

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

RESUMO

Em dezembro de 2011, a maioria (76%) da área florestal da Amazônia Legal estavam cobertas por nuvens. Isso comprometeu a detecção do desmatamento e da degradação florestal para esse mês através das imagens MODIS utilizadas pelo SAD. Nessas condições foram detectados 40 quilômetros quadrados de desmatamento em dezembro de 2011 na Amazônia Legal.

Dos 40 quilômetros quadrados de desmatamento detectados em dezembro de 2011, 24 quilômetros quadrados (60%) ocorreram no Mato Grosso, 6 quilômetros quadrados (15%) no Pará, 5,5 quilômetros quadrados (14%) em Rondônia, 2,5 quilômetros quadrados (6%) em Roraima e 2 quilômetros quadrados (5%) no Amazonas.

O desmatamento acumulado no período de agosto de 2011 a dezembro de 2011, correspondendo aos cinco primeiros meses do calendário atual de desmatamento, totalizou 568 quilômetros quadrados. Houve redução de 26% em relação ao ano anterior (agosto de 2010 a dezembro de 2010) quando o

desmatamento somou 772 quilômetros quadrados.

As florestas degradadas na Amazônia Legal somaram somente 94 quilômetros quadrados em dezembro de 2011. A maioria (92%) ocorreu no Mato Grosso, seguido de longe pelo Pará (6%) e Amazonas (2%).

A degradação florestal acumulada no período de agosto de 2011 a dezembro de 2011 totalizou 1.380 quilômetros quadrados. Em relação ao período anterior (agosto de 2010 a dezembro de 2010) houve redução de 59% quando a degradação florestal somou 3.326 quilômetros quadrados.

Em dezembro de 2011, o desmatamento detectado pelo SAD comprometeu 3,4 milhões de toneladas de CO₂ equivalente. No acumulado do período (agosto 2011 - dezembro 2011) as emissões de CO₂ equivalentes comprometidas com o desmatamento totalizaram 38 milhões de toneladas, o que representa uma redução de 16,6% em relação ao período anterior (agosto de 2010 a dezembro de 2010).

Estatísticas do Desmatamento

A detecção do desmatamento (supressão total da floresta com exposição do solo) realizado pelo Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD) do Imazon foi comprometido pela cobertura de nuvens em dezembro de 2011. Aproximadamente 76% da área florestal da Amazônia Legal estavam cobertas por

nuvens nas imagens MODIS utilizadas pelo SAD. Dessa forma, foram detectados somente 40 quilômetros quadrados de desmatamento em dezembro de 2011 na Amazônia Legal (Figura 1 e Figura 2).

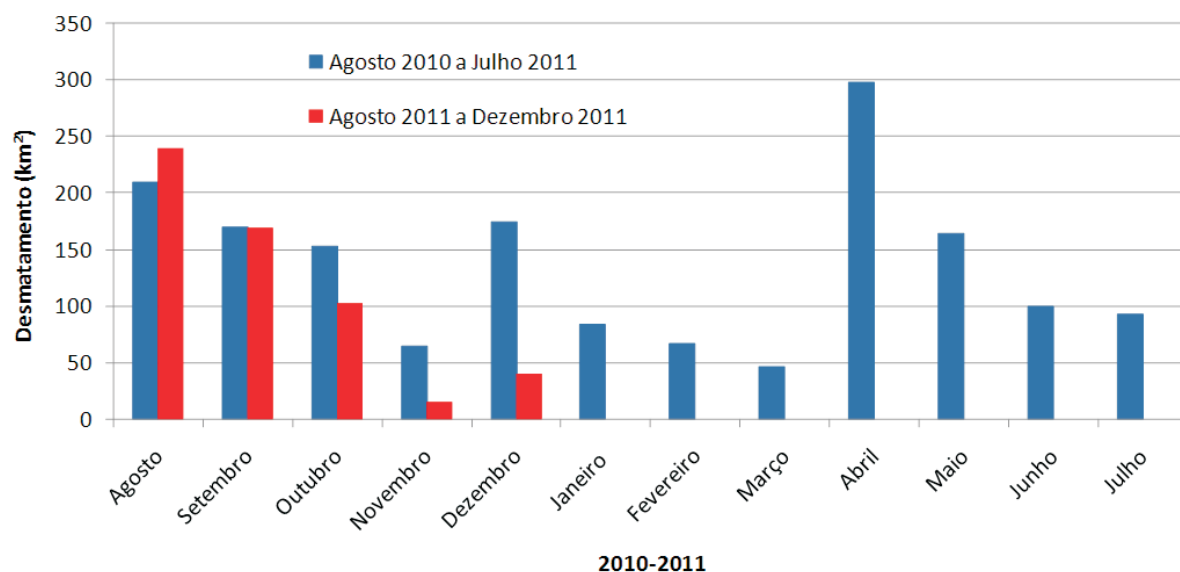


Figura 1. Desmatamento de agosto de 2010 a dezembro de 2011 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/SAD).

