

**Relatório do Produto nº 5 do Contrato nº 2015/000191 –  
BRA/11/001: Mapas da cobertura vegetal nativa remanescente  
em 2050 (sensibilidade)**

Renata Dias Françoso.

BRASÍLIA, 2016

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	3
LISTA DE TABELAS .....	4
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
2.1. OBJETIVO GERAL.....	6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
<b>3. MÉTODOS.....</b>	<b>7</b>
3.1. DADOS .....	7
3.2. ANÁLISES.....	10
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>12</b>
4.1. PROJEÇÕES DE DESMATAMENTO NO PERÍODO DE 2000 A 2050 .....	12
4.1.1. Amazônia .....	16
4.1.2. Caatinga .....	18
4.1.3. Cerrado .....	18
4.1.4. Mata Atlântica .....	19
4.1.5. Pampa .....	20
4.1.6. Pantanal.....	21
4.2. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO.....	22
4.3. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO .....	24
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>26</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>29</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição geográfica do percentual das Reservas Legais nas propriedades rurais [Figura extraída de Câmara et al. (2016b)]. .....	9
Figura 2. Ilustração do cálculo do desmatamento percentual para cada célula do Globiom, onde a área do desmatamento previsto para o período de 2000 a 2050 é dividido pela área total da célula e multiplicada por 100 para refletir o percentual de desmatamento no período.....	10
Figura 3. Exemplo de células onde a presença de uma UC foi considerada suficiente (células da esquerda) e onde a presença da UC foi considerada insuficiente para exercer um papel importante na dinâmica do desmatamento dentro das células (células da direita). .....	10
Figura 4. Percentual de remanescentes da vegetação nativa por célula no ano 2000. Os dados são provenientes do modelo de desmatamento Globiom (Câmara et al. 2016b).....	12
Figura 5. (A) Projeção do desmatamento percentual por célula entre os anos 2000 e 2050 e (B) projeção do percentual de remanescentes da vegetação nativa por célula em 2050. Projeções baseadas no cenário Business As Usual do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b). .....	14
Figura 6. Projeção do desmatamento percentual por célula entre os anos 2000 e 2050 nos cenários de desmatamento Business As Usual (A) E Código Florestal (C) e projeção dos remanescentes da vegetação nativa por célula em 2050 também nos cenários de desmatamento Business As Usual (B) e Código Florestal (D). Os dados são provenientes do modelo de desmatamento Globiom (Câmara et al. 2016b). .....	15
Figura 7. Débitos e excedentes de Reserva legal no Brasil em 2010 usada no cenário CF no modelo Globiom [Figura extraída de Câmara et al. (2016b)]. .....	16
Figura 8. Área total de pequenas propriedades rurais (menores ou iguais a 4 módulos fiscais) por unidade de simulação [Figura extraída de Câmara et al. (2016b)]. .....	20
Figura 9. Gráfico ilustrando as diferenças na projeção média do desmatamento líquido por célula entre 2000 e 2050 considerando a interação entre bioma e presença de Áreas prioritárias para Conservação (APC) nos cenários Business As Usual (BAU) e Código Florestal (CF). As linhas sólidas representam a presença de APC e a linha pontilhada representa células onde não há APC. O asterisco (*) identifica os biomas onde as diferenças no desmatamento entre células com e sem APC são significativas.....	22
Figura 10. Áreas prioritárias para Conservação em cinza abaixo do percentual de desmatamento líquido por célula entre os anos 2000 e 2050 nos cenários (A) Business As Usual (BAU) e (B) Código Florestal (CF). Dados provenientes do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b).....	23
Figura 11. Gráfico ilustrando as diferenças na projeção média do desmatamento líquido por célula entre 2000 e 2050 considerando a interação entre bioma e presença de Unidades de Conservação (UC) nos cenários Business As Usual (BAU) e Código Florestal (CF). As linhas sólidas representam a presença de APC e a linha pontilhada representa células onde não há APC. O asterisco (*) identifica os biomas onde as diferenças no desmatamento entre células com e sem APC são significativas. ....	24
Figura 11. Unidades de Conservação em cinza abaixo do percentual de desmatamento líquido por célula entre os anos 2000 e 2050 nos cenários (A) Business As Usual (BAU) e (B) Código Florestal (CF). Dados provenientes do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b).....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Percentual de vegetação nativa remanescente por bioma brasileiro nos anos 2000, 2002 [Dados do PMDBBS (MMA/IBAMA 2011) e PRODES (INPE 2016)] e projeção para 2050 nos cenários Business As Usual (BAU) e Código Florestal (CF) do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b). .....	13
Tabela 2. Resultados dos testes <i>t</i> onde foi verificado se há diferenças no desmatamento líquido para cada bioma entre os cenários <i>Business As Usual</i> (BAU) e Código Florestal (CF) do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b).....	14
Tabela 3. Análise de Variância Fatorial mostrando diferenças entre presença de Áreas Prioritárias para Conservação (APC), entre biomas e a interação entre os fatores. Cenários de desmatamento Business As Usual (BAU) e Código Florestal (CF). Dados provenientes do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b).....	22
Tabela 4. Análise de Variância Fatorial mostrando diferenças entre presença de Unidades de Conservação (UC), entre biomas e a interação entre os fatores. Cenários de desmatamento Business As Usual (BAU) e Código Florestal (CF). Dados provenientes do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b).....	24

## 1. INTRODUÇÃO

---

Os ecossistemas tropicais são importantes na manutenção da dinâmica do carbono na atmosfera. O desmatamento das florestas tropicais é responsável pela emissão de 9 a 24% da perda anual global de carbono em decorrência do desmatamento (Pütz et al. 2014). Por essa razão, os países membros da Conferência das Partes (COP) da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) assinaram acordo que prevê a Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação florestal (REDD+), que inclui também a conservação florestal, o manejo florestal sustentável e o aumento dos estoques de carbono em áreas de floresta.

O mecanismo REDD+ permitirá que países em desenvolvimento recebam incentivos financeiros pela redução do desmatamento e da degradação florestal. Assim, é fundamental que países como o Brasil realizem o monitoramento do uso do solo em seu território. Além disso, esse monitoramento é importante para avaliar os impactos causados por outras atividades predatórias, como queimadas e atividades agrícolas, sobre a biodiversidade, e para a compreensão da sua contribuição para as emissões de gases de efeito estufa (MMA 2016b).

Nesse contexto, o Globiom (*Global Biosphere Management Model*) é um modelo global de mudanças no uso do solo, dedicado a capturar as causas mais importantes das mudanças na paisagem (Havlík et al. 2011). No Brasil é conduzido por diversas instituições, e tem como principais objetivos prover suporte às políticas ambientais voltadas ao REDD+, à biodiversidade e à gestão do território (Câmara et al. 2016b).

O Globiom é uma importante ferramenta para análise da dinâmica do uso do solo em diferentes contextos, e pode auxiliar na tomada de decisões sobre estratégias de gestão e criação de Unidades de Conservação. Assim, os objetivos do presente estudo foram verificar as projeções da dinâmica e uso do solo no período de 2000 a 2050 nos biomas brasileiros, a eficiência das Unidades de Conservação na contenção do desmatamento e as oportunidades de criação de novas áreas protegidas.

## 2. OBJETIVOS

---

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Apresentar mapas representando a evolução do uso do solo entre 2000 e 2050, usando cenários de desmatamento para o ano 2050, e suas consequências sobre as Áreas Prioritárias para Conservação (APC) e das Unidades de Conservação (UC) existentes.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Elaborar mapas de remanescentes para 2050, baseados nos cenários *Business As Usual* (BAU) e com a implementação do Código Florestal (CF).
- II. Elaborar mapas de desmatamento e regeneração da vegetação entre 2000 e 2050, baseados nos cenários *Business As Usual* (BAU) e com a implementação do Código Florestal (CF).
- III. Avaliar o desmatamento onde há Áreas Prioritárias para a Conservação.
- IV. Avaliar o desmatamento onde há Unidades de Conservação.

### 3. MÉTODOS

---

#### 3.1. DADOS

Os modelos de uso do solo utilizados no presente estudo são provenientes do Globiom (Havlík et al. 2011). O Globiom foi regionalmente adaptado para incluir os principais responsáveis por essas mudanças no Brasil (Câmara et al. 2016b). Na versão brasileira do Globiom, foram usados como insumos dados do censo brasileiro de agropecuária e mapas de vegetação, de cobertura da terra derivado do sensor MODIS, de áreas protegidas e de remanescentes naturais.

O resultado do modelo é um mapa com células de aproximadamente 50 x 50 km, com informações sobre a cobertura do solo (em milhares de hectares), a área desmatada por década (entre 2000 e 2050) e a quantificação das seguintes classes: floresta madura, floresta sob manejo, floresta regenerada, floresta plantada, área natural, culturas agrícolas, outras classes agrícolas, pasto, áreas alagadas e áreas protegidas. As classes são descritas a seguir, de acordo com (Câmara et al. 2016a).

