



# POTENCIAL DE AGRESSIVIDADE CLIMÁTICA NA AMAZÔNIA LEGAL

**Diretoria de Geociências**

**Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**

**2014**

Presidenta da República  
**Dilma Rousseff**

Ministro de Estado do Planejamento e Orçamento  
**Miriam Belchior**

## **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE**

Presidenta  
**Wasmália Bivar**

Diretor Executivo  
**Fernando J. Abrantes**

### **ORGÃOS ESPECÍFICOS SINGULARES**

Diretoria de Pesquisas  
**Roberto Luís Olinto Ramos**

Diretor da Diretoria de Geociências  
**Wadih João Scandar Neto**

Diretoria de Informática  
**Paulo César Moraes Simões**

Centro de Documentação e Disseminação de Informações  
**David Wu Tai**

Escola Nacional de Ciências Estatísticas  
**Maysa Sacramento de Magalhães**

### **UNIDADE RESPONSÁVEL**

Diretoria de Geociências

Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais  
**Celso José Monteiro Filho**

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão  
**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**  
Diretoria de Geociências  
Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais

## **POTENCIAL DE AGRESSIVIDADE CLIMÁTICA NA AMAZÔNIA LEGAL**

Rio de Janeiro  
2014

# POTENCIAL DE AGRESSIVIDADE CLIMÁTICA NA AMAZÔNIA LEGAL

## **INTRODUÇÃO**

A interpretação e avaliação das condições climáticas na Amazônia Legal, expressas na Carta do Potencial de Agressividade Climática, em anexo, representam parte dos estudos do Diagnóstico Ambiental da Amazônia Legal, desenvolvido pela Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais - CREN da Diretoria de Geociências do IBGE.

Em estudos de natureza multidisciplinar em que se busca a compreensão do funcionamento do subsistema natural, da forma como seus elementos interagem e se relacionam com o subsistema socioeconômico, a participação dos temas ou indicadores envolvidos realiza-se por meio de enfoques próprios visando a diagnosticar o potencial ecológico, as limitações e formas de uso da terra (SILVA, 1993).

Sob esta premissa o enfoque dado às condições climáticas foi o da sua tradução enquanto agente potencialmente transformador dos arranjos e determinantes dos processos do subsistema natural. Esse potencial de transformação é representado por uma avaliação dos graus de agressividade ou Índice de Agressividade Climática<sup>1</sup>, ou seja, de intensidade de energia que a análise dos elementos climáticos pode gerar.

Assim, buscando os objetivos propostos por Silva (op. cit, 1993) a carta do Potencial de Agressividade Climática representa um dos indicadores necessários à compreensão da dinâmica do subsistema natural, voltada à avaliação da vulnerabilidade do mesmo.

## **PROCEDIMENTOS, MATERIAL E MÉTODO**

Considerando que o equilíbrio dos sistemas ambientais depende da intensidade e duração dos fluxos de energia efetivados por intermédio da dinâmica entre seus componentes, priorizou-se a análise da intensidade dos regimes atuantes com o objetivo de identificar áreas onde os processos de desestabilização podem ser desencadeados ou acelerados em casos de interferências antrópicas.

---

1 Ou Índice de Fournier é obtido com os volumes da precipitação registrados em estações que possuem dados representativos da área de estudo.

Para compreensão dos padrões dos regimes dominantes, bem como para a definição de áreas em diferentes graus de agressividade, adotou-se para esta região a precipitação pluviométrica como variável básica, dada sua relevância nos climas tropicais. Para tal, tomou-se a análise do volume total de chuvas e sua variação sazonal, com ênfase na distribuição entre número de meses chuvosos e secos e, sobretudo, no grau de concentração das chuvas no trimestre mais chuvoso. As demais variáveis – umidade relativa, insolação e temperatura – foram utilizadas mais especificamente na caracterização do que na definição de tais áreas.

O conhecimento dos regimes das chuvas, voltado à diagnose do seu potencial como agente transformador, partiu da concepção que tanto os excessos quanto as deficiências de precipitação são prejudiciais em casos de rupturas no equilíbrio dos sistemas. Dessa forma a análise dos parâmetros utilizados foi direcionada no sentido de identificar as áreas de ocorrência de excessos e deficiências, bem como avaliar a intensidade de tais ocorrências (Quadro 1).

