

## Biomassa Epígea e Estoque de Carbono de Agroflorestas em Tomé-Açu, PA

*Aboveground Biomass and the Carbon Storage the Agroforestry in the Tomé-Açu, PA*

BOLFE, Edson Luis. Embrapa/CPATC - Unicamp/IG, [bolfe@cpatc.embrapa.br](mailto:bolfe@cpatc.embrapa.br); FERREIRA, Marcos César. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP/IG, [macferre@ige.unicamp.br](mailto:macferre@ige.unicamp.br); BATISTELLA, Mateus. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA/CPMS, [mb@cnpem.embrapa.br](mailto:mb@cnpem.embrapa.br).

### Resumo

Sistemas agroflorestais (SAF) fazem parte de relevante prática agroecológica de uso da terra voltada a produção e aos serviços ambientais, em especial, à fixação de carbono pela biomassa. Este trabalho objetivou estimar a biomassa epígea seca (EBE) e o estoque de carbono (EC) de SAF em Tomé-Açu, PA. Os dados dendrométricos foram obtidos por inventário agroflorestal realizado em 63 parcelas amostrais. Inventariou-se uma taxa de 9027 indivíduos/ha, com  $DAP \geq 2,5$  cm, pertencentes a 20 famílias e 29 espécies. Considerando a biodiversidade e os diferentes estágios vegetativos das plantas, os SAF foram divididos em quatro classes estruturais hierárquicas: SAF-1 e SAF-2 (cacau, cupuaçu e açaí com 6 anos), SAF-3 e SAF-4 (seringueira, castanha, mogno e andiroba com 15 anos). Para a estimativa da EBE, utilizou-se o método indireto, baseado em equações alométricas para diferentes classes diamétricas e para palmeiras. A média da EBE dos SAF foi de  $153,21 \text{ Mg ha}^{-1}$  e do EC foi de  $74,30 \text{ Mg C ha}^{-1}$ .

**Palavras-chave:** Recursos naturais, agricultura familiar, MDL.

### Abstract

*The agroforestry systems (SAF) are part of agroecological practice of land use, directed to the production and environmental services, in particular, to the carbon fixation by biomass. This study aimed to estimate the aboveground biomass (AGB) and carbon stocks (CS) of SAF in Tomé-Açu, PA. The data were obtained by dendrometric agroforestry inventory conducted in 63 sample plots. A number of 9027 per hectare was inventoried, with  $DAP \geq 2,5$  cm, belonging to 20 families and 29 species. Considering the biodiversity and the different stages of vegetative plants, the SAF were divided into four hierarchical structural classes: SAF-1 and SAF-2 (cacao, cupuaçu and açaí with 6 years), SAF-3 and SAF-4 (seringueira, castanha, mogno and andiroba with 15 years). For the estimation of the AGB, was used indirect method, based on allometric equations for different classes of diameter and palms trees. The average of the AGB of the SAF was  $153,21 \text{ Mg ha}^{-1}$  and average of the CS was  $74,30 \text{ Mg C ha}^{-1}$ .*

**Keywords:** Natural resources; familiar agriculture; CDM.

### Introdução

Estudos observacionais e de modelagem apresentados pelo IPCC (2007) apontam causas de origem antrópicas como fonte das mudanças climáticas, dentre estas, destaca-se as alterações do uso e cobertura da terra. Para a região amazônica NOBRE et al. (2007) relatam que "tais alterações estão ligadas diretamente ao desmatamento de sistemas florestais para transformação em sistemas agrícolas e/ou pastagem, o que implica em transferência de carbono (na forma de dióxido de carbono) da biosfera para a atmosfera, contribuindo para o aquecimento global, o qual por sua vez acaba atuando sobre a região amazônica". Diversas pesquisas visam encontrar sistemas de produção sustentáveis e eficazes no seqüestro de C na biomassa e no solo. MONTAGNINI e NAIR (2004) destacam que a busca por sistemas de baixo custo está emergindo como um dos principais objetivos da política internacional no contexto dos mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) por meio de créditos de carbono. Na Amazônia, sistemas agroecológicos como os SAF estão sendo amplamente estudados e difundidos com ênfase na

agricultura familiar (KITAMURA, 2003). Estes sistemas permitem a recuperação de áreas degradadas, a produção de cultivos diversificados (alimentares e biocombustíveis) e a geração de serviços ambientais (infiltração d'água, aumento da matéria orgânica e da biodiversidade), constituindo-se ainda como importantes fixadores de C.

