

# ***Boletim de Pesquisa 16 e Desenvolvimento***

ISSN 1806-3322  
Dezembro, 2011

## **Concentração e Dinâmica de Queimadas de 2000 a 2006**





ISSN 1806-3322  
Dezembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Monitoramento por Satélite  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 16***

## **Concentração e Dinâmica de Queimadas de 2000 a 2006**

*Fernando Luís Garagorry  
Célia Regina Grego  
Evaristo Eduardo de Miranda  
Osvaldo Tadatomo Oshiro  
Carlos Fernando Quartaroli  
Alessandra Gonçalves Kobayashi*

Embrapa Monitoramento por Satélite  
Campinas, SP  
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Monitoramento por Satélite**

Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão

CEP 13070-115 Campinas, SP

Telefone: (19) 3211-6200

Fax: (19) 3211-6222

www.cnpm.embrapa.br

sac@cnpm.embrapa.br

**Comitê Local de Publicações**

Presidente: *Cristina Criscuolo*

Secretária-Executiva: *Shirley Soares da Silva*

Membros: *Bibiana Teixeira de Almeida, Daniel de Castro Victoria, Davi de Oliveira Custódio, Graziella Galinari, Luciane Dourado e Vera Viana dos Santos*

Supervisor editorial: *Cristina Criscuolo*

Revisor de texto: *Bibiana Teixeira de Almeida*

Normalização bibliográfica: *Vera Viana dos Santos*

Diagramação eletrônica: *Shirley Soares da Silva*

Foto de capa: *Célia Regina Grego* (Queimada no cerrado do Mato Grosso-MT)

**1ª edição**

1ª impressão (2011): versão digital.

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Monitoramento por Satélite

---

Garagorry, Fernando Luís

Contração e dinâmica de queimadas de 2000 a 2006 / Luís Garagorry, Célia Regina Grego, Evaristo Eduardo de Miranda, Osvaldo Tadatomo Oshiro, Carlos Fernando Quartaroli, Alessandra Gonçalves Kobayashi. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.

69 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16).

ISSN 1806-3322.

1. Agricultura. 2. Distribuição geográfica. 3. Estatística. 4. Queimada. I. Grego, Célia Regina. II. Miranda, Evaristo Eduardo de. III. Oshiro, Osvaldo Tadamoto. IV. Quartaroli, Carlos Fernando. V. Kobayashi, Alessandra Gonçalves. VI. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas, SP) VII. Título. VIII. Série.

CDD 630.18

# Sumário

<b>Resumo .....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>6</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>9</b>
<b>Resultado e Discussão .....</b>	<b>22</b>
<b>Conclusões.....</b>	<b>64</b>
<b>Referências .....</b>	<b>68</b>

# Concentração e Dinâmica de Queimadas de 2000 a 2006

---

*Fernando Luís Garagorry<sup>1</sup>*

*Célia Regina Grego<sup>2</sup>*

*Evaristo Eduardo de Miranda<sup>3</sup>*

*Oswaldo Tadatomo Oshiro<sup>4</sup>*

*Carlos Fernando Quartaroli<sup>5</sup>*

*Alessandra Gonçalves Kobayashi<sup>6</sup>*

## Resumo

Tendo em conta a grande quantidade de dados registrados, armazenados e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) sobre focos de calor, aqui mencionados como queimadas, pensa-se que há um amplo espaço para a realização de diversas formas de análise estatística. Neste documento, serão apresentadas algumas técnicas de análise estatística orientada principalmente para explorar a presença de queimadas em subdivisões da Divisão Territorial do Brasil (DTB) mantida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Isso é necessário para estabelecer as bases de outros estudos, voltados para identificar relacionamentos entre as queimadas e a atividade agrícola, já que as estatísticas agrícolas são publicadas de acordo com a DTB. Com menor ênfase, técnicas similares serão utilizadas para avaliar a distribuição das queimadas nos meses do ano e nos biomas. Serão apresentadas duas formas de análise relacionadas com as entidades geográficas: uma focada no volume (i.e. número de queimadas) e outra determinada pela densidade (i.e. número de queimadas dividido pela área). Esses dois tipos de análise levam a conclusões bem diferentes sobre a distribuição territorial das queimadas. Em particular, a avaliação por densidade permite identificar a importância das queimadas nos estados, como o Ceará, ou, com referência aos biomas, no Pantanal e no Cerrado.

Palavras-chave: análise estatística, concentração espacial, queimada.

---

<sup>1</sup> Doutor em Estatística, pesquisador da Secretaria de Gestão Estratégica da Embrapa Sede, fernando.garagorry@embrapa.br

<sup>2</sup> Doutora em Energia na Agricultura, pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, crgrego@cnpem.embrapa.br

<sup>3</sup> Doutor em Ecologia, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, mir@cnpem.embrapa.br

<sup>4</sup> Doutor em Engenharia Mecânica, Analista de Sistemas da Embrapa Monitoramento por Satélite, osvaldo@cnpem.embrapa.br

<sup>5</sup> Mestre em Agronomia, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, quarta@cnpem.embrapa.br

<sup>6</sup> Bacharelada em Engenharia Ambiental – PUC Campinas, estagiária da Embrapa Monitoramento por Satélite, alessandra\_kobayashi@hotmail.com.br

# Concentration and Dynamics of Bushfires from 2000 to 2006

---

## Abstract

*The large amount of data on bushfires in the Brazilian territory, registered, stored and made available by the Brazilian National Spatial Research Institute (INPE), can certainly be the subject of different forms of statistical analysis. In this document, several statistical analysis techniques will be applied mainly to study the distribution of bushfires on subdivisions of the official Brazilian Territorial Division (DTB), published by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). This is necessary in order to establish the basis for further studies, particularly on the relationship between bushfires and agriculture, since agricultural statistics are published according to the DTB. With less emphasis, similar techniques will be applied in order to assess the distribution of bushfires over the months or at the biomes. Two types of analysis will be presented in connection with the geographical entities: one will focus on the volume (i.e. number of bushfires) and the other on the density (i.e. number of bushfires divided by area). These two forms of analysis give rise to quite different conclusions on the territorial distribution of bushfires. In particular, the density assessment shows the importance of bushfires in the states, such as Ceará, or, with regard to the biomes, in Pantanal and Cerrado.*

*Index terms: Statistical analysis, spatial concentration, bushfire.*

## Introdução

O monitoramento e estudo das queimadas (ou focos de calor) tem sido objeto de ampla atividade no Brasil. Em particular, sobressai o trabalho desenvolvido no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que tem a responsabilidade de registrar, armazenar e disseminar os dados coletados por meio de vários satélites. A Embrapa Monitoramento por Satélite tem utilizado esses dados para executar diversos trabalhos. Nesse sentido, cabe assinalar as atividades que procuram avaliar o relacionamento entre as queimadas e a atividade agrícola como parte de uma visão mais ampla relacionada com o monitoramento do uso agrícola da terra, onde certamente aparecem outros componentes, tais como o desmatamento e a identificação de áreas degradadas.

Existe vasta literatura sobre queimadas, principalmente em relação às florestas e ao desmatamento. No que se refere ao Brasil em particular, tem havido muito interesse em estabelecer relacionamentos entre o uso de queimadas e o desmatamento da Amazônia. Como amostra da produção científica vinculada com o tema das queimadas, pode ser consultada a lista de publicações que aparece no site do INPE (2010c). No mesmo lugar, existem links para mais de 400 referências sobre o assunto.

No entanto, tendo em conta a grande quantidade de dados existente, pensa-se que há amplo espaço para a realização de diversas formas de análise estatística. Neste documento, será apresentada uma forma de análise estatística orientada principalmente para explorar a presença de queimadas em subdivisões da Divisão Territorial do Brasil (DTB), mantida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Isso é necessário para estabelecer as bases de outros estudos voltados para identificar relacionamentos entre as queimadas e a atividade agrícola, já que as estatísticas agrícolas são publicadas de acordo com a DTB. Com menor ênfase, técnicas similares serão utilizadas para avaliar a distribuição das queimadas nos meses do ano e nos biomas.

A metodologia utilizada evoluiu ao longo de cerca de dez anos. A maior parte dela já apareceu no projeto 02.03.1.02.SGE (“Evolução da agricultura brasileira em um período recente”) e está descrita em documentos elaborados nesse projeto em particular (GARAGORRY; CHAIB FILHO, 2008). Novas aplicações continuam a ser realizadas, para atender diversas demandas (GARAGORRY; CHAIB FILHO, 2010). De todo modo, ela aparece detalhada no presente documento, com comentários dirigidos para o tema das queimadas. No essencial, trata-se do seguinte: não deveria haver restrições para aplicar, aos dados de queimadas, uma metodologia que já foi utilizada para cerca de 50 produtos agrícolas, para estudar sua concentração espacial e sua dinâmica.



Por exemplo, uma técnica utilizada para o número de bovinos poderá ser usada no tratamento do número de queimadas. É necessário que os dados de queimadas sejam agrupados em áreas (no caso, eles foram alocados nas microrregiões da DTB). De fato, eles são frequentemente agrupados nas quadrículas usadas para identificar os registros dos satélites. Neste documento, como ponto de partida, eles foram reunidos nas microrregiões da DTB, com vistas a facilitar o seu relacionamento com a atividade agrícola.

Convém esclarecer o uso de dois termos que aparecem no título deste documento. O conceito de concentração refere-se, essencialmente, à concentração espacial do número de queimadas. Há apenas uma breve seção onde se menciona a concentração com relação aos meses do ano. Por sua vez, neste documento, a espacialidade é entendida principalmente com relação às unidades geográficas que integram um determinado nível da DTB. Aqui só serão considerados os níveis de região, unidade da Federação e microrregião. Como exercício adicional para avaliar o que aconteceu, os biomas foram aproximados segundo microrregiões. Tal como acontece com a atividade agrícola, em termos gerais, uma vez escolhido um nível de entidades geográficas da DTB, sempre se deve esperar uma “alta” concentração das queimadas, se bem que isso possa ser mais pronunciado em um nível menor da divisão territorial, tal como o de microrregião. Também, em termos gerais, pode-se pensar que a concentração muda pouco ao longo dos anos. De todo modo, o fato é que ela pode ser medida, e a discussão sobre sua evolução pode ser feita com base em indicadores estatísticos.

O termo *dinâmica* é empregado em sentido amplo, seguindo o que é usual na física (e aceito nos dicionários), como estudo do movimento. Assim, inicialmente, trata-se de usar alguns conceitos de distância para avaliar a magnitude do deslocamento das queimadas no território nacional. Entende-se que o termo tem sido usado, em tempos mais recentes, nos mais diversos campos, para referir-se a todo tipo de mudanças ou variações, muitas delas ocorrendo na mesma área, sem que se faça referência a algum tipo de deslocamento. Isso tem acontecido também em estudos sobre as queimadas (COUTINHO, 2005; TISHKOV, 2004). No entanto, neste documento, o termo *dinâmica* será usado exclusivamente no sentido de identificar e avaliar deslocamentos ocorridos ao longo dos anos. Portanto, não será necessário usar expressões muito comuns, tais como *dinâmica espaço-temporal*; isto é, entende-se que o termo *dinâmica* sempre inclui a dimensão temporal e que o deslocamento ocorre forçosamente em algum espaço (que pode, segundo o

caso, ser definido em termos matemáticos, mas sempre em relação a determinadas entidades geográficas).

Em termos gerais, as informações obtidas sobre queimadas no Brasil tomam como base os números de ocorrências e mostram alguma taxa de variação entre dois anos; em forma auxiliar, podem apresentar algumas tabelas, gráficos e mapas. Isso é perfeitamente válido. No entanto, não resulta adequado para avaliar o movimento. Neste relatório, será utilizada outra metodologia que, partindo dos mesmos números, dirige-se imediatamente para a determinação de alguma forma de distribuição (seja percentual ou em termos de postos, como será indicado); a partir disso, o enfoque básico consiste em medir a distância entre duas distribuições. Assim, nesses casos, a interpretação natural é a de que o móvel, cujo movimento está sendo avaliado, é uma distribuição em determinado espaço.

Também serão usados outros dois tipos de distâncias. Para avaliar o deslocamento de determinados conjuntos de microrregiões será utilizada uma distância muito simples, que usa apenas a contagem do número de unidades territoriais envolvidas. Nesses casos, o móvel que está sendo acompanhado ao longo dos anos é um determinado conjunto de microrregiões.

Finalmente, também será determinado o centro de gravidade nacional do número de queimadas, a partir de sua presença nas microrregiões, e avaliado seu deslocamento em termos de distância terrestre (em km). Em resumo, com relação ao estudo da dinâmica, os deslocamentos podem ser caracterizados mediante a identificação de diversos móveis (distribuições nas regiões etc.) e a utilização de diferentes conceitos de distância. Existem muitos outros conceitos de distância, mas preferiu-se mostrar alguns que utilizam cálculos bem simples e que, em grande medida, podem ser interpretados facilmente.

Cabe mencionar, ainda, um ponto que se refere às variáveis consideradas. Como já foi indicado, o mais comum é que se faça referência ao número de queimadas (o qual, neste relatório, será chamado de volume). Certamente, essa variável será analisada aqui. No entanto, também será avaliada a densidade, a qual, em cada caso, resulta da divisão dos números de queimadas pelas áreas das respectivas unidades geográficas. Sem dúvida, os resultados envolvendo densidades podem ser considerados como sendo aproximados, no sentido de que, num estudo mais preciso, poderiam ser subtraídas algumas áreas. De todo modo, o importante é observar que as análises por volume e por densidade contam duas histórias bem diferentes, e que ambas resultam úteis para avaliar a evolução das queimadas.

# Material e Métodos

## Dados

Os dados originais de queimadas, que correspondem ao período de 2000 a 2006, foram obtidos do INPE (2010a). As queimadas, ou focos de calor, foram registradas pelo satélite de referência NOAA12, que funcionou até agosto de 2007. Trata-se de dados georreferenciados (com latitude, longitude e dia do registro) que foram alocados nas microrregiões da DTB, determinadas pelo IBGE, já agrupados por quinzena. Portanto, neste documento, os dados básicos correspondem ao número de queimadas por microrregião. Na maior parte deste documento, serão considerados apenas os totais anuais; numa seção breve, serão apresentados alguns resultados relacionados com a distribuição mensal.

Na alocação dos dados às microrregiões, foram encontrados alguns poucos casos que apareciam como sendo em área de água, na Lagoa dos Patos. Eles podem corresponder a registros corretos sobre área de terra, mas que resultaram situados sobre a água por alguma distorção no georreferenciamento do mapa com a DTB. Eles foram excluídos do conjunto de dados analisados; de todo modo, como foram muito poucos casos, isso não introduz nenhuma alteração importante nas conclusões.

No cálculo das estatísticas por densidade, nos níveis de Brasil, região, unidade da Federação e bioma, não foram consideradas as áreas correspondentes à Lagoa dos Patos e à Lagoa Mirim; oficialmente, essas áreas estão incluídas na área total do Rio Grande do Sul, com base em lei estadual, mas não pertencem a nenhum município. Também foi desconsiderada a área da microrregião de Fernando de Noronha (onde não há registro de queimadas), que oficialmente pertence ao Estado de Pernambuco.

## Variáveis

Neste relatório, serão analisadas as seguintes variáveis:

- a) volume de queimadas, medido pelo número de queimadas registradas em uma área específica, num determinado período;
- b) densidade de queimadas, medida pelo quociente entre o número de queimadas e a área da região geográfica onde elas ocorreram; para evitar números muito pequenos, a densidade pode ser expressa em número por 100 km<sup>2</sup>.

Nas discussões mais frequentes sobre o tema das queimadas, só faz-se referência aos dados de volume. Nesse sentido, por exemplo, uma unidade geográfica com 100 queimadas vai superar outra que tenha apenas 50; no entanto, a primeira pode ter uma área muito maior que a da segunda, de modo que em alguns estudos que envolvem estatísticas territoriais é conveniente utilizar também um conceito de densidade, para neutralizar, em parte, a diferença de áreas entre as unidades geográficas.

## Distribuições

O enfoque utilizado neste documento para detectar e avaliar mudanças territoriais na presença de queimadas usa, em sua maior parte, alguma forma de distância entre distribuições. Em princípio, focando na análise por volume, pode-se pensar que se têm as distribuições dos números de queimadas nas classes que se definem em cada caso (e.g. regiões, unidades da Federação, microrregiões). Os termos frequência e distribuição serão usados de forma ampla; pode-se tratar de uma distribuição de frequências (absolutas ou relativas) ou da repartição de determinado total entre certas classes (e.g. repartição do total de microrregiões com registro de queimadas em quatro quartos, ou quartéis).

No entanto, na análise por densidade, uma das técnicas a ser utilizada parte da alocação de postos às densidades calculadas. Assim, por exemplo, em determinado ano, os postos alocados às cinco regiões do País (entendidas na ordem indicada a seguir) poderiam ser 4, 2, 3, 5 e 1. Esses números somam 15. E, de acordo com o procedimento usual, se houvesse existido um empate entre os valores registrados na segunda e na terceira região, os postos alocados teriam sido 4, 2,5, 2,5, 5 e 1, que também somam 15. Assim, a alocação de postos a um conjunto de  $N$  alternativas pode ser considerada como uma forma particular de realizar a distribuição de uma quantia dada por:

$1 + 2 + \dots + N = N(N + 1) / 2$ . Nesse sentido, uma distância que será mostrada mais abaixo, e que inicialmente tem sido mais utilizada para avaliar a diferença entre duas distribuições de frequências, pode ser adaptada para medir a separação entre duas alocações de postos.

Em resumo, uma distribuição aparecerá como um conjunto de números não negativos que somam determinado valor positivo (pode ser 1, 100 ou algum outro valor positivo).

## Ordenamentos

Inicialmente, as entidades geográficas da DTB a serem consideradas (e.g. regiões, unidades da Federação, microrregiões) apresentam-se apenas numa escala nominal (onde são identificadas por um código ou um nome). Alguns indicadores estatísticos usados neste documento, tais como os que medem a concentração de uma distribuição ou a distância entre duas distribuições, não precisam de mais que uma escala nominal. No entanto, outros indicadores que são úteis para descrever as mudanças espaciais requerem uma escala ordinal. Nos exemplos mostrados neste relatório, foram usadas escalas ordinais para as (macro)regiões do País, as unidades da Federação, as microrregiões, os meses e os biomas. Mais especificamente, em cada caso, um ordenamento foi imposto sobre o conjunto de classes consideradas.

**Ordenamento das regiões e das unidades da Federação:** No caso das regiões, utilizou-se o ordenamento implícito adotado pelo IBGE nos códigos das regiões e na publicação de estatísticas, ou seja: 1 – Norte, 2 – Nordeste, 3 – Sudeste, 4 – Sul, 5 – Centro-Oeste. Portanto, usando os símbolos N, NE, SE, S e CO, aceita-se o seguinte ordenamento:  $N < NE < SE < S < CO$ . Com isso, por exemplo, pode-se falar de um deslocamento para a esquerda ou para a direita, pode ser usada uma distribuição acumulada e pode ser avaliada a assimetria de uma distribuição nas regiões.

Também no caso das unidades da Federação, seguiu-se o ordenamento usado pelo IBGE, de acordo com os códigos oficiais, ou seja: 11 – RO, 12 – AC, ..., 52 – GO, 53 – DF.