- Florestas maduras: inclui florestas naturais primárias e secundárias não manejadas;
- Floresta sob manejo: florestas exploradas de maneira sustentável, incluindo as concessões de florestas públicas;
- Floresta regenerada: áreas que sofreram transição de culturas agrícolas e pasto em áreas naturais;
- Floresta plantada: plantações de uma ou poucas espécies em curta rotação, especialmente essências florestais usadas pela indústria de papel;
- Área natural: áreas de vegetação natural não florestais, tais como vegetação arbustiva, savanas e campos naturais;
- Culturas agrícolas: áreas plantadas com uma das 18 culturas reconhecidas pelo Globiom (cevada, feijão seco, mandioca, grão-de-bico, milho, algodão, amendoim, milheto, batata, colza, arroz, soja, sorgo, cana de açúcar, girassol, batata doce, trigo e óleo de palma);
- Outras classes agrícolas: áreas plantadas com culturas não especificadas no modelo Globiom, como café e árvores frutíferas;

- Pasto: áreas com pasto natural ou artificial;
- Áreas alagadas: áreas permanentemente cobertas por água ou que são regularmente alagadas;
- Áreas protegidas: inclui todas as classes de vegetação dentro das unidades de conservação, e são consideradas áreas naturais não passíveis de conversão.

No Globiom são gerados dois cenários principais de progressão de uso do solo: *Business As Usual* (BAU) e Código Florestal (CF). No cenário BAU é mantido o padrão histórico de mudanças no uso do solo, onde o controle do desmatamento ainda é insuficiente, onde a aplicação do Código Florestal ainda é ineficiente, e não é incorporada a regeneração de áreas naturais, mas o modelo considera a possibilidade de desmatamento ilegal em todos os biomas, exceto na Mata Atlântica, onde a aplicação da Lei da Mata Atlântica diferencia a prática do desmatamento nesse bioma. O cenário CF inclui os efeitos da aplicação do código florestal, não havendo desmatamento ilegal em nenhum bioma, havendo aplicação das cotas de reserva ambiental e da Lei da Mata Atlântica. A Reserva Legal<sup>1</sup> (RL) das propriedades rurais são recuperadas, mas há anistia das pequenas propriedades. A atual versão do Globiom não contabiliza a recuperação de Áreas de Preservação Permanente.

Na Amazônia Legal<sup>2</sup> as propriedades rurais devem manter RL de 80% da propriedade em área de floresta e 35% em área de cerrado (Brasil 2012). No Cerrado e nos demais biomas fora da Amazônia Legal, a Reserva Legal é de 20% em qualquer tipo de vegetação, conforme mostrado na Figura 1. Além da versão completa do CF, o Globiom traz mais três versões desse cenário, onde os instrumentos do Código Florestal são isolados. No entanto, no presente relatório foi usada somente a versão completa desse cenário.

---

<sup>1</sup> Área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (Lei 12.651).

<sup>2</sup> Amazônia Legal é uma região delimitada para fins administrativos que abrange nove estados brasileiros, parcial ou completamente, pertencentes à bacia amazônica.



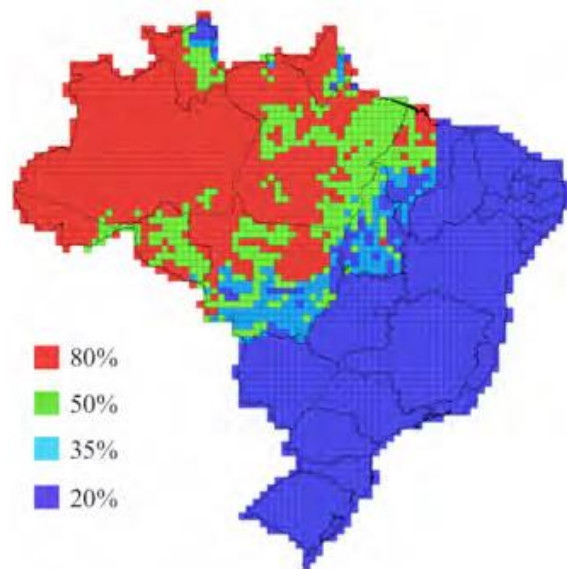


Figura 1. Distribuição geográfica do percentual das Reservas Legais nas propriedades rurais [Figura extraída de Câmara et al. (2016b)].

Para gerar o mapa de remanescentes das áreas naturais para o ano 2000, foram somadas as áreas em milhares de hectares das seguintes classes dos dados iniciais: florestas (exceto florestas plantadas), outros tipos de cobertura natural (savanas, campos, escrubos etc.) e áreas protegidas. Essas classes contemplam todas as áreas naturais. As demais classes se referem a diferentes usos antrópicos do solo. Apesar de conter áreas de campos naturais, a classe “pasto” foi considerada como área alterada. Isso porque nos pastos artificiais há minimamente a supressão da vegetação rasteira para introdução de espécies exóticas; e nas pastagens naturais, o pastoreio por si só é uma intervenção modificadora da paisagem, além dos animais serem vetores de espécies invasoras.

Para gerar os mapas de remanescentes do ano 2050, as áreas desmatadas de cada década entre 2000 e 2050 foram somadas, e posteriormente foram subtraídas do mapa de remanescentes do ano 2000, para assim obter o mapa dos remanescentes do ano 2050. Essa operação foi realizada para os cenários BAU e CF. O valor total remanescente para 2000 e 2050 em cada cenário foi dividido pela área da célula, que foi calculada com precisão na projeção métrica *Albers equal-area conic projection*, pois, devido a questões cartográficas, as células possuem tamanho diferente dependendo da latitude. Usando a área da célula e o desmatamento total entre 2000 e 2050 foi calculada a proporção de desmatamento nesse período, conforme ilustrado na Figura 2.

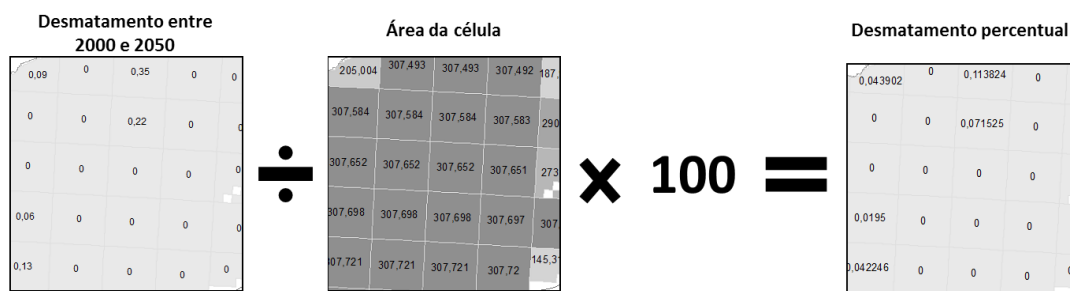


Figura 2. Ilustração do cálculo do desmatamento percentual para cada célula do Globiom, onde a área do desmatamento previsto para o período de 2000 a 2050 é dividido pela área total da célula e multiplicada por 100 para refletir o percentual de desmatamento no período.

Foi quantificada a proporção da área das Áreas Prioritárias para Conservação e das Unidades de Conservação em milhares de hectares por célula do Globiom. Foi considerada que uma célula continha APC ou UC quando essas cobriam mais de 25% da célula. Esse valor foi arbitrariamente escolhido para garantir a influência da área protegida ou prioritária sobre a célula. O exemplo na Figura 3 ilustra duas situações onde a presença de uma UC foi considerada suficiente (células da esquerda) e duas situações onde a presença da UC foi considerada insuficiente para exercer um papel importante na dinâmica do desmatamento dentro das células (células da direita).

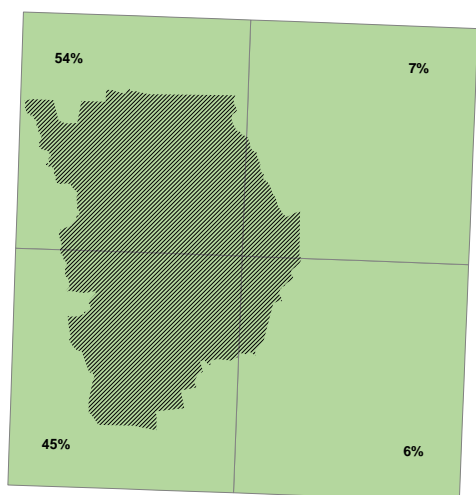


Figura 3. Exemplo de células onde a presença de uma UC foi considerada suficiente (células da esquerda) e onde a presença da UC foi considerada insuficiente para exercer um papel importante na dinâmica do desmatamento dentro das células (células da direita).

### 3.2. ANÁLISES

Foi realizada uma análise de variância para verificar se há diferença no desmatamento entre biomas. Para identificar possíveis diferenças entre áreas com e sem APC para cada bioma, foi realizada uma análise de variância fatorial, usando como fatores bioma e presença ou ausência de APC, seguida de um teste de contrastes *Tukey*. O mesmo foi realizado para verificar se há diferença no desmatamento onde há presença

de UC ou não. No modelo Globiom as Unidades de Conservação são definidas como áreas não passíveis de mudanças. Por isso nossas análises refletem apenas as possíveis alterações que ocorrem no entorno das UC. As análises foram repetidas para os dois cenários de desmatamento estudados, o BAU e o CF.

