

Sanae Hayashi, Carlos Souza Jr., Márcio Sales & Adalberto Veríssimo (Imazon)

## RESUMO

Em dezembro de 2009, o Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD) registrou 16 quilômetros quadrados de desmatamento na Amazônia Legal. Isso representa uma queda de 68% em relação a dezembro de 2008 quando o desmatamento somou 49 quilômetros quadrados. Por outro lado, em relação a janeiro de 2010 foi registrado 63 quilômetros quadrados de desmatamento, o que representou um aumento de 26% em relação a janeiro de 2009 quando o desmatamento atingiu 50 quilômetros quadrados.

O desmatamento acumulado no período de agosto de 2009 a janeiro de 2010, correspondendo aos seis primeiros meses do calendário atual de desmatamento, totalizou 836 quilômetros quadrados. Houve um aumento de 22% em relação ao mesmo período anterior (agosto 2008 a janeiro 2009) quando o desmatamento somou 687 quilômetros quadrados.

Em dezembro de 2009 e janeiro de 2010, as florestas degradadas (florestas intensamente exploradas pela atividade madeireira e/ou queimadas) na Amazônia Legal somaram 11 quilômetros quadrados e 51 quilômetros

quadrados, respectivamente.

Pela primeira vez reportamos emissões de carbono provenientes do desmatamento na Amazônia Legal detectado com o SAD. No período de agosto de 2009 a janeiro de 2010, o desmatamento acumulado de 836 quilômetros quadrados, detectados com o SAD, resultou no comprometimento de 13,8 milhões de toneladas carbono sujeitas a emissões diretas e futuras por eventos de queimadas e decomposição. Esse valor representa um aumento de 41% em relação ao mesmo período do ano anterior (agosto de 2008 a janeiro de 2009) quando o carbono florestal afetado pelo desmatamento detectado pelo SAD (687 quilômetros quadrados) foi de 9,8 milhões de toneladas de carbono.

Os dados de desmatamento nesse período podem estar subestimados, pois em dezembro de 2009 e janeiro de 2010 houve grande cobertura de nuvens na região, correspondendo aproximadamente a 50% da Amazônia Legal. As regiões mais afetadas pela cobertura de nuvens foram Amapá, Amazonas e Pará. Além disso, parte do Maranhão que compõem a Amazônia Legal não foi analisada.

## Estatística do Desmatamento

De acordo com o Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD) houve queda no desmatamento em dezembro de 2009 em relação dezembro de 2008 seguido de um aumento em janeiro de 2010<sup>1</sup> em relação a janeiro de 2009.

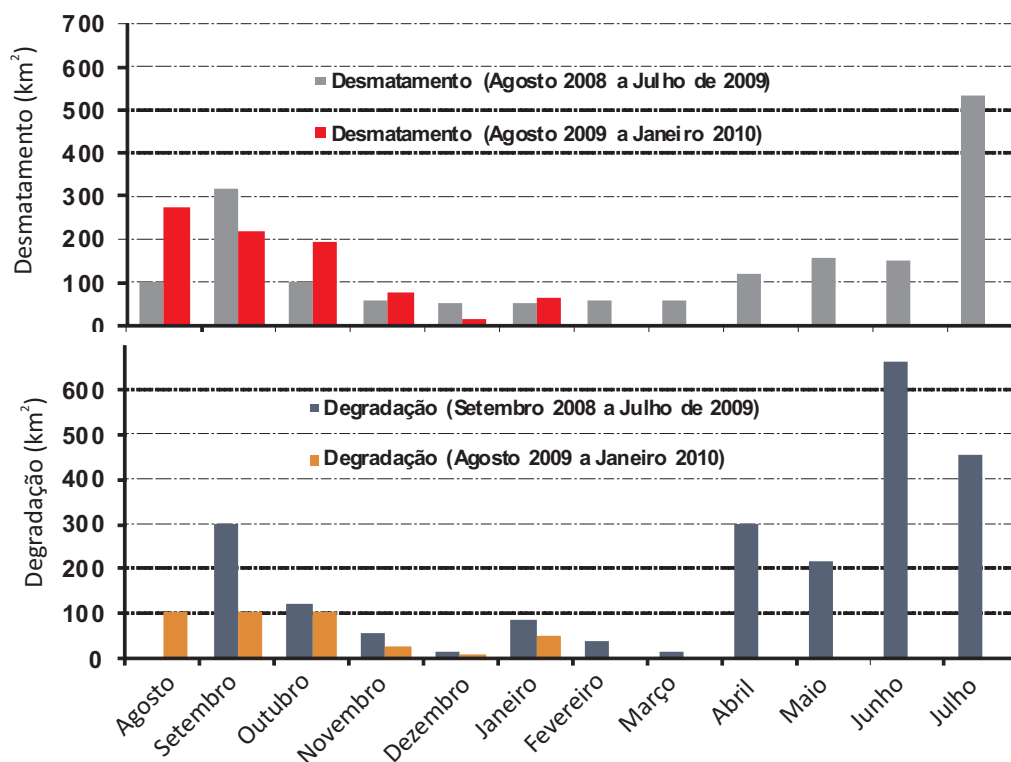
Em dezembro de 2009 o desmatamento detectado na Amazônia Legal foi 16 quilômetros quadrados. Isso representou uma queda de 68% em relação a dezembro de 2008 quando o desmatamento somou 49 quilômetros quadrados (Figura 1 e Figura 2). Por sua vez em janeiro de 2010 o desmatamento atingiu 63 quilômetros quadrados contra 50 quilômetros quadrados em janeiro de 2009, o que

significou um aumento de 26% (Figura 1 e Figura 3).

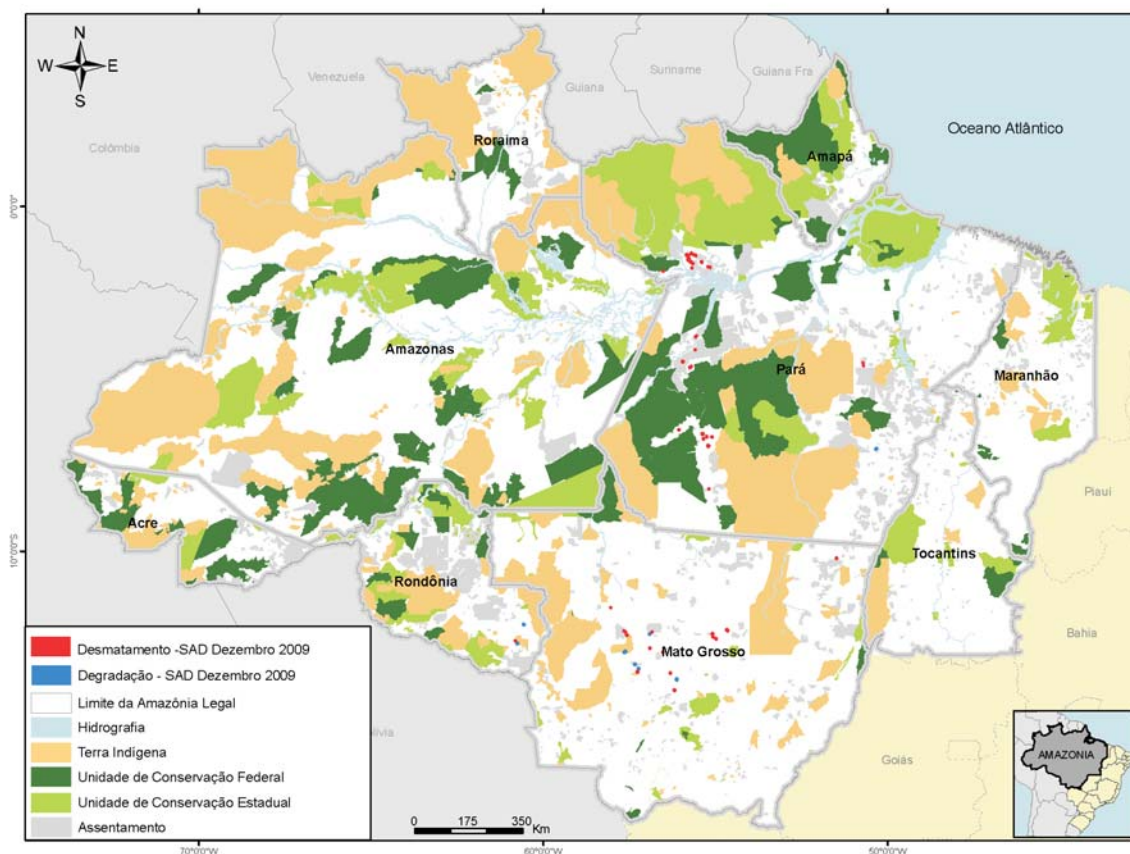
Houve aumento de 22% no desmatamento acumulado no período de agosto de 2009 a janeiro de 2010 (836 quilômetros quadrados) se comparado com o mesmo período anterior (agosto de 2008 a janeiro de 2009) quando somou 687 quilômetros quadrados.