**Quadro 1: CLASSES DE CONCENTRAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DAS CHUVAS**

CLASSE	COR	CONCENTRAÇÃO	TIPO CLIMÁTICO	ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO	GRAU DE CONCENTRAÇÃO	FATOR DE AGRESSIVIDADE
I – sem concentração		- Não há concentração - 12 meses chuvosos	SUPERÚMIDO	< 35%	A – ALTO B - MÉDIO	1 - HÍDRICO
II – baixa concentração		- 7 a 11 meses chuvosos - até 3 meses de estiagem	ÚMIDO	> 35% > 45%	A – ALTO B – MÉDIO C - BAIXO	1 – HÍDRICO  3 – HÍDRICO + TÉRMICO
III – média concentração		- 5 a 9 meses chuvosos - até 5 meses de estiagem	ÚMIDO e SUBÚMIDO	> 45% < 55%	A – ALTO B – MÉDIO C - BAIXO	2 – TÉRMICO  3 – HÍDRICO + TÉRMICO
IV – alta concentração		- 4 a 7 meses chuvosos - 3 a 6 meses de estiagem	SUBÚMIDO e SUBÚMIDO a SECO	> 55%	A – ALTO B – MÉDIO	2 – TÉRMICO

NOTA: - Mês chuvoso: chuva mensal > 100mm

- Mês de estiagem: chuva mensal < 60mm, desde que o mês anterior tenha tido chuva > 100mm

- Índice de concentração: refere-se ao percentual de precipitação total concentrado no trimestre chuvoso

- Fator de agressividade: é a causa predominante que explica o grau de agressividade climática

Para se alcançar estes objetivos partiu-se do levantamento da rede de observação operante na região, selecionando dados referentes a 326 estações climatológicas e pluviométricas, oriundas do Banco de Dados do DNAEE e da CPRM.

As séries temporais analisadas foram homogeneizadas e referem-se ao período 1960 – 1990. Inicialmente priorizou-se a utilização dos dados com séries superiores a 15 anos de observação, no entanto a insuficiência da distribuição espacial da rede, aliada à escassez de dados com séries mais longas, determinaram o aproveitamento de dados com períodos menores, desde que tais informações não fossem conflitantes com outras de maior período ou com as condições ambientais da área de localização dos postos.

As análises foram completadas com informações do Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira (SUDAM, 1984) e com outros dados existentes no acervo do IBGE, gerando uma carta de serviço da interpretação das informações, base para a compreensão do comportamento espacial do clima e conseqüentemente para sua classificação em termos de potencial de agressividade.

A partir dessa carta elaborou-se um quadro síntese dos resultados da análise das variáveis estudadas, possibilitando assim graduar os efeitos que determinados fatores podem ter em relação ao seu potencial impulsionador de processos de erosão. Esses graus são representados na carta do Potencial de Agressividade em três classes, denominadas ALTA, MÉDIA, e BAIXA, representadas pelas letras A, M e B. Antes disto, entretanto, para estabelecer estes diferentes graus foi necessário reconhecer os fatores determinantes que explicam cada grau, expressos pelos dígitos 1, 2 e 3, que representam, respectivamente o **Excesso de Umidade**, a **Deficiência de Umidade** e a **Ocorrência de Ambos Fatores**.

## RESULTADOS

Uma vez que os fatores são as causas determinantes que explicam cada grau, o mapa apresentado na figura 1 representa a avaliação da intensidade do potencial de agressividade climática da região. As características básicas desses fatores são sintetizadas no quadro 2, de modo a possibilitar a melhor compreensão do referido potencial.

