

ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE ESTOQUE DE BIOMASSA E CARBONO E SUA IMPORTÂNCIA PARA A CONSERVAÇÃO DE FRAGMENTOS FLORESTAIS NO LESTE DO ACRE

Evandro José Linhares Ferreira (*), Jurandir Gomes da Silva Junior, Melrili de Souza Santos, Romário de Mesquita Pinheiro, Pedro Raimundo Ferreira de Lima.

* Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Núcleo de Pesquisa do Acre & Herbário do Parque Zoológico da Universidade Federal do Acre-UFAC, evandro@inpa.gov.br.

RESUMO

O desmatamento na região leste do Acre resultou na formação de numerosos fragmentos florestais que apesar de terem sofrido alterações significativas em sua composição florística e uma drástica diminuição em sua biodiversidade, ainda preservam a capacidade de sequestrar o CO₂ atmosférico. A comercialização do carbono armazenado por esses fragmentos pode funcionar como uma eficiente estratégia para evitar a ampliação da degradação e destruição da cobertura vegetal na região leste do Acre. Este estudo determinou a estimativa da capacidade de estoque de biomassa e carbono da porção aérea dos indivíduos arbóreos e palmeiras de um fragmento florestal de 632 hectares das cercanias da cidade de Senador Guiomard, na região leste do Acre, e estimou possíveis benefícios econômicos derivados da venda do carbono sequestrado. O estudo fitossociológico foi realizado em duas parcelas de 5.000 m² onde todos os indivíduos arbóreos (DAP ≥ 10 cm) foram identificados e mensurados. O cálculo da estimativa da capacidade do estoque de biomassa fresca de espécies arbóreas e palmeiras utilizou equações alométricas sugeridas por Higuchi et al. (1998). Para estimar o estoque de carbono aplicou-se um fator de conversão onde do valor da biomassa fresca, 60% referem-se ao peso seco e destes 48% referem-se ao carbono. Foram encontrados 435 indivíduos arbóreos (142 espécies, 105 gêneros e 32 famílias botânicas). A família com maior riqueza específica foi Fabaceae (23 spp.) e a mais abundante Moraceae (73 ind.). *Brosimum* foi o gênero mais diversificado (3 spp.) e *Tetragastris* o mais abundante (33 ind.). A espécie de maior densidade e valor de importância (VI) foi *Tetragastris altissima* (33 ind.ha⁻¹; 7,6%). A biomassa fresca média foi estimada em 810,2 kg.arvore⁻¹ (311,15 t. ha⁻¹), esperada para florestas acreanas. A biomassa seca estocada foi estimada em 186,69 t. ha⁻¹ e o carbono em 89,6 t. ha⁻¹, também dentro do esperado para o Estado. O incremento anual de carbono foi estimado entre 613,04 e 758,4 t.ha⁻¹ e a renda anual obtida com a venda de créditos de carbono no mercado entre €3.040,67 e €3.761,66. Concluiu-se que apesar de ter sido explorado, os valores estimados de biomassa fresca e carbono da parte aérea estão no limite superior dos sugeridos para florestas acreanas. A renda obtida com a comercialização de créditos de carbono poderia contribuir para a conservação do fragmento avaliado e inspirar iniciativas similares para a preservação de centenas de outros fragmentos da região leste do Acre que, sem apresentar importância econômica para seus proprietários, serão convertidos (derrubada) em futuro breve.

PALAVRAS-CHAVE: Conservação florestal, Crédito de carbono, Fitossociologia, Uso da terra, Amazônia.

INTRODUÇÃO

A floresta amazônica vem sofrendo um acelerado processo de desmatamento em razão da exploração de seus recursos florestais e da implantação de empreendimentos agropecuários. O desmatamento ocasiona perda de biodiversidade, de habitat para fauna e flora, degradação dos solos e significativa contribuição para a perda do potencial que as florestas tropicais possuem de sequestrar o CO₂ atmosférico, um dos gases causadores do efeito estufa responsáveis pelo aquecimento global (Fearnside, 2005).

O desmatamento sem controle na Amazônia tem resultado na formação de fragmentos florestais que, com o tempo, perdem as características das florestas originais, sofrem alterações significativas em sua composição florística e uma drástica diminuição em sua biodiversidade (Fearnside, 2005). Ainda assim, esses fragmentos são importantes porque além de servir de abrigo para espécies animais e vegetais, funcionar como matriz de propágulos para a recomposição da vegetação do entorno, contribuir para a preservação de mananciais de água, entre outras funções ecológicas, eles também têm o potencial de sequestrar o CO₂ atmosférico.