Em dezembro de 2009, o desmatamento foi maior em Mato Grosso com (65%) seguido por Pará (34%) (Figura 4). Em janeiro de 2010, o desmatamento se distribuiu em proporções iguais entre Mato Grosso e Roraima (29% cada) seguido de perto pelo Pará com 22%. O restante ocorreu em Rondônia (13%) e Acre (7%) (Figura 5).

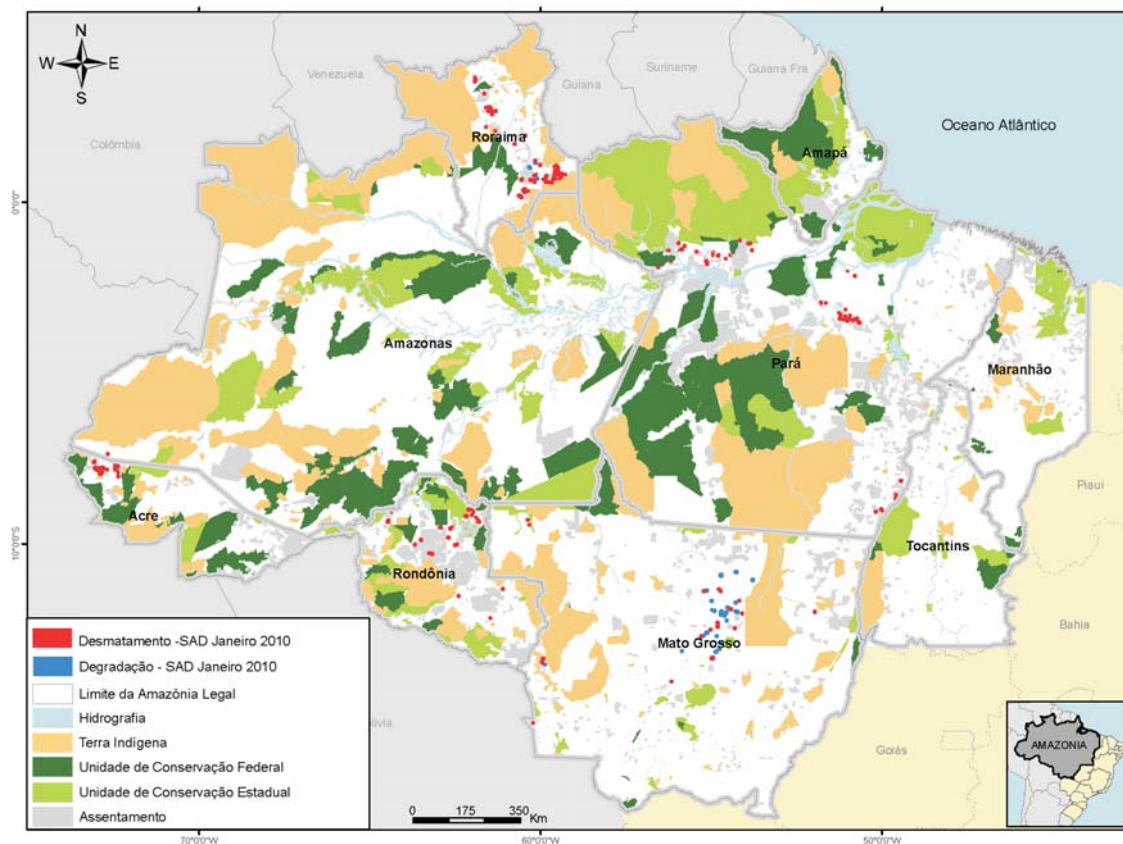
<sup>1</sup>O calendário oficial de medição do desmatamento tem início em agosto de um ano e término em julho do ano seguinte.



**Figura 1.** Desmatamento de agosto de 2008 a janeiro de 2010 e degradação de setembro de 2008 a janeiro de 2010 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/SAD).



**Figura 2.** Desmatamento e Degradação Florestal em dezembro de 2009 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/ SAD).



**Figura 3.** Desmatamento e Degradação Florestal em janeiro de 2010 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/ SAD).

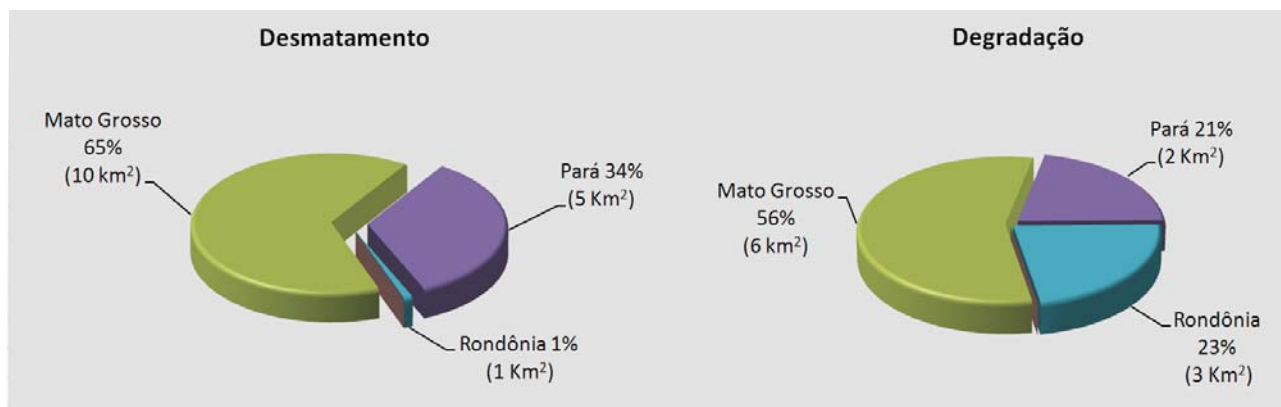
Em relação à degradação florestal (florestas que sofreram intensa exploração madeireira e/ou que sofreram fogo florestal), o SAD registrou em dezembro de 2009 somente 11 quilômetros quadrados (Figura 2 e Figura 4). Desse total, a maioria (56%) ocorreu em Mato Grosso, seguido por Rondônia com 23% e Pará 21%. Em janeiro de 2010, a degradação atingiu 51 quilômetros quadrados na Amazônia Legal (Figura 3 e Figura 5). A grande maioria (94%) dessa degradação ocorreu em Mato Grosso.

Considerando os seis primeiros meses do calendário atual de desmatamento (agosto de 2009 a janeiro de 2010), o Pará continua na liderança do ranking com 51% do total desmatado registrado no período. Em seguida aparece Mato Grosso com 15% seguido de perto por Rondônia (12%) e Amazonas (11%). Esses quatro Estados contribuíram com 79% do total desmatado no

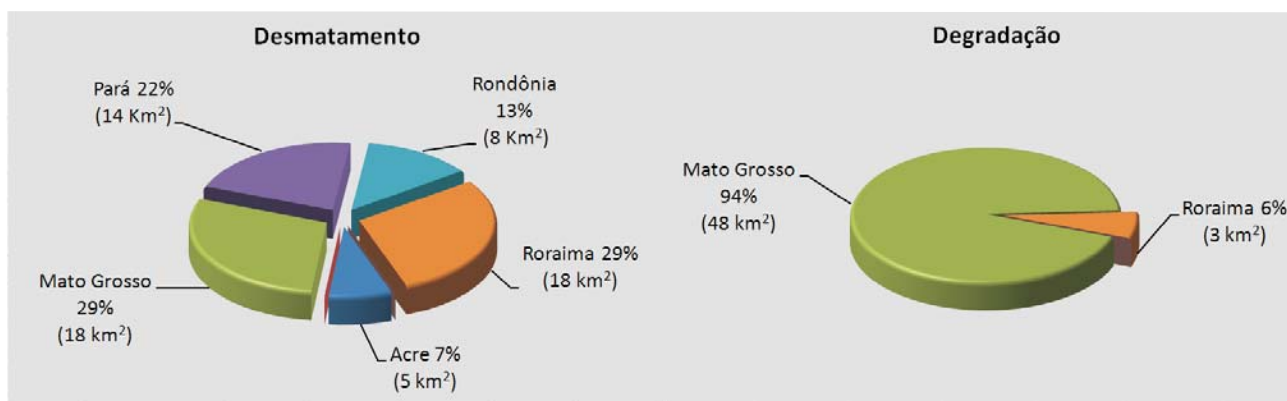
período. O restante (21%) ocorreu no Acre, Roraima e Amapá.