Para verificar se há diferença no desmatamento entre as células no período de 2000 a 2050, foi realizado um teste t de amostras pareadas entre os dois cenários de desmatamento, por bioma e para o Brasil.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. PROJEÇÕES DE DESMATAMENTO NO PERÍODO DE 2000 A 2050

O sul do Cerrado, a Mata Atlântica e o Pampa apresentaram as menores proporções de remanescentes já no ano 2000, onde a maioria das células apresenta proporção de cobertura natural inferior a 30%, representadas no gradiente de salmão a branco na Figura 4. As atuais fronteiras agrícolas brasileiras são o norte do Cerrado e o limite entre o Cerrado e a Amazônia, representadas em amarelo e verde limão. Nessa região ainda há de 40% a 80% de cobertura pela vegetação natural, mas há intensa atividade agrícola, com abertura de novas áreas para implantação de culturas e pastagens constantemente. Também representados por essas cores estão regiões as regiões mais preservadas da Mata Atlântica no litoral de São Paulo e em Santa Catarina. Os maiores remanescentes, em verde escuro, são encontrados na maior parte da Amazônia e na junção dos estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Na Caatinga os maiores remanescentes estão no Piauí e Ceará, mas ocorrem de maneira dispersa, sem a formação de uma área contínua de remanescentes da vegetação natural.

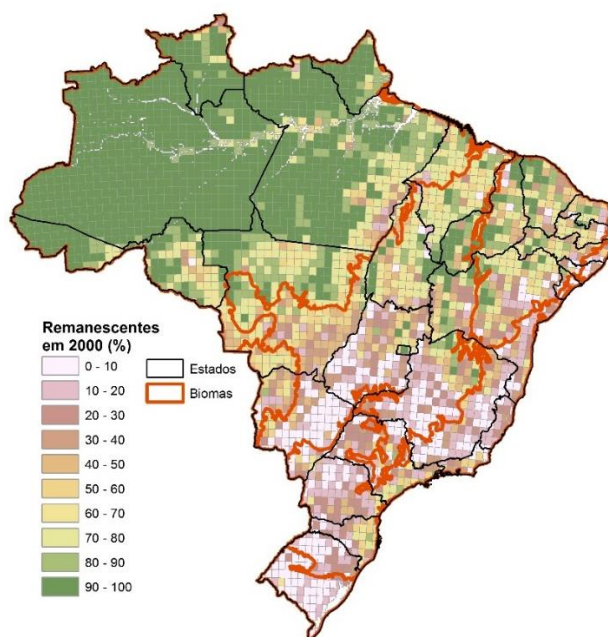


Figura 4. Percentual de remanescentes da vegetação nativa por célula no ano 2000. Os dados são provenientes do modelo de desmatamento Globiom (Câmara et al. 2016b).

Considerando todo o Brasil, a área natural remanescente é de 64%, que está abaixo dos 67% calculados para o Brasil no ano 2002 com os dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS) (MMA/IBAMA 2011) e PRODES (INPE 2016) (Tabela 1). Essa diferença deve ser atribuída à classe de pastagem natural, que no Globiom é contabilizada junto à classe de pasto

plantado, e foi, portanto, designada área alterada. No PMDBBS, para o Pampa, por exemplo, a classe pastagem natural é considerada área natural remanescente. Pelo PMDBBS, no Cerrado os pastos são considerados áreas alteradas, enquanto os campos naturais são considerados remanescentes naturais da vegetação (MMA/IBAMA 2011).

Tabela 1. Percentual de vegetação nativa remanescente por bioma brasileiro nos anos 2000, 2002 [Dados do PMDBBS (MMA/IBAMA 2011) e PRODES (INPE 2016)] e projeção para 2050 nos cenários Business As Usual (BAU) e Código Florestal (CF) do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b).

Bioma	Vegetação nativa remanescente (%)			
	2000	2002	2050 (BAU)	2050 (CF)
Amazônia	88%	88%	77%	85%
Caatinga	58%	56%	50%	44%
Cerrado	44%	56%	34%	41%
Mata Atlântica	24%	23%	24%	24%
Pampa	6%	37%	6%	12%
Pantanal	45%	86%	36%	37%
Todos	64%	67%	55%	60%

A projeção do desmatamento estimado para o período de 2000 a 2050 no cenário BAU ocorre principalmente na Amazônia (no Acre, Mato Grosso, Rondônia e ao longo da calha do Rio Amazonas, nos estados do Pará e Amazonas) e no Cerrado (no oeste da Bahia e Piauí) (Figura 5A). Na projeção do cenário CF, o desmatamento é intensificado na Caatinga (Figura 6A).

A projeção da regeneração da vegetação nativa é observada na Amazônia, no Cerrado e no Pampa (Figura 6B). No modelo Globiom, a recuperação das RL ocorre nas células onde há déficit de cobertura de vegetação nativa em relação com o percentual previsto no Código Florestal. As células com déficits e excedentes estão ilustradas na Figura 7, onde a cor verde identifica as células com excedentes, onde não é necessária a recuperação das RL, e as células em vermelho representam áreas com déficit de RL consolidada, onde o modelo prevê a restauração dessas áreas.

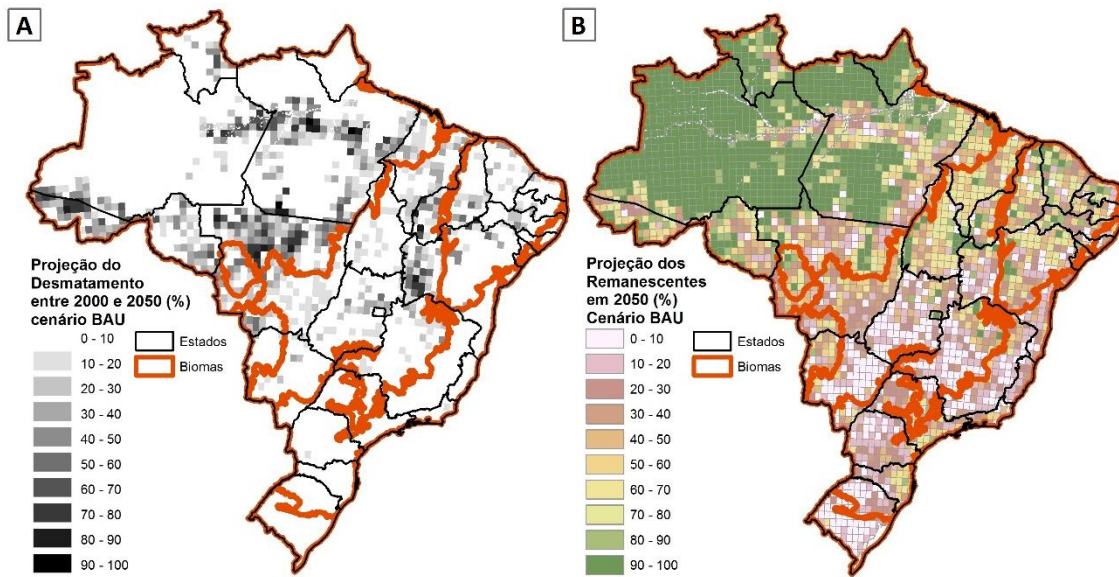


Figura 5. (A) Projeção do desmatamento percentual por célula entre os anos 2000 e 2050 e (B) projeção do percentual de remanescentes da vegetação nativa por célula em 2050. Projeções baseadas no cenário Business As Usual do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b).

Tabela 2. Resultados dos testes *t* onde foi verificado se há diferenças no desmatamento líquido para cada bioma entre os cenários *Business As Usual* (BAU) e Código Florestal (CF) do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b).

Bioma	Desmatamento líquido		t	GL	p
	BAU	FC			
Amazônia	11%	3%	19	1271	<0,001
Caatinga	8%	14%	-6,7	266	<0,001
Cerrado	10%	3%	15	674	<0,001
Mata Atlântica	0%	0%	1,6	337	0,113
Pampa	0%	-6%	5,7	46	<0,001
Pantanal	9%	8%	1,5	38	0,135
Todos	9%	4%	19	2637	<0,001

A projeção do desmatamento líquido (desmatamento - regeneração) é significativamente maior no cenário BAU para Amazônia, Cerrado, Pampa e para o Brasil, mostrando a importância da aplicação das ferramentas de controle de desmatamento e restauração de habitats previstas no Código Florestal (Brasil 2012). Contudo o desmatamento líquido é significativamente menor na Caatinga no cenário BAU em

comparação com o cenário CF (Tabela 2). Na Mata Atlântica e no Pantanal não há diferença significativa entre as projeções de desmatamento nos dois cenários.