Na região leste do Acre o desmatamento resultou na formação de numerosos fragmentos florestais. Em muitos casos esses fragmentos já sofreram exploração madeireira e sua conservação atual se deve ao fato de que muitos deles integram áreas de Reservas Legais ou de Proteção Permanente (APP). Entretanto, fragmentos florestais que não se enquadram nessas condições são geralmente eliminados, pois não representam valor econômico para os seus proprietários.

Diversas estratégias de valorização econômica podem ser adotadas para evitar a degradação e a destruição desses fragmentos florestais vulneráveis. Uma alternativa tradicional tem sido a extração de recursos não madeireiros como frutos, fibras, óleos e seivas, e sementes. Entretanto, uma tendência de uso mais recente desses fragmentos florestais, mesmo aqueles antropizados, é a comercialização do carbono acumulado por estes fragmentos a partir do sequestro do CO₂ atmosférico. Em florestas nativas, esse acúmulo ocorre com o crescimento dos indivíduos arbóreos que promovem o incremento da biomassa da vegetação. A comercialização do carbono acumulado por florestas – créditos de carbono – foi viabilizada pela implementação dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) estabelecidos pelo Protocolo de Kyoto e transformou esse elemento na principal commodity no mercado financeiro ambiental. O MDL foi instituído como alternativa para o desenvolvimento de projetos sustentáveis fazendo com que inúmeros países que não tenham metas de redução de emissões de CO₂ implementem projetos de MDL com o objetivo de captar créditos de carbono (Silva, 2010).

Assim, o estudo do potencial de incorporação de carbono pelas florestas é, no contexto atual, muito relevante porque a quantificação do seu estoque poderá agregar valor financeiro às mesmas (Fearnside, 1999). No caso específico dos fragmentos florestais existentes no entorno de áreas urbanas da região leste do Acre, a formalização de sua valoração financeira favorecerá a sua conservação no longo prazo, pois, a exemplo de outras áreas florestais de alto valor econômico na Amazônia como os castanhais (*Bertholletia excelsa*) e seringais (*Hevea brasiliensis*) nativos, quando áreas florestais têm valor econômico definido ou presumido elas tendem a ser preservada pelos seus proprietários.

Para determinar o montante de carbono incorporado nesses fragmentos florestais é preciso realizar estudos de quantificação dos seus estoques contidos na biomassa da parte aérea da vegetação (Silveira, 2010), nas raízes e na serrapilheira (Castro e Kaufmann, 1998) e no solo (Araújo et al., 2011). A variável biomassa é, portanto, um dos aspectos mais relevantes nos estudos de fixação de carbono e precisa ser determinada e estimada de forma fidedigna, pois se isso não acontecer haverá inconsistência na quantificação do carbono fixado nos ecossistemas florestais (Sanquetta, 2002).

OBJETIVO DO TRABALHO

Determinar a estimativa da capacidade de estoque de biomassa e carbono contidos na porção aérea dos indivíduos arbóreos de um fragmento florestal no leste do Acre e estimar possíveis benefícios econômicos que o sequestro de CO₂ desse fragmento poderia gerar.

METODOLOGIA UTILIZADA

O trabalho foi desenvolvido em um fragmento florestal distante 12 km da cidade de Senador Guiomard, Acre (10°12'41"S; 67°42'17"W; 213 m). A área estimada do fragmento é de 632 hectares, calculada com o auxílio do programa Google Earth Pro (Figura 1).

Para realizar o estudo fitossociológico foram instaladas duas parcelas paralelas medindo 10 m de largura x 500 m de comprimento (Nascimento, 2009). Todos os indivíduos arbóreos presente com diâmetro a altura do peito (DAP) ≥ 10 cm foram identificados e tiveram medidos o DAP e estimadas as alturas total e comercial.

A tabulação dos dados obtidos foi feita no *software Microsoft Office Excel 2007*. A análise dos dados de composição florística e dos parâmetros fitossociológicos foi feita com auxílio do *software* Mata Nativa versão 3.03. Para a estimativa da capacidade do estoque de biomassa fresca dos indivíduos arbóreos e das palmeiras utilizou-se as equações alométricas sugeridas por Higuchi et al. (1998). Para estimar o estoque de carbono aplicou-se um fator de conversão que considera que do valor da biomassa fresca de uma árvore, 60% refere-se ao peso seco e destes 48% referem-se ao carbono.