Comparando o desmatamento ocorrido em agosto de 2009 a janeiro de 2010 com o mesmo período do ano anterior (agosto de 2008 a janeiro de 2009), houve aumento de 22% no desmatamento na Amazônia Legal (Tabela 1). Em termos relativos, esse aumento foi mais expressivo em Roraima (+545%) e Acre (+ 503%), seguido de longe por Rondônia (+90%), Amazonas (+59%) e Pará (+23%). Por outro lado, houve redução de 98% no Tocantins e de 35% em Mato Grosso. Em termos absolutos, o Pará lidera o ranking do desmatamento acumulado com 427 quilômetros quadrados, seguido por Mato Grosso (129 quilômetros quadrados), Rondônia (101 quilômetros quadrados) e Amazonas (90 quilômetros quadrados).





**Figura 4.** Participação (%) dos Estados da Amazônia Legal no desmatamento e na degradação em dezembro de 2009 (Fonte: Imazon/SAD).



**Figura 5.** Participação (%) dos Estados da Amazônia Legal no desmatamento e na degradação em janeiro de 2010 (Fonte: Imazon/SAD).

**Tabela 1.** Evolução do desmatamento entre os Estados da Amazônia Legal no período de agosto de 2008 a janeiro de 2009 e de agosto de 2009 a janeiro de 2010 (Fonte: Imazon/SAD).

| Estado       | Agosto 2008 a Janeiro 2009 | Agosto 2009 a Janeiro 2010 | Variação (%) |
|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|
| Acre         | 16                         | 33                         | + 503        |
| Amazonas     | 57                         | 90                         | + 59         |
| Mato Grosso  | 198                        | 129                        | - 35         |
| Pará         | 348                        | 427                        | + 23         |
| Rondônia     | 53                         | 101                        | + 90         |
| Roraima      | 6                          | 41                         | + 545        |
| Tocantins    | 9                          | -                          | - 98         |
| Amapá        | -                          | 15                         | -            |
| <b>Total</b> | <b>687</b>                 | <b>836</b>                 | <b>+ 22</b>  |

\*Os dados do Maranhão não foram analisados.

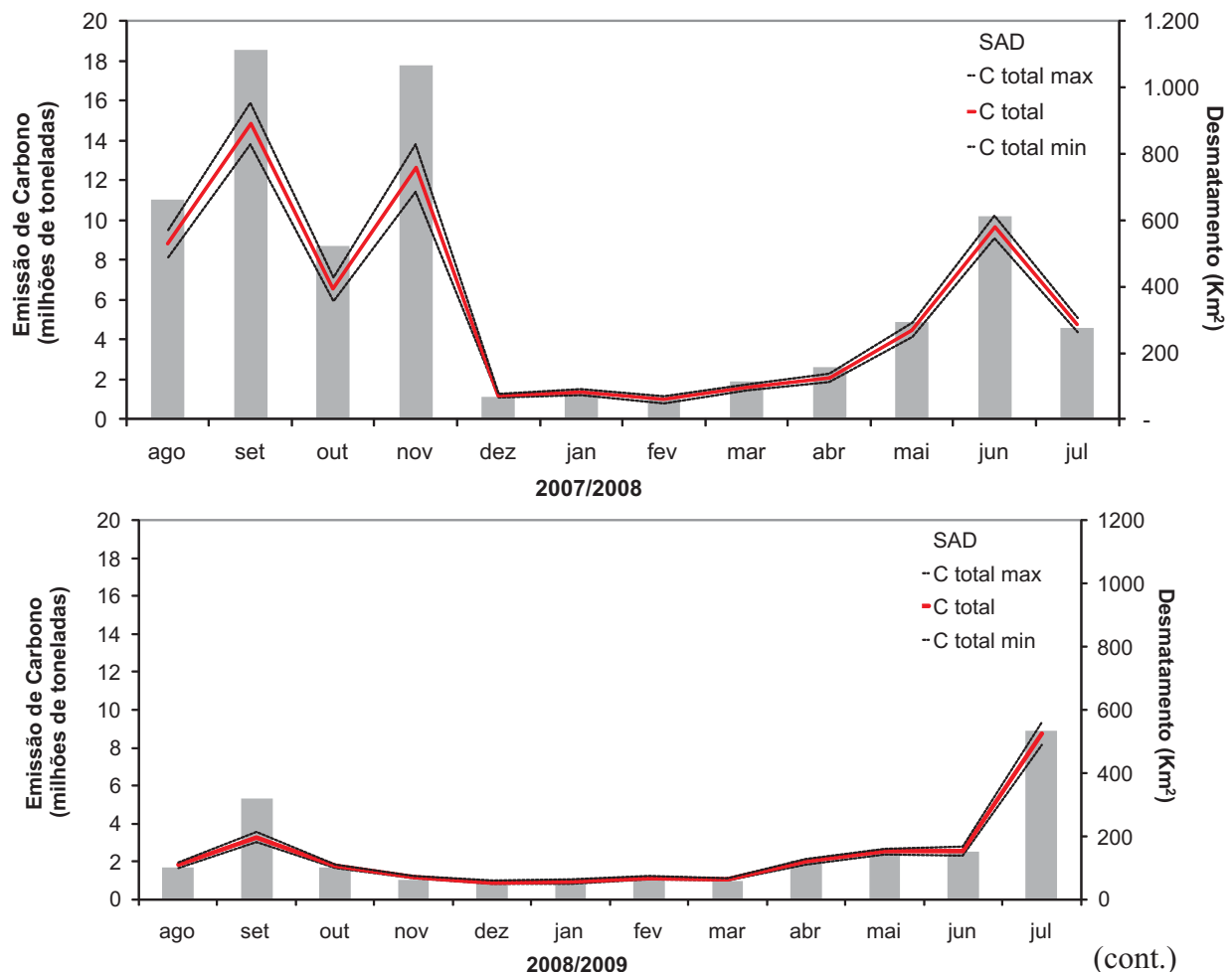
## Carbono Afetado pelo Desmatamento

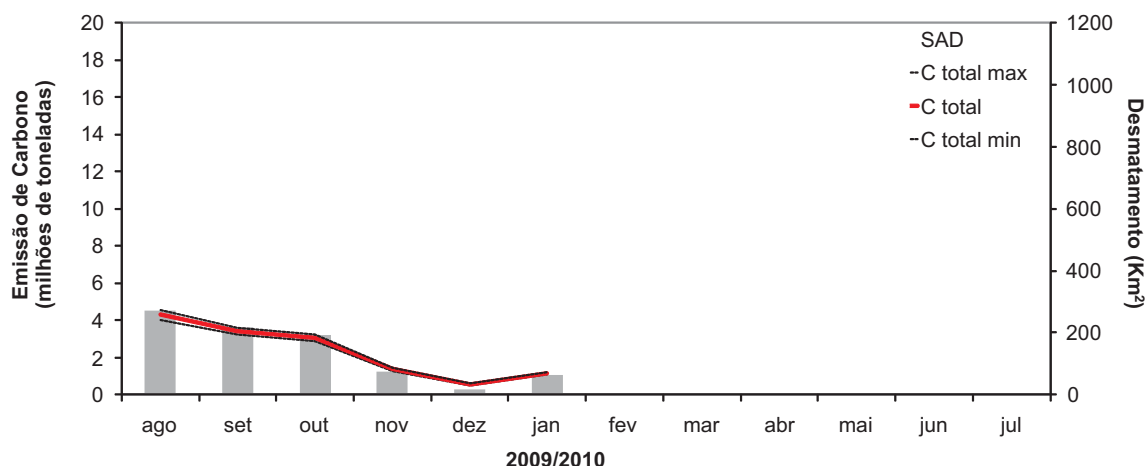
Pela primeira vez reportamos as estimativas do carbono comprometido (isto é, do carbono florestal sujeito a emissões devido à queimada e à decomposição de resíduos de biomassa florestal) provenientes do desmatamento detectado pelo SAD na Amazônia Legal. Informações sobre o método da estimativa de carbono florestal comprometido pelo desmatamento são apresentadas no Quadro II.