**Ordenamento e agrupamento das microrregiões:** No caso das microrregiões, não há um ordenamento geral, abrangendo todo o País. Portanto, em trabalhos relacionados com a evolução da agricultura, têm sido utilizados os valores de alguma variável relacionada com o tema em estudo para estabelecer um ordenamento. Neste documento, serão apresentados alguns resultados que derivam de dois ordenamentos diferentes: por volume e por densidade.

a) **Ordenamento por volume:** em cada ano, sobre o conjunto das microrregiões com registro de alguma queimada, foi usado o ordenamento determinado pelo número de queimadas registradas. Assim, é possível identificar a primeira microrregião (com o maior número de queimadas), a segunda, as dez primeiras e assim por diante. Com base nesse ordenamento, foi realizada a acumulação do número de queimadas em cada ano, e foram determinados os quartéis (ou quartos) de cada distribuição. Especificamente, em cada ano: a) o quartel superior (Q4) está formado pelo menor conjunto de microrregiões que, respeitando o ordenamento, são suficientes para alcançar 25% do número total

de queimadas; b) o terceiro quartel (Q3) está formado pelas microrregiões seguintes, até alcançar, em conjunto com as de Q4, 50% do total de queimadas; c) as microrregiões seguintes, até perfazer, junto com as de Q3 e Q4, 75% das queimadas, formam o segundo quartel (Q2); e d) as restantes formam o quartel inferior (Q1).

Cabe assinalar alguns pontos:

1. como as microrregiões são unidades discretas, não se pode garantir que cada quartel tenha exatamente 25% das queimadas; assim, por exemplo, pode acontecer que Q4 reúna 25,92% das queimadas;
2. a técnica utilizada garante que, em cada caso, se tenha o número mínimo de microrregiões suficientes para perfazer uma determinada porcentagem (seja 25, 50 ou 75%), incluindo a primeira microrregião e outras que vêm abaixo dela, sucessivamente, respeitando o ordenamento considerado;
3. na prática, usa-se um enfoque algorítmico, onde o ordenamento é realizado por um programa de computador; isto é, se houver algum empate, aceita-se o ordenamento produzido pelo computador.

b) Ordenamento por densidade: no presente caso, em cada microrregião, a densidade é definida como o número de queimadas dividido pela área da microrregião. Esse valor é utilizado para ordenar as microrregiões. Depois, com base nesse ordenamento, realiza-se a acumulação do número de queimadas, da mesma forma que foi indicada anteriormente, e são identificados os respectivos quartéis. O importante é observar que uma alta densidade, em termos relativos, capta uma presença importante de queimadas dentro da área de uma microrregião.

c) Ordenamento dos quartéis: qualquer que seja o ordenamento inicial das microrregiões, neste documento, aceita-se o ordenamento natural dos quartéis para calcular um indicador de assimetria mencionado mais adiante. Ou seja, entende-se que  $Q1 < Q2 < Q3 < Q4$ . Nesse sentido, pode-se dizer, por exemplo, que Q1 é o quartel inferior, ou que Q4 é o quartel superior.

d) Grupos: na apresentação de alguns resultados, relacionados com a dinâmica das queimadas, serão mencionados certos grupos de microrregiões, definidos da seguinte forma: 1) o grupo 25 (ou G25) coincide com Q4; 2) o grupo 50 (ou G50) é a união dos conjuntos de microrregiões em Q4 e Q3; e 3) o grupo 75 (ou G75) é a união dos conjuntos de microrregiões em Q4, Q3 e Q2. Por

exemplo, em cada ano, G75 está formado pelas microrregiões que, em número mínimo, respeitando o ordenamento escolhido, são suficientes para reunir 75% das queimadas desse ano. De fato, os grupos definem os móveis, em termos de conjuntos de microrregiões, cujo deslocamento será avaliado.

Ordenamento dos meses: logicamente, adota-se o ordenamento segundo o qual janeiro < fevereiro < março < ... < dezembro.

Ordenamento dos biomas: os biomas receberam ordenamento que se aproxima ao das regiões da DTB (isto é, seguindo, aproximadamente, sobre o mapa do Brasil, o sentido horário a partir do Bioma Amazônia), de modo que, na apresentação dos resultados (e no cálculo de um indicador estatístico), será mantida a seguinte ordem: 1) Amazônia; 2) Caatinga; 3) Mata Atlântica; 4) Pampa; 5) Pantanal; e 6) Cerrado.

## Indicadores estatísticos

Assimetria das distribuições de frequência: a análise de assimetria das distribuições de frequência foi feita mediante um indicador de dominância fraca de segundo grau (GARAGORRY et al., 2003); ele situa-se entre os indicadores de dominância estocástica de primeiro e de segundo graus, mais frequentes na literatura (ANDERSON et al., 1977; WHITMORE; FINDLAY, 1978), que exigem alguma desigualdade estrita. A partir de uma distribuição de frequências ( $f_1, f_2, \dots, f_k$ ) em  $K$  classes ordenadas de 1 até  $K$  e onde as frequências somam 1, o indicador é definido por

$$F = \frac{\sum_{k=1}^{K-1} (K - k) f_k}{K - 1},$$

onde

$F$  = coeficiente de dominância estocástica, varia de 0 (concentração total na classe  $K$ ) a 1 (concentração total na classe 1);

$k$  = número de uma classe,  $k = 1, 2, \dots, K$ ;

$f_k$  = frequência na classe  $k$ .

No caso de distribuições expressas em porcentagens, usa-se o mesmo indicador, após dividir os valores por 100.

Medida de concentração: os indicadores de concentração mais usados exigem apenas uma escala nominal. Eles dão uma medida do afastamento (distância) entre uma distribuição e a correspondente distribuição uniforme. No caso, considera-se uma distribuição de frequências, como a que foi usada para definir o índice de dominância, sem a exigência de um determinado ordenamento entre as  $K$  classes. Para avaliar a concentração das distribuições foi usado o índice de Gini, definido mediante a seguinte fórmula:

$$G = \frac{KD}{2}$$

onde  $K$  é o número de classes e  $D$  é a diferença média. Por sua vez,

$$D = \frac{2 \sum_{i=1}^{K-1} \sum_{j>i}^K |f_i - f_j|}{K(K-1)}$$

de modo que resulta a seguinte expressão:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^{K-1} \sum_{j>i}^K |f_i - f_j|}{K-1}$$

Alguns autores (HOFFMANN, 1998; SOUZA, 1977) utilizam uma fórmula um pouco diferente para definir  $D$ , o que não muda muito o valor de  $G$  se o número de classes ( $K$ ) for "grande" (KENDALL; STUART, 1977), mas subestima a concentração quando o número de classes é pequeno. As definições apresentadas para  $D$  e  $G$  são usadas em diversos sistemas de cálculo estatístico; a fórmula para  $D$  corresponde à que aparece na *Encyclopedia of Statistical Sciences* (DAVID, 1983). O índice pode variar de 0 (distribuição de frequência uniforme) a 1 (distribuição de frequência concentrada em uma classe).

Quando é razoável aceitar uma escala ordinal (e.g. no caso dos quartéis de microrregiões), é possível calcular o índice de dominância ( $F$ ); se, além disso, a distribuição de frequências for monótona na ordem adotada para as classes, existem relações muito simples entre  $G$  e  $F$ . Isto é:

- se a distribuição for crescente, então  $G = 1 - 2F$ ;
- se a distribuição for decrescente (caso muito comum neste documento), então  $G = 2F - 1$ .



Portanto, nesses casos, o índice de dominância pode ser interpretado tanto como indicador de assimetria quanto de concentração, e o índice de Gini não acrescenta informação.

Distâncias entre distribuições: para avaliar as mudanças na presença de queimadas ao longo dos anos, foram utilizados diversos conceitos de distância. O primeiro deles serve para medir a mudança entre duas distribuições. Neste documento, ele foi utilizado para avaliar alterações nos níveis geográficos de região, de unidade da Federação e de bioma, e também com relação às distribuições mensais.

A distância que será apresentada, designada como L1, é uma variante da distância L<sup>1</sup> utilizada em matemática (também chamada de distância de Manhattan ou *city block*). Dados dois pontos,  $x = (x_1, x_2, \dots, x_K)$  e  $y = (y_1, y_2, \dots, y_K)$ , de um espaço de K dimensões, onde os componentes (coordenadas) são números reais, a distância L<sup>1</sup> entre eles é dada por:

$$d(x, y) = \sum_{k=1}^K |x_k - y_k|$$

No caso da distância L1, explora-se o fato de que se trabalha com pontos onde os componentes são números não negativos que somam uma constante positiva. Ela foi usada inicialmente, neste documento, para avaliar as mudanças nas distribuições percentuais do número de queimadas (volume), associadas com as regiões do País ou com as unidades da Federação. Para simplificar a apresentação, suponha-se que se têm duas distribuições expressas em porcentagens (ou seja, dois conjuntos de números não negativos que somam 100), onde uma representa a distribuição das queimadas no ano  $s$  e a outra no ano  $t$ , no mesmo conjunto de  $K$  classes (no caso, entidades geográficas, tais como as regiões). A distância L1 entre as duas distribuições é dada por:

$$d(s, t) = \left( \frac{1}{2} \right) \sum_{k=1}^K |f_{sk} - f_{tk}|$$

onde  $f_{sk}$  e  $f_{tk}$  representam, respectivamente, as frequências da classe  $k$  nos anos  $s$  e  $t$ . Os valores dessa distância variam entre 0, para duas distribuições idênticas, e 100, no caso em que as duas distribuições não tenham frequências positivas em uma mesma classe (isto é, se uma tem frequência positiva numa classe, então a outra tem 0 nessa classe). Assim, a distância entre as distribuições (10, 0, 60, 0, 30) e (0, 55, 0, 45, 0) é igual a 100, ou seja, o fator  $\frac{1}{2}$ , na definição da distância L1, só tem a função de garantir que os

valores estarão entre 0 e 100, de modo que um valor de 100 significa uma mudança total em termos geográficos. Note-se que, por simplicidade, na fórmula que define a distância L1, em vez de usar uma expressão como  $d(f_s, f_t)$  para indicar a distância entre as distribuições correspondentes aos anos  $s$  e  $t$ , como seria mais correto, preferiu-se indicar como se fosse a distância entre os anos  $s$  e  $t$ . De fato, neste relatório, em cada caso só existirá uma distribuição para cada ano, e a notação adotada não causa indefinições.

A distância L1 também tem sido chamada de distância de transvariação (GARAGORRY; CHAIB FILHO, 2008; SOUZA, 1977); no entanto, neste documento, preferiu-se não usar o termo transvariação, porque ele também tem sido usado, em estatística, para referir-se a outros indicadores. Ela tem uma interpretação aproximada, que resulta muito útil; assim, uma distância com valor 20 significa que a mudança da distribuição no ano inicial para a do ano final foi de, pelo menos, 20% do máximo que seria teoricamente possível.

Por exemplo, tomando uma forma simplificada de um caso examinado mais adiante, suponha-se que a distribuição percentual do número de queimadas nas regiões (identificadas pela ordem padrão) tivesse sido (32, 24, 8, 3, 33) no ano 2000 e (40, 26, 6, 2, 26) em 2006. A distância L1 entre elas teria sido:

$$d(2000, 2006) = (8 + 2 + 2 + 1 + 7) / 2 = 10$$

No entanto, pode ser demonstrado que a distribuição mais afastada, na métrica L1, da que foi registrada em 2000 é aquela em que se coloca a frequência 100 na região que teve a menor porcentagem no ano 2000 (seria a região Sul, que teve 3%), e 0 nas restantes; isto é, a distribuição (0, 0, 0, 100, 0), correspondente a uma situação hipotética, em que todas as queimadas só foram registradas na região Sul. Nesse caso, a distância L1, entre a distribuição do ano 2000 e essa distribuição extrema, seria:

$$d = (97 + 97) / 2 = 97$$

A relação percentual entre essas duas distâncias é:

$$d' = 100 \times 10 / 97 = 10,3\%$$

Ou seja, a distância calculada entre as distribuições dos anos 2000 e 2006 significa, em termos exatos, 10,3% da máxima mudança teoricamente possível. Na maior parte dos casos encontrados na prática, a distância original (que pode ser entendida como expressa em porcentagem, já que toma valores entre 0 e 100) dá uma boa (*sharp*) cota inferior para a porcentagem exata da máxima distância teoricamente possível. Por outro lado, nas circunstâncias

reais, em geral resulta difícil imaginar que se chegue à distribuição extrema correspondente a cada caso (por exemplo, que todas as queimadas aconteçam na região Sul), de modo que a distância encontrada pode ter uma significância prática bem maior do que indica seu valor. Assim, numa escala de 0 a 100, um valor de 10 pode parecer pequeno, no entanto, examinando com maior detalhe a situação em que foi medido, ele pode indicar um afastamento importante com relação à distribuição no ano inicial.

Distâncias envolvendo os meses do ano: os dados mensais receberam apenas breves comentários neste documento. Em particular, não foi analisada a dinâmica, por exemplo, no sentido de avaliar mudanças no nível da região. No entanto, a distância L1 também foi utilizada para avaliar as mudanças entre as distribuições percentuais das queimadas nos meses do ano, correspondentes a dois anos quaisquer do período estudado.

Distâncias entre ordenamentos por postos: em geral, para avaliar as mudanças na distribuição espacial das queimadas com base no conceito de densidade, não há distribuições percentuais. Nesses casos, foi utilizado um método de postos (*ranking procedure*), que parte de um ordenamento para cada ano. Foi introduzida uma variante da distância L1, para avaliar as mudanças entre os ordenamentos correspondentes a dois anos. Como foi mencionado anteriormente, a soma dos postos atribuídos a um conjunto de  $N$  alternativas é dada por  $C = N(N+1)/2$ . Com base nesse número, poderia ser definida uma distância L1 entre dois ordenamentos. No entanto, a interpretação de porcentagem de um deslocamento com relação ao máximo teoricamente possível seria perdida.

No caso das regiões ( $N = 5$ ), o máximo afastamento entre dois ordenamentos, em termos de diferenças absolutas, ocorre, por exemplo, no caso em que um deles é (1, 2, 3, 4, 5) e o outro é (5, 4, 3, 2, 1). Aí, a soma das diferenças absolutas seria igual a 12. De forma análoga, no caso das unidades da Federação ( $N = 27$ ), o máximo afastamento entre ordenamentos é igual a 364, e, para os biomas ( $N = 6$ ), o máximo possível é 18. Em geral, se  $N$  for ímpar, o máximo será dado por  $(N-1)(N+1)/2$ ; se for par, o máximo será igual a  $N^2/2$ , de modo que, chamando  $M$  a esse máximo, que dependerá, em cada caso, do valor de  $N$ , a distância L1, entre um ordenamento para o ano  $s$  e outro para o ano  $t$ , é dada pela seguinte fórmula:

$$d(s,t) = 100 \frac{\left( \sum_{n=1}^N |r_{sn} - r_{tn}| \right)}{M}$$

onde  $r_{sn}$  e  $r_{tn}$  representam, respectivamente, os postos recebidos pela unidade geográfica  $n$  nos anos  $s$  e  $t$ . A multiplicação por 100 foi introduzida para: a) obter valores que variam entre 0, para dois ordenamentos idênticos, e 100, no caso de dois ordenamentos opostos; e b) facilitar que a distância seja interpretável diretamente, de modo aproximado, na forma que já foi comentada, como uma porcentagem com relação ao máximo teoricamente possível.

Distâncias entre conjuntos de microrregiões: para avaliar mudanças no nível da microrregião, podem ser usadas algumas adaptações da distância L1. No entanto, neste documento, no estudo da dinâmica das queimadas nesse nível geográfico, será utilizada apenas uma distância muito simples, baseada na classificação e contagem das microrregiões que pertençam a determinados conjuntos, em dois anos. Essa distância não tem um nome padrão, mas tem sido chamada de distância de Cantor, aludindo ao criador da teoria de conjuntos. Ela aparece nas teorias matemáticas de medida e probabilidade e na construção de conglomerados (ANDERBERG, 1973). Os conceitos envolvidos são muito simples.

Suponha-se que haja dois conjuntos de microrregiões, M1 para o ano  $s$  e M2 para o ano  $t$ , sendo  $s \leq t$ , referentes ao tema sendo analisado (por exemplo, as microrregiões que integraram o quartel Q4 em relação ao número de queimadas, nesses dois anos);

- determinam-se A, B e C, sendo que A é o número de microrregiões que aparecem em ambos os conjuntos, M1 e M2; B é o número de microrregiões que aparecem no conjunto M1, mas não no M2; e C é o número de microrregiões que aparecem no conjunto M2, mas não no M1; alguns dos números A, B ou C podem ser 0, mas supõe-se que a sua soma não seja 0;
- com esses números, calcula-se o coeficiente de Jaccard, que mede a similaridade, concordância ou persistência entre os dois conjuntos e é dado por:

$$P = \frac{A}{A + B + C}$$

Ele indica a proporção de microrregiões comuns, entre o total das microrregiões que aparecem em algum dos conjuntos;  $P = 1$  se os dois conjuntos forem iguais (pois, nesse caso, fica  $B = C = 0$ ) e  $P = 0$  se os dois conjuntos não tiverem microrregiões em comum (porque, nesse caso,  $A = 0$ ).

A distância de Cantor é o complemento à unidade:

$$d(s,t) = 1 - P = \frac{B+C}{A+B+C}$$

Ela mede a proporção de mudança que houve entre o ano  $s$  e o ano  $t$ , em termos de número de microrregiões, já que compara a soma das que estavam em  $s$  e saíram (B) e das que não estavam em  $s$  mas apareceram no ano  $t$  (C) com o total de microrregiões envolvidas.

Novamente, a notação mais correta poderia ter sido algo como  $d(M1, M2)$ ; no entanto, aparece como se fosse a distância entre dois anos, para enfatizar a dimensão temporal que é inevitável em um estudo de dinâmica. Por exemplo, pode-se pensar que Q4 é o móvel cujo deslocamento está sendo avaliado, e que ele passou de um "lugar" (como conjunto de microrregiões) em um ano, para uma localização diferente em outro ano.

Convém reiterar que, no cálculo da persistência ou da distância de Cantor, só se contam casos que aparecem em algum dos conjuntos; não importa, por exemplo, se uma microrregião teve um número de queimadas muito maior do que outra para formar os conjuntos (por exemplo, para construir quartéis e grupos), se bem que isso possa ter sido considerado inicialmente. Também cabe mencionar que a distância de Cantor pode ser usada em muitas outras situações em que se comparam conjuntos, por exemplo, os dez países que foram os maiores emissores de CO<sub>2</sub> em dois anos diferentes. Neste documento, a distância de Cantor só foi utilizada para avaliar a dinâmica em termos de microrregiões.