RESULTADOS OBTIDOS

O levantamento fitossociológico encontrou 435 indivíduos arbóreos, classificados em 142 espécies, 105 gêneros e 32 famílias botânicas. O índice de diversidade (Shannon-Wiener) encontrado foi de 4,45, um valor alto considerando que em florestas tropicais ele pode variar entre 3,83 e 5,85 (Knight, 1975). Esta alta

diversidade florística sugere que o fragmento avaliado ainda possui características de ambiente pouco antropizado, reforçando a necessidade de sua conservação.

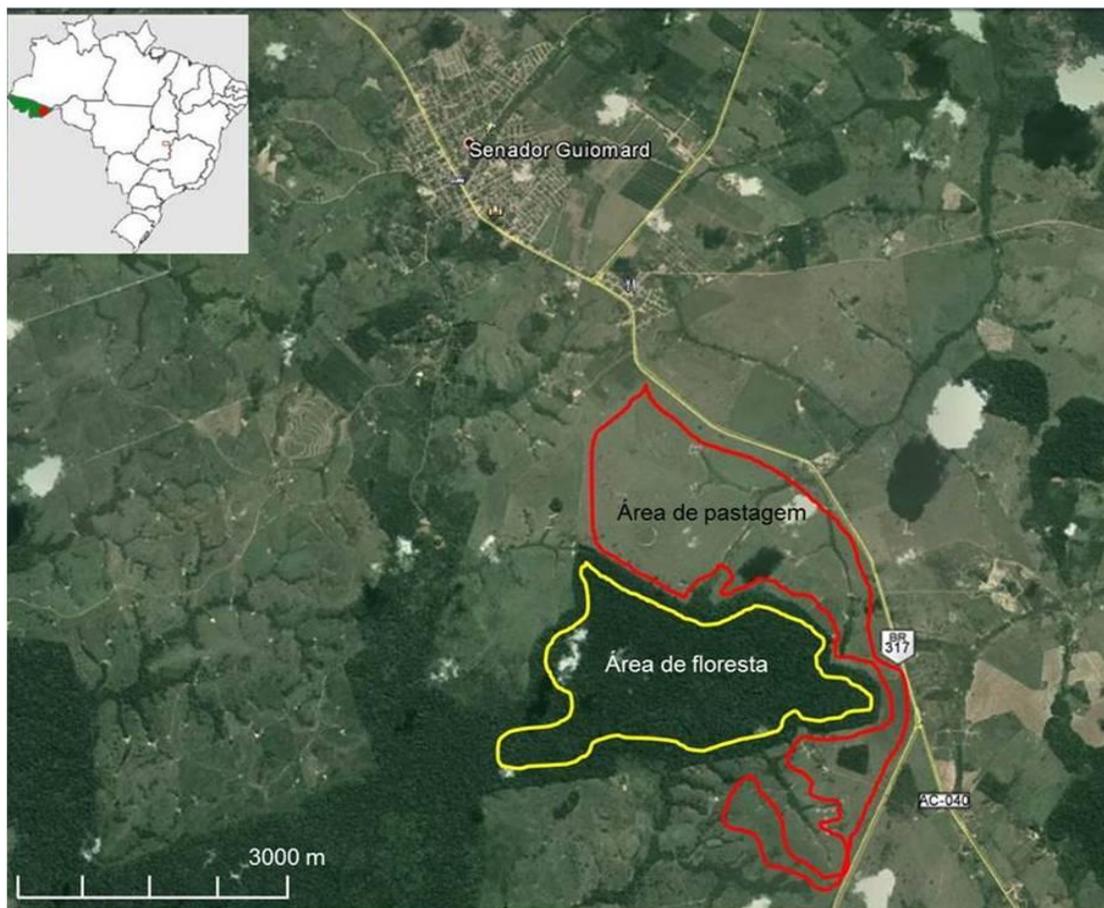


Figura 1: Mapa de localização da área selecionada para a realização do inventário florístico e fitossociológico nas cercanias da cidade de Senador Guiomard, Acre.
(Fonte da imagem: Google Earth Pro. Edição da figura: Evandro Ferreira, 2016).