Para o primeiro momento, reportamos uma série temporal (Figura 6) do carbono florestal comprometido pelo desmatamento detectado pelo SAD. No período de agosto de 2007 a julho de 2008, foram 69 milhões de toneladas (com margem de erro de 3,08 milhões de toneladas) de carbono afetadas pelo desmatamento na região. Essa quantidade de carbono resulta em 254 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. No período seguinte (agosto de 2008 a julho de 2009), houve queda de 60% quando o carbono florestal afetado pelo desmatamento atingiu 27,8 milhões de toneladas (com margem de erro de 1,3 milhão de tonelada), resultando em 102 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>

equivalente. Essa redução foi proporcional com a queda relativa (-65%) do desmatamento acumulado na Amazônia Legal, detectada pelo SAD, durante agosto de 2007 a julho de 2009 e agosto de 2008 a julho de 2009,

O carbono florestal afetado pelo desmatamento no período de agosto de 2009 a janeiro de 2010 (seis primeiros meses do atual calendário de desmatamento) foi de 13,8 milhões de toneladas (com margem de erro de 540 mil toneladas), ou seja, 51 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Em relação ao mesmo período do ano anterior (agosto de 2008 a janeiro de 2009) houve um aumento de 41%, quando na quantidade de carbono comprometido pelo desmatamento alcançou 9,8 milhões de toneladas, o que resultou em 36 milhões de CO<sub>2</sub> equivalente. O aumento relativo do carbono florestal afetado pelo desmatamento, em relação ao ano passado, foi maior que o respectivo aumento relativo do desmatamento acumulado (22%), o que sugere que o desmatamento esse ano está ocorrendo em áreas com maiores estoques de carbono.





**Figura 6.** Desmatamento e emissões de carbono total de agosto de 2009 a janeiro de 2010 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon).

## Geografia do Desmatamento<sup>2</sup>

Em dezembro de 2009, o desmatamento ocorreu principalmente na Calha norte do Pará (municípios de Óbidos e Oriximiná), ao longo da BR-163 (oeste do Pará) (entre Novo Progresso e Aveiro) e na região central do Mato Grosso. Em janeiro de 2010, o desmatamento concentrou-se em Roraima, na região do Xingu em Mato Grosso, na Calha norte do Pará e na área de influência da rodovia Transamazônica (BR-230) entre Pacajá e Anapú no Pará.

Em relação à situação fundiária, em dezembro de 2009, a grande maioria (78%) do desmatamento ocorreu em áreas privadas ou sob diversos estágios de posse. O restante do desmatamento foi registrado em Assentamentos de Reforma Agrária (16%), em Terras Indígenas (5%) e menos de 1% em Unidades de Conservação (Tabela 2). Em janeiro de 2010, a maioria (65%) do desmatamento ocorreu em áreas privadas ou sob diversos estágios de posse, 31% em Assentamentos de Reforma Agrária e 4% em Unidades de Conservação (Tabela 3).

**Tabela 2.** Desmatamento por categoria fundiária em dezembro de 2009 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/ SAD).

| Categoria                                | Dezembro de 2009 |            |
|------------------------------------------|------------------|------------|
|                                          | km²              | %          |
| Assentamento de Reforma Agrária          | 3                | 16         |
| Unidades de Conservação                  | 0,2              | 1          |
| Terras Indígenas                         | 1                | 5          |
| Privadas, Posse & Devolutas <sup>3</sup> | 12               | 78         |
| <b>Total (km²)</b>                       | <b>16</b>        | <b>100</b> |

**Tabela 3.** Desmatamento por categoria fundiária em janeiro de 2010 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/ SAD).

| Categoria                                | Janeiro de 2010 |            |
|------------------------------------------|-----------------|------------|
|                                          | km²             | %          |
| Assentamento de Reforma Agrária          | 20              | 31         |
| Unidades de Conservação                  | 2               | 4          |
| Terras Indígenas                         | -               | -          |
| Privadas, Posse & Devolutas <sup>3</sup> | 41              | 65         |
| <b>Total (km²)</b>                       | <b>63</b>       | <b>100</b> |

<sup>2</sup> Nos próximos boletins reportaremos a geografia do carbono afetado pelo desmatamento na Amazônia Legal.

<sup>3</sup> Inclui áreas privadas (tituladas ou não) e florestas públicas não protegidas.

## Assentamentos de Reforma Agrária

O SAD registrou em dezembro de 2009 somente 3 quilômetros quadrados nos Assentamentos de Reforma Agrária. Os mais afetados estão localizados no Mato Grosso (Confresa/Roncador, Tapurah/Itanhanga e Tibagi) (Figura 7). Já em janeiro de 2010, o desmatamento nos Assentamentos foi mais acentuado, totalizando 20 quilômetros quadrados. Os Assentamentos mais desmatados foram Jatapu (Caroebe, Roraima), Equador (Rorainópolis, Roraima) e Bom Jardim (Pacajá, Pará) (Figura 8).

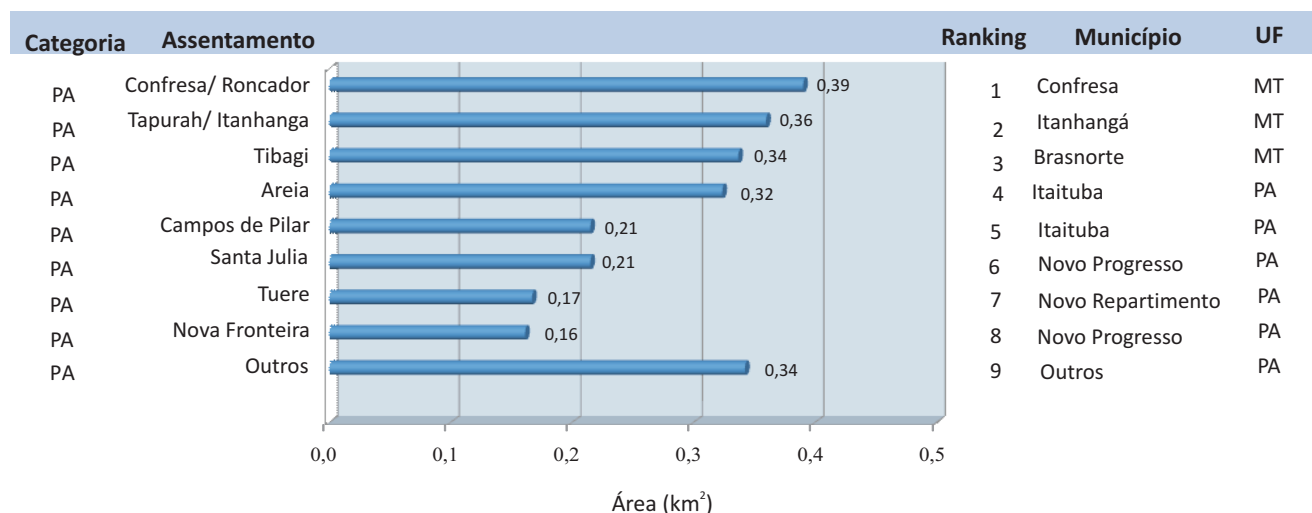
## Áreas Protegidas

Em geral, em dezembro de 2009 e janeiro de 2010, foi baixa a detecção de desmatamento nas Áreas Protegidas na Amazônia Legal. Em dezembro de 2009 foi registrado menos de 1 quilômetro quadrado na Flona Saracá-Taquera (Pará) e na Terra Indígena Manoki (Mato Grosso) (Figura 9 e Figura