Coefficiente de concordância: como já foi mencionado, na avaliação da dinâmica das queimadas, mediante o conceito de densidade, será utilizado um método de postos. Suponha-se que se têm  $K$  conjuntos de postos, resultantes da realização de ordenamentos de  $N$  unidades. Por exemplo, neste documento, será  $K = 7$  (número de anos, de 2000 a 2006) em todos os casos, e  $N$  pode ser o número de regiões ( $N = 5$ ), de unidades da Federação ( $N = 27$ ) ou de biomas ( $N = 6$ ). Em cada ano, serão atribuídos postos às densidades registradas nas  $N$  unidades consideradas, sendo 1 para a mais alta, 2 para a segunda mais alta e assim sucessivamente. Segundo os dados disponíveis, há registros de queimadas em todos os anos, para todas as  $N$  áreas geográficas em cada caso, com  $r_{ik}$  sendo o posto obtido pela unidade  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) no ordenamento (*ranking*) de número  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, K$ ) e  $R_i$ , a soma dos postos obtidos pela unidade  $i$  nos  $K$  ordenamentos. Finalmente,  $s$  sendo a soma dos

quadrados das diferenças entre os valores  $R_i$  e sua média (que tem o valor  $K(N + 1)/2$ ). O coeficiente de concordância de Kendall (KENDALL, 1975; SIEGEL, 1975), nos casos em que não aparecem empates nos ordenamentos, é dado por:

$$W = \frac{12s}{[K^2 N(N^2 - 1)]}$$

Quando há empates, usa-se uma correção adequada. O coeficiente  $W$  pode tomar valores entre 0 (ou um valor pequeno, próximo de 0, em certos casos) e 1. O valor 1 corresponde ao caso em que todos os ordenamentos coincidem (há concordância perfeita) e um valor pequeno indica muita diferença entre os ordenamentos, de modo que, no mínimo,  $W$  (ou, mais corretamente, seu complemento à unidade,  $1 - W$ ) permitiria uma avaliação global das alterações ocorridas.

Além disso, se  $W$  for próximo de 1 (ou seja, se for significativo segundo o teste estatístico apropriado), faz sentido determinar um ordenamento médio, de acordo com o que indica Kendall (1975). Ele é

obtido mediante a alocação de postos aos valores  $R_i$ . No caso, para manter a consistência com o critério adotado na alocação dos postos das densidades, deve ser atribuído o posto 1 ao menor valor  $R_i$ , 2 ao segundo menor valor e assim sucessivamente.

Quando  $N \leq 7$ , como ocorre nas regiões ou nos biomas, usou-se uma tabela com valores críticos para determinar a significância de  $W$  (SIEGEL, 1975, p. 317). Quando  $N > 7$ , como no caso das unidades da Federação, usou-se a variável seguinte, que tem uma distribuição aproximada de qui-quadrado, com  $-1$  grau de liberdade:

$$Z = \frac{12s}{[KN(N+1)]} = K(N-1)W$$

**Centro de gravidade:** o conceito de centro de gravidade é útil para avaliar a mobilidade de uma variável aditiva em termos geográficos agregados. Neste documento, foram determinados os centros de gravidade correspondentes ao número de queimadas em todo o País, para cada ano. Segundo a terminologia utilizada na física, trata-se, realmente, de centros de massa, porque não intervém um campo gravitacional; no entanto, o termo centro de gravidade é

amplamente utilizado em estatística, em relação a diversos tipos de médias ponderadas, particularmente por expoentes da escola francesa de análise de dados multidimensionais (VOLLE, 1997). A aplicação do método começou com a determinação de um centroide para cada microrregião do País (mediante o sistema ArcView), dado por latitude e longitude. A seguir, para cada ano, alocou-se no centroide a massa (número de queimadas) de toda a sua microrregião. Com esses dados (latitude, longitude e massa), em cada microrregião, foram determinados os centros de gravidade mediante um programa de cálculo geodésico, que leva em conta a esfericidade da Terra. Como o cálculo do centro de gravidade está caracterizado por uma média de coordenadas ponderadas pelas massas, pode acontecer que uma microrregião com pouca massa, mas afastada dos grandes aglomerados de queimadas, exerça algum efeito no deslocamento do centro de gravidade. Convém observar que um centro de gravidade pode estar situado em uma microrregião com pouco ou nenhum registro de queimadas.

O centro de gravidade pode ser considerado como a mais simples média ponderada relacionada com a distribuição geográfica de uma variável aditiva, de modo que o estudo de seu movimento dá um resumo do deslocamento da variável. Mediante outro programa de cálculo geodésico, foi determinada a distância terrestre (em km) entre os centros de gravidade correspondentes a cada par dos anos considerados. Com o auxílio do sistema MapInfo, foram identificadas as microrregiões onde se situaram os centros de gravidade e foi elaborado o mapa que mostra a localização deles.

## Mapas estatísticos

São apresentados mapas estatísticos para ilustrar a mobilidade dos grupos 25, 50 e 75 de microrregiões. Usou-se um tipo de mapas onde se superpõem as situações correspondentes a um ano inicial e um ano final. Em correspondência ao que foi comentado sobre a distância de Cantor, aparecem as seguintes cores: a) representaram-se com amarelo as microrregiões que estiveram no grupo considerado tanto no ano inicial quanto no ano final (parte persistente); b) com vermelho, as que fizeram parte do grupo no ano inicial, mas não no ano final; e c) com azul, as que não estiveram no grupo no ano inicial, mas sim no ano final.

## Resultados e discussão

### Parte A: Resultados por volume

#### *Estatísticas básicas*

A Tabela 1 dá os números totais anuais de queimadas no Brasil, nas cinco regiões e nas 27 unidades da Federação. Em geral, tanto no Brasil quanto nas regiões individuais, os maiores valores foram registrados entre 2001 e 2005. A única exceção foi a região Sul, que mostrou comportamento diferente; de todo modo, em todos os anos, essa região foi a que apresentou os menores valores. No total do País e das regiões, os valores de 2006 se aproximam dos do ano 2000.

**Tabela 1.** Queimadas no Brasil, por região e unidade da Federação, de 2000 a 2006.

Entidade geográfica	Ano						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>Brasil</b>	<b>101.517</b>	<b>145.560</b>	<b>234.352</b>	<b>210.884</b>	<b>232.598</b>	<b>225.604</b>	<b>117.290</b>
Norte	32.155	48.613	78.534	56.967	72.018	86.249	47.026
RO	5.499	5.061	10.467	9.132	13.208	17.826	9.643
AC	430	830	1.238	1.216	907	4.725	675
AM	857	1.294	1.857	2.309	1.851	4.951	2.625
RR	362	2.416	2.019	4.777	1.622	934	903
PA	18.204	28.591	48.169	28.799	40.792	45.247	27.681
AP	253	1.301	1.153	906	1.288	552	291
TO	6.550	9.120	13.631	9.828	12.350	12.014	5.208
Nordeste	24.201	45.023	60.928	68.002	60.961	66.120	30.122
MA	8.980	18.695	24.122	24.828	23.016	31.004	13.122
PI	4.759	9.614	11.042	10.783	11.154	11.675	4.012
CE	2.233	6.365	10.241	14.428	11.703	8.118	5.506
RN	144	296	234	547	313	305	121
PB	259	805	1.525	2.622	2.034	1.361	1.362
PE	686	1.071	1.489	2.098	1.656	1.250	983
AL	122	86	205	363	324	309	261
SE	18	24	97	274	105	160	154
BA	7.000	8.067	11.973	12.059	10.656	11.938	4.601
Sudeste	8.951	7.096	12.467	15.600	9.460	10.264	7.521
MG	4.525	3.735	8.313	10.926	5.926	6.249	3.024
ES	176	131	279	741	156	130	150
RJ	120	306	367	314	158	154	323
SP	4.130	2.924	3.508	3.619	3.220	3.731	4.024
Sul	3.217	1.721	2.719	5.119	3.445	1.912	2.722
PR	2.542	1.271	2.071	3.803	2.528	1.303	2.064
SC	308	201	218	964	436	209	389
RS	367	249	430	352	481	400	269
Centro-Oeste	32.993	43.107	79.704	65.196	86.714	61.059	29.899
MS	3.073	6.076	12.869	4.234	5.286	8.006	2.601
MT	26.062	33.044	58.449	55.341	75.404	49.356	25.168
GO	3.810	3.921	8.260	5.533	5.929	3.637	2.094
DF	48	66	126	88	95	60	36



## Nível regional

Com base nos dados da Tabela 1, foram determinadas as distribuições percentuais entre regiões, em cada ano, que aparecem na Tabela 2.

**Tabela 2.** Distribuição percentual das queimadas nas regiões, em cada ano, e indicadores de assimetria (DOM) e concentração (Gini).

Região	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
N	31,67	33,40	33,51	27,01	30,96	38,23	40,09
NE	23,84	30,93	26,00	32,25	26,21	29,31	25,68
SE	8,82	4,87	5,32	7,40	4,07	4,55	6,41
S	3,17	1,18	1,16	2,43	1,48	0,85	2,32
CO	32,50	29,61	34,01	30,92	37,28	27,06	25,49
DOM	0,548	0,593	0,560	0,555	0,530	0,627	0,631
Gini	0,408	0,452	0,469	0,416	0,492	0,498	0,474

O indicador de assimetria (DOM) teve sempre valores acima de 0,5, o qual indica que as distribuições estiveram mais voltadas para a parte alta da tabela (regiões N e NE); no entanto, esses valores mostraram ainda um certo incremento na parte final do período, o que capta um deslocamento mais definido das distribuições para essas duas regiões. Por exemplo, enquanto elas reuniram cerca de 56% das queimadas no ano 2000, essa parte passou para quase 66% em 2006. O índice de concentração (Gini) tem algumas variações, mas mostra uma certa tendência de aumento, o qual está de acordo com o que já foi comentado sobre a maior incidência de queimadas nas regiões N e NE. De fato, comparando a distribuição do ano 2000 às de 2005 e 2006, nota-se uma diminuição relativa na contribuição das regiões SE, S e CO e um aumento nas do N e do NE.

A Tabela 3 dá a distância L1 entre as distribuições regionais de qualquer par dos anos considerados.

**Tabela 3.** Distância L1 entre as distribuições, no nível regional, correspondentes a dois anos.

Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	8,8	5,5	8,4	7,2	12,0	10,3
2001		5,0	6,4	8,0	4,8	9,4
2002			9,6	3,8	8,0	8,8
2003				10,3	11,2	13,1
2004					10,8	12,3
2005						5,2

Em termos gerais, essas distâncias não são muito grandes. No entanto, elas permitem detectar algumas mudanças mais importantes ocorridas no período, dentro do nível regional. Por exemplo, o maior número na Tabela 3, que é 13,1, indica que a maior mudança foi a que aconteceu entre as distribuições de 2003 e 2006. De fato, entre esses dois anos, houve um aumento de cerca de 13 pontos percentuais na região Norte, junto com quedas de cerca de 7 e 12 pontos, respectivamente, nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. O maior valor na diagonal da Tabela 3, que é 10,8, indica que a maior mudança entre anos sucessivos aconteceu de 2004 para 2005, o que está de acordo com o que se vê na Tabela 2 (aumento de quase oito pontos percentuais no Norte e queda de cerca de dez pontos no Centro-Oeste).

A Figura 1 ilustra a dinâmica da distribuição percentual do número de queimadas, no nível regional.

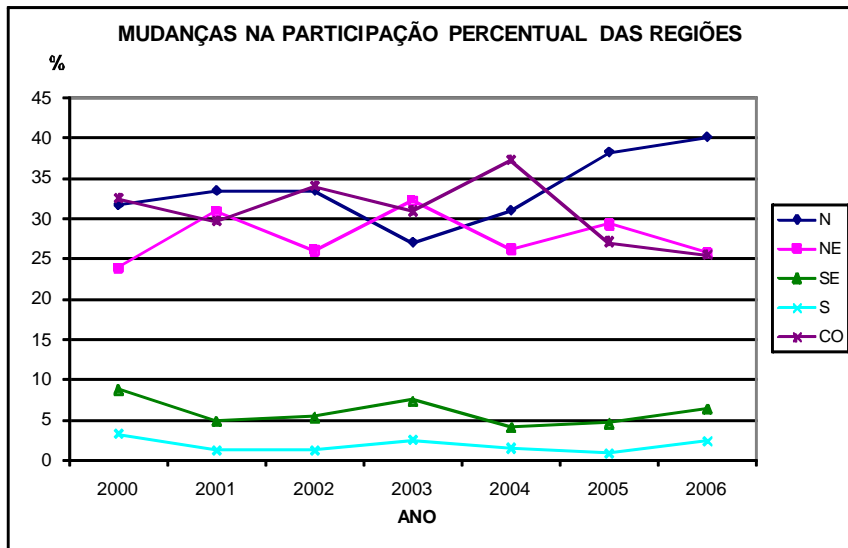


Figura 1. Evolução da participação percentual das regiões no total de queimadas.

### ***Nível da unidade da Federação***

A Tabela 4 apresenta as distribuições percentuais dos números de queimadas, determinadas a partir dos dados da Tabela 1, em cada ano, nas unidades da Federação. Uma rápida inspeção mostra que, de 2000 a 2005, o Mato Grosso ocupou o primeiro lugar e o Pará ficou no segundo lugar em número de queimadas, e que esses estados trocaram de posição em 2006; ao longo do período, o Maranhão ocupou a terceira posição.

**Tabela 4.** Distribuição percentual das queimadas nas unidades da Federação, em cada ano, e indicadores de assimetria e concentração.

UF	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
RO	5,42	3,48	4,47	4,33	5,68	7,90	8,22
AC	0,42	0,57	0,53	0,58	0,39	2,09	0,58
AM	0,84	0,89	0,79	1,09	0,80	2,19	2,24
RR	0,36	1,66	0,86	2,27	0,70	0,41	0,77
PA	17,93	19,64	20,55	13,66	17,54	20,06	23,60
AP	0,25	0,89	0,49	0,43	0,55	0,24	0,25
TO	6,45	6,27	5,82	4,66	5,31	5,33	4,44
MA	8,85	12,84	10,29	11,77	9,90	13,74	11,19
PI	4,69	6,60	4,71	5,11	4,80	5,17	3,42
CE	2,20	4,37	4,37	6,84	5,03	3,60	4,69
RN	0,14	0,20	0,10	0,26	0,13	0,14	0,10
PB	0,26	0,55	0,65	1,24	0,87	0,60	1,16
PE	0,68	0,74	0,64	0,99	0,71	0,55	0,84
AL	0,12	0,06	0,09	0,17	0,14	0,14	0,22
SE	0,02	0,02	0,04	0,13	0,05	0,07	0,13
BA	6,90	5,54	5,11	5,72	4,58	5,29	3,92
MG	4,46	2,57	3,55	5,18	2,55	2,77	2,58
ES	0,17	0,09	0,12	0,35	0,07	0,06	0,13
RJ	0,12	0,21	0,16	0,15	0,07	0,07	0,28
SP	4,07	2,01	1,50	1,72	1,38	1,65	3,43
PR	2,50	0,87	0,88	1,80	1,09	0,58	1,76
SC	0,30	0,14	0,09	0,46	0,19	0,09	0,33
RS	0,36	0,17	0,18	0,17	0,21	0,18	0,23
MS	3,03	4,17	5,49	2,01	2,27	3,55	2,22
MT	25,67	22,70	24,94	26,24	32,42	21,88	21,46
GO	3,75	2,69	3,52	2,62	2,55	1,61	1,79
DF	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
DOM	0,481	0,527	0,502	0,495	0,482	0,565	0,563
Gini	0,702	0,707	0,713	0,676	0,742	0,717	0,704

O indicador de assimetria oscila ao redor de 0,5, o que indica que as distribuições não se afastam muito da simetria em torno do Estado de Alagoas, que ocupa a posição central no ordenamento padrão do IBGE. De todo modo, as variações desse indicador permitem captar alguns deslocamentos. Por exemplo, a maior mudança (em termos absolutos), de 0,482 para 0,565, entre dois anos sucessivos, ocorrida de 2004 para 2005, corresponde a um deslocamento de uma porcentagem das queimadas de unidades da Federação que estão na parte baixa da tabela para outras na parte alta. No caso, sobressaem: a) uma queda de cerca de 11 pontos percentuais no Mato Grosso; e b) aumentos de mais de dois pontos percentuais em Rondônia, Pará e

Maranhão. O índice de concentração tem-se mantido próximo de 0,7, o qual deve ser considerado como bastante alto, tendo em vista tratar-se de 27 unidades. De fato, ao longo do período, três unidades da Federação (Pará, Maranhão e Mato Grosso) reuniram mais de 50% das queimadas.

A Tabela 5 dá a distância L1 entre as distribuições correspondentes a qualquer par dos anos considerados, no nível da unidade da Federação.

**Tabela 5.** Distância L1 entre as distribuições, no nível da unidade da Federação, correspondentes a dois anos.

Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	13,6	10,0	13,7	12,3	15,4	16,7
2001		7,5	13,2	13,3	9,0	14,0
2002			12,7	10,2	10,8	13,7
2003				12,5	16,8	17,1
2004					14,6	15,4
2005						10,1

A inspeção dos números nas linhas da Tabela 5, para os anos iniciais de 2000 a 2002, não mostra comportamento muito definido. É possível observar alguns movimentos de aproximação e de afastamento das respectivas distribuições iniciais. As distâncias entre as distribuições de dois anos sucessivos aparecem na diagonal da tabela. A maior delas, com o valor de 14,6, corresponde ao afastamento entre as distribuições de 2004 e 2005; isto concorda com o que foi encontrado no nível regional e com o que foi comentado acima, sobre o indicador de assimetria. No entanto, a comparação entre o nível regional e o da unidade da Federação mostra diferentes comportamentos. Por exemplo, no nível regional, a segunda maior distância entre anos sucessivos aconteceu de 2003 para 2004 (ver diagonal da Tabela 3), enquanto no nível da unidade da Federação ela ocorreu de 2000 para 2001 (Tabela 5). Portanto, em geral a análise em diferentes níveis de agregação geográfica mostra evoluções distintas.

O maior valor na Tabela 5, de 17,1, correspondente à distância entre as distribuições de 2003 e 2006, dá uma ideia da magnitude dos deslocamentos acontecidos no nível da unidade da Federação. No caso, em termos aproximados, esse valor indica que a alteração foi um pouco maior que 17% do máximo que poderia ter acontecido teoricamente. Isto é, considerando a mínima porcentagem no ano 2003, que foi de 0,04, no Distrito Federal, a distribuição mais afastada, na métrica L1, da de 2003 seria uma distribuição com 100% das queimadas no Distrito Federal, a qual é praticamente impossível de se imaginar. Em termos práticos, considerando-se as concentrações observadas ao

longo do período, um deslocamento da ordem de 17% não deixa de ser importante. A distância capta, por exemplo, um acréscimo de cerca de dez pontos percentuais no Pará e quatro em Rondônia, e uma queda de quase cinco pontos no Mato Grosso, junto com outras alterações um pouco menores, como pode-se ver examinando as colunas correspondentes aos anos de 2003 e 2006, na Tabela 4.

## ***Nível da microrregião***

Nesta seção, será mostrada uma análise da concentração e da dinâmica que está baseada no ordenamento das microrregiões pelo volume, isto é, pelo número de queimadas, em cada ano. Tendo o ordenamento, realiza-se a acumulação do próprio volume para determinar os quartéis (ou quartos) da distribuição de cada ano. A Tabela 6 dá as distribuições nos quartéis, o total de microrregiões com registro de queimadas (TOTMIC) e indicadores de assimetria e concentração para essas distribuições.

**Tabela 6.** Distribuição das queimadas nos quartéis de microrregiões, a partir do ordenamento por volume, e indicadores de assimetria e concentração.