Nos cenários analisados, é observada diminuição dos remanescentes da vegetação nativa em todos os biomas (Tabela 1), exceto na Mata Atlântica e no Pampa. A projeção de maior percentual de remanescentes em 2050 é observada na Amazônia e em poucas células do Cerrado e da Caatinga (Figuras 5 e 6). No cenário BAU (Figura 5B), há menor quantidade de remanescentes ao longo da calha do Rio Amazonas e na região do arco do desmatamento quando comparado com o cenário CF (Figura 6C). Diferenças importantes são observadas também no Cerrado, nas fronteiras dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

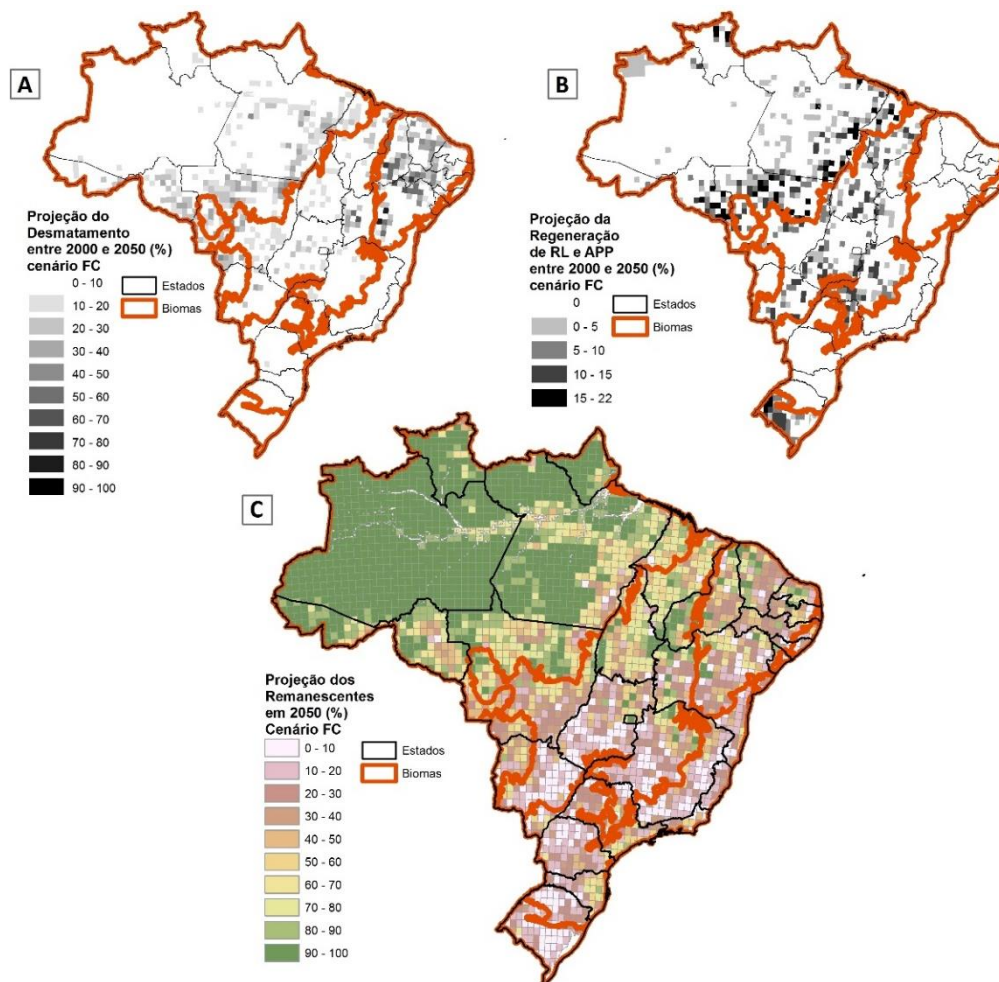


Figura 6. Projeção do desmatamento percentual por célula entre os anos 2000 e 2050 nos cenários de desmatamento Business As Usual (A) E Código Florestal (C) e projeção dos remanescentes da vegetação nativa por célula em 2050 também nos cenários de desmatamento Business As Usual (B) e Código Florestal (D). Os dados são provenientes do modelo de desmatamento Globiom (Câmara et al. 2016b).

Nas projeções analisadas, os remanescentes do Brasil, que totalizam 64% em 2000, decaem para 60% no cenário CF e 55% no BAU (Tabela 1). Mesmo considerando a aplicação do Código Florestal, há 4% de diferença entre os remanescentes de 2000 e 2050 no cenário CF. Essa taxa de desmatamento líquido observado deve ser atribuída ao desmatamento regular, autorizado pelos órgãos competentes e nas regiões onde há excedente de vegetação nativa nas propriedades rurais, de acordo com o percentual destinado à RL. Considerando-se a aplicação apenas das restrições de desmatamento presentes na legislação brasileira, é possível reduzir as perdas da cobertura vegetal em pelo menos 5%. Considerando o intervalo de cinquenta anos, evitar 5% do desmatamento de um país de aptidão agrícola e de extensão continental como o Brasil, pode representar um marco, caso haja cumprimento da legislação ambiental. O desmatamento evitado pode ser ainda maior considerando-se a restauração de Áreas de Preservação Permanente (APP), que não estão contabilizados no Globiom.

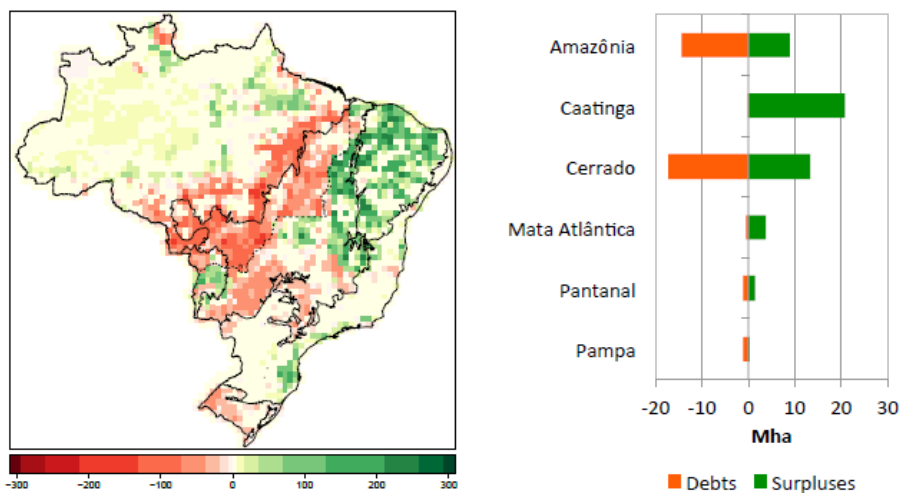


Figura 7. Débitos e excedentes de Reserva legal no Brasil em 2010 usada no cenário CF no modelo Globiom [Figura extraída de Câmara et al. (2016b)].

#### 4.1.1. Amazônia

A Amazônia abriga a maior floresta tropical do planeta, com alta diversidade biológica (Dirzo & Raven 2003) e grande relevância para a manutenção da qualidade de vida na Terra. O desmatamento em grandes proporções desse bioma poderia causar perdas biológicas e sociais, aumentando a emissão de gases de efeito estufa em grandes proporções (Espírito-Santo et al. 2014; Song et al. 2015). A prevenção do desmatamento e da degradação florestal é a maneira mais eficiente de reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Assim, diversos instrumentos legais visam à proteção da Amazônia,



como as RL de 80% das propriedades rurais (Brasil 2012). Além disso, a maioria dos rios e igarapés da Amazônia possui as Áreas de Preservação Permanente<sup>3</sup> (APP) maiores do que nos demais biomas, devido à maior largura dos seus corpos d'água. Mesmo com a existência de grandes cidades na Amazônia, como Manaus, Belém, Ananindeua, Santarém, Marabá e Parintins (IBGE 2016), a distância dos maiores centros urbanos do país também contribui para que grande parte desse território ainda esteja pouco adensada. Além disso, há mais de 110 milhões de hectares em UC, correspondente a cerca de 70% da área total de UC do Brasil [dados compilados a partir dos *shapefiles* de Unidades de Conservação (MMA 2016a)].

No ano 2000 a Amazônia apresenta a maior percentual de remanescentes naturais (88%) dentre todos os biomas brasileiros (Figura 4; Tabela 1). Esse valor é igual ao calculado pelo PRODES no ano 2002. O desmatamento no cenário BAU é significativamente maior do que no FC (Tabela 2) e está concentrado especialmente nos estados de Mato Grosso e Rondônia, além da calha do Rio Amazonas, e observa-se taxas de desmatamento de até 80% (Figura 5A). No cenário FC o desmatamento é bem menos intenso, e é praticamente inexistente no Acre e ao longo do Rio Amazonas (Figura 6A). Esse cenário só prevê desmatamento autorizado, e prevê ainda a recuperação do passivo ambiental das RL.