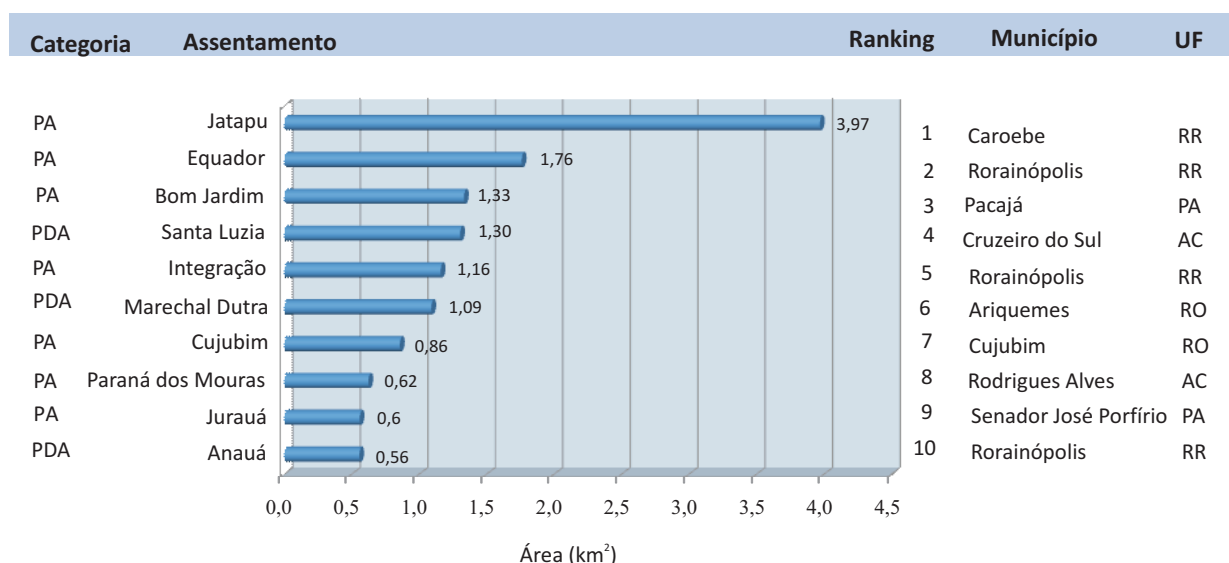
11). Em janeiro de 2010, o desmatamento somou somente 2 quilômetros quadrados nas Unidades de Conservação, sendo elas: Florex Rio Preto/Jacundá (Rondônia), Flosur Tucano (Rondônia) e Flota do Paru (Pará) (Figura 10). Nesse mês não foi detectado desmatamento em Terra Indígena.

## Municípios Críticos

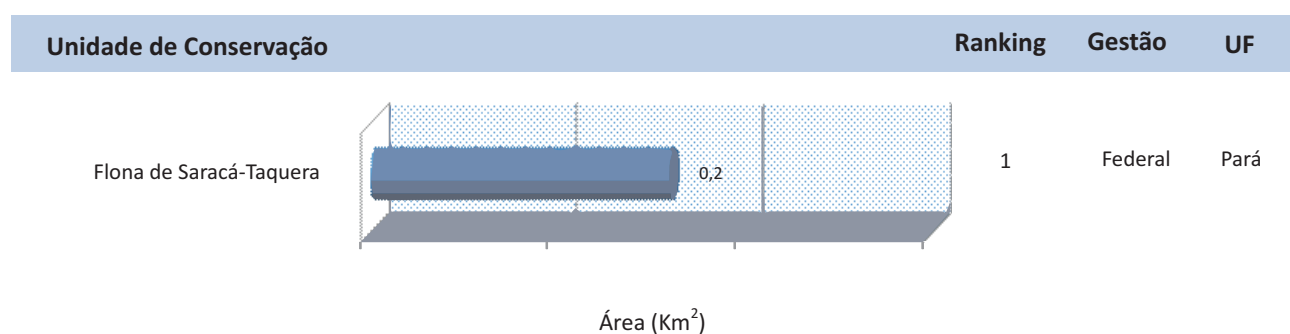
Em dezembro de 2009, os municípios mais desmatados foram os mato-grossenses: Nova Mutum com 3,2 quilômetros quadrados; seguido de Feliz Natal com 2,9 quilômetros quadrados; e Brasnorte com 1,8 quilômetro quadrado (Figura 12 e Figura 14). Em janeiro de 2010, o desmatamento foi mais acentuado nos municípios Nova Uiratã (Mato Grosso) com 8,3 quilômetros quadrados, Caroebe (Roraima) com 7,3 quilômetros quadrados, e Rorainópolis (Roraima) com 4 quilômetros quadrados (Figura 13 e Figura 15).



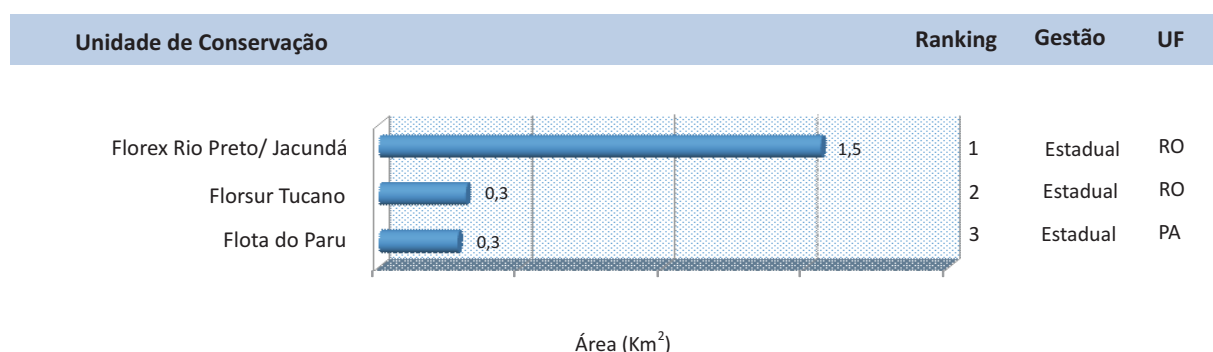
**Figura 7.** Assentamentos de Reforma Agrária mais desmatados em dezembro de 2009 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/SAD)



**Figura 8.** Assentamentos de Reforma Agrária mais desmatados em janeiro de 2010 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/SAD).