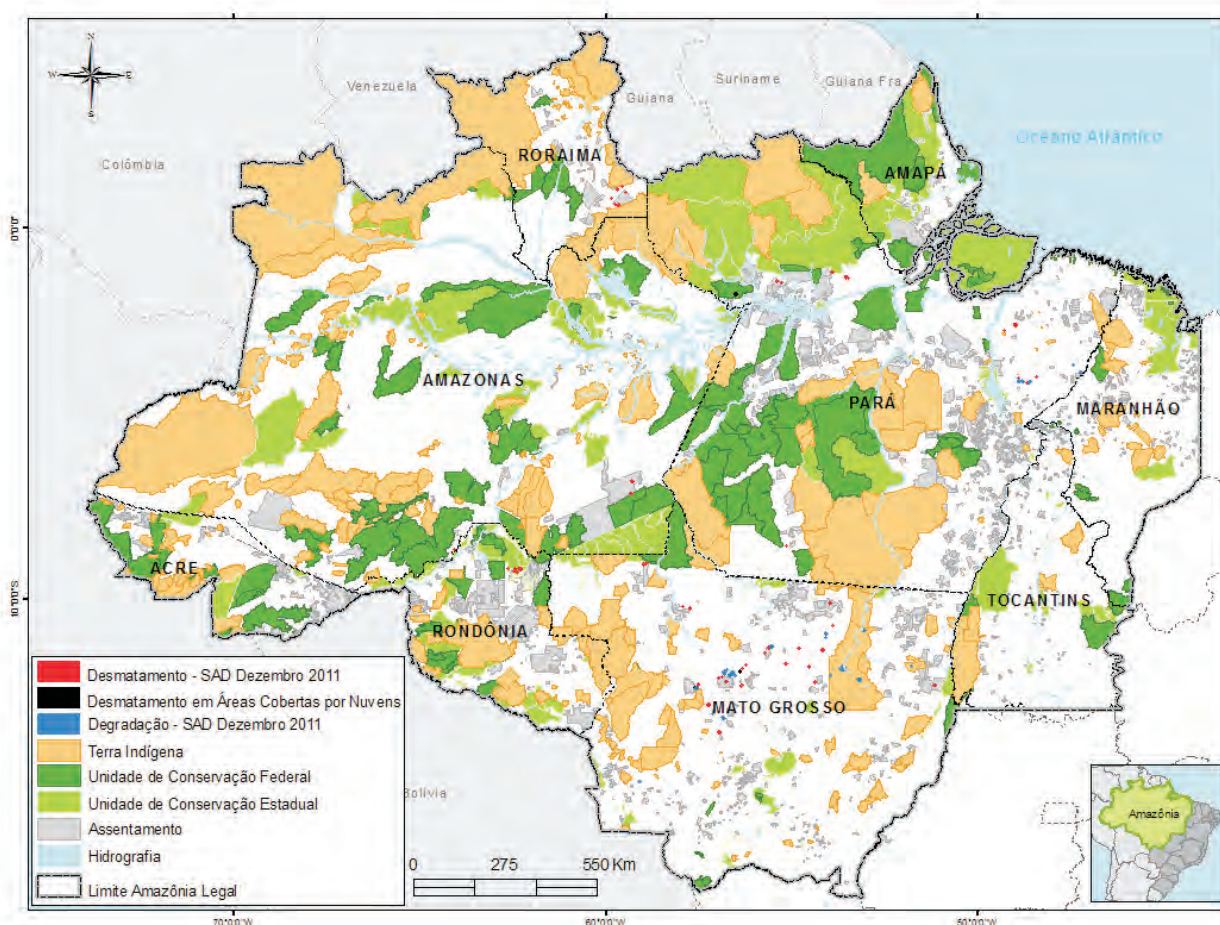


Figura 2. Desmatamento e Degradação Florestal em dezembro de 2011 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/ SAD).

*O Desmatamento em Áreas Cobertas por Nuvens pode ter ocorrido em dezembro ou em meses anteriores, todavia só foi possível detectá-lo agora, quando não havia nuvens sobre a região.

O desmatamento acumulado no período de agosto de 2011 a dezembro de 2011, correspondendo aos cinco primeiros meses do calendário oficial de medição do desmatamento, atingiu 568 quilômetros quadrados. Houve redução de 26% do desmatamento em relação

período anterior (agosto de 2010 a dezembro de 2010) quando atingiu 772 quilômetros quadrados.

Em dezembro de 2011, Mato Grosso liderou com 60% do desmatamento, seguido pelo Pará (15%), Rondônia (14%), Roraima (6%) e Amazonas (5%) (Figura 3).