De acordo com as projeções do Globiom, a recuperação das RL é considerável ao longo do arco do desmatamento, resultando na recuperação de até 22% da área das quadrículas (Figura 6B). Na Amazônia, a diferença entre os remanescentes previstos nos dois cenários de uso do solo é notável. No cenário BAU a previsão é que 77% do bioma seja coberto por vegetal natural (Figura 5B, Tabela 1), e no cenário CF esse valor é 85% (Figura 6C; Tabela 1). Na Amazônia há grande déficit de vegetação nativa nas RL (Figura 7), possivelmente pela proporção que ela representa nas propriedades rurais. A recuperação desse passivo associada ao controle do desmatamento ilegal são particularmente importantes na Amazônia.

---

<sup>3</sup> Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Lei 12.651).

#### **4.1.2. Caatinga**

A vegetação da Caatinga é composta por um mosaico de formações xerófilas, incluindo predominantemente florestas secas e escrubes (Velloso et al. 2002). Atualmente a pecuária e a mineração ocorrem de maneira extensiva (Alves et al. 2009), mas o principal vetor de desmatamento na Caatinga é o consumo de lenha e de carvão vegetal, caracterizando uma dinâmica de desmatamento dispersa, sem frentes evidentes como ocorre na Amazônia e no Cerrado (MMA 2010). O clima da região é limitante para a produção agrícola intensiva (Ribeiro et al. 2015), mas inúmeros os estudos de novas tecnologias de produção no semiárido nordestino (Andrade-Júnior et al. 2006; Francisco et al. 2014; Pessoa et al. 2007; Silva et al. 2012; Sousa et al. 2005) poderão alavancar a produção agrícola e acarretar na abertura de novas frentes de desmatamento na Caatinga. Como exemplo, a fruticultura e produção de mamona, soja e algodão são crescentes na região, especialmente na transição com o Cerrado (MMA 2010). Além da conversão de habitats, as áreas de vegetação remanescentes na Caatinga sofrem uma degradação crônica, devido à extração continuada de produtos florestais, caça, extração de madeira e o sobrepastoreio (Ribeiro et al. 2015).

Na Caatinga no ano 2000 a área remanescente é calculada em 58% pelo Globiom, e, de acordo com o PMDBBS, 56% do bioma estão com a cobertura da vegetação natural preservada em 2002 (Tabela 1). A projeção do desmatamento na Caatinga no cenário BAU é maior e mais intensa do que no cenário CF, com a cobertura natural remanescente variando entre 50% e 44% respectivamente (Figura 6A). O modelo não prevê recuperação de RL nesse bioma, devido ao excedente de vegetação nativa em relação à proporção de RL prevista no Código Florestal (Figura 7). Além disso, as RL de 20% admitem que 80% das propriedades rurais sejam desmatadas em situação regular. Devido à vulnerabilidade da Caatinga, mesmo no cenário CF, é evidente a necessidade de instrumentos específicos para proteção da biodiversidade nesse bioma.

#### **4.1.3. Cerrado**

No ano 2000, 44% do Cerrado são considerados remanescentes de vegetação natural, de acordo com os dados do Globiom. A estimativa apresentada pelo PMDBBS no ano 2002 é de 56% da vegetação remanescente. Essa diferença deve ser decorrente dos diferentes métodos empregados para lidar com áreas de campos naturais usados como pastagem, conforme mencionado anteriormente. Os remanescentes naturais do Cerrado

são concentrados no norte, onde as previsões de desmatamento também são maiores. A recuperação das RL no cenário CF é expressiva no Tocantins e Maranhão, que fazem parte da Amazônia Legal, e em Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Goiás (Figura 7B).

Nos dois cenários há aumento do desmatamento, e a vegetação natural poderá enfrentar perdas de 3% no cenário FC e de 10% no cenário BAU. No Cerrado, portanto, a aplicação do Código Florestal pode evitar mais da metade do desmatamento previsto. Os diversos tipos de vegetação do Cerrado são parte da Amazônia Legal nos estados de Mato Grosso, Tocantins, Goiás e Maranhão, o que pode contribuir para a eficácia da aplicação do Código Florestal nesse bioma, onde a RL em áreas de floresta é de 80% e 35% em outras classes de vegetação.

O Cerrado apresenta menos desmatamento no cenário CF, principalmente no oeste da Bahia, onde estão três dos quatro municípios que mais desmataram entre os anos 2002 e 2008 (MMA 2011). Essa é a região de maior estabilidade climática no Cerrado desde as glaciações do Quaternário (Werneck et al. 2012), o que possivelmente permitiu maior acúmulo de espécies arbóreas típicas ou endêmicas do Cerrado (Françoso 2014), sendo, portanto uma região insubstituível do ponto de vista biológico. No cenário BAU, o desmatamento é intensificado no oeste da Bahia e ocorre também em Goiás, no Piauí e Maranhão.

#### **4.1.4. Mata Atlântica**

A maior parte da Mata Atlântica possui menos de 20% de cobertura natural no ano 2000 (Figura 4) e pouca alteração é observada nos dois cenários apresentados (Figuras 5B e 6C). O modelo Globiom assume a premissa de que a Lei da Mata Atlântica (Brasil 2006) inibiu o desmatamento ilegal nesse bioma. Corroborando essa expectativa, foi observado que certas regiões da Mata Atlântica têm experimentado diminuição do desmatamento, e até maior incremento florestal do que supressão da vegetação natural, contudo ainda há conflito entre diferentes fontes de dados (Farinaci & Batistella 2012).

Ainda assim, as projeções dos cenários apresentados são otimistas em relação a ausência de desmatamento nesses biomas. Apesar do evidente declínio do desmatamento observado na última década ainda ocorre a supressão de cerca de 18,5 Mha ao ano (SOS Mata Atlântica / INPE 2016). Essa situação é decorrente do maior período e intensidade de ocupação humana na região litorânea, especialmente na região

sudeste. Apesar da quase ausência de desmatamento legal prevista para a Mata Atlântica, seus remanescentes naturais não são necessariamente garantia da manutenção dos processos ecossistêmicos e da biota local em decorrência do diminuto tamanho e histórico de ocupação e uso da biodiversidade nos fragmentos (Ferraz et al. 2014) e da caça predatória (Wilkie et al. 2011).

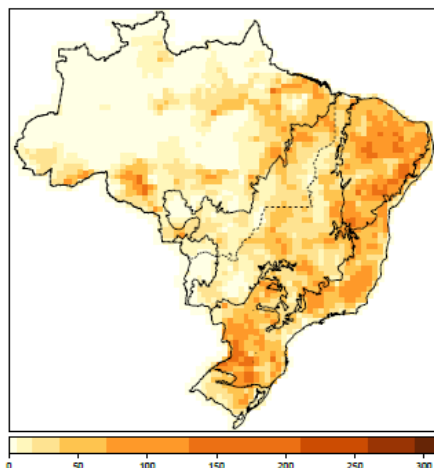


Figura 8. Área total de pequenas propriedades rurais (menores ou iguais a 4 módulos fiscais) por unidade de simulação [Figura extraída de Câmara et al. (2016b)].

No cenário CF, a área de regeneração natural é inexistente, devido ao excedente de vegetação nativa nas RL em comparação ao débito (Figura 7), e devido à grande proporção de áreas de pequenas propriedades rurais na Mata Atlântica (Figura 8). As pequenas propriedades rurais (com até quatro módulos fiscais) receberam anistia da recuperação das RL no Código Florestal.

#### 4.1.5. Pampa

No ano 2000, mais de 70% do território possui cobertura remanescente menor do que 10%, e não há registro de células com cobertura vegetal natural maior do que 50% (Figura 1). A área total remanescente corresponde a 6% do bioma, valor muito aquém do estimado no Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS), de acordo com o qual a área de vegetação natural do Pampa em 2008 era de 37% (CSR/IBAMA 2011). Essa diferença é consequência de interpretações divergentes sobre o status dos campos naturais. No modelo Globiom, as áreas de pastos naturais e plantados são indissociáveis. Por isso todas as pastagens, naturais ou plantadas foram consideradas áreas alteradas. Já no PMDBBS as pastagens naturais são consideradas remanescentes, e apenas a supressão da vegetação é contabilizada como desmatamento. Os campos, apesar de serem fisionomias naturais, sofrem sobrepastoreio, que provoca alterações fisionômicas ao longo do tempo (Berretta 2001).

Os campos com arbustos e árvores esparsas são a principal formação vegetal do Pampa, mas além dessas, são também registradas savanas, estepes, savana-estépica, mata costeira, florestas de restinga, manchas de florestas estacionais decíduais e semidecíduais (Kilca et al. 2015). A pecuária é a principal produção da região devido à ampla área dos campos naturais. No entanto, outras atividades humanas, como incêndios, pastoreio, introdução de gramíneas exóticas, atividades agrícolas e monoculturas de essências florestais também são responsáveis pela degradação da vegetação natural (Roesch et al. 2009).

Nas projeções apresentadas, o Pampa permanece com a mesma proporção da vegetação nativa remanescente no cenário BAU. No cenário FC, a projeção da área remanescente é significativamente maior, contando com 12% da cobertura da vegetação natural (Tabela 2). A principal causa do considerável incremento da vegetação nativa é o débito de áreas naturais em comparação com a proporção da RL (Figura 7).