Ano	Q1	Q2	Q3	Q4	TOTMIC	DOM	Gini
2000	439	48	22	10	519	0,922	0,843
2001	457	42	20	10	529	0,929	0,859
2002	466	43	18	9	536	0,934	0,868
2003	461	54	23	10	548	0,921	0,842
2004	478	42	16	7	543	0,942	0,883
2005	470	36	16	9	531	0,940	0,881
2006	471	44	16	8	539	0,938	0,876

Como pode-se ver na Tabela 6, em cada ano, não mais do que dez microrregiões foram suficientes para perfazer 25% das queimadas. Se for considerado o grupo 75, formado pela união das microrregiões em Q2, Q3 e Q4, em todos os anos ele esteve formado por menos que 16% do total de microrregiões registradas. Ou, de outra forma, o conjunto Q1, que, em cada ano, reuniu cerca de 25% do total de queimadas, sempre esteve formado por algo mais que 84% das microrregiões. De fato, essa última estatística serve como indicador primário da concentração, no contexto da metodologia usada (por exemplo, colocado em decimais, não se afasta muito dos valores do índice de Gini). O indicador de assimetria, com valores acima de 0,9, meramente confirma o que se vê na Tabela 6, onde as distribuições têm quase toda a sua massa no quartel inferior. Em vista da monotonia existente nas distribuições, que vão decrescendo de Q1 para Q4, o índice de Gini pode ser calculado mediante a fórmula  $Gini = 2 * DOM - 1$ . Ou seja, nesse caso, o indicador de

assimetria também funciona como um índice de concentração, e o índice de Gini não adiciona informação. O importante é observar que a concentração das distribuições nos quartéis é muito alta e muda pouco ao longo dos anos.

Pode ficar ainda alguma dúvida com relação a uma certa ideia de persistência, por exemplo, se as oito microrregiões que formaram Q4 no ano de 2006 estariam incluídas entre as dez que estavam nesse conjunto no ano 2000. A avaliação das mudanças ocorridas em diferentes conjuntos de microrregiões constitui o passo inicial de um estudo da dinâmica das queimadas nesse nível territorial. Aqui serão avaliadas as mudanças que aconteceram nos grupos 25, 50 e 75, mediante o uso da chamada distância de Cantor. A Tabela 7 ilustra alguns exemplos de cálculo da persistência e de seu complemento à unidade, a distância de Cantor no caso do grupo 25, que coincide com o conjunto Q4. As dez microrregiões que formaram o grupo 25 no ano de 2000 (ver ano inicial igual a 2000 na Tabela 7) dão lugar às colunas B e A, que somam dez; na coluna B está o número das que saíram para o ano final; na coluna A está o número das que ainda permaneciam no ano final (é a chamada parte persistente); na coluna C aparece o número das que não estavam no ano inicial, mas entraram para o ano final. Por exemplo, das dez que estavam no grupo 25 em 2000, para o ano de 2006 tinham saído cinco; no entanto, entraram três novas microrregiões nesse grupo, completando as oito que aparecem na coluna Q4, ano 2006, na Tabela 6.

**Tabela 7.** Exemplos de cálculo da persistência e da distância de Cantor, no grupo 25.

Ano inicial	Ano final	B	A	C	TOTMIC	Persistência	Distância
2000	2001	3	7	3	13	0,538	0,462
2000	2002	2	8	1	11	0,727	0,273
2000	2003	4	6	4	14	0,429	0,571
2000	2004	3	7	0	10	0,700	0,300
2000	2005	3	7	2	12	0,583	0,417
2000	2006	5	5	3	13	0,385	0,615
....	....	..	..	..	..	....	....
2005	2006	4	5	3	12	0,417	0,583

Continuando com o exemplo da mudança no grupo 25, de 2000 para 2006, vê-se, na Tabela 7, que o total de microrregiões envolvidas (coluna TOTMIC) foi de 13, obtido como soma dos números nas colunas B, A e C. No caso, a persistência é dada por  $P = 5/13 = 0,385$ , ou seja, o número na coluna A dividido pelo total de microrregiões envolvidas. Portanto, a distância de Cantor resulta  $D = 1 - P = 0,615$ . Isso pode ser interpretado diretamente no sentido de que houve uma alteração da ordem de 62% dentro do conjunto das microrregiões envolvidas, isto é, uma mudança substancial.

As Tabelas 8, 9 e 10 dão as distâncias de Cantor para os grupos 25, 50 e 75, construídos a partir do ordenamento por volume. Não há uma regra geral que indique, por exemplo, que as distâncias no grupo 25 devam ser maiores ou menores que as respectivas distâncias no grupo 50. No caso, só cabe assinalar que no grupo 25 aparecem várias distâncias grandes. Por exemplo, na diagonal da Tabela 8 aparece uma distância de 0,643, correspondente às alterações que ocorreram nesse grupo entre os anos de 2002 e 2003, o qual significa uma mudança muito importante, da ordem de 64% da maior mudança que, teoricamente, poderia ter ocorrido (isto é, se o conjunto das nove microrregiões que formaram Q4 no ano de 2002 fosse totalmente substituído pelo conjunto das dez microrregiões que perfizeram esse quartel em 2003). O detalhamento do cálculo das distâncias na linha do ano inicial de 2000, na Tabela 8, foi apresentado na Tabela 7.

**Tabela 8.** Distância de Cantor entre os conjuntos de microrregiões no grupo 25, obtidos com base no ordenamento por volume, correspondentes a dois anos.

Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	0,462	0,273	0,571	0,300	0,417	0,615
2001		0,273	0,571	0,455	0,538	0,615
2002			0,643	0,400	0,364	0,583
2003				0,455	0,643	0,714
2004					0,400	0,636
2005						0,583

**Tabela 9.** Distância de Cantor entre os conjuntos de microrregiões no grupo 50, obtidos com base no ordenamento por volume, correspondentes a dois anos.

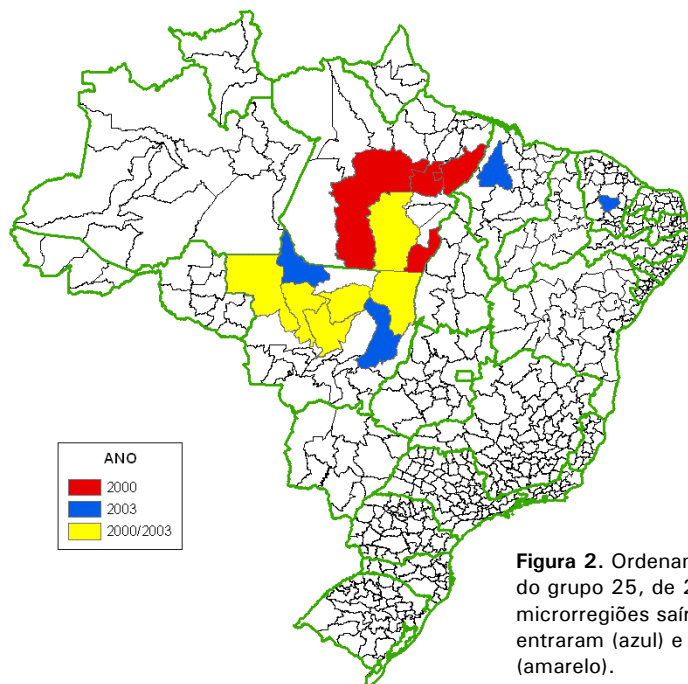
Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	0,450	0,405	0,375	0,429	0,459	0,444
2001		0,371	0,500	0,441	0,382	0,457
2002			0,421	0,214	0,323	0,300
2003				0,353	0,432	0,417
2004					0,286	0,259
2005						0,250

**Tabela 10.** Distância de Cantor entre os conjuntos de microrregiões no grupo 75, obtidos com base no ordenamento por volume, correspondentes a dois anos

Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	0,348	0,295	0,363	0,294	0,416	0,409
2001		0,310	0,326	0,288	0,316	0,293
2002			0,330	0,291	0,276	0,231
2003				0,292	0,356	0,297
2004					0,320	0,295
2005						0,183

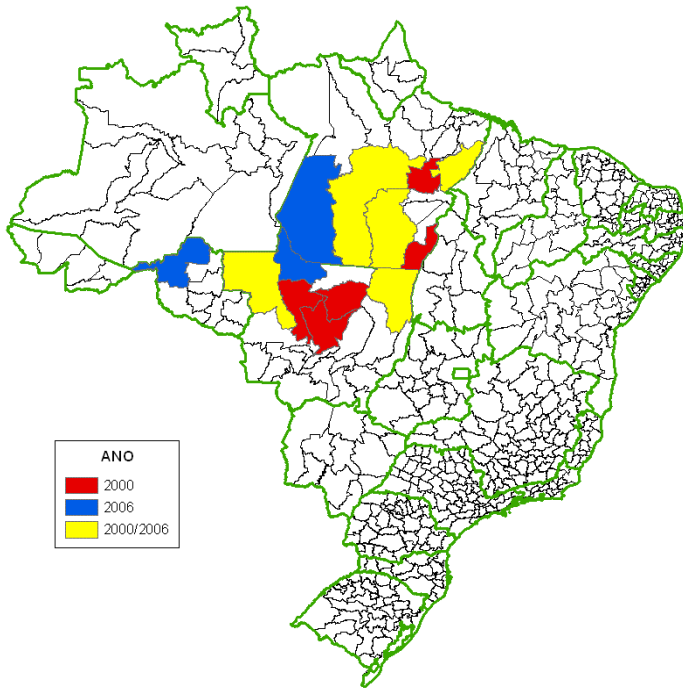
Mesmo no grupo 75, sobre o qual parece natural pensar que apresente menores mudanças, aparecem na diagonal da Tabela 10 algumas distâncias acima de 30%, indicando alterações substanciais entre anos sucessivos. Portanto, em termos gerais, até o grupo 75, devem ser esperados câmbios importantes nos respectivos conjuntos de microrregiões, entre anos sucessivos.

As Figuras 2 a 7 ilustram as mudanças ocorridas nesses grupos, do ano de 2000 para 2003 e 2006.

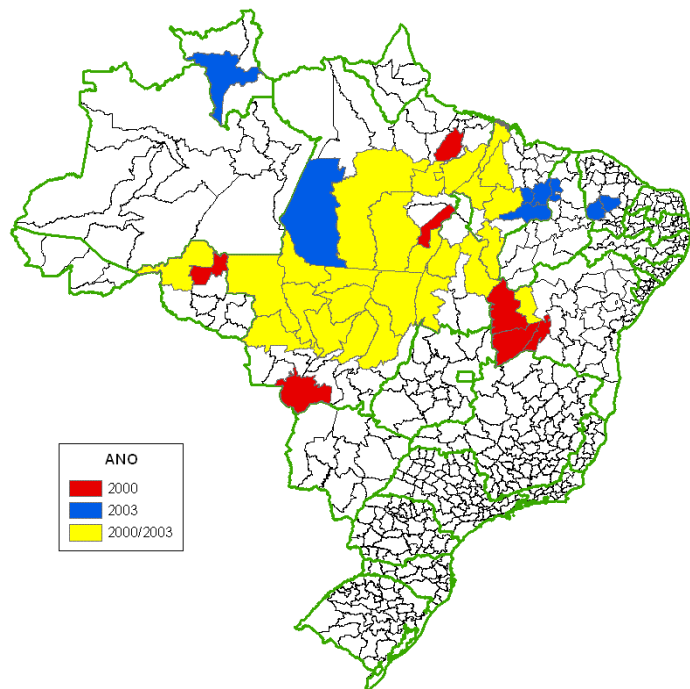


**Figura 2.** Ordenamento por volume. Dinâmica do grupo 25, de 2000 para 2003: quatro microrregiões saíram (vermelho), quatro entraram (azul) e seis permaneceram (amarelo).

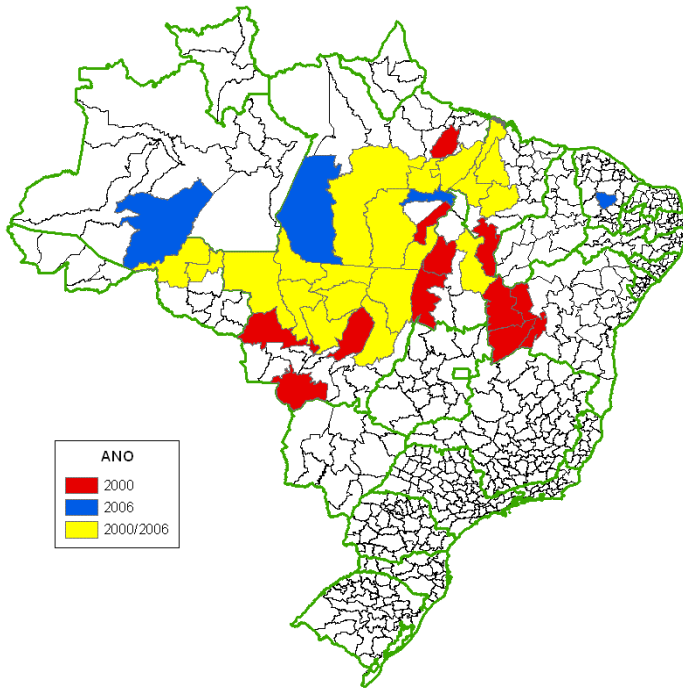




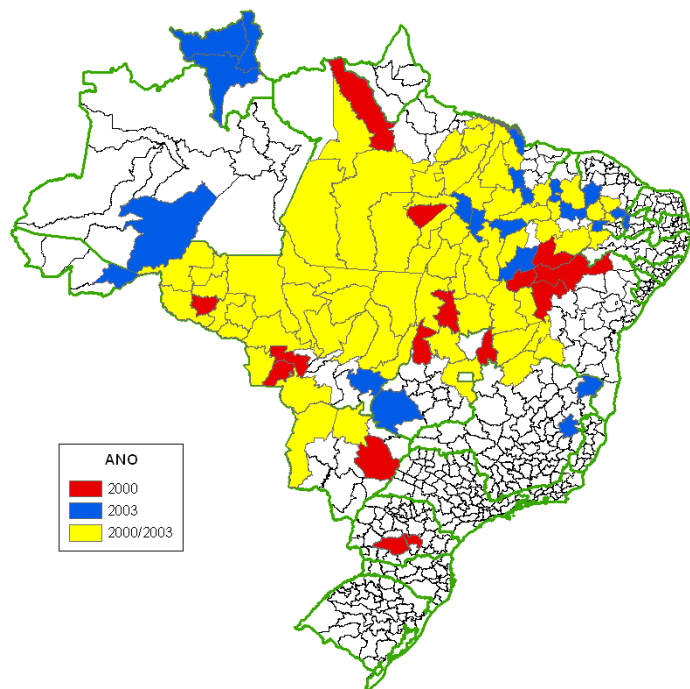
**Figura 3.** Ordenamento por volume. Dinâmica do grupo 25, de 2000 para 2006: cinco microrregiões saíram (vermelho), três entraram (azul) e cinco permaneceram (amarelo).



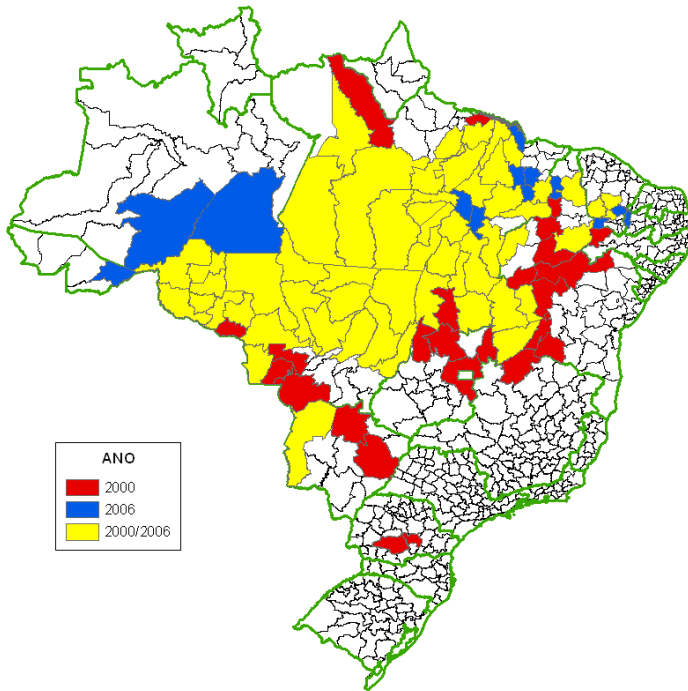
**Figura 4.** Ordenamento por volume. Dinâmica do grupo 50, de 2000 para 2003: 7 microrregiões saíram (vermelho), 8 entraram (azul) e 25 permaneceram (amarelo).



**Figura 5.** Ordenamento por volume. Dinâmica do grupo 50, de 2000 para 2006: 12 microrregiões saíram (vermelho), 4 entraram (azul) e 20 permaneceram (amarelo).



**Figura 6.** Ordenamento por volume. Dinâmica do grupo 75, de 2000 para 2003: 15 microrregiões saíram (vermelho), 22 entraram (azul) e 65 permaneceram (amarelo).



**Figura 7.** Ordenamento por volume. Dinâmica do grupo 75, de 2000 para 2006: 25 microrregiões saíram (vermelho), 13 entraram (azul) e 55 permaneceram (amarelo).

Segundo o que foi visto, em cada ano algumas poucas microrregiões formaram o quartel superior (Q4 ou grupo 25). No entanto, há algumas trocas entre elas que caracterizam a dinâmica desse conjunto. Ou seja, o “móvel” cujo movimento foi avaliado é o conjunto das microrregiões que formaram o quartel superior, mas, em geral, esse conjunto muda de um ano para outro. Na Tabela 11, aparecem as microrregiões que estiveram nesse conjunto nos anos de 2000, 2003 e 2006.

**Tabela 11.** Microrregiões no quartel superior (Q4) em 2000, 2003 e 2006, com base no ordenamento por volume, em ordem decrescente do número de queimadas em cada ano, porcentagem de contribuição ao total no País e porcentagem acumulada.

Ano/ UF	Microrregião	Nº de queimadas	%	% acum.
2000:				
MT	Norte Araguaia	3.828	3,77	3,77
MT	Alto Teles Pires	3.791	3,73	7,51
PA	Paragominas	2.831	2,79	10,29
PA	São Félix do Xingu	2.485	2,45	12,74
MT	Arinos	2.450	2,41	15,16
PA	Altamira	2.424	2,39	17,54
MT	Sinop	2.355	2,32	19,86
MT	Aripuanã	2.291	2,26	22,12
PA	Conceição do Araguaia	2.176	2,14	24,26
PA	Tucuruí	1.687	1,66	25,92
2003:				
MT	Alto Teles Pires	9.847	4,67	4,67
MT	Arinos	6.713	3,18	7,85
MT	Sinop	6.354	3,01	10,87
MT	Aripuanã	4.828	2,29	13,16
MT	Norte Araguaia	4.697	2,23	15,38
MA	Pindaré	4.298	2,04	17,42
MT	Canarana	4.261	2,02	19,44
MT	Alta Floresta	4.146	1,97	21,41
PA	São Félix do Xingu	4.107	1,95	23,35
CE	Sertão de Senador Pompeu	3.905	1,85	25,21
2006:				
PA	São Félix do Xingu	4.887	4,17	4,17
RO	Porto Velho	4.615	3,93	8,10
PA	Altamira	4.219	3,60	11,70
MT	Aripuanã	4.153	3,54	15,24
MT	Norte Araguaia	3.646	3,11	18,35
PA	Itaituba	3.226	2,75	21,10
PA	Paragominas	3.218	2,74	23,84
MT	Alta Floresta	2.780	2,37	26,21

Os resultados que aparecem na Tabela 11 requerem de alguns comentários adicionais. Em primeiro lugar, as cinco microrregiões persistentes na comparação dos anos de 2000 e 2006, no quartel Q4, foram: Norte Araguaia e Aripuanã, no Mato Grosso, e Paragominas, São Félix do Xingu e Altamira, no

Pará. No entanto, Paragominas e Altamira não aparecem nesse quartel em 2003, ou seja, tanto o conceito de persistência quanto a distância de Cantor referem-se à comparação entre dois anos, mas não medem o que aconteceu ao longo de vários anos. Por exemplo, uma microrregião que está em Q4 em determinado ano pode cair depois para outro quartel e retornar posteriormente a Q4. Em princípio, é possível definir outros conceitos de persistência referidos a um conjunto de mais de dois anos e deduzir deles algumas medidas de distância, pelo menos no sentido de afastamento da persistência. Assim, se a medida de persistência for P, tomando-se valores entre zero e um pode-se definir uma distância como  $D = 1 - P$ . Em geral, essa distância pode não ser uma métrica, no sentido usual na matemática (por exemplo, pode não satisfazer a desigualdade triangular). Isso não será utilizado neste documento; no momento, o que interessa é assinalar que no estudo de variações globais ao longo de vários anos podem ser utilizados diversos conceitos para avaliar as mudanças espaciais. No mínimo pode-se pensar que a variabilidade em termos de microrregiões que entram ou saem de um determinado grupo em um período de mais de dois anos é mais complexa que o que se pode descrever com uma distância entre um ano inicial e um ano final. Ainda sobre a Tabela 11, pode chamar a atenção a aparição, em 2003, de uma microrregião no Estado do Ceará. Isso aparecerá com mais destaque na parte deste documento que considera a avaliação com base no conceito de densidade.