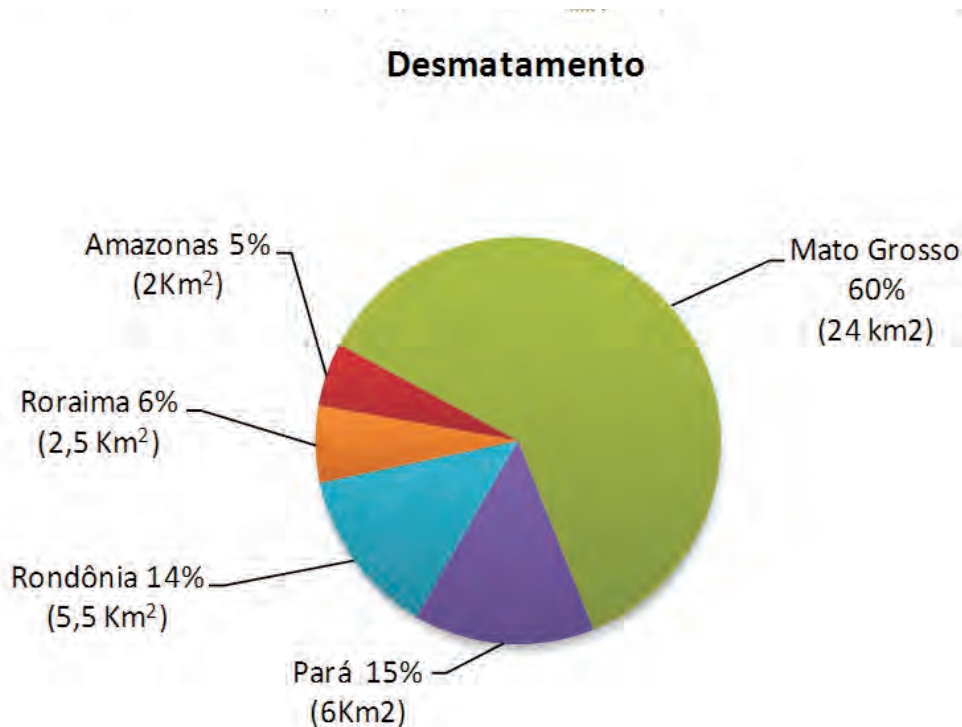


Figura 3. Desmatamento (%) nos Estados da Amazônia Legal em dezembro de 2011 (Fonte: Imazon/SAD).

Considerando os cinco primeiros meses do calendário atual de desmatamento (agosto de 2011 a dezembro de 2011), o Estado do Pará lidera o ranking com 40% do total desmatado no período. Em seguida aparece Mato Grosso com 22%, seguido por Rondônia com 21% e Amazonas (9%). Esses quatro estados foram responsáveis por 93% do desmatamento ocorrido na Amazônia Legal nesse período. O restante (7%) do desmatamento ocorreu no Acre, Roraima, Tocantins e Amapá.

Houve redução de 26% no desmatamento ocorrido em agosto de 2011 a dezembro de 2011 quando comparado com o período anterior (agosto de

2010 a dezembro de 2010) (Tabela 1). Em termos relativos, houve redução de 65% no Acre, 56% no Amazonas, e 40% no Mato Grosso. Por outro lado, houve aumento de 250% em Roraima, 175% no Tocantins, 6% no Pará.

Em termos absolutos, Pará lidera o ranking do desmatamento acumulado com 230 quilômetros quadrados, seguido pelo Mato Grosso (125 quilômetros quadrados), Rondônia (120 quilômetros quadrados), Amazonas (51 quilômetros quadrados), Acre (17 quilômetros quadrados), Roraima (14 quilômetros quadrados), e Tocantins (11 quilômetros quadrados).

¹ O calendário oficial de medição do desmatamento tem início no mês de agosto e término no mês de julho.

Tabela 1. Evolução do desmatamento entre os Estados da Amazônia Legal de agosto de 2010 a dezembro de 2010 e de agosto de 2011 a dezembro de 2011 (Fonte: Imazon/SAD).

Estado	Agosto 2010 a Dezembro 2010	Agosto 2011 a Dezembro 2011	Variação (%)
Acre	49	17	-65
Amazonas	116	51	-56
Mato Grosso	209	125	-40
Pará	216	230	+6
Rondônia	174	120	-31
Roraima	4	14	+250
Tocantins	4	11	+175
Amapá			-
Total	772	568	-26

* Os dados do Maranhão não foram analisados.

Degradação Florestal

Em dezembro de 2011, o SAD registrou 94 quilômetros quadrados de florestas degradadas (florestas intensamente exploradas pela atividade madeireira e/ou queimadas) (Figuras 2 e 4). O monitoramento da degradação florestal foi comprometido devido a grande cobertura de nuvens

nas imagens MODIS em dezembro de 2011 (76% da área florestal da Amazônia Legal).

Dos 94 quilômetros quadrados de florestas degradadas detectados pelo SAD em dezembro de 2011, a maioria (92%) ocorreu no Mato Grosso, seguido de longe pelo Pará 6% e Amazonas (2%) (Figura 5).

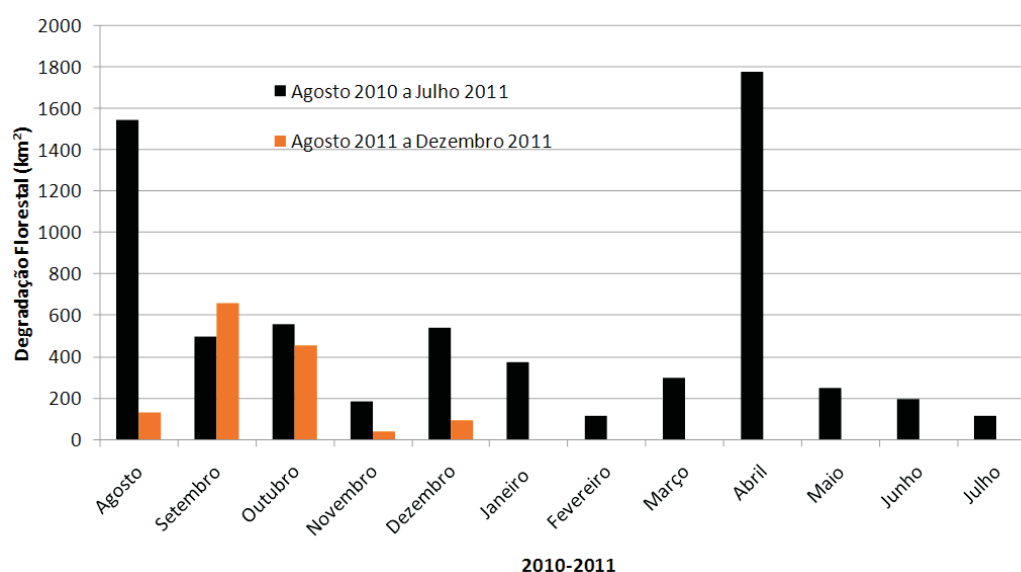


Figura 4. Degradação Florestal de agosto de 2010 a dezembro de 2011 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/SAD).