#### **4.1.6. Pantanal**

Quarenta e cinco por cento do Pantanal é coberto por remanescentes de vegetação natural (Tabela 1), onde a maioria das unidades de simulação possui menos de 50% da vegetação natural (Figura 5). O PMDBBS estimou esse valor em 86%. Essa discrepância, mais uma vez, é decorrente da interpretação sobre os campos naturais, uma vez que grande parte do Pantanal é coberta por campos periodicamente alagáveis, que são usados como pastagem na época seca. O desmatamento é restrito ao estado de Mato Grosso, representando 8% do bioma no cenário FC e 9% no cenário BAU. No entanto, não há diferenças estatísticas significativas do desmatamento líquido previsto nos dois cenários (Tabela 2). Também não há previsão de regeneração de RL dentro do Pantanal, onde os débitos e excedentes são semelhantes (Figura 7).

#### 4.2. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO

Há diferença significativa no desmatamento líquido considerando os biomas, a presença de APC e a interação entre esses fatores (Tabela 3; Figuras 9 e 10) no cenário BAU. Nesse cenário, apenas na Amazônia e no Cerrado o desmatamento é significativamente maior nas células em que há presença de Áreas Prioritárias para a Conservação (Figura 9). Nesse bioma, portanto, a ascensão das APC para unidades de conservação deve ser estimulada, ou essas áreas naturais poderão ser convertidas em pastagem ou áreas agrícolas em poucas décadas.

Tabela 3. Análise de Variância Fatorial mostrando diferenças entre presença de Áreas Prioritárias para Conservação (APC), entre biomas e a interação entre os fatores. Cenários de desmatamento Business As Usual (BAU) e Código Florestal (CF). Dados provenientes do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b).

Cenário		Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor de F	p
BAU	Áreas Prioritárias	1	31454	31454	118,110	< 0,001
	Bioma	5	40232	8046	30,214	< 0,001
	Áreas Prioritárias:Bioma	5	6332	1266	4,755	< 0,001
	Resíduos	2626	699335	266		
CF	Áreas Prioritárias	1	4726	4726	53,036	< 0,001
	Bioma	5	34508	6902	77,454	< 0,001
	UC:Bioma	5	2571	514	5,771	< 0,001
	Resíduos	2626	233988	89		

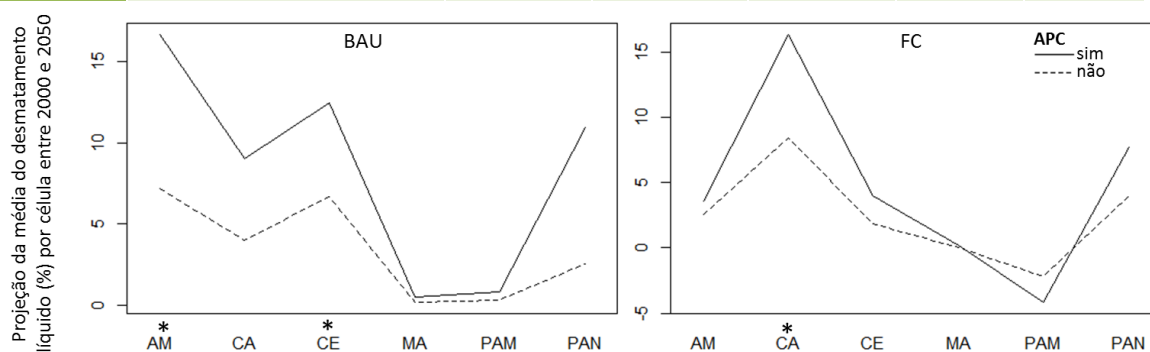


Figura 9. Gráfico ilustrando as diferenças na projeção média do desmatamento líquido por célula entre 2000 e 2050 considerando a interação entre bioma e presença de Áreas prioritárias para Conservação (APC) nos cenários Business As Usual (BAU) e Código Florestal (CF). As linhas sólidas representam a presença de APC e a linha pontilhada representa células onde não há APC. O asterisco (\*) identifica os biomas onde as diferenças no desmatamento entre células com e sem APC são significativas.

Nos demais biomas o desmatamento não difere quanto à presença de APC, sendo a oportunidade para a criação de UC independente da presença da APC, tratando-se do desmatamento dessas áreas. No cenário CF há diferença significativa no desmatamento líquido considerando os biomas e a presença de APC, e somente na Caatinga o desmatamento é maior onde há presença de APC (Tabela 3; Figura 9).

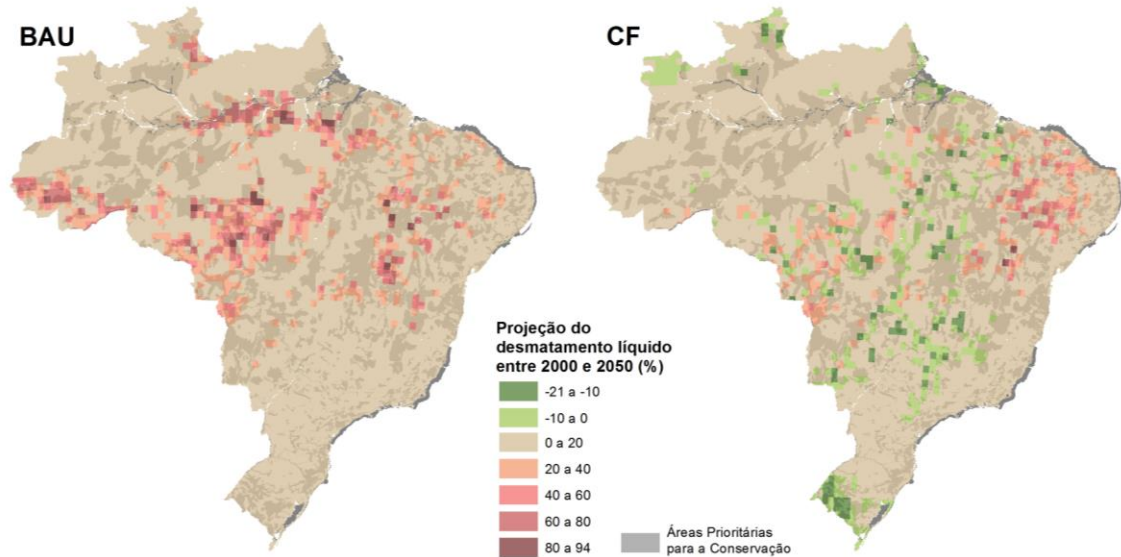


Figura 10. Áreas prioritárias para Conservação em cinza abaixo do percentual de desmatamento líquido por célula entre os anos 2000 e 2050 nos cenários (A) Business As Usual (BAU) e (B) Código Florestal (CF). Dados provenientes do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b).

#### 4.3. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Há diferença significativa no desmatamento entre os biomas, a presença de UC e a interação entre esses fatores (Tabela 4; Figura 11), tanto no cenário BAU quanto no CF. O desmatamento é significativamente menor onde há presença de UC apenas na Amazônia (cenários BAU e CF) e na Caatinga (cenário CF). Nos demais biomas não há diferença estatisticamente significativa no desmatamento das células dependendo da presença de UC. Vale ressaltar que no Globiom as UC não são passíveis de desmatamento nas projeções realizadas. Assim, os testes realizados buscaram observar o desmatamento no entorno da UC. Quando uma célula é inteiramente coberta por UC, é implícito que não há mudança no status de desmatamento.

Tabela 4. Análise de Variância Fatorial mostrando diferenças entre presença de Unidades de Conservação (UC), entre biomas e a interação entre os fatores. Cenários de desmatamento Business As Usual (BAU) e Código Florestal (CF). Dados provenientes do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b).