Para finalizar esta seção, é mostrada, na Tabela 12, uma forma simples para fazer uma certa avaliação global, no conjunto do período estudado, da participação das unidades da Federação a partir das microrregiões que apareceram em determinado grupo. No caso, a Tabela 12 ilustra a avaliação para o grupo 25.

**Tabela 12.** Unidades da Federação às quais pertencem as microrregiões que formaram o quartel superior (Q4), em cada ano, e total de casos e porcentagem de participação no conjunto do período.

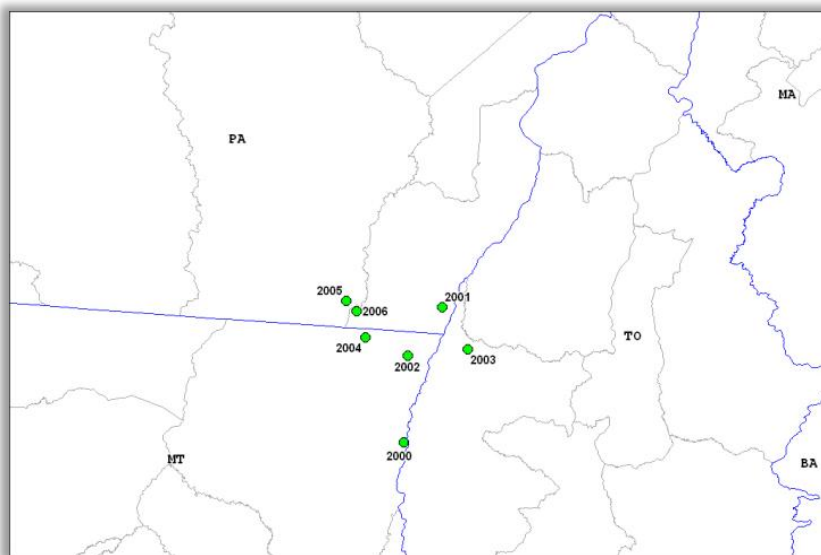
UF	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	%
RO	-	-	-	-	-	1	1	2	3,17
PA	5	3	4	1	2	3	4	22	34,92
MA	-	2	-	1	-	-	-	3	4,76
CE	-	-	-	1	-	-	-	1	1,59
MS	-	1	1	-	-	1	-	3	4,76
MT	5	4	4	7	5	4	3	32	50,79
Total	10	10	9	10	7	9	8	63	100,00

Logicamente, os números que aparecem na linha Total nos diferentes anos coincidem com os que estão na coluna Q4 da Tabela 6 nesses mesmos anos. Em vista dos diversos casos de persistência, o total de 63 mostrado na Tabela 12 não significa tratar-se de diferentes microrregiões; ao contrário, muitas delas

foram contadas mais de uma vez. O que se totaliza na Tabela 12 são instâncias em que uma unidade da Federação é representada por uma ou mais de suas microrregiões. Assim, nesse total de 63 registros, o Mato Grosso aparece 32 vezes e o Pará 22, reunindo, entre eles, quase 86% das ocorrências.

### ***Centros de gravidade nacionais das queimadas nas microrregiões***

Na Figura 8, aparecem os centros de gravidade nacionais das queimadas. A Tabela 13 dá as coordenadas geográficas e as microrregiões onde eles se situaram, enquanto a Tabela 14 apresenta as distâncias terrestres entre os centros correspondentes a qualquer par dos anos considerados.



**Figura 8.** Localização do centro de gravidade nacional da distribuição espacial das queimadas nas microrregiões.

**Tabela 13.** Coordenadas (em graus e decimais) dos centros de gravidade e microrregiões onde se localizaram.

Ano	Latitude	Longitude	UF	Microrregião
2000	-11,03	-50,66	MT	Norte Araguaia
2001	-9,55	-50,24	PA	Conceição do Araguaia
2002	-10,08	-50,62	MT	Norte Araguaia
2003	-10,01	-49,96	TO	Rio Formoso
2004	-9,88	-51,09	MT	Norte Araguaia
2005	-9,48	-51,30	PA	São Félix do Xingu
2006	-9,59	-51,18	PA	Conceição do Araguaia



**Tabela 14.** Distância terrestre (em km) entre os centros de gravidade correspondentes a dois anos.

Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	170	105	137	135	185	169
2001		72	60	100	116	103
2002			74	55	99	82
2003				125	159	142
2004					50	34
2005						18

A partir das distâncias na Tabela 14 pode-se calcular um coeficiente de curvatura mediante o seguinte procedimento:

- a soma das distâncias que aparecem na diagonal é igual a 509 km;
- de 2000 para 2006, a distância é de 169 km;
- o coeficiente de curvatura é dado por  $c = 1 - 169/509 = 0,67$ .

Um coeficiente de curvatura de 0,67 indica um comportamento errático, sem tendência espacial bem definida, o qual está totalmente de acordo com o que se observa na Figura 8. As distâncias entre os centros de anos consecutivos aparecem na diagonal da Tabela 14. A maior delas foi de 170 km, entre os centros de 2000 e 2001. E a distância total no período, entre os centros de 2000 e 2006, foi de 169 km. Portanto, em termos gerais, considerando-se o centro de gravidade como o móvel cujo movimento foi estudado, pode-se concluir que ele não se deslocou muito. Isso pode ser melhor avaliado quando é feita comparação entre os deslocamentos observados nos centros de gravidade de alguns produtos agrícolas, que alcançam valores muito maiores (GARAGORRY; CHAIB FILHO, 2007). Cabe lembrar que, como se trata de uma média ponderada que inclui todas as queimadas ocorridas no País em um ano, o fato de que um centro de gravidade se localize em determinada microrregião não significa, necessariamente, que ela tenha um volume importante de queimadas; de fato, pode acontecer que ela tenha um volume muito pequeno. Finalmente, como resumo, o que se observa na Figura 8 é que os centros de gravidade têm estado nas proximidades do ponto que fica na fronteira dos estados Pará, Tocantins e Mato Grosso.

## ***Resultados para dados mensais***

A Tabela 15 apresenta os totais mensais de queimadas nos diferentes anos. É possível ver que há uma certa concentração entre os meses de agosto e novembro.

**Tabela 15.** Número de queimadas por mês, de 2000 a 2006.

Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
JAN	777	547	1.653	3.602	2.327	4.045	1.883
FEV	560	1.059	1.569	2.366	1.207	1.349	1.350
MAR	836	1.268	1.679	3.181	1.522	1.440	902
ABR	538	1.081	1.682	1.901	1.057	1.211	840
MAI	2.096	2.090	3.818	3.869	4.339	3.027	1.763
JUN	6.274	8.429	10.837	10.548	13.655	4.594	3.137
JUL	4.740	6.490	10.770	19.390	17.957	13.987	6.944
AGO	22.204	31.886	47.264	27.662	37.354	52.498	25.677
SET	23.293	39.834	61.007	57.247	66.962	63.923	37.138
OUT	27.336	31.038	52.073	43.054	39.159	48.897	16.833
NOV	8.399	15.638	30.354	23.006	29.554	25.587	12.802
DEZ	4.464	6.200	11.646	15.058	17.505	5.046	8.021
Total	101.517	145.560	234.352	210.884	232.598	225.604	117.290

A partir dos dados na Tabela 15 foram obtidas as distribuições percentuais nos meses, para cada ano, que aparecem na Tabela 16, junto com os correspondentes indicadores de assimetria e concentração.

**Tabela 16.** Distribuição percentual das queimadas nos meses, em cada ano, e indicadores de assimetria e concentração.

Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
JAN	0,77	0,38	0,71	1,71	1,00	1,79	1,61
FEV	0,55	0,73	0,67	1,12	0,52	0,60	1,15
MAR	0,82	0,87	0,72	1,51	0,65	0,64	0,77
ABR	0,53	0,74	0,72	0,90	0,45	0,54	0,72
MAI	2,06	1,44	1,63	1,83	1,87	1,34	1,50
JUN	6,18	5,79	4,62	5,00	5,87	2,04	2,67
JUL	4,67	4,46	4,60	9,19	7,72	6,20	5,92
AGO	21,87	21,91	20,17	13,12	16,06	23,27	21,89
SET	22,94	27,37	26,03	27,15	28,79	28,33	31,66
OUT	26,93	21,32	22,22	20,42	16,84	21,67	14,35
NOV	8,27	10,74	12,95	10,91	12,71	11,34	10,91
DEZ	4,40	4,26	4,97	7,14	7,53	2,24	6,84
DOM	0,290	0,287	0,277	0,296	0,281	0,292	0,291
Gini	0,627	0,631	0,618	0,558	0,586	0,655	0,626

Os valores do indicador de assimetria variam muito pouco e mantêm-se sempre abaixo de 0,3, o qual corresponde ao fato de que as distribuições estão concentradas na parte baixa da Tabela 16. O indicador de concentração também varia pouco e apresenta valores ao redor de 0,6, o qual corresponde a uma concentração relativamente alta. O valor mais baixo, de 0,558, que aconteceu em 2003, capta uma diminuição na parte das queimadas

correspondentes ao mês de agosto e um acréscimo nas de julho e dezembro, mas isso não chega a caracterizar uma mudança muito importante da concentração. No entanto, há algumas diferenças entre as distribuições, que são melhor detectadas mediante as distâncias.

A Tabela 17 dá as distâncias L1 entre as distribuições da Tabela 16. O valor mais alto, de 16,7, aconteceu em três casos, que correspondem à comparação da distribuição do ano 2000 com as de 2003, 2004 e 2006. Em cada caso, houve diferentes mudanças. Assim, de 2000 para 2003 sobressaem as seguintes: queda de cerca de oito pontos percentuais em agosto, aumento de mais de quatro pontos em setembro e queda de mais de seis pontos em outubro. A análise poderia ser aprofundada, para identificar as unidades territoriais onde as mudanças foram mais destacadas. Em termos gerais, mesmo que os indicadores de assimetria e concentração das distribuições mostrem pouca variação e sejam determinados principalmente pela importância das queimadas que ocorreram entre agosto e novembro, ainda existe a possibilidade de se utilizar as distâncias entre as distribuições para detectar as maiores mudanças, que poderiam ser objeto de análise mais detalhada.

**Tabela 17.** Distância L1 entre as distribuições mensais correspondentes a dois anos.

Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	7,4	8,6	16,7	16,7	12,5	16,7
2001		4,5	10,7	11,0	6,4	10,2
2002			10,9	10,2	8,1	12,0
2003				7,7	13,1	13,3
2004					13,0	10,3
2005						9,6

Logicamente, como foi assinalado, a análise dos dados mensais poderia prosseguir com a inclusão de diversos níveis territoriais. Assim, inicialmente poderia ser estudado o cruzamento mês x ano x região. Neste documento, apenas como exemplo, será mostrado o cruzamento dos meses com as médias das distribuições nas regiões. Ou seja, em cada região, existem sete distribuições (uma para cada ano), e pode ser considerada a correspondente distribuição média. O único aspecto a ser levado em conta é que, como os valores que aparecem em cada distribuição são razões, a distribuição média é calculada com as correspondentes médias de razões, em cada mês, e não com as médias aritméticas das porcentagens mensais. Isto é, fixados um mês e uma região, somam-se as queimadas ocorridas nos sete anos, nesse mês e região, e divide-se o resultado pela soma de todas as queimadas ocorridas nessa região nos sete anos. A Tabela 18 mostra as distribuições mensais médias nas regiões.

**Tabela 18.** Distribuição percentual média das queimadas nos meses, em cada região, e indicadores de assimetria e concentração.

Mês	Região				
	N	NE	SE	S	CO
JAN	1,18	1,69	0,55	4,65	0,63
FEV	0,91	0,82	0,95	2,63	0,37
MAR	1,52	0,44	1,00	3,60	0,34
ABR	0,38	0,30	2,32	2,77	0,85
MAI	0,21	0,46	4,22	3,39	3,70
JUN	0,90	0,86	7,01	3,59	11,26
JUL	5,24	2,07	9,02	4,94	10,88
AGO	28,68	5,79	14,73	21,24	22,11
SET	31,87	19,50	24,62	22,72	30,97
OUT	14,36	32,59	28,86	15,61	14,60
NOV	9,55	24,10	5,33	8,36	3,48
DEZ	5,20	11,37	1,38	6,52	0,82
DOM	0,291	0,203	0,323	0,359	0,348
Gini	0,688	0,699	0,613	0,460	0,648

Em todas as regiões, o indicador de assimetria, na Tabela 18, tem valores abaixo de 0,5, o qual indica que as distribuições estão voltadas para a parte baixa da tabela. Ele mostra maior variabilidade que a observada na Tabela 16, mesmo para distribuições médias. O menor valor, de 0,203, correspondente à região Nordeste, capta, em particular, a importância das queimadas nessa região no mês de dezembro. No outro extremo, o maior valor, de 0,359, correspondente à região Sul, está influenciado pelos valores registrados nos meses de janeiro a abril. Em termos regionais, existem diferenças de certa importância nas respectivas distribuições. O indicador de concentração também mostra diferenças significativas entre as regiões, particularmente quando se compara a distribuição na região Sul com nas demais. Mesmo que o valor de 0,460 no Sul não signifique que a concentração seja baixa, ela é muito menor que a registrada nas outras regiões. A Figura 9 ilustra as diferenças que existem entre as distribuições mensais médias de queimadas nas regiões.

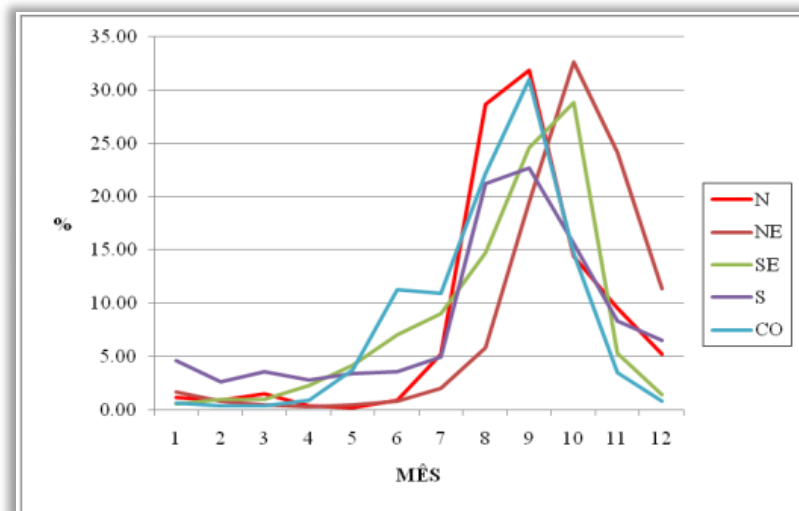


Figura 9. Distribuições médias das queimadas mensais nas regiões.

## Parte B: Resultados por densidade

A densidade refere-se ao número de queimadas dentro da área de cada entidade geográfica. Foram desconsideradas a área de Fernando de Noronha (que é um município e uma microrregião do Estado de Pernambuco) e as áreas da Lagoa dos Patos e da Lagoa Mirim, que, por lei estadual, fazem parte da área do Rio Grande do Sul mas não estão alocadas em municípios desse estado. Como, logicamente, as regiões e as unidades da Federação têm áreas muito diferentes, o uso da densidade permite neutralizar essas diferenças, de modo que, por exemplo, uma unidade da Federação que apareça no primeiro lugar por volume (isto é, por número de queimadas) pode não ocupar essa posição quando considerada a densidade. Inicialmente, as densidades foram calculadas em número de queimadas por km<sup>2</sup>; como resultavam números muito pequenos, preferiu-se mostrar, nas tabelas, os valores por cada 100 km<sup>2</sup> (isto é, as densidades originais foram multiplicadas por 100).

### ***Estatísticas básicas***

A Tabela 19 dá as densidades anuais de queimadas no Brasil, nas cinco regiões e nas 27 unidades da Federação. Dado que em cada entidade geográfica a área permaneceu constante, alguns comentários feitos com relação ao volume (Tabela 1) têm seus análogos em termos de densidade. Assim: 1) em geral, tanto no Brasil quanto nas regiões, as maiores densidades foram registradas

entre 2001 e 2005; a única exceção foi a região Sul; e 2) no total do País e das regiões, os valores de 2006 aproximam-se dos do ano 2000. Já o fato de que em cada ano a densidade na região Sul foi menor que nas demais depreende-se de uma comparação entre regiões na Tabela 19; isso não se deduz automaticamente do que ocorreu com os volumes. Como exemplo, pode-se mencionar que, em 2006, a região Norte teve um volume de queimadas maior que a do Nordeste (Tabela 1); no entanto, nesse ano, a densidade das queimadas no Nordeste foi maior do que no Norte (Tabela 19).

Cabe observar que como as densidades são variáveis de razão (quociente do volume pela área), tem-se que: 1) a densidade numa região é a média das densidades nas unidades da Federação que integram essa região; e 2) a densidade no Brasil é tanto a média das densidades nas regiões quanto no conjunto das unidades da Federação. Logicamente, em todos os casos, trata-se da média de razões (soma dos numeradores dividida pela soma dos denominadores) e não da média aritmética.