## POTENCIAL DE AGRESSIVIDADE CLIMÁTICA NA AMAZÔNIA LEGAL

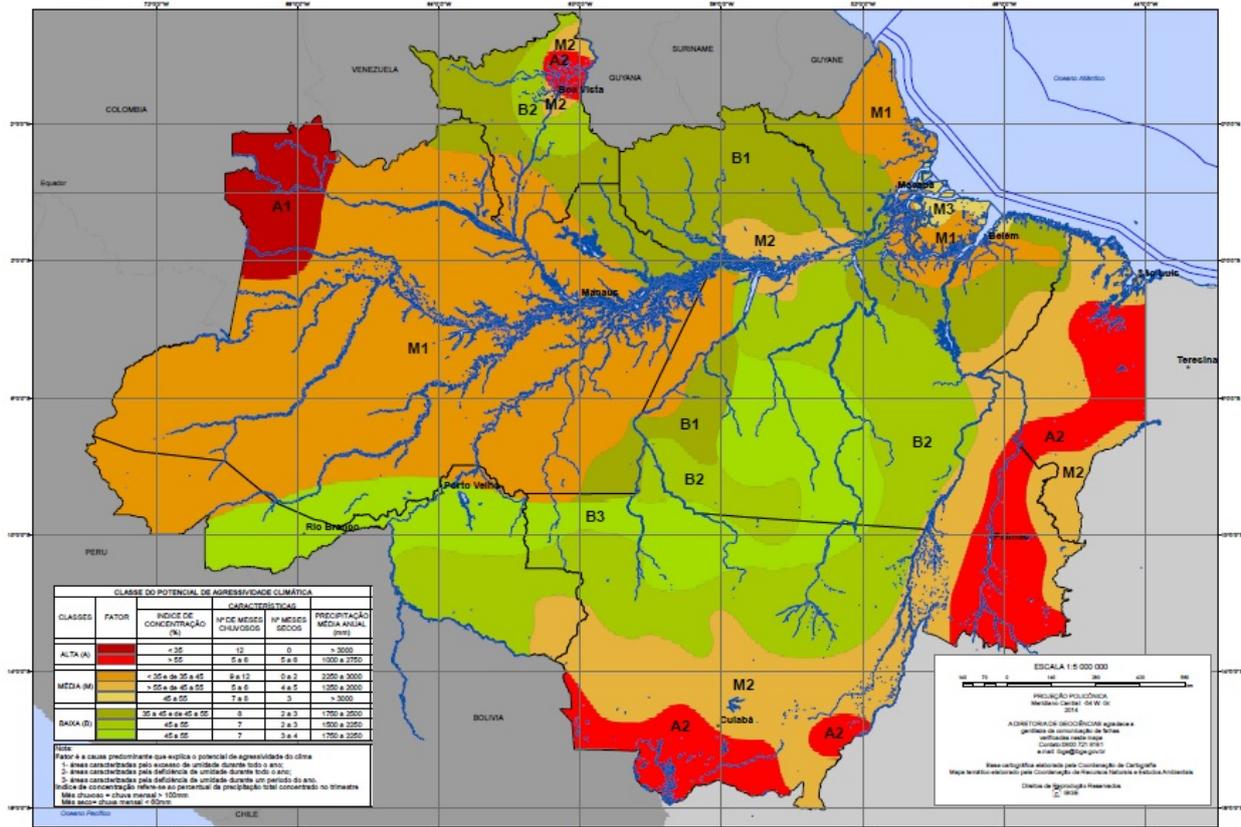


Figura 1: POTENCIAL DE AGRESSIVIDADE CLIMÁTICA NA AMAZÔNIA LEGAL

Quadro 2: CLASSE DO POTENCIAL DE AGRESSIVIDADE CLIMÁTICA

QUADRO 2: CLASSE DO POTENCIAL DE AGRESSIVIDADE CLIMÁTICA					
CLASSES	FATOR	CARACTERÍSTICAS			
		ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO (%)	Nº DE MESES CHUVOSOS	Nº MESES SECOS	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (mm)
ALTA (A)	1	< 35	12	0	> 3000
	2	> 55	5 a 6	5 a 6	1000 a 2750
MÉDIA (M)	1	< 35 e de 35 a 45	9 a 12	0 a 2	2250 a 3000
	2	> 55 e de 45 a 55	5 a 6	4 a 5	1250 a 2000
	3	45 a 55	7 a 8	3	> 3000
BAIXA (B)	1	35 a 45 e de 45 a 55	8	2 a 3	1750 a 2500
	2	45 a 55	7	2 a 3	1500 a 2250
	3	45 a 55	7	3 a 4	1750 a 2250

**Nota:**

Fator é a causa predominante que explica o potencial de agressividade do clima

- 1- áreas caracterizadas pelo excesso de umidade durante todo o ano;
- 2- áreas caracterizadas pela deficiência de umidade durante todo o ano;
- 3- áreas caracterizadas pela deficiência de umidade durante um período do ano.

Índice de concentração refere-se ao percentual da precipitação total concentrado no trimestre mais chuvoso

Mês chuvoso = chuva mensal > 100mm

Mês seco= chuva mensal < 60mm

### Excesso de Umidade

São áreas caracterizadas por chuvas intensas, devido a sua natureza convectiva,

abundantes e frequentes ao longo do ano, o que justifica a inexistência de estação seca ou de curta duração.