Cenário		Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor de F	p
<b>BAU</b>	Unidades de Conservação	1	15340	15340	57,879	< 0,001
	Bioma	5	56933	11387	42,962	< 0,001
	UC:Bioma	5	9089	1818	6,858	< 0,001
	Resíduos	2989	695990	265		
<b>CF</b>	Unidades de Conservação	1	4835	4835	54,520	< 0,001
	Bioma	5	36199	7240	81,643	< 0,001
	UC:Bioma	5	1890	378	4,262	< 0,001
	Resíduos	2626	232868	89		

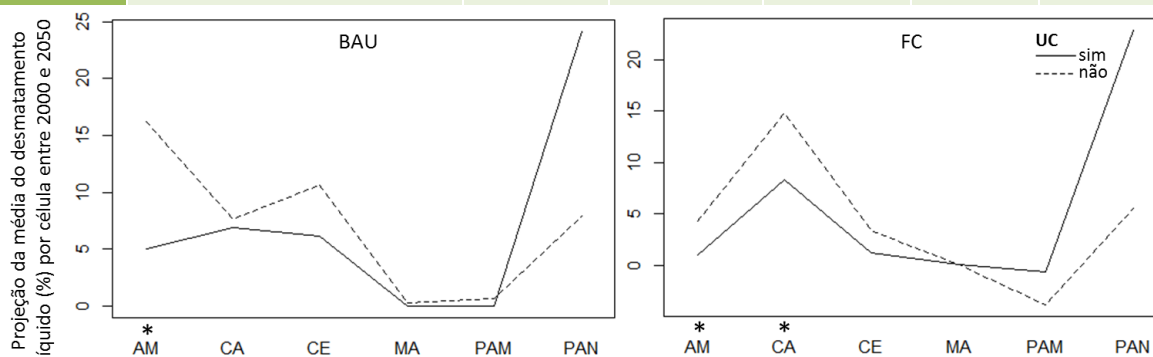


Figura 11. Gráfico ilustrando as diferenças na projeção média do desmatamento líquido por célula entre 2000 e 2050 considerando a interação entre bioma e presença de Unidades de Conservação (UC) nos cenários Business As Usual (BAU) e Código Florestal



(CF). As linhas sólidas representam a presença de APC e a linha pontilhada representa células onde não há APC. O asterisco (\*) identifica os biomas onde as diferenças no desmatamento entre células com e sem APC são significativas.

O desmatamento não ocorre de maneira uniforme nas UC, sendo dependente das suas restrições de uso. No Cerrado e na Caatinga o desmatamento é maior nas UC de Uso Sustentável do que nas UC de Proteção Integral (Françoso et al. 2015; MMA 2010; Carranza et al. 2014). Possivelmente esse padrão deve se repetir nos outros biomas, pois as UC de Proteção Integral são mais restritivas em comparação com as de Uso Sustentável.

As Áreas de Proteção Ambiental (APA) são UC de Uso Sustentável, e são especialmente pouco importantes para a contenção do desmatamento, pois essa categoria de UC não apresenta restrições significativas no uso do solo. No entanto, essas UC representam mais de 30% da área total do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), somando quase 50 milhões de hectares [dados compilados a partir dos *shapefiles* de Unidades de Conservação (MMA 2016a)].

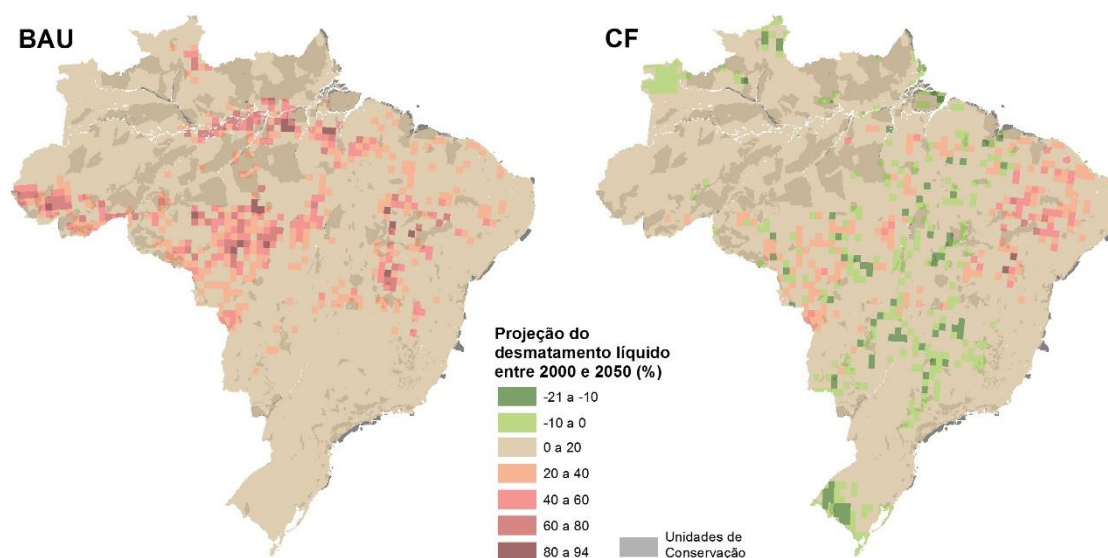


Figura 12. Unidades de Conservação em cinza abaixo do percentual de desmatamento líquido por célula entre os anos 2000 e 2050 nos cenários (A) Business As Usual (BAU) e (B) Código Florestal (CF). Dados provenientes do modelo de uso do solo Globiom (Câmara et al. 2016b).

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

---

No ano 2000 os remanescentes naturais estão concentrados na Amazônia, mas ainda há cerca de metade das áreas naturais no Pantanal, na Caatinga e na metade norte do Cerrado. Nos cenários futuros o desmatamento é observado principalmente nesses quatro biomas, sendo que na Caatinga o desmatamento é maior no cenário CF, onde outras medidas de restrição ao desmatamento devem ser adotadas. Nos demais biomas o desmatamento é maior no cenário BAU, porém as diferenças não são significativas no desmatamento líquido entre os dois cenários no Pantanal, onde os débitos e o excedentes de vegetação nativa nas RL são semelhantes, e na Mata Atlântica, onde há muitas pequenas propriedades rurais que receberam anistia da recuperação das RL. No Pampa há incremento da vegetação nativa no cenário CF devido à restauração das RL.

A aplicação do Código Florestal é extremamente importante para todos os biomas, mas alguns instrumentos específicos foram alvos de críticas durante a elaboração da Lei 12.651 (Oliveira 2015), e não se mostraram positivos para a recuperação da vegetação nativa em certos biomas. Dentre esses, no momento cabe destacar a anistia para pequenas propriedades rurais e as Cotas de Reserva Ambiental (CRA). A anistia das pequenas propriedades rurais é especialmente prejudicial na Mata Atlântica (Câmara et al. 2016b), mas pode ser igualmente prejudicial onde há grande quantidade de pequenas propriedades rurais. No Cerrado, por exemplo, no estado de São Paulo 84% das propriedades estão aptas à anistia, enquanto no Piauí apenas 10% dos imóveis se enquadram nos requisitos (Oliveira 2015). Em decorrência da anistia, mesmo sendo oficialmente o bioma mais ameaçado, não há previsão alguma de incremento da vegetação natural na Mata Atlântica no cenário CF. De maneira geral, a anistia das pequenas propriedades rurais diminui em 58% o débito ambiental (Soares-filho et al. 2014).

As CRA são instrumentos que permitem a compensação de RL em outra propriedade dentro do mesmo bioma. Na Lei 4.771 (antigo Código Florestal) a compensação de RL podia ser realizada dentro da mesma micro bacia. A alteração para compensação dentro do mesmo bioma trouxe implicações importantes para a biodiversidade, pelas diferenças biológicas que existem dentro de um mesmo bioma. No Cerrado, a alteração da compensação da RL pode representar a perda de cerca de 50% das espécies pela compensação fora da mesma micro bacia (Oliveira 2015). Por outro

lado, esse mecanismo pode prover a manutenção da vegetação nativa para cumprir as metas estabelecidas no Código Florestal, mas devem ser usadas de forma a permitir a manutenção dos atributos ecológicos e funcionais dos ecossistemas (Soares-filho et al. 2014).

A aplicação do Código Florestal é especialmente importante para os biomas florestais e para o cerrado dentro da Amazônia Legal, onde os percentuais de RL são maiores. Uma das principais medidas do Código Florestal é a manutenção e recuperação da cobertura vegetal nas RL. Com as limitações do desmatamento na Amazônia, e a situação ambiental precária no Pampa e na Mata Atlântica, o desmatamento legal na Caatinga e em diversas regiões do Cerrado e Pantanal poderão ser intensificados pela demanda reprimida do setor agrícola, e resultar na supressão de até de 80% das propriedades rurais. Além disso o reduzido tamanho das RL na Caatinga faz com que haja excedente de vegetação nativa em comparação com o legalmente exigido, mas ainda assim a cobertura vegetal remanescente predominante nesse bioma é inferior a 60%.

As Áreas Prioritárias para a Conservação na Amazônia e no Cerrado estão ameaçadas pelas frentes de desmatamento nas próximas décadas. Portanto é importante que essas áreas sejam convertidas rapidamente em Unidades de Conservação. Na Amazônia e na Caatinga as Unidades de Conservação são significativamente importantes para conter o desmatamento. Nos demais biomas é preciso realizar essa investigação com cautela.

De acordo com nossos resultados não há diferença entre as taxas de desmatamento em relação à presença de UC nas células. No entanto as UC da Amazônia são maiores do que nos demais biomas, muitas vezes ocupando toda a área da célula de 50 x 50 Km usada no modelo Globiom. Nos outros biomas a maior parte das UC é bem menor do que as células, e o desmatamento no entorno dessas unidades podem ter enviesado os resultados das análises. Dessa forma são necessários estudos em menor escala para avaliar a importância das UC na contenção do desmatamento nos cenários futuros.