A estimativa de biomassa de sistemas florestais é relevante no planejamento do uso sustentável dos recursos naturais, assim como nas questões relacionadas ao clima, onde a biomassa é utilizada para estimar o estoque de carbono da vegetação e a quantidade de CO<sub>2</sub> que é liberado à atmosfera devido à adoção de diferentes usos da terra (BROWN, 1997). Cada SAF implantado possui uma dinâmica fotossintética diferenciada devido às condições edafoclimáticas e pelo arranjo das espécies utilizadas em sua composição, formando assim, classes distintas de estoque de carbono (WINROCK, 1997). Neste contexto, este estudo objetiva contribuir com as pesquisas em estimativa de carbono na Amazônia a partir da análise realizada em agroflorestas existentes em Tomé-Açu, Pará.

### Metodologia

A pesquisa foi realizada em áreas de agricultores localizadas em Tomé-Açu, PA. O município, com sede nas coordenadas 2°25'00" S e 48°09'09" W, faz parte da Mesorregião Nordeste Paraense no Bioma Amazônia (IBGE, 2008). A vegetação original é a Floresta Ombrófila, Floresta Densa de Platôs e de Baixos Platôs, bastante alteradas, ensejando o surgimento das florestas secundárias. A partir da década de 30 iniciou-se a imigração de agricultores japoneses, onde o cultivo da pimenta-do-reino fomentou o desenvolvimento rural regional. Com o declínio do ciclo da pimenta a partir de 1970, causado por questões fitossanitárias, esses agricultores buscaram novos sistemas de produção. Segundo HOMMA (2003) uma saída para esta "crise ecológica", foi a diversificação das culturas por meio dos sistemas agroflorestais. Os agricultores foram entrevistados sobre o histórico do uso da terra e os arranjos produtivos conduzidos. Inventariou-se 21 unidades, com três parcelas cada, totalizando 63 parcelas amostrais. Cada parcela é composta de quadrados de 10x10 m, 3x3 m e 1x1 m. Nas áreas de 10x10 m, foi medido o diâmetro à altura do peito (DAP) e estimada a altura total (H) para os indivíduos com DAP ≥ 10 cm. Nas áreas de 3x3 m (sub-parcelas), estes mesmos parâmetros foram medidos para os indivíduos com 2,5 ≤ DAP < 10 cm e nas áreas de 1x1 m, estimou-se a cobertura do solo. Para análise florística e classificação estrutural, adotou-se os índices: a) abundância absoluta; b) densidade relativa; c) área basal e d) dominância, recomendados por BROWER et al. (1998).

Para a estimativa da biomassa epígea foram utilizadas equações alométricas desenvolvidas para indivíduos florestais na região amazônica. As equações 1 e 2 (HIGUCHI et al., 1998) foram utilizadas para se estimar a biomassa individual quando o DAP < 20 cm e DAP ≥ 20 cm respectivamente. Já a equação 3 (SALDARRIAGA et al., 1988) foi aplicada para a estimativa da biomassa de palmeiras. A equação 4 foi utilizada para o cálculo da estimativa da biomassa epígea total (EBE) em (Mg ha<sup>-1</sup>). Onde: ln é o logaritmo natural; DAP é o diâmetro a altura do peito (cm); H é a altura total (m); m, n e s são respectivamente, o número total de indivíduos com DAP < 20 cm, com DAP ≥ 20 cm e de palmeiras com DAP ≥ 2,5 cm existente em uma parcela; t é o número total de indivíduos com DAP entre 2,5 e 10 cm existentes em uma sub-parcela; AP e ASP, são respectivamente a área total (ha) da parcela e da sub-parcela. Para estimar o estoque de carbono (EC) multiplicou-se a EBE pelo fator 0,485, uma vez que a biomassa epígea seca contém aproximadamente 48,5 % de carbono (HIGUCHI et al., 1998; MONTAGNINI e NAIR, 2004; IPCC, 2007).