Essas áreas correspondem ao bioma da floresta, especialmente a Região da Floresta Ombrófila Densa, o que corrobora a condição de excesso de umidade ali existente, dado ao funcionamento das florestas úmidas na reciclagem do vapor d'água atmosférico, por meio do processo de evapotranspiração, conforme demonstram os estudos realizados a respeito (DALL'OLIO, 1976; MARQUES, 1976; VILLA NOVA, 1977; SANTOS, 1977; SALATI, 1979 a e b).

Nessas áreas foi possível identificar três classes de potencial:

– *Alto Potencial de Agressividade Climática (A)*

Foi avaliado como alto potencial o extremo noroeste da Amazônia Legal, região do alto rio Negro e seus afluentes, domínio das coberturas vegetais das Campinaranas que ocorrem de forma isolada e associadas a diferentes fisionomias da Floresta Ombrófila Densa. Este potencial refere-se ao setor mais chuvoso da região, onde os totais pluviométricos são superiores a 3000mm anuais e os valores mensais ultrapassam 200mm no período menos chuvoso. Em razão dos totais mensais serem elevados a concentração é praticamente nula, inferior a 35% do total anual.

Por ser uma área de intensa e constante nebulosidade, gerada pelos processos convectivos, o número de horas de brilho solar é dos menores observados na área core da Amazônia, inferior a 1800hs/ano, decrescente para menos de 1600hs/ano na região do rio Tiquié, afluente do rio Uaupés. O alto conteúdo de vapor d'água na atmosfera, refletido nos valores médios anuais da umidade relativa superiores a 85%, atenua os efeitos do calor, o que propicia temperaturas médias anuais entre 24°C e 26°C, e inferiores a 24°C na área do rio Tiquié.

– *Médio Potencial de Agressividade Climática (M)*

Compreende uma extensa área que inclui quase toda a bacia do rio Solimões e parte do médio rio Amazonas; a nordeste compreende uma faixa que tangencia o litoral, se estendendo do Amapá ao Pará. Excetuando as formações vegetais anômalas ao clima atual que ali ocorrem por razões pedológicas ou por heranças paleoclimáticas, a

cobertura vegetal dominante é a Floresta Ombrófila Densa e secundariamente a Floresta Ombrófila Aberta, mais expressiva entre as bacias dos rios Juruá e Javari, e a Campinarana que recobre as áreas do médio rio Negro.

A região é submetida a chuvas cuja altura média anual varia espacialmente de 2250mm a 3000mm anuais, alcançando valores mais elevados no litoral.

Embora o litoral receba maior quantidade de chuvas em totais anuais, é na bacia do rio Solimões que as condições de maior umidade são mais constantes ao longo do ano, porque ali o número de meses com precipitação superior a 100mm é da ordem de 9 a 12, enquanto que no setor nordeste totalizam 8 a 10 meses.

A concentração no trimestre mais chuvoso é menor que 35% na parte central, oeste e montante do rio Solimões, e de 35% a 45% (fraca) no restante da área. Justo nessas áreas a concentração começa a se definir, verifica-se um curto período de estiagem: chuvas de altura inferior a 60mm mensais, que se estendem por 2 meses. Contudo tal período não se traduz em seca biológica em função da sua pequena extensão e, sobretudo, pela presença da floresta que impede o estresse hídrico.

– *Baixo Potencial de Agressividade Climática (B)*

Posicionadas próximas à região de fronteira, entre a floresta e o cerrado, estão as áreas de baixo potencial de agressividade do clima. Ao norte engloba uma extensa faixa que se estende do setor noroeste de Roraima ao litoral do Pará, e na região central abrange uma área não muito grande que tangencia os alto e médio cursos do rio Tapajós.

Embora essas áreas estejam localizadas nos domínios da Floresta Ombrófila Densa a instabilidade atmosférica parece ser menos acentuada e frequente que nas áreas anteriormente descritas, o que resulta numa menor disponibilidade de umidade ao longo do ano, traduzida pelo menor total pluviométrico (1750mm a 2250mm anuais), menor número de meses chuvosos (cerca de 8 ao ano), concentração das chuvas fraca (35% a 45%) e média (45% a 55%) respectivamente, e menor período de estiagem (2 a 3 meses ao ano).

## **Deficiência de Umidade**

São áreas marcadas pela estacionalidade das chuvas, consequência da subsidência do ar sobre a região por um período de tempo acentuado, o que acarreta estação seca longa e pronunciada. Vale dizer que durante a estação chuvosa as áreas são atingidas por chuvas torrenciais.

Abrange as áreas periféricas da Amazônia, domínio dos Biomas da Savana (cerrado) e Pantanal, além das áreas de Tensão Ecológica entre os Biomas que ocorrem na região.