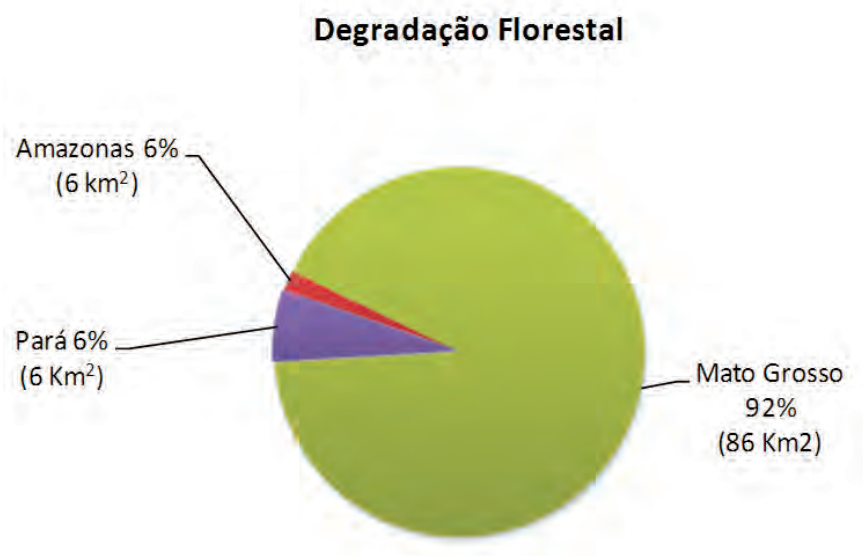


Figura 5. Degradação florestal (%) dos Estados da Amazônia Legal em dezembro de 2011 (Fonte: Imazon/SAD).

A degradação florestal acumulada no período de agosto de 2011 a dezembro de 2011 atingiu 1,380 quilômetros quadrados. Isso representa uma redução de 59% na degradação florestal acumulada nesse período (agosto de 2011 a dezembro de 2011) em relação ao mesmo período anterior (agosto de 2010 a dezembro de 2010) quando a degradação florestal somou 3.326 quilômetros quadrados (Tabela 2).

Acre apresentou uma redução de 98% da degradação florestal entre agosto de 2011 a dezembro de 2011 comparado com agosto de 2010 a dezembro de 2010. As reduções foram mais expressivas no Amazonas (-86%), Rondônia (-85%) e Pará (-73%)

Mato Grosso lidera o ranking da degradação

florestal com 78% do total no período de agosto de 2011 a dezembro de 2011. Em seguida aparece Pará com 14%. Esses dois estados foram responsáveis por 93% da degradação florestal na Amazônia Legal durante esse período. O restante (7%) ocorreu em Rondônia e Amazonas.

Em termos absolutos, o Mato Grosso também lidera o ranking da degradação florestal acumulada com 1.081 quilômetros quadrados, seguido de longe pelo Pará (200 quilômetros quadrados), Rondônia (71 quilômetros quadrados), Amazonas (19 quilômetros quadrados), Roraima (6 quilômetros quadrados), e Acre (3 quilômetros quadrados).

Tabela 2. Evolução da degradação florestal entre os Estados da Amazônia Legal de agosto de 2010 a dezembro de 2010 e de agosto de 2011 a dezembro de 2011 (Fonte: Imazon/SAD).

Estado	Agosto 2010 a Dezembro 2010	Agosto 2011 a Dezembro 2011	Variação (%)
Acre	143	3	-98
Amazonas	134	19	-86
Mato Grosso	1.819	1.081	-41
Pará	733	22	-73
Rondônia	471	71	-85
Roraima	200	6	+200
Tocantins	24	-	-
Amapá	-	-	-
Total	3.326	1.380	-59

* Os dados do Maranhão não foram analisados.

² O calendário oficial de medição do desmatamento tem início no mês de agosto e término no mês de julho.

Carbono Afetado pelo Desmatamento

Em dezembro de 2011, os 40 quilômetros quadrados de desmatamento detectado pelo SAD na Amazônia Legal comprometeram 940 mil toneladas (com margem de erro de 126 mil toneladas de carbono). Essa quantidade de carbono afetada resulta em 3,4 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (Figura 6).

O carbono florestal comprometido pelo desmatamento no período de agosto de 2011 a dezembro de 2011 foi de 10,4 milhões de toneladas (com margem de erro de 210 mil toneladas), o que representou cerca de 38 milhões de toneladas de CO₂

equivalente (Figura 6). Em relação ao mesmo período do ano anterior (agosto de 2010 a dezembro de 2010) houve redução de 16,6% na quantidade de carbono comprometido pelo desmatamento. A redução (16,6%) do carbono florestal afetado pelo desmatamento no período de agosto de 2011 a dezembro de 2011 em relação ao período anterior (agosto de 2010 a dezembro de 2011) foi menor que a redução de 26% do desmatamento detectado pelo SAD durante o mesmo período. Isso sugere que o desmatamento esse ano está ocorrendo em áreas com menores estoques de carbono florestal.