$$Exp(BE1) = Exp(-1,754 + 2,655 \ln(DAP)) * 0,6 \quad (1)$$

$$Exp(BE2) = Exp(-0,151 + 2,170 \ln(DAP)) * 0,6 \quad (2)$$

$$Exp(BE3) = Exp(-6,3798 - 0,877 * \ln(1/DAP^2)) + 2,151 * \ln(H) \quad (3)$$

$$EBE = (\sum_{i=1}^m BE1 + \sum_{j=1}^n BE2 + \sum_{k=1}^s BE3) \div AP + (\sum_{p=1}^t BE1) \div ASP \quad (4)$$

### Resultados e discussões

Nos SAF estudados, foram inventariados 9027 indivíduos/ha com DAP $\geq$ 2,5 cm, pertencentes a 20 famílias e a 29 espécies. A diversidade observada é fruto das inúmeras composições de SAF conduzidas pelos agricultores durante a transição do sistema de produção em monocultivo (pimenta-do-reino) aos sistemas em policultivos (agroflorestas) a partir da década de 70, onde implantou-se espécies frutíferas e/ou madeiras de ciclo curto, médio e longo. Esses diferentes arranjos produtivos potencializaram os SAF como relevante atividade sócio-econômica da região, estabelecendo inclusive padrões peculiares de uso da terra, com inúmeros estágios de desenvolvimento vegetativo. A partir da análise estatística das informações estruturais, florísticas e idade das espécies observadas em campo (Tabela 1), as características dos SAF foram diferenciadas, definindo-se uma proposta de divisão baseada em quatro classificações agroflorestais (SAF 1, SAF 2, SAF 3 e SAF 4) representando os principais arranjos produtivos. As informações obtidas foram armazenadas em banco de dados geográficos e inseridas nas equações alométricas para estimar a biomassa epígea por parcela amostral e por classificação de SAF (Figura 1).

TABELA 1. Dados e parâmetros por classificação de SAF proposta para Tomé-Açu, PA.

Dados/Parâmetros	Classificação Agroflorestal			
	SAF 1	SAF 2	SAF 3	SAF 4
Número de famílias (n), espécies (s)	3, 4	11, 12	11, 14	11, 17
Abundância (nj/ha)	1042	2322	1878	1980
Cobertura de copa (%)	33	39	63	74
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	1.6	6.2	21.3	44.1
Diâmetro a altura do peito (cm)	3.9	5.5	10.2	12.5
Altura total (m)	2.6	3.1	5.3	6.4
Idade média (anos)	4	8	12	18

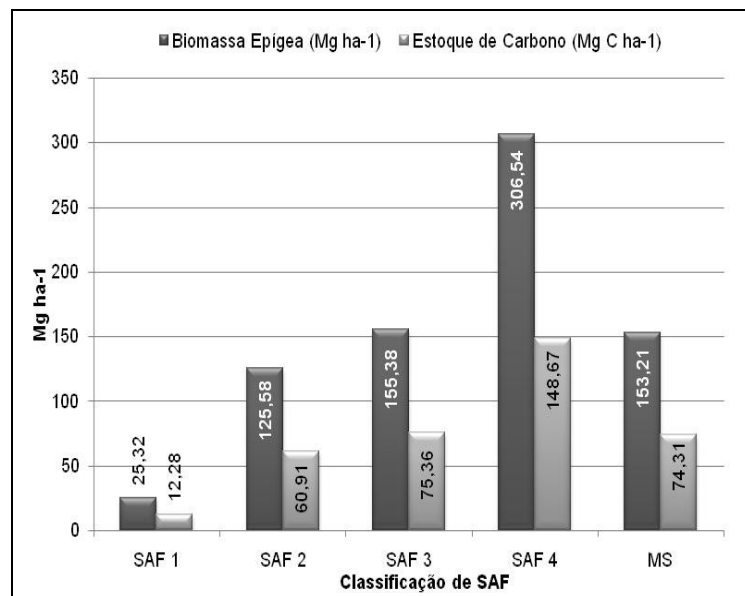


FIGURA 1. Dados estimados para as quatro classificações agroflorestais propostas para Tomé-Açu, PA. Biomassa epígea, estoque de carbono e média dos SAF's (MS).

