

## ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA NO TERRITÓRIO PARAENSE

Luis Augusto Lima Oliveira Junior <sup>1</sup>, Marcos Adami <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pará – UFPA / Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - PPGCA  
Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá – Belém – PA, Brasil  
oliveira.luisaugusto@gmail.com

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Av. dos Astronautas, 1758 – São José dos Campos – SP, Brasil  
marcos.adami@inpe.br

### 1. INTRODUÇÃO

#### RESUMO

Com a intensificação da dinâmica de mudança de uso e cobertura da terra na Amazônia, a Vegetação Secundária (VS) está cada vez mais presente na paisagem da região. Seu papel na mitigação das mudanças do clima vem sendo estudado por cientistas para entender qual sua contribuição no sequestro do carbono da atmosfera. Este trabalho teve o objetivo de estimar a biomassa e carbono da VS no Pará em 2014. O método utilizou a variável GSDY, calculada com dados de idade da VS, temperatura e precipitação. A variável GSDY foi inserida num modelo que gerou as estimativas. Foram mapeados aproximadamente 6,9 milhões de hectares (ha) de VS no Pará o que representou mais de 2 bilhões de toneladas (t) de biomassa (1 bilhão de t de carbono). Desse total mais de 2,8 milhões de ha de VS encontravam-se vulneráveis em 2014 de acordo com as normas da IN08/2015.

**Palavras-chave** — Vegetação Secundária, biomassa, carbono, TerraClass, Estado do Pará.

#### ABSTRACT

*With the intensification of land use and land cover change dynamics in the Amazon, Secondary Vegetation (SV) is increasingly present in the region's landscape. Scientists have studied its role in mitigating climate change to understand its contribution to carbon sequestration from the atmosphere. This work aimed to estimate biomass and carbon for SV in Pará in 2014. The method uses the variable GSDY (Growth Season Degrees-Years), calculated with SV age (TerraClass), temperature, and precipitation data. The variable GSDY was inserted in a model that generated the estimates. Approximately 6.9 million hectares (ha) of VS were mapped in Pará, which represented more than 2 billion tons (t) of biomass (1 billion t of carbon). In this total, more than 2.8 million ha of SV were vulnerable in 2014, according to IN08/2015.*

**Key words** — Secondary vegetation; biomass, carbon, TerraClass, State of Pará.

O tema de mudanças climáticas vem sendo cada vez mais discutido em todo planeta, eventos climáticos extremos são cada vez mais comuns e suas consequências já estão presentes em nosso cotidiano. Alguns autores já discutem se estamos diante de um ponto de não retorno em algumas regiões onde os efeitos das mudanças climáticas são mais evidentes [1]. Para mitigação dos efeitos das alterações climáticas a sociedade tenta buscar uma forma de diminuir a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) para a atmosfera provenientes das atividades antrópicas. No caso particular do Brasil, historicamente o setor que mais emite GEE é o de Mudança de Uso da Terra e Florestas [2].

A dinâmica de mudança no uso e cobertura da terra pode introduzir um novo elemento na paisagem, a Vegetação Secundária. A VS é um elemento de paisagem muito comum em ambientes que de alguma forma foram alterados pelo homem e possui uma importância estratégica para a manutenção da biodiversidade, principalmente em regiões onde restou pequenas áreas de floresta primária. Além disso, são importantes para a recuperação da fertilidade do solo e do estoque de carbono [3].

Este trabalho tem como objetivo gerar uma estimativa da biomassa e carbono (acima do solo) contido na VS, no Estado do Pará em 2014, na tentativa de entender a contribuição dessa vegetação no sequestro de carbono da atmosfera.

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

#### 2.1. Materiais

A metodologia deste estudo utilizou como materiais para o cálculo das estimativas de biomassa e carbono as seguintes informações:

##### 2.1.1. Mapa de Idade da Vegetação Secundária no Estado do Pará

Foram utilizados dos produtos TerraClass (2004, 2008, 2010, 2012 e 2014) as classes Vegetação Secundária e Regeneração com Pasto, dentro do limite do Estado do Pará. Essas duas classes foram selecionadas pois possuem características de áreas secundárias, contendo cobertura vegetal proveniente de um processo sucessional que surge após intervenção

antrópica, ou seja, nessas áreas foi observado a remoção da vegetação nativa seguido de uso agropecuário ou abandono da área.