Outro problema dessa análise usando os dados do Globiom é que as áreas das UC foram fixadas no modelo como áreas não passíveis de desmatamento. As análises foram conduzidas para verificar o comportamento do desmatamento no entorno das UC. Com exceção das UC da Amazônia nos dois cenários e na Caatinga no cenário CF, não há

relação entre a presença de UC e o desmatamento do das células. No entanto, como frisado anteriormente, essa conclusão pode ter sido enviesada por premissas metodológicas. Além disso, as diferenças entre as categorias devem ser levadas em consideração no monitoramento do desmatamento dentro das Unidades de Conservação. Fatores que podem influenciar na eficácia das UC em conter o desmatamento são: grupo (Proteção Integral ou Uso Sustentável), categoria, jurisdição, necessidade de desapropriação e o bioma onde a UC está inserida.

Os dados de remanescentes apresentados para os biomas onde há predomínio de fisionomias campestres devem ser encarados com cautela. No Globiom, os mapas de uso do solo são baseados em dados do sensor Modis (que possui resolução espacial de 250 m) para detecção de percentual de gramíneas por unidade de análise, e essa informação é detalhada com a classificação da vegetação do IBGE, que está na escala de 1:5.000.000 (Câmara et al. 2016b). Usando essas duas informações é extremamente complicado separar os pastos plantados dos campos naturais, e por isso os autores do modelo optaram por não diferenciar as duas classes. Já na elaboração dos mapas de remanescentes do PMDBSS, imagens CBERS e Landsat (com resolução espacial de 20 e 30 m) são classificadas visualmente e validadas com imagens de alta resolução (CSR/IBAMA 2011). Assim, a quantificação dos remanescentes do PMDBSS é mais acurada. Por outro lado, muitas vezes é necessário usar generalizações, como as adotadas no Globiom, para revelar padrões mais gerais, que são de grande utilidade para a conservação da biodiversidade.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Alves JJA, Araújo MA de, Nascimento SS do. 2009. Degradação da Caatinga: uma Investigação Ecogeográfica. *Rev. Caatinga*. 22:126–135. doi: 237117837020.
- Andrade-Júnior AS de, Silva ÊFF e, Bastos EA, Melo F de B, Leal CM. 2006. Uso e qualidade de água subterrânea para irrigação no semiárido piauiense. *Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient.* 10:873–880. <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n4/v10n4a14.pdf>.
- Berretta EJ. 2001. Ecophysiology and management response of the subtropical grasslands of southern south America. *Proc. XIX Int. Grassl. Congr. Grassl. Ecosyst. An Outlook into 21st Century*. 939–946.
- Brasil. 2012. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispões sobre a proteção da vegetação nativa*. Brasília, DF, Brasil [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm).
- Brasil. 2006. *Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica*. Brasil doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- Câmara G et al. 2016a. *Land use changes in Brazil (2000-2050): Data description*. REDD-PAC: São José dos Campos, Brasília, Laxenburg, Cambridge.
- Câmara G et al. 2016b. *Modelling land use changes in Brazil: 2000-2050*. 1st ed. REDD-PAC: São José dos Campos, Brasília, Laxenburg, Cambridge.
- Carranza T, Balmford A, Kapos V, Manica A. 2014. Protected Area Effectiveness in Reducing Conversion in a Rapidly Vanishing Ecosystem: The Brazilian Cerrado. *Conserv. Lett.* 7:216–223. doi: 10.1111/conl.12049.
- CSR/IBAMA. 2011. Monitoramento do bioma Pampa. *Proj. Monit. do Desmatamento dos Biomas Bras. por Satélite*. 1–29. [http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/\\_arquivos/relatrio\\_tcnico\\_monitoramento\\_pampa\\_2008\\_2009\\_72.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatrio_tcnico_monitoramento_pampa_2008_2009_72.pdf).
- Dirzo R, Raven PH. 2003. Global state of biodiversity and loss. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 28:137–167. doi: 10.1146/annurev.energy.28.050302.105532.
- Espirito-Santo FDB et al. 2014. Size and frequency of natural forest disturbances and the Amazon forest carbon balance. *Nat. Commun.* 5. doi: 10.1038/Ncomms4434.
- Farinaci JS, Batistella M. 2012. Variação na cobertura vegetal nativa em São Paulo: um

- panorama do conhecimento atual. *Rev. Árvore*. 36:695–705. doi: 10.1590/S0100-67622012000400011.
- Ferraz SFB et al. 2014. How good are tropical forest patches for ecosystem services provisioning? *Landsc. Ecol.* 29:187–200. doi: 10.1007/s10980-014-9988-z.
- Francisco PRM, Chaves I de B, Lima ERV de, Santos D. 2014. Tecnologia da geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola. *Rev. Educ. Agrícola Super.* 29:45–51.
- Françoso RD et al. 2015. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado biodiversity hotspot. *Nat. Conserv.* 13:35–40. doi: 10.1016/j.ncon.2015.04.001.
- Françoso RD. 2014. Padrões biogeográficos e composição das comunidades arbóreas do Cerrado brasileiro. Tese de doutorado. PPG Ecologia. Universidade de Brasília: Brasília, DF.
- Havlík P et al. 2011. Global land-use implications of first and second generation biofuel targets. *Energy Policy*. 39:5690–5702. doi: 10.1016/j.enpol.2010.03.030.
- IBGE. 2016. Estimativas da população residente nos municípios e unidades da federação brasileiros com data e referência em 1º de julho de 2016. 12.
- INPE. 2016. Dados de entrada: 2000-2015. Proj. Prodes Monit. da Amaz. Bras. por Satélite. <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php> (Accessed November 23, 2016).
- Kilca R V., Longhi SJ, Schwartz G, Souza AM, Wojciechowski JC. 2015. Application of fisher's discriminant analysis to classify forest communities in the Pampa biome. *Ciência Florest.* 25:885–895.
- MMA. 2016a. Cadastro Nacional de UCs. Mapas. <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/mapas> (Accessed September 25, 2016).
- MMA. 2016b. *Estratégia do Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros*. 1st ed. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, DF.
- MMA. 2011. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas: Cerrado. Ministério do Meio Ambient. 200. <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/>.
- MMA. 2010. Subsídios para a Elaboração do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Caatinga. Ministério do Meio Ambient. 128.

- MMA/IBAMA. 2011. *Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: monitoramento do bioma Cerrado 2009-2010*. Brasília, DF.
- Oliveira GB. 2015. O Novo Código Florestal e a Reserva Legal do Cerrado. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília: Brasília, DF <http://repositorio.unb.br/handle/10482/18318>.
- Pessoa VMN, Souza FCS, Rebouças IG. 2007. O biodiesel como elemento de desenvolvimento sustentável no semiárido potiguar. *Holos*. 23:113–125.
- Pütz S et al. 2014. Long-term carbon loss in fragmented Neotropical forests. *Nat. Commun.* 5:5037. doi: 10.1038/ncomms6037.
- Ribeiro EMS, Arroyo-Rodríguez V, Santos BA, Tabarelli M, Leal IR. 2015. Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian Caatinga vegetation. *J. Appl. Ecol.* 52:611–620. doi: 10.1111/1365-2664.12420.
- Roesch LFW et al. 2009. The Brazilian Pampa: A fragile biome. *Diversity*. 1:182–198. doi: 10.3390/d1020182.
- Silva TGF da et al. 2012. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. *Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient.* 16:64–71. doi: 10.1590/S1415-43662012000100009.
- Soares-filho B et al. 2014. Cracking Brazil ' s Forest Code. *Science* (80-. ). 344:363–364. doi: 10.1126/science.124663.
- Song XP, Huang C, Saatchi SS, Hansen MC, Townshend JR. 2015. Annual carbon emissions from deforestation in the Amazon basin between 2000 and 2010. *PLoS One*. 10:1–21. doi: 10.1371/journal.pone.0126754.
- SOS Mata Atlântica / INPE. 2016. MG volta a liderar ranking de desmatamento da Mata Atlântica. <https://www.sosma.org.br/105066/mg-volta-liderar-ranking-de-desmatamento-da-mata-atlantica/> (Accessed November 21, 2016).
- Sousa JT De, Van Haandel AC, Cavalcanti PFF, Figueiredo AMF De. 2005. Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semi-árido nordestino. *Eng. Sanit. e Ambient.* 10:260–265. doi: 10.1590/S1413-41522005000300011.
- Velloso AL, Giuliatti AM, Oren DC, Miranda EE, Keel S. 2002. *Ecorregiões - Propostas para o Bioma Caatinga*. Instituto de Conservação Ambiental and The Nature Conservancy do Brasil: Recife, PE.
- Werneck FP, Nogueira CC, Colli GR, Sites JW, Costa GC. 2012. Climatic stability in the

Brazilian Cerrado: implications for biogeographical connections of South American savannas, species richness and conservation in a biodiversity hotspot. *J. Biogeogr.* 39:1695–1706. doi: 10.1111/j.1365-2699.2012.02715.x.

Wilkie DS, Bennett EL, Peres CA, Cunningham AA. 2011. The empty forest revisited. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1223:120–128. doi: 10.1111/j.1749-6632.2010.05908.x.