = .1, ! Minimum sfc station separation in degrees. ! Any surface obs within this distance ! of another obs will be thrown out ! unless it has less missing data, ! in which case the other obs will be ! thrown out. IGRIDFL = 3, ! Grid flag=0 if no grid point, only obs ! 1 if all grid point data and obs ! 2 if partial grid point and obs ! 3 if only grid data ! 4 all data... fast </pre>	<pre> ! File names and dispose flags VARPFX = './ivar/iv-brams', IOFLGSZ = 0, IOFLGVAR = 1, \$END \$ISAN_ISENTROPIC </pre>
<pre> 22 Dez 10 12:56 </pre>	<pre> RAMSIN </pre>	<pre> P�gina 11/13 </pre>

```

22 Dez 10 12:56          RAMSIN          P gina 13/13
! GRIDWT = .01,.001,      ! Relative weight for the gridded press data
!                          ! compared to the observational data in
!                          ! the objective analysis

GOBSPP = 2.,             ! Grid-observation separation (degrees)
GOBRAD = 2.,             ! Grid-obs proximity radius (degrees)

WVLNTH = 1600.,1000.,600., ! Used in S. Barnes objective analysis.
!                          ! Wavelength in km to be retained to the
!                          ! RESPON % from the data to the upper air
!                          ! grids.
SWVLNTH = 750.,300.,750., ! Wavelength for surface objective analysis

RESPON = .90,.9,.9,      ! Percentage of amplitude to be retained.

$END

```