### 2.1.2. Temperatura Média Mensal e Precipitação Total Mensal

Foram utilizados dados de temperatura e precipitação produzidos pelo Centro de Pesquisa Climática do Departamento de Geografia da Universidade de Delaware nos Estados Unidos da América [4].

## 2.2. Métodos

Utilizando como base o ano de 2014, foi realizada a intersecção com os demais anos, verificando se a VS permanecia ou não ao longo do tempo. Por exemplo, se a VS aparecesse no ano de 2014 e não aparecesse nos demais anos, concluiu-se que a VS possui de um a dois anos de idade.

Com o resultado desta intersecção foi estimada a idade aproximada da vegetação secundária em cinco classes: **Classe I** - 1 a 2 anos (áreas que estão presentes somente no mapeamento 2014); **Classe II** - 3 a 4 anos (áreas que estão presentes nos mapeamentos 2012 e 2014); **Classe III** - 5 a 6 anos (áreas que estão presentes nos mapeamentos 2010, 2012 e 2014); **Classe IV** - 7 a 10 anos (áreas que estão presentes nos mapeamentos 2008, 2010, 2012 e 2014); **Classe V** - A vegetação secundária presente em todos os mapeamentos possui idade maior que 10 anos. Após a obtenção da idade da VS, foi aplicada a metodologia proposta por Johnson et al. (2000) [5] e refinada por Zarin et al. (2001) [6] que estimaram a biomassa e o carbono acima do solo, em várias regiões do planeta e para a Amazônia, através da variável Growing-Season Degree-Years (GSDY; duração da temporada de crescimento graus anos).

Em seus trabalhos, Johnson et al. (2000) [5] e Zarin et al. (2001) [6] utilizaram informações de precipitação para determinar L (duração da temporada de crescimento) da vegetação secundária, para as regiões tropicais L é o número de meses em que o total de precipitação foi maior que 100 mm (milímetros). A variável L foi calculada da seguinte forma: em cada ano observou-se o número de meses em que a precipitação acumulada foi maior que 100 mm, em seguida foi somado o número de dias contidos nesses meses selecionados e por fim divide-se o número de dias por 365 (ou 366 em caso de ano bissexto). Os resultados da variável L estarão sempre entre o intervalo 0 a 1. Como a variável A está classificada em forma de um intervalo de idade, foi utilizado sempre os valores mínimos dos intervalos de A para o cálculo do GSDY.

A variável GSDY foi calculada utilizando a seguinte Equação (1):

$$GSDY = A.T.L/365 \quad (1)$$

onde A = idade aproximada da vegetação secundária (TerraClass), T = temperatura média (°C) da temporada de

crescimento da vegetação e L = duração da temporada de crescimento (em dias).

Para estimar a biomassa acima do solo no Estado do Pará no ano de 2014 foram utilizadas duas equações: para os valores de GSDY menores que 43,8 utilizou-se a Equação (2), para valores maiores ou iguais a 43,8 utilizou-se a Equação (3).

$$[ABA] = 0,67 + 0,43 (GSDY) \quad (2)$$

$$[ABA] = -131,05 + 34,70 \ln(GSDY) \quad (3)$$

A partir dos valores de biomassa foram calculados os valores de carbono contidos na VS. Neste trabalho foi considerado que 50% da biomassa é composta por carbono [7], como a apresentado na Equação (5):

$$C = ABA/2 \quad (5)$$

Os cálculos do GSDY, biomassa acima do solo e carbono foram realizados através de um script programado na linguagem JavaScript e processado dentro da plataforma *Google Earth Engine* [8].