Entidade geográfica	Ano						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Brasil	1,19	1,71	2,76	2,48	2,74	2,65	1,38
Norte	0,83	1,26	2,04	1,48	1,87	2,24	1,22
RO	2,31	2,13	4,41	3,84	5,56	7,50	4,06
AC	0,28	0,54	0,81	0,80	0,59	3,10	0,44
AM	0,05	0,08	0,12	0,15	0,12	0,32	0,17
RR	0,16	1,08	0,90	2,13	0,72	0,42	0,40
PA	1,46	2,29	3,86	2,31	3,27	3,63	2,22
AP	0,18	0,91	0,81	0,63	0,90	0,39	0,20
TO	2,36	3,29	4,91	3,54	4,45	4,33	1,88
Nordeste	1,56	2,90	3,92	4,38	3,92	4,25	1,94
MA	2,70	5,63	7,27	7,48	6,93	9,34	3,95
PI	1,89	3,82	4,39	4,29	4,43	4,64	1,60
CE	1,50	4,28	6,88	9,69	7,86	5,45	3,70
RN	0,27	0,56	0,44	1,04	0,59	0,58	0,23
PB	0,46	1,43	2,70	4,65	3,60	2,41	2,41
PE	0,70	1,09	1,51	2,13	1,68	1,27	1,00
AL	0,44	0,31	0,74	1,31	1,17	1,11	0,94
SE	0,08	0,11	0,44	1,25	0,48	0,73	0,70
BA	1,24	1,43	2,12	2,14	1,89	2,11	0,81
Sudeste	0,97	0,77	1,35	1,69	1,02	1,11	0,81
MG	0,77	0,64	1,42	1,86	1,01	1,07	0,52
ES	0,38	0,28	0,61	1,61	0,34	0,28	0,33
RJ	0,27	0,70	0,84	0,72	0,36	0,35	0,74
SP	1,66	1,18	1,41	1,46	1,30	1,50	1,62
Sul	0,57	0,31	0,48	0,91	0,61	0,34	0,48
PR	1,28	0,64	1,04	1,91	1,27	0,65	1,04
SC	0,32	0,21	0,23	1,01	0,46	0,22	0,41
RS	0,14	0,09	0,16	0,13	0,18	0,15	0,10
Centro-Oeste	2,05	2,68	4,96	4,06	5,40	3,80	1,86
MS	0,86	1,70	3,60	1,19	1,48	2,24	0,73
MT	2,89	3,66	6,47	6,13	8,35	5,46	2,79
GO	1,12	1,15	2,43	1,63	1,74	1,07	0,62
DF	0,83	1,14	2,17	1,52	1,64	1,03	0,62

**Tabela 19.** Densidade de queimadas (em No/100 km<sup>2</sup>) no Brasil, por região e unidade da Federação, de 2000 a 2006.

Observa-se, na Tabela 19, que, em todos os anos, o Nordeste e o Centro-Oeste tiveram densidades acima da média nacional, e que as outras três regiões ficaram abaixo dessa média.

## Nível regional

A utilização das distribuições (percentuais) não é adequada para trabalhar com densidades, porque elas não são variáveis aditivas. Neste documento, será utilizada uma técnica de postos (ranking procedure). A Tabela 20 dá, em cada ano, o posto de cada região, entendendo que 1 indica a densidade mais alta e assim sucessivamente (se houvesse um empate seria dado o posto médio às observações empatadas). Vê-se que, em todos os anos, o Nordeste e o Centro-Oeste ficaram nos lugares 1 ou 2, as regiões Norte e Sudeste nos lugares 3 ou 4, e a região Sul esteve sempre no quinto lugar. Em particular, cabe observar o seguinte: 1) a região Norte, que ocupou em certos anos o primeiro lugar em termos de volume, nunca alcançou essa posição quando se considera a densidade; e 2) em termos de densidade, destaca-se a presença das queimadas no Nordeste.

**Tabela 20.** Postos das densidades de queimadas por região e posto médio.

Região	Posto							Soma de postos	Posto médio
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006		
N	4	3	3	4	3	3	3	23	3
NE	2	1	2	1	2	1	1	10	1
SE	3	4	4	3	4	4	4	26	4
S	5	5	5	5	5	5	5	35	5
CO	1	2	1	2	1	2	2	11	2

Para avaliar se, em seu conjunto, os sete ordenamentos são próximos ou se eles poderiam ter resultado de distribuições das queimadas muito diferentes de um ano para outro, calculou-se o coeficiente de concordância de Kendall. O resultado obtido foi  $W = 0,91$ . Com esse valor de  $W$ , o teste de Kendall leva a rejeitar a hipótese nula de que os ordenamentos foram gerados em forma totalmente aleatória, para o nível de significância de 0,01; ou seja, existe uma grande concordância entre os ordenamentos. Nessa situação, ainda segundo Kendall, faz sentido determinar um ordenamento médio, o qual aparece na última coluna da Tabela 20.

Como resultado, na média dos anos estudados, o Nordeste ficou em primeiro lugar e o Centro-Oeste no segundo, quase empatados (somadas de 10 e 11, respectivamente). Em resumo, no nível regional, o resultado obtido a partir das densidades é bem diferente do registrado mediante a consideração do volume.

Como foi mencionado no capítulo Metodologia geral, pode-se utilizar uma distância L1 para avaliar o afastamento entre os ordenamentos de dois anos. No entanto, não parece necessário no caso das regiões, porque os comentários anteriores devem ser adequados para descrever o que aconteceu. Em geral, as distâncias seriam relativamente pequenas. Por exemplo, a distância entre quaisquer dois dos ordenamentos de 2001, 2005 e 2006 é zero, porque eles são iguais. Na seção seguinte, será apresentada a distância L1 entre os ordenamentos das unidades da Federação.

### ***Nível da unidade da Federação***

Na Tabela 21, aparecem os ordenamentos das unidades da Federação por densidade, em cada ano, e o ordenamento médio resultante. Note-se que, neste último, aparecem alguns empates. Por exemplo, o Rio Grande do Norte e o Espírito Santo resultaram empatados na soma dos postos e teriam ocupado os postos 23 e 24; nesse caso, por convenção, atribui-se a ambos os estados o posto médio, com o valor de 23,5.

**Tabela 21.** Postos das densidades de queimadas por unidade da Federação e posto médio.

UF	Posto						Soma de postos	Posto médio	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005			2006
RO	4	7	5	6	4	2	1	29	4,0
AC	20	21	19	23	20	8	20	131	19,0
AM	27	27	27	26	27	24	26	184	26,5
RR	24	15	17	11	19	21	22	129	18,0
PA	8	6	7	8	8	7	6	50	7,0
AP	23	16	20	25	18	22	25	149	21,0
TO	3	5	4	7	5	6	7	37	5,0
MA	2	1	1	2	3	1	2	12	1,0
PI	5	3	6	5	6	5	9	39	6,0
CE	7	2	2	1	2	4	3	21	3,0
RN	22	20	23	21	21	20	24	151	23,5
PB	16	10	9	4	7	9	5	60	8,0
PE	15	14	13	10	11	13	11	87	12,0
AL	17	22	21	18	16	14	12	120	17,0
SE	26	25	24	19	22	18	16	150	22,0
BA	10	9	12	9	9	11	13	73	9,0
MG	14	19	14	13	17	16	19	112	16,0
ES	18	23	22	15	25	25	23	151	23,5
RJ	21	17	18	24	24	23	14	141	20,0
SP	6	11	15	17	14	12	8	83	10,0
PR	9	18	16	12	15	19	10	99	14,5
SC	19	24	25	22	23	26	21	160	25,0
RS	25	26	26	27	26	27	27	184	26,5
MS	12	8	8	20	13	10	15	86	11,0
MT	1	4	3	3	1	3	4	19	2,0
GO	11	12	10	14	10	15	18	90	13,0
DF	13	13	11	16	12	17	17	99	14,5



O cálculo do coeficiente de concordância dá  $W = 0,88$ . Como o número de indivíduos é maior que sete ( $N = 27$ , número de unidades da Federação), utiliza-se um teste de qui-quadrado com 26 graus de liberdade para uma variável dada pela fórmula:  $Z = K(N-1)W$ . Assim, com  $K = 7$ , resultou  $Z = 160,1$ , que é significativo no nível de 0,001. Portanto, aceita-se que existe uma grande concordância entre os ordenamentos e que é lícito determinar o ordenamento médio que aparece na Tabela 21. Na média dos anos, pelo método dos ordenamentos anuais, as cinco primeiras posições foram ocupadas pelos estados: 1) Maranhão, 2) Mato Grosso, 3) Ceará, 4) Rondônia e 5) Tocantins.

De acordo com o que foi apresentado na Metodologia geral, pode-se utilizar uma distância L1 para avaliar o afastamento entre pares de ordenamentos. No caso, dados os ordenamentos correspondentes aos anos  $s$  e  $t$ , a distância L1 é calculada mediante a fórmula:

$$d(s,t) = \frac{100 \left( \sum_{n=1}^{27} |r_{sn} - r_{tn}| \right)}{364}$$

onde  $r_{sn}$  e  $r_{tn}$  representam, respectivamente, os postos recebidos pela unidade da Federação de número  $n$  ( $n = 1, 2, \dots, 27$ ), nos anos  $s$  e  $t$ .

A Tabela 22 dá as distâncias obtidas mediante esse procedimento, entre os ordenamentos correspondentes a qualquer par dos anos considerados.

**Tabela 8.** Distância L1 entre as alocações de postos correspondentes a dois anos.

Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	24,7	21,4	27,5	20,3	27,5	26,9
2001		12,1	27,5	17,0	23,1	28,6
2002			24,7	13,7	20,9	27,5
2003				20,3	26,9	25,3
2004					19,2	24,2
2005						23,1

O maior valor na Tabela 22, que corresponde à distância entre os ordenamentos dos anos de 2001 e 2006, é de 28,6. Isso pode ser interpretado como se a mudança ocorrida do ordenamento no ano inicial (2001) para o do ano final (2006) tenha sido de cerca de 30% do máximo que teoricamente poderia ter acontecido. Isso, por sua vez, indica que houve alterações

importantes, já que a maior mudança possível – em que o posto 1 teria ido para o posto 27, o 2 para o 26, e assim sucessivamente – foge totalmente do que tem sido registrado.

A comparação dos postos obtidos em 2001 e 2006, que aparecem na Tabela 21, permite identificar os seguintes casos, onde houve mudança de mais de 5 posições do ano inicial para o ano final (os números entre parênteses indicam as alterações):

1. aumento da densidade de queimadas em Rondônia (6), Alagoas (10), Sergipe (9) e Paraná (8);
2. diminuição da densidade de queimadas em Roraima (7), Amapá (9), Piauí (6), Mato Grosso do Sul (7) e Goiás (6).

### ***Nível da microrregião***

Nesta seção, será mostrada uma análise da concentração e da dinâmica que está baseada no ordenamento das microrregiões pela densidade de queimadas, em cada ano. Tendo o ordenamento, realiza-se a acumulação do volume (número de queimadas), para determinar os quartéis da distribuição em cada ano. As definições coincidem com as utilizadas no caso do ordenamento por volume. Por exemplo, o quartel superior (Q4) é o conjunto das microrregiões que, em número mínimo, respeitando o ordenamento, são suficientes para reunir 25% das queimadas. O importante é observar que o ordenamento pode ser determinado por uma variável, como a densidade, que não é aditiva, mas a acumulação sempre requer uma variável aditiva e, no caso, é utilizado o número de queimadas. A Tabela 23 dá as distribuições nos quartéis, o total de microrregiões com registro de queimadas (TOTMIC) e indicadores de assimetria e concentração para essas distribuições.

**Tabela 9.** Distribuição das queimadas nos quartéis de microrregiões, a partir do ordenamento por densidade, e indicadores de assimetria e concentração.

Ano	Q1	Q2	Q3	Q4	TOTMIC	DOM	Gini
2000	390	67	42	20	519	0,864	0,729
2001	415	59	32	23	529	0,879	0,758
2002	437	49	30	20	536	0,895	0,790
2003	413	74	35	26	548	0,865	0,730
2004	439	56	26	22	543	0,893	0,786
2005	435	53	19	24	531	0,898	0,802
2006	418	68	29	24	539	0,878	0,755

Como pode-se ver numa comparação com a Tabela 6, no caso do ordenamento por densidade é requerido um número maior de microrregiões, em cada ano, para formar os grupos 25, 50 e 75. Quando se faz o ordenamento por uma variável aditiva e depois se acumula pela mesma variável, como foi feito na avaliação por volume, são obtidos os números mínimos absolutos de microrregiões suficientes para formar os grupos com essa variável. Quando se usa outra variável para obter o ordenamento, usualmente acontece que se requer e um número maior de microrregiões para formar os mesmos grupos. Por exemplo, segundo a Tabela 6, em 2006, foram suficientes oito microrregiões para formar o grupo 25 (Q4); no entanto, de acordo com a Tabela 23, nesse mesmo ano, foram requeridas 24 microrregiões, com as mais altas densidades, para reunir 25% do total das queimadas. Ou seja, quando o que interessa é destacar o número de queimadas, sem preocupação com o tamanho (área) das unidades geográficas, o ordenamento por volume é o ponto de partida natural; no entanto, quando se quer salientar a presença de queimadas dentro do espaço oferecido pelas unidades geográficas, o ordenamento por densidade resulta muito adequado.

Continuando com a comparação entre a Tabela 6 e a 23, vê-se que, nesta última, em cada ano: a) o indicador de assimetria é um pouco menor, mostrando que a distribuição não está tão voltada para Q1; e, b) o indicador de concentração também é um pouco menor, já que a distribuição difere um pouco menos da uniforme do que acontecia na Tabela 6. De todo modo, a concentração é muito alta.

As Tabelas 24, 25 e 26 dão as distâncias de Cantor, entre dois anos, para os grupos 25, 50 e 75, construídos a partir do ordenamento por densidade. Pode-se observar que, no grupo 25, aparecem várias distâncias grandes. Por exemplo, o maior valor na Tabela 24, correspondente às mudanças ocorridas entre 2000 e 2006, é de 0,842. No caso (ver Figura 11), houve seis microrregiões persistentes, 14 que estavam nesse grupo no ano 2000 mas não no ano 2006 e 18 que não figuravam no ano inicial mas entraram para o ano final. Desse modo, resulta uma distância dada por:

$d = (14 + 18) / (6 + 14 + 18) = 32 / 38 = 0,842$ . Isso se interpreta no sentido de que, entre o ano inicial e o final, houve uma alteração da ordem de 84% do máximo possível, dentro do grupo 25.

**Tabela 10.** Distância de Cantor entre os conjuntos de microrregiões no grupo 25, obtidos com base no ordenamento por densidade, correspondentes a dois anos.

Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	0,735	0,667	0,757	0,727	0,811	0,842
2001		0,346	0,469	0,448	0,531	0,531
2002			0,516	0,385	0,581	0,483
2003				0,286	0,529	0,571
2004					0,563	0,467
2005						0,452

**Tabela 11.** Distância de Cantor entre os conjuntos de microrregiões no grupo 50, obtidos com base no ordenamento por densidade, correspondentes a dois anos.

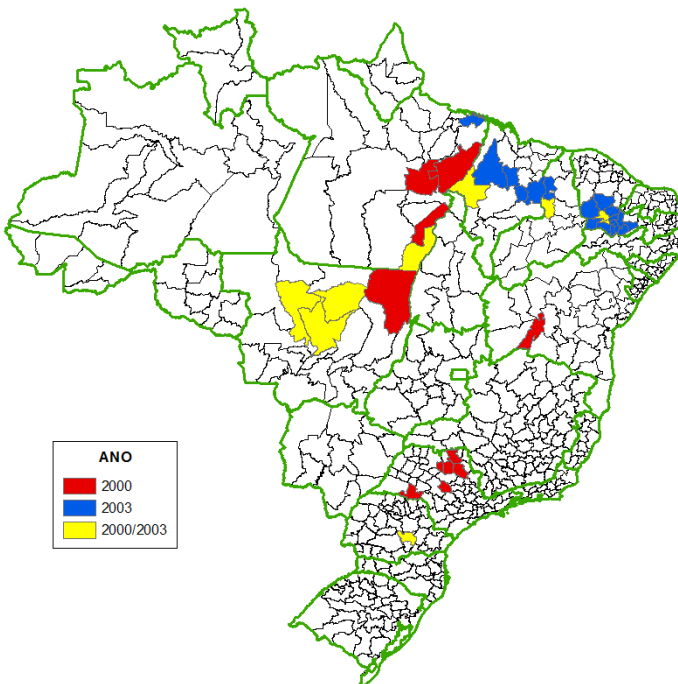
Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	0,556	0,582	0,536	0,514	0,581	0,506
2001		0,385	0,432	0,463	0,393	0,521
2002			0,437	0,367	0,278	0,439
2003				0,323	0,448	0,459
2004					0,375	0,397
2005						0,452

**Tabela 12.** Distância de Cantor entre os conjuntos de microrregiões no grupo 75, obtidos com base no ordenamento por densidade, correspondentes a dois anos.

Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	0,358	0,383	0,465	0,436	0,427	0,418
2001		0,282	0,434	0,323	0,320	0,379
2002			0,430	0,265	0,274	0,440
2003				0,352	0,439	0,476
2004					0,291	0,393
2005						0,428

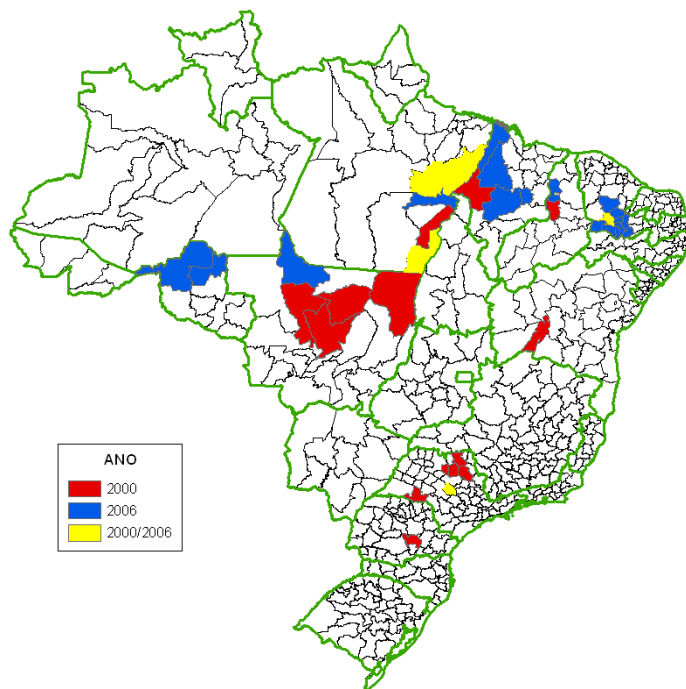
A comparação entre a avaliação da dinâmica a partir do ordenamento por volume (Tabelas 8 a 10) e a que resulta do ordenamento por densidade (Tabelas 24 a 26) sugere alguns comentários. Por um lado, não há nenhuma razão matemática para que as distâncias percorridas por um grupo devam ser, por exemplo, sempre maiores num caso que no outro, mesmo porque, em geral, são conjuntos diferentes de microrregiões, cujo movimento está sendo avaliado.

Assim, na comparação entre as Tabelas 8 e 24, que se referem a duas construções designadas como grupo 25, vê-se que há, na Tabela 8, alguns valores maiores e outros menores do que na Tabela 24, para os mesmos pares de anos. Por outro lado, reproduzindo uma situação que é frequente na avaliação da dinâmica de diversos produtos agrícolas, os valores mais altos que aparecem nas Tabelas 24 a 26 são maiores que os máximos nas respectivas Tabelas 8 a 10, mesmo que eles tenham acontecido entre diferentes pares de anos. Ainda nesse sentido, podem ser mencionados alguns exemplos, como nos casos das distâncias que aparecem nas linhas correspondentes ao ano inicial 2000 para os três grupos: em todos eles, a distância na tabela obtida a partir do ordenamento por densidade é maior do que a análoga na tabela deduzida do ordenamento por volume; em particular, para o grupo 25, essas distâncias são muito maiores. Em resumo, sem se constituir numa propriedade geral, para todos os pares de anos, é comum que, nas distâncias obtidas a partir do ordenamento por densidade, apareçam alguns valores bem maiores do que os homólogos que resultaram do ordenamento por volume. Nesse sentido, pode-se dizer que a análise por densidade costuma mostrar algumas instâncias em que as mudanças espaciais foram bem maiores que as que resultaram da análise por volume.