### *– Alto Potencial de Agressividade Climática (A)*

Na sua porção norte corresponde a região compreendida entre os rios Tacatu e Parimé em Roraima; ao sul o Pantanal Mato-grossense; a leste estende-se ao longo do rio Tocantins; e a nordeste ao alto curso do rio Mearim e afluentes.

São áreas revestidas predominantemente pela vegetação da Savana (Cerrado) que se apresenta com fisionomias diversas: arbórea, parque e graminosa, seguidas pelas áreas de Tensão Ecológica entre a Savana e a Floresta Estacional, e pela Floresta Estacional.

Os indicadores que mais caracterizam essas áreas são a forte concentração das chuvas no trimestre mais chuvoso, superior a 55% e a extensão do período seco, de 5 a 6 meses ao ano.

Considerando a forte insolação e a baixa umidade do ar que vigoram durante o período de estabilidade atmosférica conclui-se que a taxa de evaporação é positiva, o que certamente acarreta seca biológica, que é tanto mais severa quanto menor for a proteção dada pela cobertura vegetal.

Ao longo dessas áreas os totais anuais de chuva são da ordem de 1000mm a 1750mm, distribuídos basicamente em períodos de 5 a 6 meses ao ano.

### *– Médio Potencial de Agressividade Climática (M)*

Foram assim avaliadas as áreas de Boa Vista e do rio Cotingo, em Roraima; o sudeste de Rondônia; médio rio Amazonas; alto rio Juruena; alto e médio cursos do rio Araguaia e a

bacia do rio Gurupi.

Como na área anterior a Savana é a formação vegetal dominante, seguida das áreas de Tensão Ecológica (Savana/Floresta Estacional e Savana/Floresta Ombrófila) e da Floresta Ombrófila.

Os totais anuais das chuvas variam de 1250mm a 2000mm e o período chuvoso se concentra em 5 a 6 meses do ano.

Embora apresente melhores condições que a área anterior em termos de distribuição e volume total de chuvas, ainda assim a concentração das chuvas no trimestre é considerável (média e alta), bem como o período seco (4 a 5 meses).

Como na área anterior a umidade relativa anual é inferior a 85% e a insolação ultrapassa as 2200 horas anuais.

– *Baixo Potencial de Agressividade Climática (B)*

Corresponde às áreas tipicamente de fronteira entre os biomas da Savana (Cerrado) e o da Floresta Ombrófila, ocorrendo em algumas áreas o contato entre esses dois biomas. Estão situadas em Roraima; sul de Rondônia, Mato Grosso e no sul e leste do Pará.

Nessas áreas a altura das chuvas varia de 1500mm a 2250mm anuais e a estação chuvosa se prolonga por 7 meses ao ano. Apesar da estação do período chuvoso ser considerável, o fato da concentração das chuvas no trimestre mais seco ser de média intensidade (45% a 55%), somado ao período seco de 3 a 4 meses, justifica a avaliação na categoria de deficiência de umidade, o que é referendado pela presença da Floresta Estacional e da Savana.

### **Áreas com Excesso e Deficiência de Umidade**

Essas áreas foram avaliadas pelo excesso de umidade, que ocorre durante a prolongada estação chuvosa (7 a 8 meses ao ano) e pela deficiência existente durante curto, porém definido, período seco de 3 meses; além do fato de apresentarem concentração das chuvas variando entre 45% e 55%.

Estão localizadas na área de domínio da Floresta Ombrófila Aberta, onde também ocorrem manchas de Savana e Floresta Densa.

– *Médio Potencial de Agressividade Climática*

Corresponde ao setor norte da ilha de Marajó e adjacências. São áreas que recebem mais de 3000mm de chuvas anuais, mas que durante 3 meses ao ano apresentam período seco bem definido.

Em função de seu posicionamento junto ao litoral a umidade relativa anual é alta, superior a 85%. como também é alto o número de horas de brilho solar, acima de 2200 horas/ano, e conseqüentemente é elevada a temperatura média anual, que apresenta valores médios superiores a 26°C.

– *Baixo Potencial de Agressividade Climática*

Referem-se a duas áreas: uma situada no sudeste e outra no centro-sul da região:

- a área situada a sudeste compreende uma faixa que se estende do Acre até o rio Juruena, em Mato Grosso, partindo do rio Purus em direção a leste e atravessando o norte de Rondônia.
- a segunda área, a do centro-sul, se prolonga da região entre os rios Xingu e Jamanxim, no Pará, até o alto curso do rio Teles Pires, no Mato Grosso.