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Ocorrência da Vegetação Secundária

Na Figura 1 podemos observar a distribuição da VS no Pará mapeada pelo projeto TerraClass em 2014. A região leste do Pará apresenta uma maior quantidade de VS [9] quando comparada com a região oeste, esse fato é facilmente justificado pela maior intensidade de ocupação na região leste do Estado, principalmente pela maior concentração populacional [10], maior concentração de áreas desmatadas [11] e maior concentração de estradas nessa região [12]. Dentro da região leste do Pará, destaca-se o nordeste paraense com grande concentração de VS.

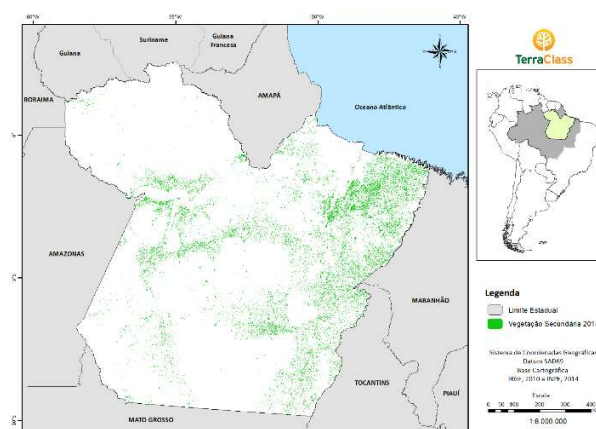


Figura 1. Distribuição espacial da vegetação secundária no Pará em 2014.

Foram mapeados quase 70 mil km<sup>2</sup> de vegetação secundária (VS e regeneração com pasto) no Estado do Pará em 2014, com destaque para três classes que juntas representam 77% da VS total: a Classe I (VS entre 1 e 2 anos), Classe IV (VS entre 7 e 10 anos), e Classe V (VS com mais de 10 anos). O detalhamento desses valores pode ser observado na Tabela 1 e Figura 2:

Classe VS	Idade VS	Área (ha)	C Estimado (Mg)
I	1 a 2 anos	1938526,46	88732256,30
II	3 a 4 anos	900456,48	46217519,98
III	5 a 6 anos	679860,68	89565570,90
IV	7 a 10 anos	1507324,00	284206353,73
V	> 10 anos	1938324,45	518493884,23
Total		6964492,07	1027215585,14

**Tabela 1. Distribuição espacial da vegetação secundária no Pará em 2014.**

A VS resulta de um processo complexo que inicia com o desmatamento (MELLO & ALVES, 2011) [13]. Para entender melhor a ocorrência de cada classe é necessário entender o comportamento das taxas de desmatamento ano a ano, já que a ocorrência da VS está diretamente ligada ao surgimento de áreas desmatadas, neste caso mapeadas pelo PRODES, que são posteriormente abandonadas dando início a um processo sucessional. A classe de VS com mais de 10 anos foi mapeada num período de altas taxas de desmatamento (2004), com mais de 27 mil km<sup>2</sup> de áreas desmatadas na região amazônica, por outro lado as áreas de VS de 3 à 6 anos (Classes II e III) foram mapeadas no período de 2010 e 2012 que representam um período de queda do desmatamento. Por outro lado, a VS inicial mapeada em 2014, mesmo representando um momento de queda no desmatamento, apresentou uma grande área ocupada por VS [14].

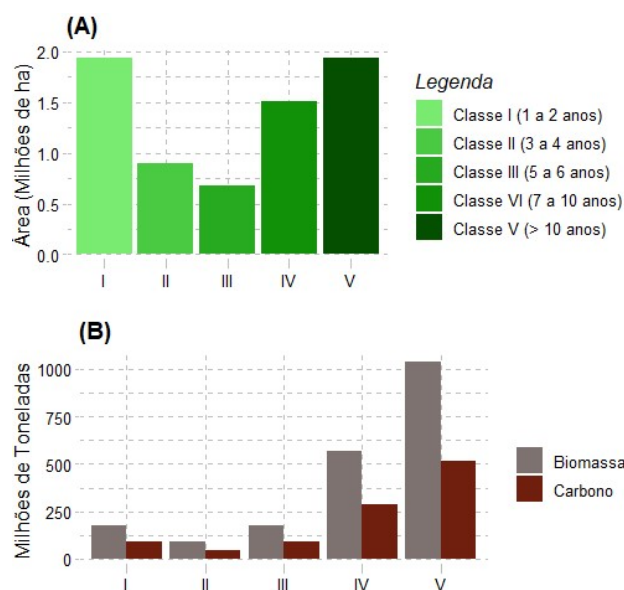
### 3.2. Biomassa e Carbono (acima do solo) estimados