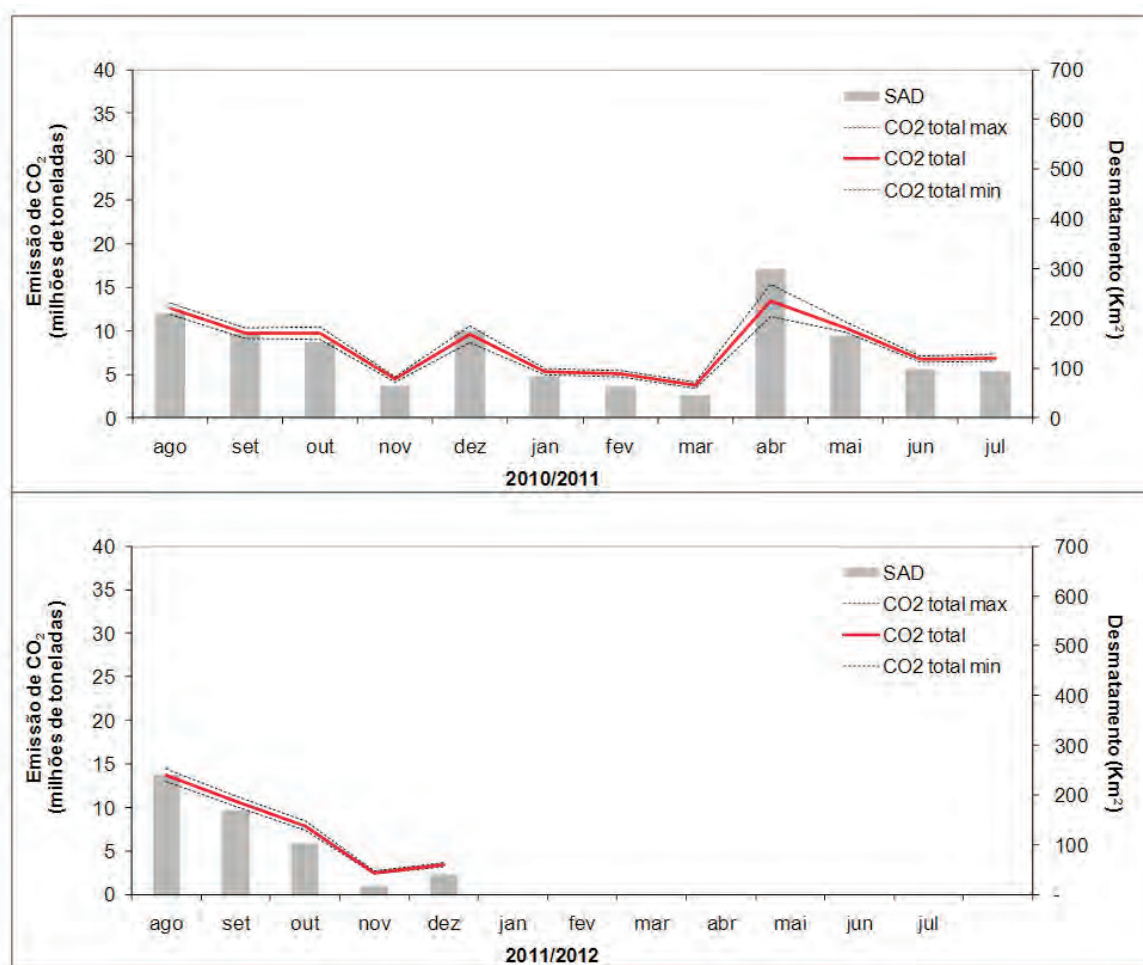


Figura 6. Desmatamento e emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) equivalente total de agosto de 2010 a dezembro de 2011 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon).

Geografia do Desmatamento

Em relação a situação fundiária, em dezembro de 2011, a maioria (71%) do desmatamento ocorreu em áreas privadas ou sob diversos estágios de posse. O restante do

desmatamento foi registrado em Assentamentos de Reforma Agrária (16,5%), Unidade de Conservação (11,5%) e Terra Indígenas (1,5%). (Tabela 3).

Tabela 3. Desmatamento por categoria fundiária em dezembro de 2011 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/ SAD).

Categoria	Dezembro de 2011	
	km ²	%
Assentamento de Reforma Agrária	6,5	16,5
Unidades de Conservação	4,5	11,5
Terras Indígenas	0,5	1
Privadas, Posse & Devolutas ³	28,5	71
Total (km²)	40	100

Assentamentos de Reforma Agrária

O SAD registrou 6,5 quilômetros quadrados de desmatamento nos Assentamentos de Reforma Agrária durante dezembro de 2011. Os Assentamentos mais afetados

pelo desmatamento foram Rio Juma (Apuí; Amazonas), Santo Antonio da Mata Azul (Novo Santo Antonio; Mato Grosso), e Jatapu (Caroebe; Roraima). (Figura 7).