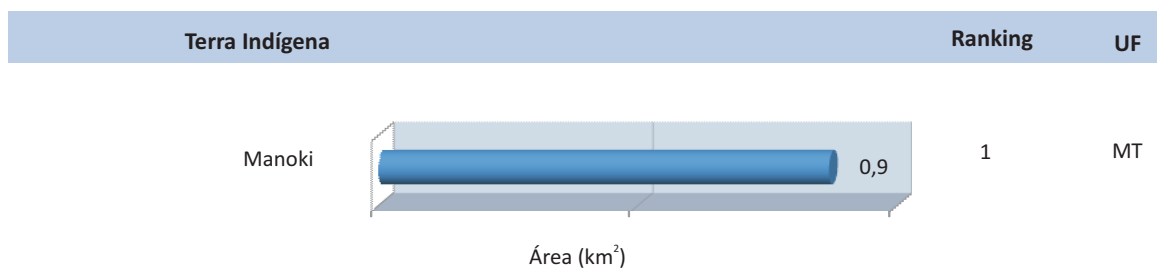


**Figura 9.** Unidade de Conservação desmatada na Amazônia Legal em dezembro de 2009 (Fonte: Imazon/SAD).

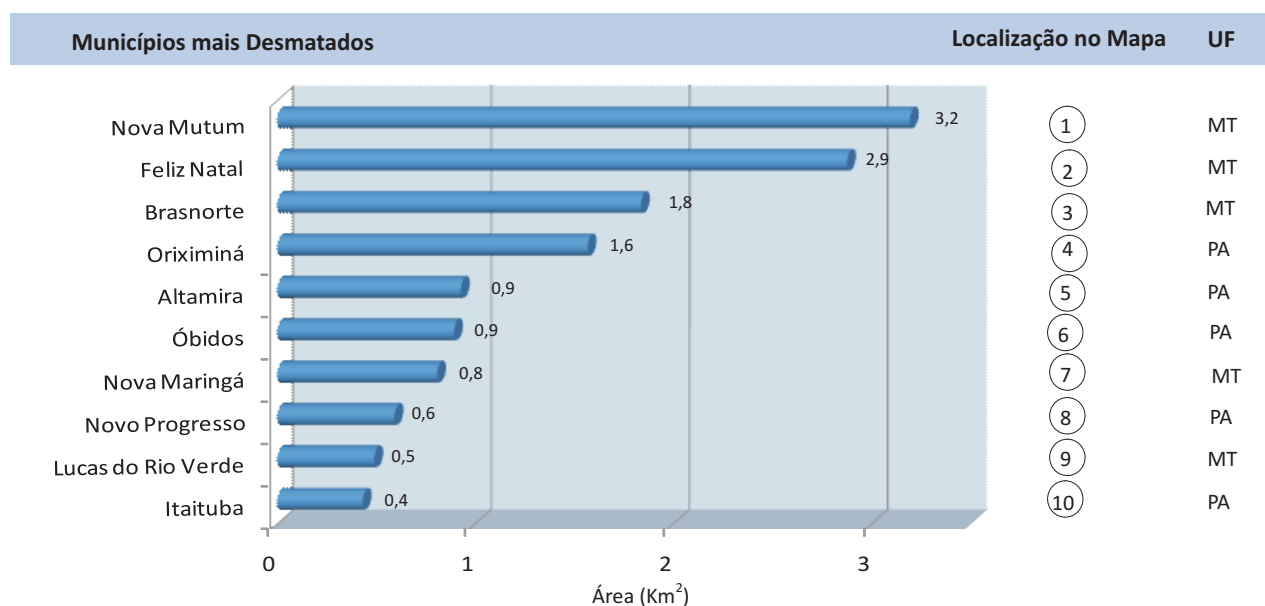


**Figura 10.** Unidades de Conservação desmatadas na Amazônia Legal em janeiro de 2010 (Fonte: Imazon/SAD).

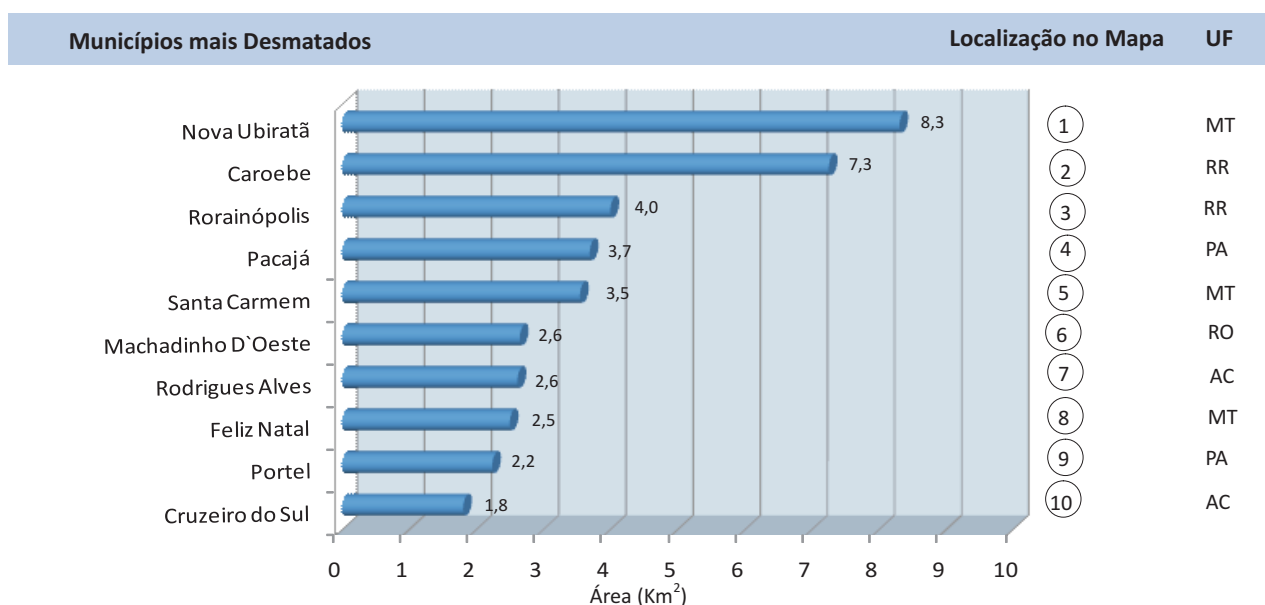




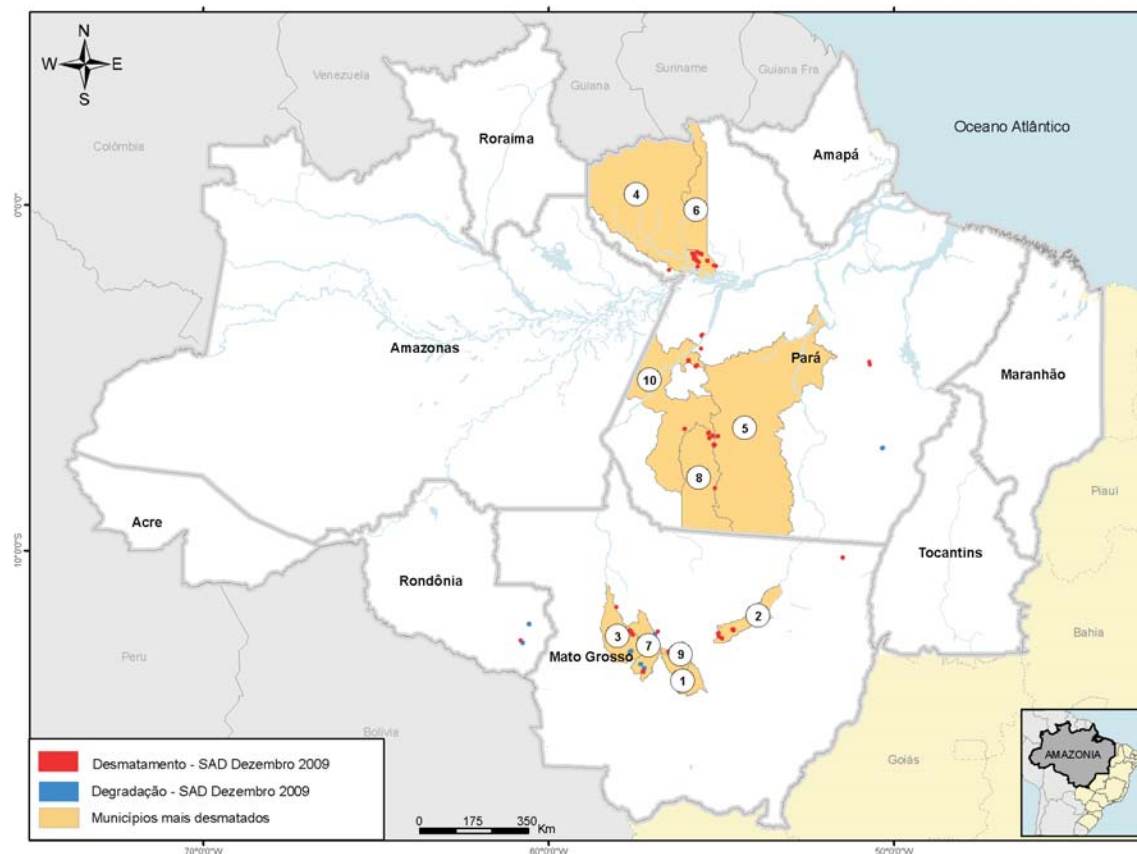
**Figura 11.** Terra indígena desmatada na Amazônia Legal em dezembro de 2009 (Fonte: Imazon/SAD).