A família com maior riqueza específica foi Fabaceae (23 spp.) e a mais abundante Moraceae (73 ind.). *Brosimum* foi o gênero mais diversificado (3 spp.) e *Tetragastris* o mais abundante (33 ind.). As espécies de maior densidade foram *Tetragastris altissima* (33 ind.ha⁻¹) e *Euterpe precatoria* (23 ind.ha⁻¹). A espécie de maior valor de importância (VI) foi a *T. altissima* (7,6%), seguida por *Bertholletia excelsa* (4,34%). Dentre as espécies com maior área basal, *B. excelsa* possui o corte proibido por lei e *T. altissima* não possui elevado valor comercial, o que explica a grande densidade das mesmas no fragmento.

A biomassa fresca média do fragmento avaliado foi estimada em 810,2 kg.árvore⁻¹, o que representa 311,15 t.ha⁻¹. Salimon et al. (2011) estimaram que as florestas no Acre contivessem em média 246±90 t.ha⁻¹ de biomassa verde acima do solo (árvores com DAP≥10 cm). O estoque de biomassa fresca obtido no presente estudo está, portanto, dentro do esperado para o Acre.

A biomassa seca estocada estimada em 186,69 t.ha⁻¹ e o carbono em 89,6 t.ha⁻¹. Ribeiro (2011) encontrou, em um hectare de floresta no município de Porto Acre-AC, estoques de biomassa seca e carbono de 176,09 t.ha⁻¹ e 88,05 t.ha⁻¹, respectivamente, valores quase equivalentes aos encontrados no presente estudo.

As espécies arbóreas que apresentaram maior estoque de biomassa fresca, biomassa seca e carbono estocado (em t.indivíduo⁻¹) foram, respectivamente, *Huberodendron swietenoides* (1,52 t, 9,15 t e 4,39 t), *Brosimum uleanum* (10,46 t, 6,28 t e 3,01 t) e *B. excelsa* (9,86 t, 5,91 t e 2,84 t). Dentre as espécies de palmeiras, a que apresentou maiores valores de biomassa fresca, seca e o carbono (t.indivíduo⁻¹) foi *Attalea phalerata* (1,25 t, 0,75 e 0,36 t).

Para o proprietário do fragmento florestal avaliado neste estudo auferir renda vendendo créditos de carbono no mercado é preciso determinar quanto de carbono o componente arbóreo do fragmento é capaz de acumular a cada ano, visto não ser possível, na atualidade, comercializar o carbono estocado na floresta viva (Lopes e Miola, 2010). Alguns estudos já determinaram esse incremento para outras regiões da Amazônia. Philips et. al (1996) estimaram em 0,97 t.ha⁻¹.ano para toda a região enquanto que Higuchi et. al (2004) calcularam que na Amazônia central esse incremento é de 1,2 t.ha⁻¹.

Dessa forma, considerando os incrementos anuais propostos por Philips et. al (1996) e Higuchi et.al (2004), temos, para as 632 hectares do fragmento avaliado, um incremento anual de carbono que pode variar entre 613,04 e 758,4 t.ha⁻¹. Considerando que o preço de uma tonelada de CO₂ estava sendo comercializada no Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS) por €4,96 em 24/06/2016, pode-se estimar que a renda anual com a venda dos créditos de carbono sequestrado pelos indivíduos arbóreos do fragmento florestal avaliado neste estudo iria variar entre €3.040,67 e €3.761,66.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