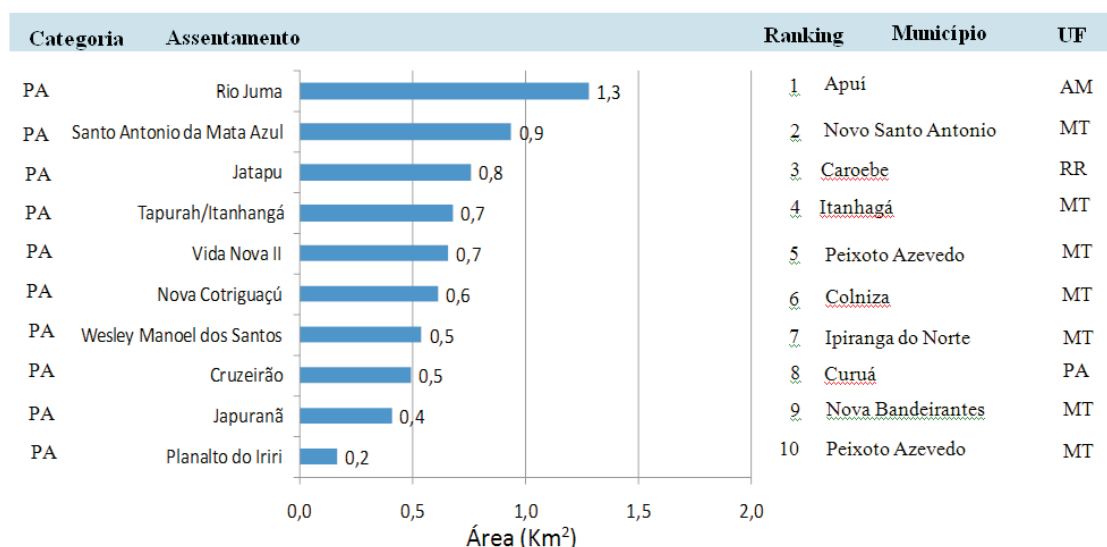


Figura 7. Assentamentos de Reforma Agrária desmatados em dezembro de 2011 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/SAD). PA (Projeto de Assentamento).

³ Inclui áreas privadas (tituladas ou não) e florestas públicas não protegidas.

Áreas Protegidas

O SAD detectou 11,5 quilômetros quadrados de desmatamento em Unidade de Conservação (Figura 8). As Unidades de Conservação que sofreram desmatamento foram a Flores Rio Preto-Jacundá (Rondônia),

Flona de Saracá-Taquera (Pará), e Flota do Paru (Pará). No caso das Terras Indígenas, em dezembro de 2011 foi detectado menos de 1 quilômetro quadrado na Terra Indígena Manoki (Figura 9).

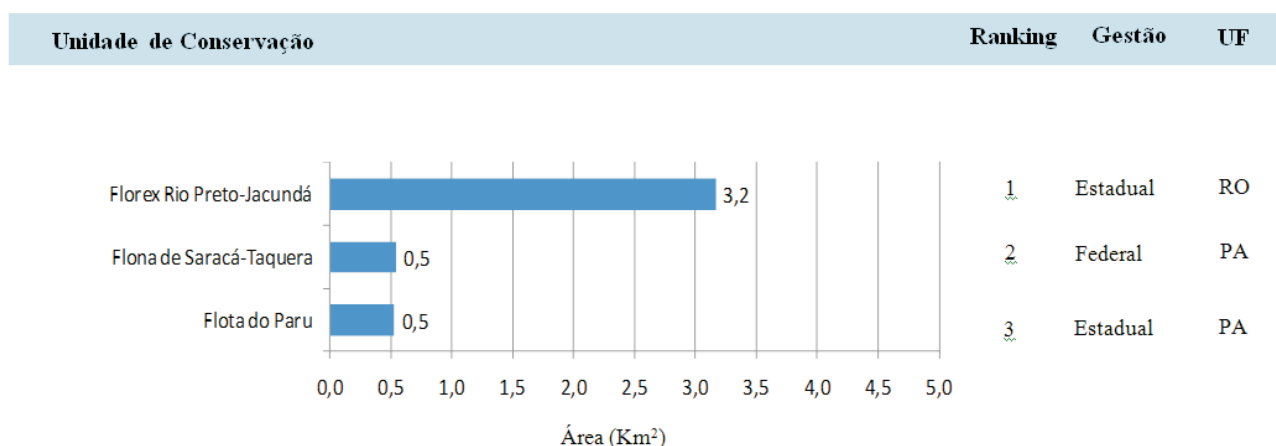


Figura 8. Unidades de Conservação desmatadas na Amazônia Legal em dezembro de 2011 (Fonte: Imazon /SAD).

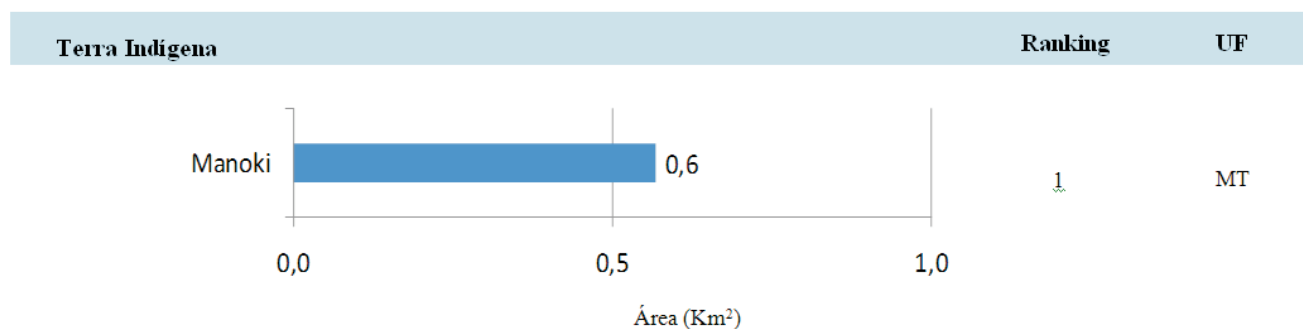


Figura 9. Terra Indígena desmatadas na Amazônia Legal em Dezembro de 2011 (Fonte: Imazon /SAD).

Municípios Críticos

Em dezembro de 2011, os municípios mais desmatados foram União do Sul (Mato Grosso),

Cujubim (Rondônia), Itanhagá (Mato Grosso) (Figura 10 e 11).