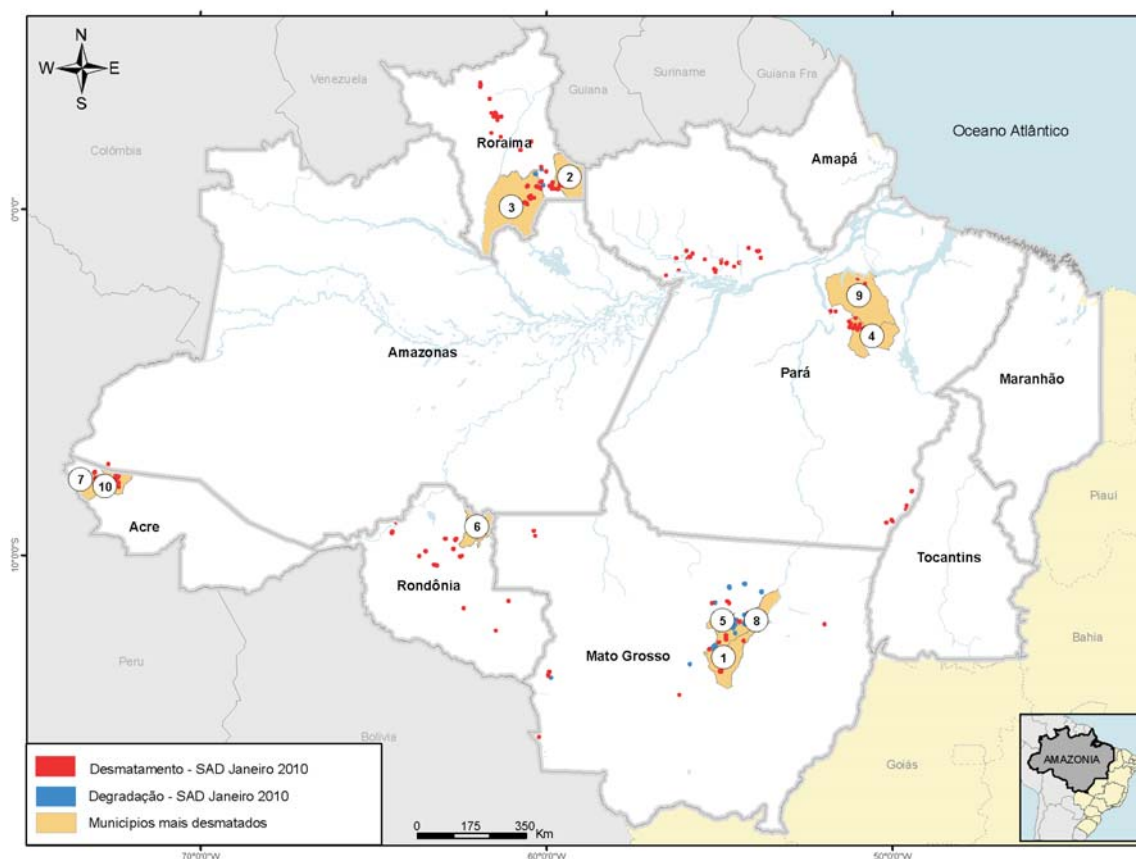
**Figura 12.** Municípios mais desmatados na Amazônia Legal em dezembro de 2009 (Fonte: Imazon/SAD).



**Figura 13.** Municípios mais desmatados na Amazônia Legal em janeiro de 2010 (Fonte: Imazon/SAD).



**Figura14.** Municípios mais desmatados em dezembro de 2009 (Fonte: Imazon/SAD).



**Figura15.** Municípios mais desmatados em janeiro de 2010 (Fonte: Imazon/SAD).

### Cobertura de Nuvem e Sombra

Em dezembro de 2009 e janeiro de 2010, houve grande cobertura de nuvens na Amazônia Legal, correspondendo a 50% da região (Figura 16 e Figura 17). Isso pode ter subestimado os dados de

desmatamento nesse período. A região não mapeada corresponde grande parte do Amapá (aproximadamente 75% do Estado), 60% do Pará, e 60% do Amazonas. Além disso, parte do Maranhão que integra a Amazônia Legal não foi analisada.

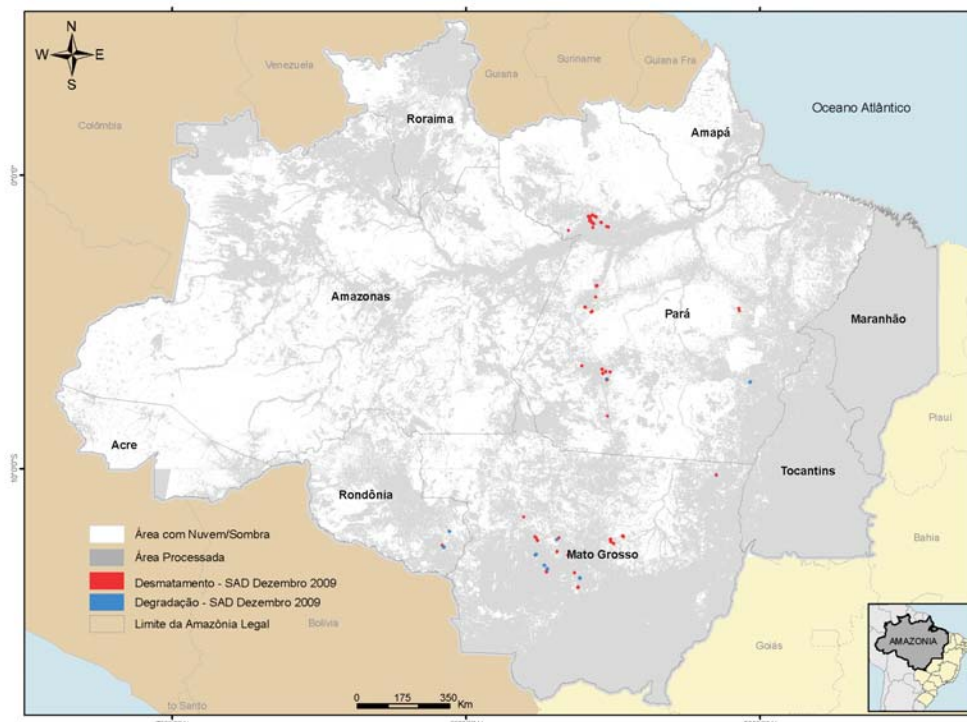


Figura 16. Área com nuvem e sombra em dezembro de 2009 na Amazônia Legal.

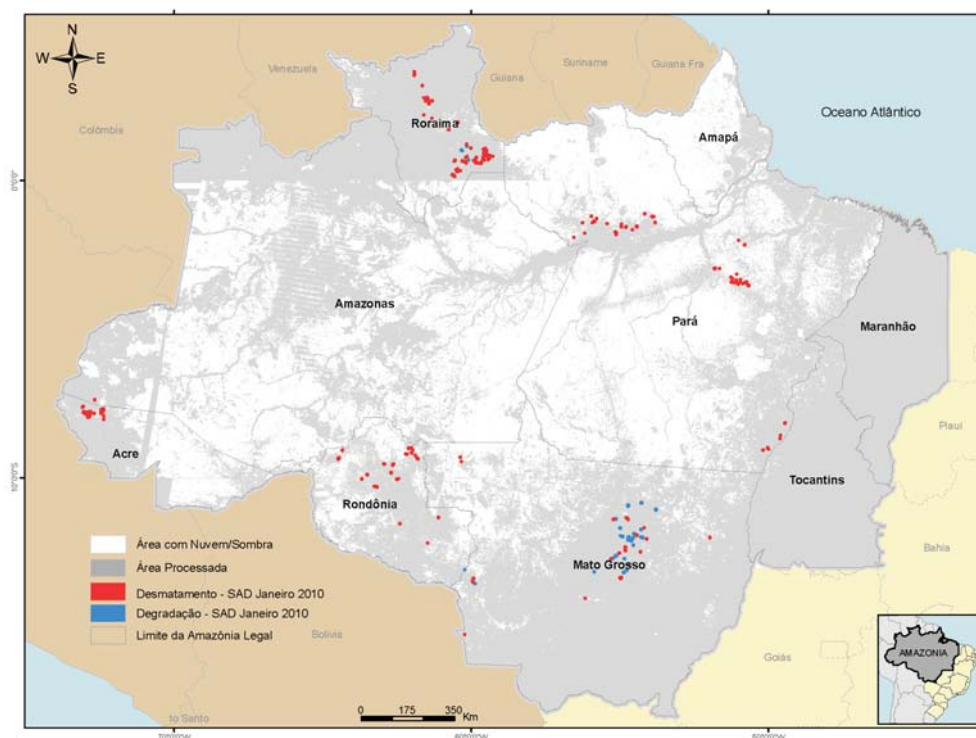


Figura 17. Área com nuvem e sombra em janeiro de 2010 na Amazônia Legal.