- O inventário florístico mostrou que o fragmento florestal possui uma quantidade baixa de indivíduos arbóreos (435/ha), indicando possível exploração madeireira no passado. Isso é reforçado pela nítida ausência de espécies madeireiras de alto valor comercial e a abundância de outras protegidas por lei ou sem valor comercial, como são os casos de *B. excelsa* e *T. altissima*;
- Os valores encontrados de biomassa verde e carbono estocado na vegetação acima do solo foram expressivos e no limite superior daqueles sugeridos para as florestas acreas;
- Uma simulação de comercialização de créditos de carbono gerados pelo sequestro de CO₂ no fragmento avaliado sugere uma renda bruta anual entre €3.040,67 e €3.761,66 para o proprietário do fragmento;
- A renda da comercialização dos créditos de carbono poderia contribuir para a conservação deste e de outros fragmentos florestais na região leste do Acre, onde muitos deles, sem representar valor econômico para os seus proprietários, estão condenados à conversão (derrubada) em empreendimentos econômicos mais rentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Araújo, E. A.; Ker, J. C.; Mendonça, E. S.; Silva, I. R.; E. K. Oliveira. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta Amazônica**, 41(1): 103-114, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v41n1/a12v41n1.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
2. Castro, E. A.; Kaufmann, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root biomass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, 14(3): 263-283, 1998. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/3D4953C7ECBD87E874F930632CEE8B5E/S0266467498000212a.pdf/ecosystem-structure-in-the-brazilian-cerrado-a-vegetation-gradient-of-aboveground-biomass-root-mass-and-consumption-by-fire.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
3. Fearnside, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade** 1(4): 113-123, 2005. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2005/Desmatamento%20historia-Megadiversidade.pdf. Acesso em: 20 de junho de 2016.
4. Fearnside, P. M. Como o efeito estufa pode render dinheiro para o Brasil. **Ciência Hoje**, 26 (155): 41-43, 1999. Disponível em: http://www.academia.edu/1188796/Como_o_efeito_estufa_pode_render_dinheiro_para_o_Brasil. Acesso em 19 de setembro de 2016.
5. Higuchi, N.; Chambers, J.; Santos, J.; Ribeiro, R. J.; Pinto, A. C. M.; Silva, R. P.; Rocha, R. M.; Tribuzy, E. S. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia central. **Floresta**, 34(3): 295-304, 2004. Disponível em:

- <http://peld.inpa.gov.br/sites/default/files/Higuchi%20et%20al%20Dinamica%20e%20Balanco%20do%20carbono%202004.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
6. Higuchi, N.; Santos, J.; Ribeiro, R. J.; Minette, L.; Biot, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, 28(2): 153-166, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v28n2/1809-4392-aa-28-2-0153.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
 7. Lopes, R. B.; Miola, D. T. B. Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do Cerrado. **SynThesis**, 2(2): 127-143, 2010. Disponível em: <http://fapam.web797.kinghost.net/revista/volume2/L%20Rosimeire%20127-143.PDF>. Acesso em 20 de junho de 2016.
 8. Nascimento, J. F. Composição florística e estrutura fitossociológica de um fragmento florestal da Área de Proteção Ambiental Raimundo Irineu Serra em Rio Branco, AC. 59 f. **Monografia** (Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2009.
 9. Phillips, O. L.; Malhi, Y.; Higuchi, N.; Laurance, W. F.; Núñez, P. V.; Vásquez, R. M.; Laurance, S.; Ferreira, L.V.; Stern, V.; Brown, S.; Grace, J. Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plots. **Science**, 282: 439-442, 1996. Disponível em: <http://science.sciencemag.org/content/282/5388/439.full>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
 10. Ribeiro, F. C. 2011. Estimativas do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono na vegetação ciliar do rio acre em Porto Acre, AC. **Monografia** (Graduação em Engenharia Florestal) – CCBN/Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2011.
 11. Salimon, C. I.; Putz, F. E.; Menezes-Filho, L.; Anderson, A.; Silveira, M.; Brown, I. F.; Oliveira, L. C. Estimating state-wide biomass carbon stocks for a REDD plan in Acre, Brazil. **Forest Ecology and Management**, 262(3): 555-560, 2011. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112711002404>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
 12. Sanquetta, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In Sanquetta, C. R.; Watzlawick, L. F.; Balbinot, R.; Ziliotto, M. A. B.; Gomes, F. S. **As Florestas e o carbono**. Curitiba: FUPEF 2002, p. 119-140.
 13. Silva, F. M. O desenvolvimento sustentável e os projetos de MDL no Brasil. **Revista Brasileira de Direito Constitucional**, 16: 51-67, 2010. Disponível em: [http://www.esdc.com.br/RBDC/RBDC-16/RBDC-16-051-Artigo_Flavia_Martins_da_Silva_\(O_Desenvolvimento_Sustentavel_e_os_Projetos_de_MDL_no_Brasil\).pdf](http://www.esdc.com.br/RBDC/RBDC-16/RBDC-16-051-Artigo_Flavia_Martins_da_Silva_(O_Desenvolvimento_Sustentavel_e_os_Projetos_de_MDL_no_Brasil).pdf). Acesso em: 20 de junho de 2016.
 14. Silveira, P. Estimativa da biomassa e carbono acima do solo em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa utilizando o método da derivação do volume comercial. **Floresta**, 40(4): 789-900, 2010. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/20330/13488>. Acesso em: 20 de junho de 2016.