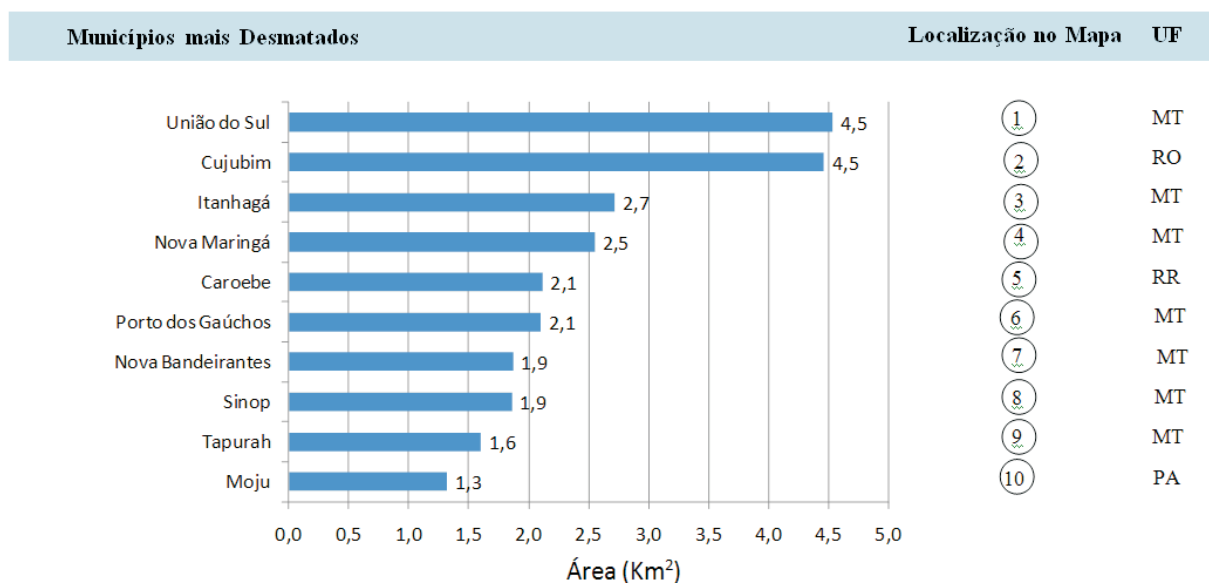


Figura 10. Municípios mais desmatados na Amazônia Legal em dezembro de 2011 (Fonte: Imazon /SAD).

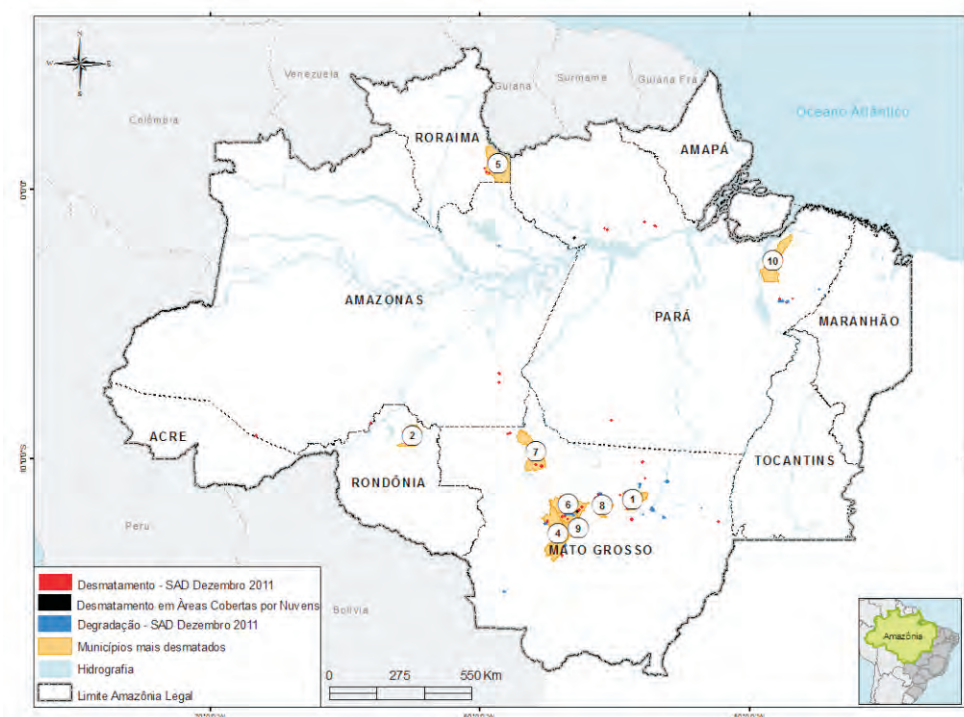


Figura 11. Municípios mais desmatados em dezembro de 2011 (Fonte: Imazon/SAD).

Cobertura de Nuvem e Sombra

Em dezembro de 2011, foi possível monitorar com o SAD somente 24% da área florestal na Amazônia Legal. Os outros 76% do território estavam cobertos por nuvens o que dificultou a detecção do desmatamento e da degradação florestal. A maioria dos Estados da Amazônia Legal tiveram mais de 65% de

suas áreas florestais cobertas por nuvens, são eles: Acre (90%), Rondônia (88%), Roraima (83%), Amazonas (79%), Amapá (76%), Pará (68%), e Mato Grosso (65%). Em virtude disso, os dados de desmatamento e degradação em dezembro de 2011 podem estar subestimados.(Figura 12).

* A parte do Maranhão que integra a Amazônia Legal não foi analisada.