O modelo estimou a biomassa e o carbono, em Megagrama (Mg), acumulados até 2014 pela VS mapeada no projeto TerraClass no Estado do Pará em suas respectivas classes de idade. A Tabela 1 mostra os valores de área da VS e estimativas de biomassa calculadas por este autor.

Foram estimados aproximadamente 2 bilhões de toneladas (t) de biomassa acima do solo no território paraense (aproximadamente 1 bilhão de Megagramas de carbono) como podemos observar na Tabela 1 e Figura 3. Essa quantidade equivale a 6,6% das emissões totais de CO<sub>2</sub> no período de 2004 a 2014 no Brasil segundo dados do SEEG [2].

Com base nas estimativas calculadas nesta pesquisa e no potencial de acúmulo de biomassa e carbono amplamente

discutidos na literatura, é necessário levantar uma discussão sobre a vulnerabilidade das áreas de VS no Estado do Pará em relação a Instrução Normativa nº 08 de 28 de Outubro de 2015, que define procedimentos administrativos para a realização de limpeza e autorização de supressão, a serem realizadas nas áreas de vegetação secundária em estágio inicial de regeneração, localizadas fora da Reserva Legal (RL) e da Área de Preservação Permanente (APP) dos imóveis rurais, no âmbito do Estado do Pará, e dá outras providências[15].



**Figura 2. (A) Área ocupada pela VS no Estado do Pará em 2014 por classe de idade; (B) Biomassa e Carbono Estimados nas áreas de VS no Pará em 2014.**

## 4. DISCUSSÃO

As estimativas calculadas neste estudo mostram que a VS contribui no sequestro do carbono da atmosfera ajudando na mitigação das mudanças climáticas, daí a necessidade de políticas públicas para manter essas áreas em processo de sucessão e incentivar a regeneração de áreas abandonadas ou sem destinação. Segundo os resultados deste estudo, em 2014 o Estado do Pará tinha quase 7 milhões de hectares de VS o que representava mais de 1 bilhão de toneladas de carbono estocados nas áreas secundárias.

A IN nº 08/2015 possibilita a limpeza das áreas de VS em estágio inicial de regeneração (até 5 anos) no Pará, desde que essas áreas não estejam em APP e RL, deixando essas áreas que são fontes de absorção de carbono, vulneráveis, podendo ser alvo de limpeza a qualquer momento sem a necessidade de autorização do órgão competente. É necessário reforçar a proteção das áreas de VS, que hoje não estão sendo monitoradas pelas principais iniciativas de monitoramento no Brasil. Um dos argumentos que surge em defesa da IN é que as áreas em estágio inicial de regeneração

sejam utilizadas prioritariamente como área de uso nas propriedades rurais, em vez de abrir novas áreas de floresta primária que possui um maior estoque de carbono em relação às áreas de VS. Porém é necessário validar se a IN está sendo implementada da forma correta no Estado do Pará, se áreas em processo avançado de sucessão não estão sendo convertidas com a alegação de serem áreas de até 5 anos de idade.

## 5. CONCLUSÕES

A VS é um elemento presente na maioria dos ecossistemas e cumpre um papel fundamental na mitigação das mudanças climáticas, atua no fornecimento serviços ambientais, aumenta a fertilidade do solo, reduz o escoamento superficial, a erosão do solo e o impacto da fragmentação da vegetação no habitat de várias espécies [16].