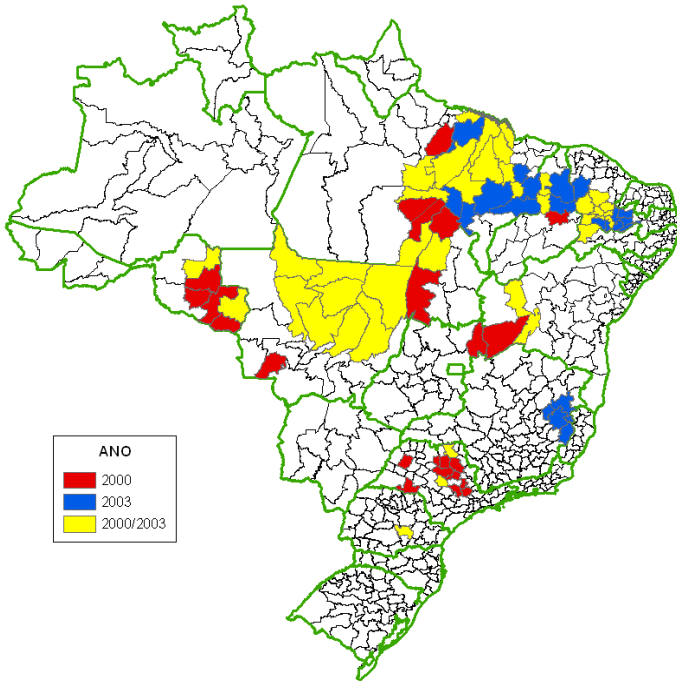


As Figuras 10 a 15 ilustram as mudanças ocorridas nesses grupos, do ano de 2000 para 2003 e 2006.

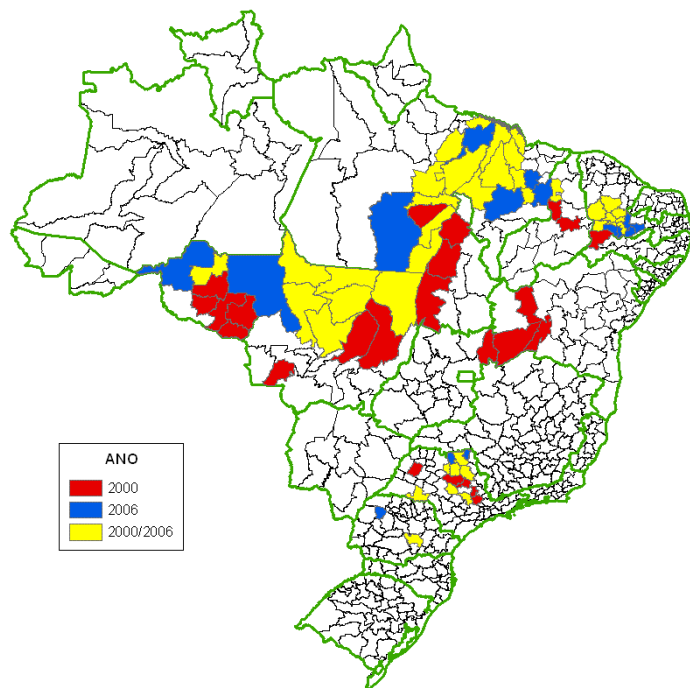
**Figura 8.** Ordenamento por densidade. Dinâmica do grupo 25, de 2000 para 2003: 11 microrregiões saíram (vermelho), 17 entraram (azul) e 9 permaneceram (amarelo).



**Figura 9.** Ordenamento por densidade. Dinâmica do grupo 25, de 2000 para 2006: 14 microrregiões saíram (vermelho), 18 entraram (azul) e 6 permaneceram (amarelo).

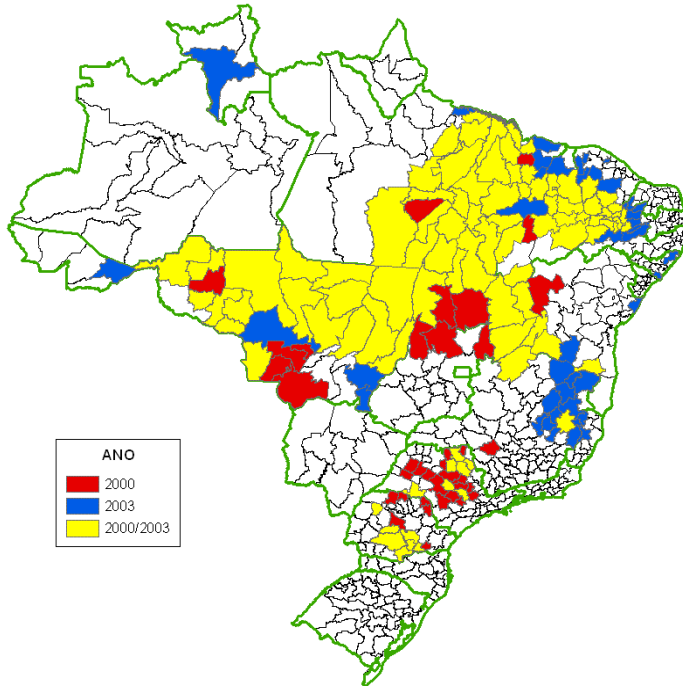


**Figura 10.** Ordenamento por densidade. Dinâmica do grupo 50, de 2000 para 2003: 23 microrregiões saíram (vermelho), 22 entraram (azul) e 39 permaneceram (amarelo).

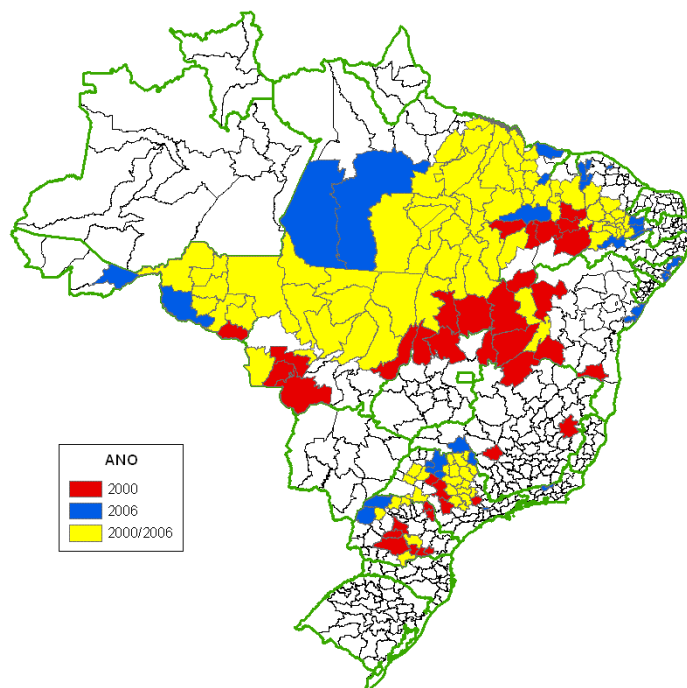


**Figura 11.** Ordenamento por densidade. Dinâmica do grupo 50, de 2000 para 2006: 24 microrregiões saíram (vermelho), 15 entraram (azul) e 38 permaneceram (amarelo).





**Figura 12.** Ordenamento por densidade. Dinâmica do grupo 75, de 2000 para 2003: 37 microrregiões saíram (vermelho), 43 entraram (azul) e 92 permaneceram (amarelo).



**Figura 13.** Ordenamento por densidade. Dinâmica do grupo 75, de 2000 para 2006: 37 microrregiões saíram (vermelho), 29 entraram (azul) e 92 permaneceram (amarelo).

A Tabela 27 apresenta a lista das dez microrregiões com mais alta densidade de queimadas, nos anos de 2000, 2003 e 2006, ordenadas em forma decrescente dentro de cada ano.

**Tabela 13.** Dez microrregiões com mais alta densidade de queimadas, em 2000, 2003 e 2006, em ordem decrescente de densidade em cada ano, porcentagem de contribuição para o total no País e porcentagem acumulada.

Ano/ UF	Microrregião	N <sup>o</sup> de queimadas	Área (km <sup>2</sup> )	Densid. (N <sup>o</sup> / 100 km <sup>2</sup> )	%	% acum.
2000:						
CE	Várzea Alegre	350	3.549,20	9,9	0,34	0,34
PR	Prudentópolis	434	6.168,29	7,0	0,43	0,77
MT	Alto Teles Pires	3.791	54.043,35	7,0	3,73	4,50
PA	Conceição do Araguaia	2.176	31.195,31	7,0	2,14	6,64
SP	Jaú	262	4.028,83	6,5	0,26	6,90
SP	São Joaquim da Barra	327	5.570,99	5,9	0,32	7,22
PA	Paragominas	2.831	48.377,60	5,9	2,79	10,01
BA	Bom Jesus da Lapa	918	15.702,62	5,8	0,90	10,91
CE	Caririçu	74	1.300,83	5,7	0,07	10,98
SP	Jaboticabal	264	4.711,80	5,6	0,26	11,24
2003:						
CE	Sertão de Senador Pompeu	3.905	9.786,68	39,9	1,85	1,85
CE	Várzea Alegre	1.385	3.549,20	39,0	0,66	2,51
CE	Caririçu	479	1.300,83	36,8	0,23	2,74
MA	Presidente Dutra	2.280	6.724,14	33,9	1,08	3,82
PB	Cajazeiras	910	3.423,13	26,6	0,43	4,25
CE	Lavras da Mangabeira	389	1.632,01	23,8	0,18	4,43
CE	Iguatu	1.097	4.762,80	23,0	0,52	4,95
CE	Barro	613	2.707,34	22,6	0,29	5,24
MT	Alto Teles Pires	9.847	54.043,35	18,2	4,67	9,91
PI	Teresina	1.511	9.213,12	16,4	0,72	10,63
2006:						
CE	Várzea Alegre	851	3.549,20	24,0	0,73	0,73
PB	Cajazeiras	632	3.423,13	18,5	0,54	1,27
MA	Presidente Dutra	1.048	6.724,14	15,6	0,89	2,16
CE	Caririçu	187	1.300,83	14,4	0,16	2,32
CE	Barro	313	2.707,34	11,6	0,27	2,59
CE	Sertão de Senador Pompeu	1.127	9.786,68	11,5	0,96	3,55
CE	Lavras da Mangabeira	167	1.632,01	10,2	0,14	3,69
CE	Iguatu	450	4.762,80	9,4	0,38	4,07
CE	Chapada do Araripe	452	4.784,69	9,4	0,39	4,46
PB	Itaporanga	287	3.053,92	9,4	0,24	4,70

Esta tabela pode ser comparada, aproximadamente, com a Tabela 11, construída com base no ordenamento por volume e que se refere aos mesmos anos. Há uma diferença formal importante entre elas: enquanto a Tabela 11 dá a lista das microrregiões no quartel superior, na Tabela 27 preferiu-se listar apenas as dez primeiras em cada ano, por brevidade, já que o número das que formaram Q4 é bem maior no caso do ordenamento por densidade. Portanto, em cada ano, a porcentagem acumulada na Tabela 27 fica bem abaixo de 25%.

No entanto, é possível perceber diferenças importantes entre as duas análises. Em particular, enquanto na Tabela 11 predominavam microrregiões no Mato Grosso e no Pará, na Tabela 27 há predomínio da presença do Ceará.

De forma análoga à do caso do ordenamento por volume (Tabela 12), aparece, na Tabela 28, uma forma de tabela de incidência, que permite a obtenção de uma avaliação global, no conjunto do período, sobre o envolvimento das unidades da Federação, na medida em que elas podem ser representadas pela presença de algumas de suas microrregiões, em diversos anos, dentro de um determinado conjunto (no caso, o grupo 25, que coincide com o quartel superior, formado a partir do ordenamento por densidade).

**Tabela 14.** Unidades da Federação às quais pertencem as microrregiões que formaram o quartel superior (Q4), em cada ano, e total de casos e porcentagem de participação ao longo do período.

UF	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	%	
RO	-	-	-	-	-	-	2	2	4	2,52
AC	-	-	-	-	-	-	1	-	1	0,63
PA	4	6	5	2	2	3	4	26	16,35	
TO	-	1	-	-	-	-	-	1	0,63	
MA	1	4	2	5	3	8	4	27	16,98	
PI	1	2	1	2	2	2	1	11	6,92	
CE	2	7	7	10	10	5	9	50	31,45	
PB	-	2	2	3	2	2	2	13	8,18	
BA	1	-	-	-	-	-	-	1	0,63	
SP	6	-	-	-	-	-	1	7	4,40	
PR	1	-	-	1	-	-	-	2	1,26	
MT	4	1	3	3	3	1	1	16	10,06	
Total	20	23	20	26	22	24	24	159	100,00	

Logicamente, alguns comentários apresentados após a Tabela 12 também se aplicam aqui: 1) os números que aparecem na linha Total, nos diferentes anos, coincidem com os que estão na coluna Q4 da Tabela 23, nos mesmos anos; e 2) em vista dos diversos casos de persistência, o total de 159 mostrado na Tabela 28 não significa que são de diferentes microrregiões; ao contrário, muitas delas foram contadas mais de uma vez. Entre as conclusões que podem ser obtidas da Tabela 28, merecem destaque as seguintes: 1) nos 159 registros de microrregiões, o Ceará aparece no primeiro lugar (50 vezes) e o Maranhão, no segundo (27 vezes); 2) a região Nordeste está representada por cinco estados, que reúnem cerca de 64% dos casos registrados; 3) o terceiro lugar é ocupado pelo Pará (26 casos) e o quarto, pelo Mato Grosso (16 casos), enquanto esses estados ocupavam, respectivamente, o segundo e o primeiro lugar na Tabela 12.

Na Figura 16, mostram-se três exemplos de evolução da presença de certas microrregiões, dentro dos primeiros dez postos, ao longo do período estudado. Chama a atenção a importância da colocação da microrregião de Várzea Alegre (CE) durante todo o período, ocupando o primeiro ou o segundo lugar. Outras, como ilustrado nos casos de Sertão de Senador Pompeu (CE) e Alto Teles Pires (MT), mostraram intensa atividade de queima em certos anos, o que significa que ocuparam um dos dez primeiros postos no País, em termos de densidade, mas com presença mais irregular.

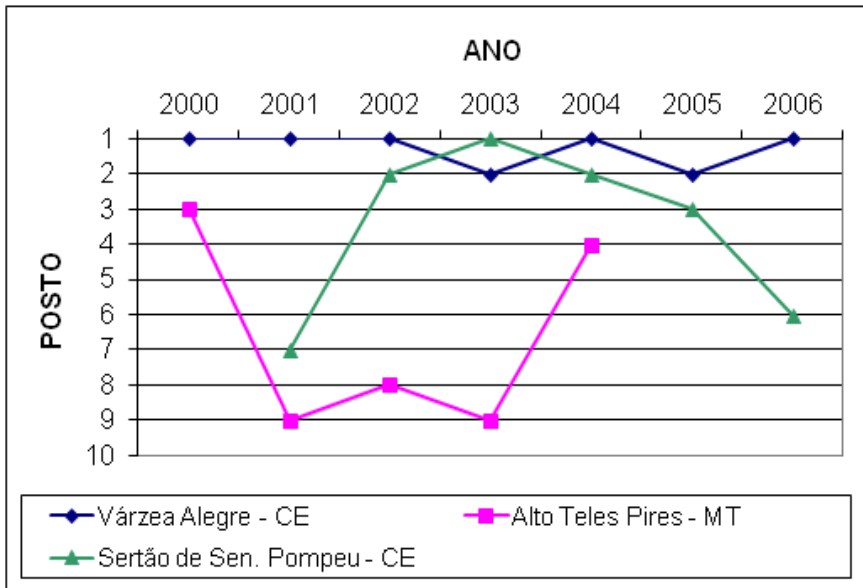


Figura 14. Exemplos da posição de algumas microrregiões nos primeiros dez postos do ordenamento por densidade de queimadas.

## Parte C: Resultados aproximados nos biomas

### *Aproximação com microrregiões*

Como existem mapas georreferenciados dos biomas e os registros das queimadas também são identificados com latitude e longitude, resulta fácil determinar, com grande precisão, as frequências de queimadas nos biomas, mediante um sistema de processamento geográfico (GIS). Neste documento, será aplicada uma aproximação aos biomas com microrregiões. Há perda de

precisão, no entanto, esse tipo de aproximação vem sendo utilizado para tratar os dados de produção agrícola com relação aos biomas (CHAIB FILHO et al., 2007; SIMON; GARAGORRY, 2005). Portanto, já que os registros de queimadas foram colocados nas microrregiões, parece adequado apresentar algumas estimativas sobre incidência de queimadas nos biomas, mediante técnicas estatísticas que foram utilizadas nas seções anteriores. Essas mesmas técnicas poderão ser usadas a partir da alocação das queimadas diretamente nos biomas, para se obter estimativas mais acuradas.

A Tabela 29 apresenta o número de microrregiões que vem sendo utilizado para aproximar-se aos biomas. Em termos simplificados, uma microrregião foi alocada inteira no bioma que tem maior área nela. Por exemplo, se os biomas A, B e C ocupam, respectivamente, 35%, 40% e 25% da área de uma microrregião, então ela foi alocada no bioma B. Na Tabela 29, os biomas aparecem numa ordem que aproxima a das regiões da DTB (isto é, seguindo, aproximadamente, sobre o mapa do Brasil, o sentido horário a partir do Bioma Amazônia). Isso só é requerido para utilizar um indicador de assimetria, o qual exige uma escala ordinal. Não foi incluída a microrregião de Fernando de Noronha e, nas áreas, já foram descontadas as da Lagoa dos Patos e da Lagoa Mirim; as áreas correspondem à soma das áreas das microrregiões de cada bioma.

**Tabela 15.** Número de microrregiões e área dos biomas.

Bioma	Microrregiões	Área (km <sup>2</sup> )
Amazônia	73	4.187.258,495
Caatinga	120	844.724,103
Mata Atlântica	236	1.078.212,148
Pampa	15	171.546,305
Pantanal	3	164.359,706
Cerrado	110	2.055.897,704
<b>Total</b>	<b>557</b>	<b>8.501.998,461</b>

### ***Avaliação por volume***

A Tabela 30 apresenta a distribuição das queimadas nos biomas, para os anos considerados, enquanto a Tabela 31 dá as respectivas distribuições percentuais junto com indicadores de assimetria e concentração.

**Tabela 16.** Número de queimadas nos biomas, de 2000 a 2006.

Bioma	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Amazônia	46.323	66.825	113.303	90.164	116.381	121.865	66.417
Caatinga	8.943	19.157	25.438	32.603	27.618	23.435	12.289
Mata Atlântica	7.731	5.770	9.837	17.043	8.919	8.164	7.644
Pampa	222	149	320	138	247	263	145
Pantanal	2.363	6.905	11.270	2.367	5.260	8.135	1.540
Cerrado	35.935	46.754	74.184	68.569	74.173	63.742	29.255
Total	101.517	145.560	234.352	210.884	232.598	225.604	117.290

Em termos de porcentagem do volume, os biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga ocuparam, respectivamente, o primeiro, segundo e terceiro lugar, em todos os anos, reunindo cerca de 90% das queimadas. Em geral, a Mata Atlântica e o Pantanal, ficaram, respectivamente, no quarto e no quinto lugar, posições que se inverteram em 2001 e 2002. O Bioma Pampa ocupou sempre o sexto lugar, com menos de 0,3% das queimadas. O indicador de assimetria mostra uma tendência de deslocamento da distribuição anual para a parte alta da tabela, devido, essencialmente, ao aumento na participação da Amazônia e à diminuição na do Cerrado. Com relação à concentração, quando comparada à registrada nas regiões (Tabela 2), em que o índice de Gini andava ao redor de 0,45, vê-se que a situação nos biomas é bem diferente. Em ambos casos, o índice mostra ligeira tendência de aumento e alcança valores bem mais altos nas distribuições nos biomas, ficando próximo a 0,7 nos últimos anos do período.