## Resumos do VI CBA e II CLAA

O valor médio de EC observado neste estudo ( $74,31 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) está dentro da média estimada por ALBRECHT e KANDJI (2003), os quais relatam que o potencial de seqüestro de C pela vegetação de SAF para a América do Sul é entre 39 a  $102 \text{ MgC ha}^{-1}$ ; e superior ao valor observado por MONTAGNINI e NAIR (2004), os quais relatam que o armazenamento médio do carbono em SAF é estimado em  $50 \text{ Mg C ha}^{-1}$  para regiões tropicais. Por outro lado, a média de EC deste estudo é inferior ao valor médio ( $134 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) encontrado por SANTOS et al. (2004) nos SAF na região de Cametá, PA. Essa diferença pode estar relacionada à elevada densidade e dominância dos cacaueiros, cupuaçuzeiros e açaizeiros encontradas nas áreas de SAF 1 e SAF 2 (média de 6 anos). Estas espécies, naturalmente são de baixo porte quando comparadas à outras como seringueira, castanheira, mogno e andiroba, encontradas nos SAF 3 e SAF 4. HIGUCHI et al. (1998) cita que a ocorrência de árvores de grande porte numa amostra, mesmo em número reduzido, eleva a estimativa de biomassa. Esse fato é observado ao comparar o SAF 2 com o SAF 3 (Tabela 1), onde mesmo com a maior abundância, o SAF 2 apresenta menor estimativa de EBE e EC em relação ao SAF 3, o qual apresentou as maiores médias de DAP e H. O resultado médio de EC dos SAF 3 e SAF 4 (média de 15 anos) foi de  $112,01 \text{ Mg C ha}^{-1}$ , representando aproximadamente 50 % do citado por DIXON (1995) para sistemas antrópicos, incluído o retido no solo ( $228 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ), demonstrando assim, o relevante papel dos SAF da região para fixar e acumular C sendo uma alternativa de sustentabilidade ambiental.

### Conclusões

A partir dos dados obtidos, concluí-se que os SAF de Tomé-Açu são importantes acumuladores de C em sua vegetação, podendo contribuir significativamente no processo de seqüestro de  $\text{CO}_2$  e a conseqüente redução do efeito estufa, indicando possibilidades de sustentabilidade ecológica. Sugerem-se novos estudos utilizando outras equações alométricas, visando ampliar o conhecimento da estimativa de biomassa e carbono em agroflorestas.

### Referências

- ALBRECHT, A.; KANDJI, S.T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. New York. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.99, n.1, p.15-27, 2003.
- BROWER, J.E. et al. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. New York: WCB, 1998. 273p.
- BROWN, S. *Estimating biomass and biomass change of tropical forests*. Rome: FAO, 1997.
- DIXON, R.K. SAF's y gases invernadores. *Agroflorestaria en las Américas*, Turrialba, San Jose, v.2, n.7, p.22-27, 1995.
- HIGUCHI, N. et al. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. Manaus, *Acta Amazonica*, Manaus, v.28, n.2, p.153-165. 1998.
- HOMMA, A. K. O. *História da Agricultura na Amazônia*. Brasília: Embrapa, 2003. 274 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Municípios*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 5 mar. 2008.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change*. 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em: 24 nov. 2008.
- KITAMURA, P.C. Agricultura Sustentável no Brasil: avanços e perspectivas. *Ciência & Ambiente*, Santa Maria, v.27, n.1, p.7-28, 2003.

## Resumos do VI CBA e II CLAA

MONTAGNINI, F.; NAIR, P.K.R. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. New York, *Agroforestry Systems*. v.61, p.281-295, 2004.

NOBRE, C.A. et al. Mudanças climáticas e Amazônia. *Ciência e Cultura*, Campinas, v.59, n.3, p.22-27, 2007.

SALDARRIAGA, J.G. et al. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. *Journal of Ecology*, London, v.76, n.4, p.938-958, 1988.

SANTOS, S.R.M. et al. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, PA. Manaus, *Acta Amazonica*, Manaus, v.34, n.1, p.1-8, 2004.

WINROCK INTERNATIONAL. *A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects*. California: CAL University, 1997. 87p.