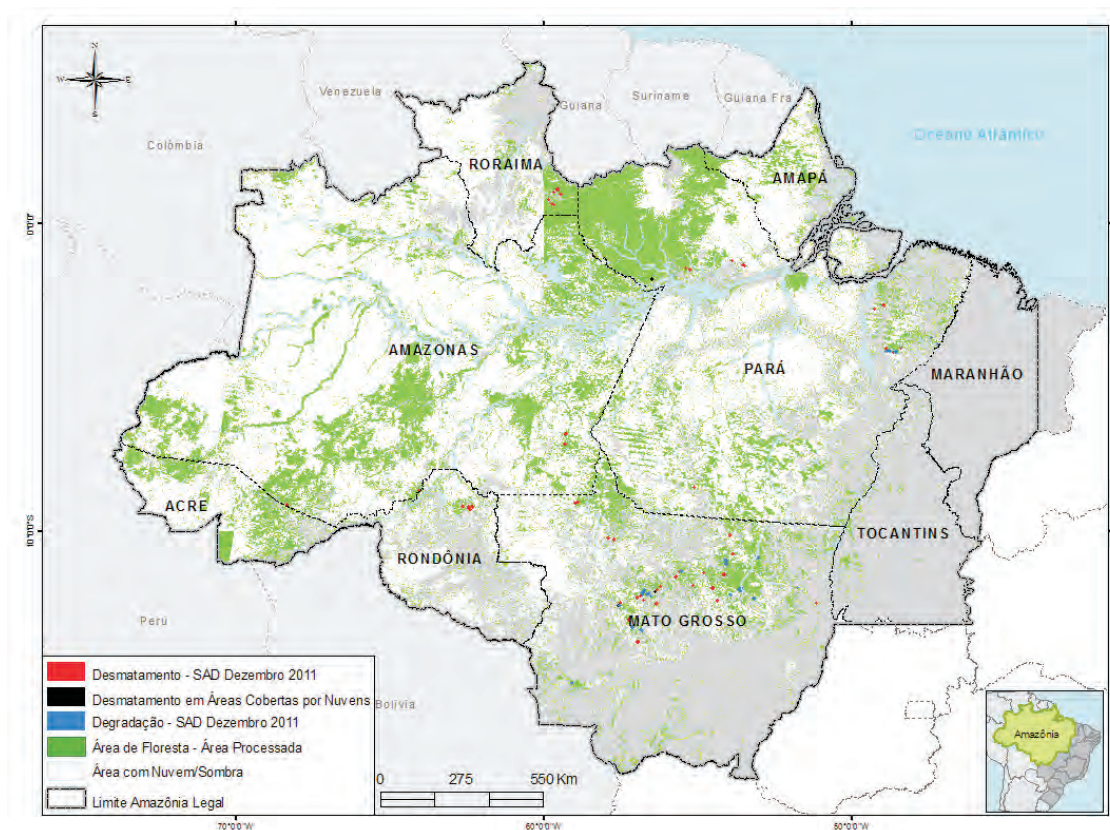


Figura 12. Área com nuvem e sombra em dezembro de 2011 na Amazônia Legal.

O Desmatamento em Áreas Cobertas por Nuvens pode ter ocorrido em dezembro ou em meses anteriores, todavia só foi possível detectá-lo agora, quando não havia nuvens sobre a região.

Validação dos dados SAD utilizando Imagens Landsat e Cbers

Os dados do SAD são validados com imagens CBERS e Landsat (resolução espacial mais fina) disponíveis pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). São utilizadas as imagens disponíveis logo após o mês analisado pelo SAD. Em dezembro de 2011, não foi possível confirmar com imagens Landsat o desmatamento detectado pelo devido a grande ocorrência de nuvens nas imagens Landsat e CBERS disponíveis no período.

Quadro I: SAD 3.0

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. O método principal continua a mesma do SAD 2 como descrito abaixo.

O SAD gera 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 5 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 NãoAtiva (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 sinas 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 sinas 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 novembro de 2010.

Quadro II: Carbono afetado pelo desmatamento

Desde janeiro de 2010 reportamos as estimativas do carbono comprometido (isto é, do carbono florestal sujeito à emissões devido à queimada e a decomposição de resíduos de biomassa florestal) provenientes do desmatamento detectado pelo SAD na Amazônia Legal.

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 Amazonia. Desenvolvemos um modelo de estimativas de emissões de carbono, como base em simulação estocástica (Morton *et al.*, em prep.), denominado *Carbon Emission Simulator* (CES). Geramos 1000 simulações da distribuição espacial de biomassa na Amazonia 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:

$$C_t = \sum C(S)_t$$
$$C_t(S) = S_D \times \left[(BVAS - BPF) \times (1 - fc) \times (t == 0) + (BAS_0 \times pd \times e^{(-pd \times t)}) \right]$$
$$BPF = ff * AGLB$$
$$BAS_0 = bf * AGLB$$

onde:

t: tempo (mês)

C_t: Carbono emitido 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%).

BAS₀: 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 à emissões instantâneas devido à 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 para CO₂equivalente aplicamos o valor de 3,68.

Referências:

D.C. Morton¹, M.H. Sales², C.M. Souza, Jr.², B. Griscom³. 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 (Modelagem e estatística), Rodney Salomão, Amintas Brandão Jr., João Victor (Geoprocessamento) e Bruno Oliveira (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 David & Lucille Packard através da CLUA
(Climate Land Use Alliance)

Fundação Gordon & Betty Moore

Fundo Vale

Parcerias

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)