A Tabela 32 mostra as distâncias L1 entre as distribuições percentuais correspondentes a dois anos quaisquer do período.

**Tabela 17.** Distância L1 entre as distribuições nos biomas, correspondentes a dois anos.

Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	7,05	7,24	7,12	7,47	11,24	12,66
2001		2,77	6,81	4,13	8,12	13,29
2002			9,35	2,94	5,67	10,60
2003				8,46	13,80	14,12
2004					5,34	9,29
2005						5,60

Em termos gerais, as distâncias na Tabela 32 não são muito expressivas. De todo modo, elas captam as principais alterações registradas. O maior valor na tabela é 14,12, correspondente à distância L1 entre as distribuições de 2003 e 2006; ou seja, a partir da distribuição no ano de 2003, a mudança foi de pouco mais de 14% do máximo teórico que poderia ter sido registrado. Esse máximo teria acontecido se, em 2006, 100% das queimadas tivessem ocorrido no

Bioma Pampa, que é o que tem menor presença em 2003; no entanto, essa situação está muito longe da que tem sido registrada. Portanto, uma distância de 14,12 não deve ser considerada muito pequena; no caso, ela capta, em particular, um acréscimo de cerca de 14 pontos percentuais na Amazônia, e diminuições de cerca de 5 e 8 pontos, respectivamente, na Caatinga e no Cerrado. Ao longo de todo o período estudado, nota-se uma tendência de aumento na participação percentual da Amazônia e um decréscimo na do Cerrado.

### ***Avaliação por densidade***

A avaliação por densidade resulta útil para a obtenção de outros resultados, neutralizando o fato de que os diferentes biomas têm áreas muito distintas. A Tabela 33 dá as densidades que resultam de dividir os volumes de queimadas (Tabela 30) pelas áreas dos biomas (Tabela 29). Para não apresentar valores com muitos decimais, as densidades originais foram multiplicadas por 100, de modo que a Tabela 33 apresenta as densidades como número de queimadas a cada 100 km<sup>2</sup>.

**Tabela 18.** Densidade de queimadas (em No/100 km<sup>2</sup>) nos biomas, de 2000 a 2006.

Bioma	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Amazônia	1,11	1,60	2,71	2,15	2,78	2,91	1,59
Caatinga	1,06	2,27	3,01	3,86	3,27	2,77	1,45
Mata Atlântica	0,72	0,54	0,91	1,58	0,83	0,76	0,71
Pampa	0,13	0,09	0,19	0,08	0,14	0,15	0,08
Pantanal	1,44	4,20	6,86	1,44	3,20	4,95	0,94
Cerrado	1,75	2,27	3,61	3,34	3,61	3,10	1,42

Uma rápida inspeção das densidades na Tabela 33 permite observar alguns fatos: a) em todos os anos, salvo em 2006, a densidade no Cerrado foi mais alta que na Amazônia; e b) os altos valores da densidade no Pantanal, em alguns anos. Para se obter uma avaliação mais abrangente, foi utilizado um método de postos. A Tabela 34 dá os postos correspondentes, em cada ano. Poderia parecer que os postos correspondentes à densidade de 2,27 na Caatinga e no Cerrado em 2001 corresponderia a um caso de empate (que, segundo o procedimento usual, levaria a um valor de 2,5 para ambos os postos); no entanto, a consideração de outros decimais mostra que a densidade, nesse ano, foi ligeiramente maior no Cerrado.



**Tabela 19.** Postos das densidades de queimadas por bioma e posto médio.

Bioma	Posto							Soma de postos	Posto médio
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006		
Amazônia	3	4	4	3	4	3	1	22	4
Caatinga	4	3	3	1	2	4	2	19	3
Mata Atlântica	5	5	5	4	5	5	5	34	5
Pampa	6	6	6	6	6	6	6	42	6
Pantanal	2	1	1	5	3	1	4	17	2
Cerrado	1	2	2	2	1	2	3	13	1

Segundo os postos que aparecem na Tabela 34, a Amazônia só ocupou o primeiro lugar em um ano (2006); nos outros, esteve entre o terceiro e o quarto lugar. Por outro lado, o Pantanal ocupou o primeiro lugar em três anos, e o Cerrado oscilou nos dois primeiros lugares de 2000 a 2005. Ao longo do período estudado, houve diferentes variações; no entanto, o coeficiente de concordância de Kendall, com o valor  $W = 0,72$  é significativo no nível de 0,01, ou seja, existe concordância significativa entre os ordenamentos, e eles não devem ser atribuídos a atividades aleatórias e independentes de um ano para outro. Nesse caso, segundo Kendall, faz sentido determinar um ordenamento médio, atribuindo postos às somas dos postos em cada bioma, mas dando o posto 1 à menor soma, 2 à segunda e assim sucessivamente. Desse modo, em termos do ordenamento médio para o conjunto do período, o Cerrado resultou em primeiro lugar, seguido pelo Pantanal e a Caatinga. Isto é, a consideração das densidades levou a resultados bem diferentes dos que foram obtidos na avaliação por volume.

A Tabela 35 mostra as distâncias L1, calculadas entre os ordenamentos correspondentes a dois anos quaisquer.

**Tabela 20.** Distância L1 entre as alocações de postos correspondentes a dois anos.

Ano inicial	Ano final					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2000	22,22	22,22	44,44	22,22	11,11	44,44
2001		0,00	44,44	22,22	11,11	44,44
2002			44,44	22,22	11,11	44,44
2003				33,33	44,44	33,33
2004					33,33	33,33
2005						44,44

Valores como 44,44 indicam que houve alterações muito importantes entre os ordenamentos correspondentes a certos pares de anos. Por exemplo, de 2000 para 2006, a Amazônia passou do terceiro para o primeiro lugar, a Caatinga, do quarto para o segundo, o Pantanal, do segundo para o quarto e o Cerrado, do primeiro para o terceiro. Isto não está em contradição com o que foi assinalado

acima sobre o coeficiente de concordância, já que este apresenta avaliação conjunta para os sete ordenamentos, enquanto uma distância mede as alterações nos ordenamentos de um ano para outro.

## Conclusões

As análises realizadas podem ser estendidas aos dados de anos mais recentes, obtidos com base no satélite de referência NOAA-15. É possível que os especialistas tenham notado alguma diferença nos registros de queimadas ao fazer a comparação do desempenho do atual satélite de referência com o do NOAA-12, utilizado até agosto de 2007. De todo modo, em termos gerais, as técnicas estatísticas utilizadas neste relatório não se dirigem ao tratamento dos valores absolutos do número de queimadas; elas utilizam esses dados essencialmente para determinar distribuições percentuais ou de postos, procurando discriminar espacialmente o que aconteceu entre áreas geográficas da DTB ou dos biomas. Salvo por algum tratamento preliminar que deva ser aplicado aos dados do ano de 2007, as técnicas podem ser utilizadas com os registros mais recentes.

Na análise dos dados com relação a unidades da DTB, o menor nível utilizado neste relatório foi o de microrregião. Pensa-se que isso é suficiente para detectar e avaliar as principais manifestações de concentração e dinâmica das queimadas nesse tipo de divisão territorial, particularmente numa perspectiva de estender a aplicação da metodologia a um maior número de anos e de explorar o relacionamento entre queimadas e as estatísticas de atividade agrícola. As frequentes alterações de fronteiras municipais não recomendam levar essa forma de tratamento até o nível do município. Por outro lado, uma vez detectada uma microrregião que tenha-se destacado pela presença de queimadas (e.g. alta densidade de queimadas, durante vários anos, em Várzea Alegre, CE), seria perfeitamente adequado explorar localmente o que aconteceu nos municípios que integraram essa área nos anos de interesse.

Ainda nessa linha de discussão, com referência às subdivisões da DTB, por brevidade, não foi conduzida a análise, neste documento, no nível da mesorregião. Em diversas situações, particularmente relacionadas com a produção agrícola, esse nível geográfico tem-se mostrado muito adequado para mostrar, em mapas e tabelas, alguns aspectos relevantes da distribuição espacial da variável que está sendo estudada (e.g. efetivo do rebanho ou quantidade produzida). Em termos gerais, seguindo o enfoque *top-down* aqui utilizado, é possível pensar que não haveria justificativa para omitir esse nível

da DTB. No entanto, levando em conta os objetivos deste relatório – mostrar uma metodologia para medir a concentração espacial e a dinâmica das queimadas –, entendeu-se que seria um tanto repetitivo considerar as mesorregiões. Em particular, em alguns estados com grande presença de queimadas, elas são muito poucas e têm enorme extensão. Assim, por exemplo, os números respectivos de mesorregiões e de microrregiões são de 5 e 22 no Pará, e de 6 e 22 no Mato Grosso. Desde logo, a metodologia pode ser utilizada com mesorregiões e municípios.

No caso dos biomas, como foi indicado oportunamente, utilizou-se uma aproximação com microrregiões, que facilita o estudo do relacionamento entre as queimadas e as estatísticas de atividade agrícola. Por um lado, nesse enfoque de aproximação mediante entidades da DTB, seria obtida maior precisão mediante a utilização de municípios, o que foi descartado em vista dos diversos problemas causados pelas alterações de limites municipais. Por outro lado, existem todos os elementos para se realizar uma avaliação muito mais precisa, usando o georreferenciamento dos dados envolvidos (isto é, pontos de queimadas e fronteiras dos biomas). Ainda assim, pensa-se que, mesmo considerando alguns casos de “quase” empate nos postos, as diferenças encontradas sobre a presença de queimadas nos biomas não devem sofrer alterações substanciais, ao ponto de invalidar os principais resultados obtidos.

No que se refere, especificamente, ao estudo da dinâmica das queimadas, parece adequado recapitular o que foi feito na escolha do móvel cujo movimento foi avaliado. Em resumo, foram consideradas as seguintes situações:

1. na análise por volume, nos níveis geográficos de região, unidade da Federação e bioma, usou-se a distribuição percentual do número de queimadas, em cada ano; o mesmo foi feito no caso das queimadas nos meses do ano; no nível da microrregião, usaram-se os conjuntos de microrregiões designados como grupo 25, 50 ou 75, obtidos a partir do ordenamento por volume; para o que seria o grupo 100 (isto é, o conjunto de todas as microrregiões com registro de queimadas), usou-se o centro de gravidade;
2. na análise por densidade, nos níveis geográficos de região, unidade da Federação e bioma, usou-se a distribuição dos postos (ordenamento) da densidade de queimadas, em cada ano; no nível da microrregião, usaram-se os grupos 25, 50 e 75, obtidos a partir do ordenamento por densidade.

O INPE (2010b) tem apresentado, em seu site, diversos mapas que ilustram as diferenças nas frequências de queimadas, nas quadrículas usadas nos registros dos satélites. Em termos gerais, esses mapas aproximam-se dos que foram apresentados neste relatório, na avaliação por densidade. Isto é, como as quadrículas cobrem áreas quase iguais, o número de queimadas por quadrícula corresponde a uma medida de densidade. Nesses mapas aparece, em todos os anos, uma área destacada no Estado do Ceará que corresponde, muito aproximadamente, às microrregiões que foram identificadas neste documento. Em alguns anos aparecem também quadrículas com alta presença de queimadas no Pantanal, o que concorda com o que foi mostrado aqui na avaliação nos biomas.

O documento apresentou avaliações da concentração e da dinâmica das queimadas, para o período de 2000 a 2006. Algumas das principais conclusões são resumidas a seguir.

## **Parte A: resultados por volume**

No nível regional, em termos percentuais, o Norte ocupou o primeiro lugar nos anos 2001, 2005 e 2006; essa posição foi ocupada pelo Nordeste em 2003 e pelo Centro-Oeste em 2000, 2002 e 2004. No nível da unidade da Federação, ao longo do período estudado, três estados (Pará, Maranhão e Mato Grosso) reuniram mais de 50% das queimadas. No nível da microrregião, não mais do que dez foram suficientes para reunir 25% das queimadas, em qualquer dos anos; em geral, não mais do que 80 foram suficientes para reunir 75%. Particularmente no primeiro caso (isto é, o quartel superior, Q4, também designado como grupo 25), houve uma grande mobilidade dentro do período estudado, como decorre dos valores da distância de Cantor. Quando se consideram as unidades da Federação às quais pertencem as microrregiões de Q4, no conjunto dos anos avaliados em que uma microrregião pode ser contada mais de uma vez, o Mato Grosso aparece com cerca de 51% dos casos e o Pará, com cerca de 35%. No que se refere ao deslocamento do centro de gravidade nacional das queimadas, ele não mostrou tendência espacial definida; ao contrário, teve uma trajetória bastante errática nas proximidades da fronteira entre os estados do Pará, Tocantins e Mato Grosso; o maior deslocamento, de 185 km, ocorreu entre os anos de 2000 e 2005.

## **Parte B: resultados por densidade**

No nível regional, o Nordeste e o Centro-Oeste alternaram-se nos primeiros dois lugares, sendo que o Nordeste ocupou a primeira posição em 2001, 2003, 2005 e 2006, enquanto o Centro-Oeste ficou nesse lugar nos outros anos. No

nível da unidade da Federação, em termos dos postos médios para o período, Maranhão, Mato Grosso, Ceará, Rondônia e Tocantins, nessa ordem, ocuparam os cinco primeiros lugares. No nível da microrregião, a partir do ordenamento por densidade, resultou que não mais que 26 foram suficientes para reunir 25% das queimadas, em qualquer dos anos avaliados; em geral, entre 100 e 120 foram suficientes para reunir 75%. Logicamente, essas frequências são maiores que as que aparecem na análise por volume, já que algumas microrregiões com alta densidade, mas com pouca área, podem contribuir com um volume relativamente pequeno para o cálculo das frequências acumuladas. Em termos de mobilidade, a comparação das respectivas distâncias de Cantor, para os grupos 25, 50 e 75, entre as análises por volume e por densidade, mostra muitos casos em que a distância entre os conjuntos de microrregiões determinados a partir do ordenamento por densidade, para certos pares de anos, teve valor bem maior do que a distância análoga, mas calculada entre os conjuntos obtidos a partir do ordenamento por volume. Não há resultado matemático que estabeleça uma desigualdade sistemática (por exemplo, que a distância no caso da densidade deva ser sempre menor ou igual à correspondente no caso do volume), mesmo porque, em geral, os conjuntos envolvidos, em cada cálculo, são diferentes. No entanto, no caso de medições análogas usadas no estudo da atividade agrícola, com numerosos produtos, é pouco comum que apareçam muitos exemplos em que a distância na avaliação por densidade é bem maior que a análoga para o volume. De fato, na atividade agrícola, em geral, o conceito de densidade capta situações que resultam ao longo de muitos anos (e.g. não é comum que uma alta densidade de arroz apareça de um ano para o seguinte). Portanto, deve-se aceitar que, no caso das queimadas, há um certo componente aleatório que dificulta a identificação de tendências espaciais, mediante o conceito de densidade, no nível da microrregião.

## **Parte C: resultados aproximados nos biomas**

No que se refere à porcentagem do volume, os biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga ocuparam, nessa ordem, os três primeiros lugares em todos os anos, reunindo cerca de 90% das queimadas. Na avaliação por densidade, mediante a atribuição de postos, os resultados foram muito diferentes. Assim, a Amazônia só ocupou o primeiro lugar em um ano (2006); nos outros anos esteve entre o terceiro e o quarto lugar. O Pantanal ocupou o primeiro lugar em três anos (2001, 2002 e 2005), e o Cerrado oscilou nos dois primeiros lugares de 2000 a 2005. Em termos do ordenamento médio, para o conjunto do período, o Cerrado resultou em primeiro lugar, seguido pelo Pantanal e a Caatinga.

Este relatório limitou-se a apresentar determinados métodos de avaliação estatística das queimadas. Com base nesses resultados, eventualmente atualizados com os dados de anos mais recentes, seria conveniente elaborar uma explicação para as queimadas, particularmente em termos econômicos, considerando a sua relação com a atividade agrícola.

## Referências

ANDERBERG, M. R. **Cluster analysis for applications**. New York: Academic Press, 1973. 359 p.

ANDERSON, J. R.; DILLON, J. L.; HARDAKER, J. B. **Agricultural decision analysis**. Iowa: Iowa State Univ. Press, 1977. 344 p.

CHAIB FILHO, H.; GARAGORRY, F. L.; MACHADO JÚNIOR, J. R. R.; TOSATTE, L.; VILELA, M. de F.; AGUIAR, J. L. P. de; KINPARA, D. I. **Dinâmica da agricultura do Cerrado num período recente**. I: lavouras temporárias. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 70 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 185).

COUTINHO, A. A. **Dinâmica das queimadas no estado do Mato Grosso e suas relações com as atividades antrópicas e a economia local**. 2005. 308 f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

GARAGORRY, F. L.; ALVES, E.; SOUZA, G. da S. Tipos de especialização na agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 2, p. 337-368, 2003.

GARAGORRY, F. L.; CHAIB FILHO, H. **Elementos de agrodinâmica**. Brasília, DF: Embrapa/SGE, 2008. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/RELFIN1.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2010.

GARAGORRY, F. L.; CHAIB FILHO, H. **Concentração e dinâmica de 11 produtos agrícolas, no período de 1978 a 2008**. Brasília, DF: Embrapa/SGE, 2010. 92 p.

DAVID, H. A. Gini's mean difference. In: **Encyclopedia of statistical sciences**. New York: Wiley & Sons, 1983. v. 3, p. 436-437.

HOFFMANN, R. **Estatística para economistas**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1998. 430 p.

INPE. **BDQUEIMADAS**: Banco de dados Queimadas. Disponível em:  
<<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso em: 29 out. 2010a.

INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Mapas anuais**. Brasil. Focos de queima. Disponível em:  
<<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/queimamensaltotal1.html?id=ma>>. Acesso em: 25 out. 2010b.

INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Produção científica e de divulgação da equipe do Projeto Queimadas**. Disponível em:  
<[http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/pub\\_queimadas.pdf](http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/pub_queimadas.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2010c.

KENDALL, M. **Rank correlation methods**. 4. ed. Londres: Charles Griffin, 1975. 202 p.

KENDALL, M.; STUART, A. **The advanced theory of statistics**. Londres: Charles Griffin, 1977. v. 1, 472 p.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 350 p.

SIMON, M. F.; GARAGORRY, F. L. The expansion of agriculture in the Brazilian Amazon. **Environmental Conservation**, v. 32, n. 3, p. 203-212, 2005.

SOUZA, J. de. **Estatística econômica e social**. Rio de Janeiro: Campus, 1977. 229 p.

TISHKOV, A. A. Forest fires and dynamics of forest cover. In: KOTLYAKOV, V. M. (Ed.). **Natural disasters**. Oxford, UK: Eolss Publishers, 2004. Publicado como parte da Encyclopedia of Life Support Systems.

VOLLE, M. **Analyse des données**. 4. ed. Paris: Economica, 1997, 325 p.

WHITMORE, G. A.; FINDLAY, M. **Stochastic dominance**: an approach to decision making under risk. Lexington, MA: D. C. Heath, 1978. 398 p.



---

*Monitoramento por Satélite*

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