### Validação dos dados SAD utilizando Imagens Landsat e Cbers

Em 2008, o Imazon aperfeiçoou a validação dos dados do SAD, utilizando imagens CBERS e Landsat, com resolução espacial mais fina (20 e 30 metros, respectivamente). Utilizamos as imagens disponíveis logo após o mês analisado pelo SAD. Todos os polígonos de desmatamento detectados pelo SAD são verificados usando as imagens detalhadas. Desmatamentos menores que 6,25 hectares, ou seja, abaixo da capacidade de detecção do SAD, não são incluídos nas estatísticas, caso ocorram nas imagens com resolução mais detalhada. Porém, se forem confirmados falsos sinais de desmatamentos detectados pelo SAD, esses são

removidos da estatística mensal. A novidade no processo de validação do SAD é que aplicamos essa metodologia em tempo quase real, graças à disponibilidade das imagens de satélites CBERS e Landsat pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

Em dezembro de 2009 e janeiro de 2010, não foi possível validar os polígonos de desmatamento detectado pelo SAD com as imagens Landsat e/ou CBERS devido à grande ocorrência de nuvens nessas imagens disponíveis no período.

### Quadro I: SAD 3.0 Beta.

Desde agosto de 2009, o SAD apresentou algumas novidades. Primeiro, criamos uma interface gráfica para integrar todos os programas de processamento de imagem usados no SAD. Segundo, começamos a computar o desmatamento em áreas que estavam cobertas por nuvens nos meses anteriores em uma nova classe. Por último, o desmatamento e a degradação são detectados com pares de imagens NDFI em um algoritmo de detecção de mudanças. A metodologia principal continua a mesma do SAD 2.0 como descrito abaixo.

O SAD gera um mosaico temporal de imagens MODIS diárias dos produtos MOD09GQ e MOD09GA para filtragem de nuvens. Em seguida, utilizamos uma técnica de fusão de bandas de resolução espectrais diferentes, ou seja, com pixels de diferentes tamanhos. Nesse caso, fizemos a mudança de escala das cinco bandas com pixel de 500 metros do MODIS para 250 metros. Isso permitiu aprimorar o modelo espectral de mistura de pixel, fornecendo a capacidade de estimar a abundância de Vegetação, Solos e Vegetação Fotossinteticamente Não Ativa (NPV do inglês – Non-Photosynthetic components (Vegetação, Solo e Sombra) para calcular o NDFI, com a equação abaixo:

$$\text{NDFI} = \frac{(\text{VGs} - (\text{NPV} + \text{Solo}))}{(\text{VGs} + \text{NPV} + \text{Solo})}$$

Onde VGs é o componente de Vegetação normalizado para sombra dado por:

$$\text{VGs} = \text{Vegetação} / (1 - \text{Sombra})$$

O NDFI varia de -1 (pixel com 100% de solo exposto) a 1 (pixel com > 90% com vegetação florestal). Dessa forma, passamos a ter uma imagem contínua que mostra a transição de áreas desmatadas, passando por florestas degradadas, até chegar a florestas sem sinais de distúrbios.

A detecção do desmatamento e da degradação passou esse mês com a diferença de imagens NDFI de meses consecutivos. Dessa forma, uma redução dos valores de NDFI entre -200 e -50 indica áreas possivelmente desmatadas e entre -49 e -20 com sinais de degradação.

O SAD 3.0 Beta é compatível com as versões anteriores (SAD 1.0 e 2.0), porque o limiar de detecção de desmatamento foi calibrado para gerar o mesmo tipo de resposta obtida pelo método anterior.

O SAD já está operacional no Estado de Mato Grosso desde agosto de 2006 e na Amazônia Legal desde abril de 2008. Nesse boletim, apresentamos os dados mensais gerados pelo SAD de agosto de 2006 a junho de 2009.



## Quadro II: Carbono afetado pelo desmatamento

As estimativas de carbono são geradas com base na combinação dos mapas de desmatamento do SAD com simulações da distribuição espacial de biomassa para a Amazônia. Desenvolvemos um modelo de estimativas de emissões de carbono, com base em simulação estocástica (Morton *et al.*, em prep.) denominado *Carbon Emission Simulator* (CES). Geramos 1.000 simulações da distribuição espacial de biomassa na Amazônia usando um modelo geoestatístico (Sales *et al.*, 2007) e transformamos essas simulações de biomassa em estoques de C usando fatores de conversão de biomassa para C da literatura, segundo a fórmula abaixo:

$$C_t = \sum C(S)_t$$

$$C_t(S) = S_D \times \left[ BVAS - BPF \right] \times (1 - fc) \times (t == 0) + \left( BAS_0 \times pd \times e^{(-pd \times t)} \right)$$

$$BPF = ff * AGLB$$

$$BAS_0 = bf * AGLB$$

onde:

t: tempo (mês)

$C_t$ : Carbono comprometido no mês t.

$C_t(S)$ : Carbono emitido de um polígono desmatado no tempo t.

$S_D$ : Área desmatada.

BVAS: Biomassa acima do solo da região desmatada  $S_D$ .

BPF: Biomassa de produtos florestais removidos da floresta antes do desmatamento.

fc: fração de carvão (3 a 6%).

$BAS_0$ : Biomassa abaixo do solo antes do desmatamento.

pd: parâmetro de decomposição mensal da biomassa abaixo do solo depois do desmatamento (0.0075).

$pd \times e^{(-pd \times t)}$ : Taxa mensal de decomposição de biomassa abaixo do solo após o desmatamento.

Para a aplicação do modelo CES usando os dados do SAD, consideramos apenas o carbono comprometido pelo desmatamento, ou seja, a fração da biomassa florestal composta por carbono (50%) sujeita a emissões instantâneas devido às queimadas da floresta pelo desmatamento, e/ou a decomposição futura da biomassa florestal remanescente. Além disso, adaptamos o modelo CES para estimar o carbono florestal comprometido pelo desmatamento na escala mensal. Por último, as simulações permitiram estimar a incerteza do carbono comprometido, representadas pelo desvio padrão (+/- 2 vezes) das simulações do carbono afetado em cada mês.

Para a conversão dos valores de carbono em CO<sub>2</sub> equivalente aplica-se o valor de 3,68.

### Referências:

Morton, D.C., Sales, M.H., Souza Jr., C.M. & Griscom, B. Baseline Carbon Emissions from Deforestation and Forest Degradation: A REDD case study in Mato Grosso, Brazil. Em preparação.

Sales, M.H. et al., 2007. Improving spatial distribution estimation of forest biomass with geostatistics: A case study for Rondônia, Brazil. *Ecological Modelling*, 205(1-2), 221-230.

### **Equipe Responsável:**

*Coordenação Geral:* Sanae Hayashi, Carlos Souza Jr. e Adalberto Veríssimo (Imazon)

*Equipe:* Marcio Sales (Analista Estatístico), Rodney Salomão, Amintas Brandão Jr., João Victor (Geoprocessamento) e Adriana Fradique (Comunicação)

### **Fonte de Dados:**

As estatísticas de desmatamento são geradas a partir dos dados do SAD (Imazon);

Dados do INPE- Desmatamento (PRODES)

<http://www.obt.inpe.br/prodes/>

---

### **Apoio**

Fundação Gordon & Betty Moore

Fundação David & Lucille Packard

Fundo Vale

### **Parceria**

Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará (SEMA)

Secretaria de Meio Ambiente do Mato Grosso (SEMA)

Ministério Público Federal do Pará

Ministério Público Estadual do Pará

Ministério Público Estadual de Roraima

Ministério Público Estadual do Amapá

Ministério Público Estadual de Mato Grosso

Instituto Centro de Vida (ICV- Mato Grosso)