São áreas que apresentam precipitação que varia entre 1750mm a 2250mm anuais, e estação seca de 3 meses. A umidade relativa anual é inferior a 85%, a insolação situa-se entre 1800 a 2200 horas/ano e as temperaturas entre 24°C e 26°C.

## **CONCLUSÃO**

A localização da região em estudo em latitudes de máxima radiação solar propicia alta disponibilidade de fluxos energéticos, causa direta do potencial agressivo do clima. Porém, esse potencial está intimamente relacionado aos mecanismos atmosféricos geradores de chuva e aos diferentes tipos de vegetação que interferem de forma

acentuada nos elementos hídricos e térmicos.

Assim, no bioma da floresta os excessos hídricos são resultantes das chuvas convectivas (trocas de calor e vapor d'água à superfície) que são extremamente favorecidas pela presença da floresta, que exerce duplo papel nos sistemas naturais: propiciadora de vapor d'água para a atmosfera e minimizadora dos excessos hídricos e térmicos ali atuantes.

A atuação protetora da floresta retarda o desenvolvimento de processos morfodinâmicos ou impede que eles sejam acelerados, o que certamente ocorreria na ausência da cobertura florestal sobre modelados potencialmente erosíveis. Dessa forma, o equilíbrio do sistema clima-floresta permite o predomínio dos processos químicos sobre o ambiente.

Nas áreas marcadas pela estacionalidade das chuvas, caso dos biomas da Savana (Cerrado) e do Pantanal, onde os sistemas atmosféricos controladores são de grande escala, a estabilidade dos meios torna-se mais reduzida pela exposição das áreas ao potencial energético disponível – seca no inverno e chuvas torrenciais no verão – o que propicia a atuação dos processos mecânicos, com a conseqüente desestabilização do sistema hidrológico, que será tanto maior quanto menor for a proteção da cobertura vegetal.

## REFERÊNCIAS

AGUILAR-LEÓN, L.; RONDÓN, V. *Índices para determinar la agresividad climática con fines de predecir la erodabilidad de los suelos en la explotación del ecosistema bosque: caso Ticoporo (parte 1)*. Mérida (Venezuela): Universidad de los Andes, 1986, 33p. (Cuaderno comodato ULA-MARNIR, 1).

DALL'OLIO, A. *A composição isotópica das precipitações do Brasil: modelos isotérmicos e a influência da evapotranspiração na bacia amazônica*. 1976. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba, 1976.

FOURNIER, F. *Climat et erosion*. La relation entre l'erosion du sol para l'eau et les precipitations atmosphériques. Ed. Presses Unisitaeres de France, Paris, 1960.201 pp.

MARQUES, J. *Contribuição ao estudo hidrológico da bacia amazônica*. 1976. 118 p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) - Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba, 1976.

\_\_\_\_\_. O campo do fluxo de vapor d'água atmosférico sobre a região amazônica. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 9, n. 4, p. 701-713, 1979.

\_\_\_\_\_.; SALATI, E.; SANTOS, J. M. A divergência do campo do fluxo de vapor d'água e as chuvas na região amazônica. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 10, n. 1, p. 133-140, 1980.

NOBRE, C. A. *Clima e atmosfera: caracterização e sensibilidade do clima e da atmosfera*. Brasília: IBAMA, 1992. (Documento A vol. 4).

SALATI, E.; RIBEIRO, M. N. G. Floresta e clima. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 9, n. 4, p. 15-22, 1979. (suplemento).

SILVA, T. C. *Demanda de instrumentos de gestão ambiental: zoneamento ambiental*. Salvador: IBGE. Diretoria de Geociências. Divisão de Geociências da Bahia, 1993. 21 p. (mimeo).

BRASIL. SUDAM. Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia. *Atlas climatológico da Amazônia brasileira*. Belém: SUDAM, 1984. 125 p. (SUDAM. Publicação, 39).

VILLA NOVA, N. A.; SALATI, E.; MATSUI, E. Estimativa da evapotranspiração na bacia amazônica. *Climatologia*, São Paulo, n. 6, p. 1-43, 1977.

# Equipe Técnica

Diretoria de Geociências

**Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**

Gerência Técnica

**Eloisa Domingues**

Elaboração do Mapa e Relatório

**Regina Francisca Pereira**

Colaboração

Leonardo Barbosa Gomes

Ailton Antonio Baptista de Oliveira

Angela Maria Faria de Alcântara Aquino

Estagiária

Tassia Karl Inacio