As áreas de VS precisam de uma maior atenção da sociedade em geral, essas áreas não estão sendo priorizadas nas principais iniciativas de monitoramento no Brasil, que por sua vez fazem o monitoramento do desmatamento apenas das áreas de floresta primária. O PRODES (informação oficial de desmatamento), por exemplo, monitora o desmatamento na Amazônia Legal, porém uma vez desmatada, essa área não é revisitada pelo sistema.

No caso particular do Estado do Pará, a IN 08/2015 deve ser melhor divulgada para que os produtores rurais tenham conhecimento de que as áreas acima de 5 anos não podem ser removidas de qualquer maneira, e cabe ao governo estadual monitorar e fiscalizar o cumprimento das normas previstas na IN.

Ainda assim é necessário que mais estudos sejam elaborados para fortalecer o debate sobre a importância da VS, principalmente para explicar o seu papel no sequestro de carbono da atmosfera. Os estudos de preferência devem agregar técnicas de sensoriamento remoto com visitas de campo para garantir melhor precisão nas estimativas de biomassa e carbono na VS.

## 6. REFERÊNCIAS

[1] N. Wunderling, A. Staal, B. Sakschewski, M. Hirota, O. A. Tuinenburg, J. F. Donges, H. M. J. Barbosa, and R. Winkelmann. Recurrent droughts increase risk of cascading tipping events by outpacing adaptive capacities in the Amazon rainforest, *PNAS*, v. 119, n. 32, pp. 1-11, 2022.

[2] SITE SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). 2022. Disponível em <<https://seeg.eco.br/>>.

[3] I. C. G. Vieira, T. Gardner, J. Ferreira, A. C. Lees, and J. Barlow. Challenges of Governing Second-Growth Forests: A Case Study from the Brazilian Amazonian State of Pará, *Forests*, v. 5, pp. 1737-1752, 2014.

[4] C. J. Willmott and K. Matsuura. Terrestrial Air Temperature and Precipitation: Monthly and Annual Time Series (1900 - 2014). 2022. Disponível em <[http://climate.geog.udel.edu/~climate/html\\_pages/README.ghcn\\_ts2.html](http://climate.geog.udel.edu/~climate/html_pages/README.ghcn_ts2.html)>.

[5] C. M. Johnson, D. J. Zarin, and A. H. Johnson. Post-disturbance aboveground biomass accumulation in global secondary forests, *Ecology*, v. 81, pp. 1395-1401, 2000.

[6] D. J. Zarin, M. J. Ducey, J. M. Tucker, and W. A. Salas. Potential Biomass Accumulation in Amazonian Regrowth Forests, *Ecosystems*, v. 4, pp. 658-668, 2001.

[7] E. Berenguer, J. Ferreira, T. A. Gardner, L. E. O. C. Aragão, P. B. de Camargo, C. E. Cerri, M. Durigan, R. C. de Oliveira Junior, I. C. G. Vieira, and J. Barlow. A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests, *Global Change Biology*, pp. 3713-3726, 2014.

[8] N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau, and R. Moore. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone, *Remote Sensing of Environment*, v. 202, pp. 18-27, 2017.

[9] I. C. G. Vieira, A. S. de Almeida, E. A. Davidson, T. A. Stone, C. J. R. de Carvalho, and J. B. Guerrero. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazon, *Remote Sensing of Environment*, v. 87, pp. 470-481, 2003.

[10] SITE IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2022. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pa>>

[11] SITE INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2022. Disponível em <<https://www.gov.br/inpe/pt-br>>

[12] SITE DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). 2022. Disponível em <<https://www.gov.br/dnit/pt-br>>

[13] A. Y. I. Mello, and D. S. Alves. Secondary vegetation dynamics in the Brazilian Amazon based on thematic mapper imagery, *Remote Sensing Letters*, v. 2, pp. 189-194, 2011.

[14] SITE PRODES (Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite). 2022. Disponível em <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>

[15] SITE SEMAS (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade). 2022. Disponível em <<https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/188>>

[16] S. Nunes, L. Oliveira Jr, J. Siqueira, D. Morton, and C. M. Souza Jr. Unmasking secondary vegetation dynamics in the Brazilian Amazon, *Environmental Research Letters*, v. 15, 2020.