

## Densidade básica da madeira de um ecossistema de “campina” em Roraima, Amazônia Brasileira.

Reinaldo Imbrozio BARBOSA<sup>1</sup>; Carlos Alberto Cid FERREIRA<sup>2</sup>

### RESUMO

Densidade básica ( $\text{g.cm}^{-3}$ : peso seco / volume úmido) da madeira foi determinada para 13 das principais espécies arbóreo-arbustivas de um ecossistema de “campina” (caatinga amazônica) situado em Roraima, extremo norte da Amazônia brasileira. As amostras de madeira para o cálculo da densidade básica de cada espécie foram compostas por “discos amostrais” (casca, albúrnio e cerne) de diferentes classes diamétricas. No total, foram amostrados 98 indivíduos, perfazendo 150 peças de madeira (52 com diâmetro  $< 1,6\text{cm}$ ; 63 entre  $1,6\text{-}3,2\text{cm}$ , 27 entre  $3,2\text{-}4,8\text{cm}$  e 8  $> 4,8\text{cm}$ ). A espécie de maior densidade média foi *Matayba arborescens* (Aubl.) Radlk. ( $0,68 \text{ g.cm}^{-3}$ ), seguida de *Humiria balsamifera* (Aubl.) St. Hill. ( $0,67 \text{ g.cm}^{-3}$ ) e *Pera schomburgkiana* Müel. Arg. ( $0,64 \text{ g.cm}^{-3}$ ). As classes de menor diâmetro foram também as de menor valor absoluto:  $0,59 \pm 0,06$  (DP)  $\text{g.cm}^{-3}$  ( $< 1,6\text{cm}$ ),  $0,64 \pm 0,08 \text{ g.cm}^{-3}$  ( $1,6\text{-}3,2\text{cm}$ ),  $0,67 \pm 0,06 \text{ g.cm}^{-3}$  ( $3,2\text{-}4,8\text{cm}$ ) e  $0,69 \pm 0,10 \text{ g.cm}^{-3}$  ( $> 4,8\text{cm}$ ). A média ponderada pela biomassa do ecossistema foi de  $0,64 \pm 0,08 \text{ g.cm}^{-3}$ . Este resultado é 15,2% inferior ao comumente utilizado para transformação de volume de madeira em biomassa para ecossistemas de “campina” na Amazônia, influenciando diretamente nos cálculos de emissão de gases do efeito estufa.

### PALAVRAS-CHAVE

campina, caatinga amazônica, densidade básica da madeira, Roraima, Amazônia.

## Wood density of trees in a “campina” ecosystem in Roraima, Brazilian Amazonia.

### ABSTRACT

Wood density ( $\text{g.cm}^{-3}$ : oven-dry weight / wet volume) was determined for 13 of the main tree species of a “campina” ecosystem (Amazon caatinga) located in Roraima, north portion of Brazilian Amazonia. The wood samples for calculation of the density of each species were “sample disks” (bark, sapwood and heartwood) of different diameter classes. In total, 98 individuals were sampled in 150 wood pieces (52 with diameter  $< 1.6\text{cm}$ ; 63 to  $1.6\text{-}3.2\text{cm}$ , 27 to  $3.2\text{-}4.8\text{cm}$  and 8  $> 4.8\text{cm}$ ). The species with the highest wood density was *Matayba arborescens* (Aubl.) Radlk. ( $0.68 \text{ g.cm}^{-3}$ ), followed by *Humiria balsamifera* (Aubl.) St. Hill. ( $0.67 \text{ g.cm}^{-3}$ ) and *Pera schomburgkiana* Müel. Arg. ( $0.64 \text{ g.cm}^{-3}$ ). The smaller diameter classes were also those with lower density:  $0.59 \pm 0.06$  (SD)  $\text{g.cm}^{-3}$  ( $< 1.6\text{cm}$ ),  $0.64 \pm 0.08 \text{ g.cm}^{-3}$  ( $1.6\text{-}3.2\text{cm}$ ),  $0.67 \pm 0.06 \text{ g.cm}^{-3}$  ( $3.2\text{-}4.8\text{cm}$ ) and  $0.69 \pm 0.10 \text{ g.cm}^{-3}$  ( $> 4.8\text{cm}$ ). The weighted mean by biomass of the ecosystem was  $0.64 \pm 0.08 \text{ g.cm}^{-3}$ . This result is lower by 15.2% than that presently used for transformation of wood volume in biomass for “campina” ecosystems in Amazonia, influencing directly in the calculations of greenhouse gas emissions.

### KEY WORDS

“campina”, amazon caatinga, wood basic density, Roraima, Amazonia

## INTRODUÇÃO

Densidade da madeira é um dos fatores chave em cálculos de biomassa (Brown, 1997; Woodcock, 2000) e estimativas de emissão de gases do efeito estufa (Fearnside, 1997). A densidade básica é a relação entre o peso seco e o volume saturado da madeira (Trugilho *et al.*, 1990; Souza *et al.*, 1997), sendo comumente utilizada na conversão de dados volumétricos em

biomassa devido ao uso do “volume-verde” como base (Barbosa & Fearnside, 2004), implicando em uma boa relação de transformação. Este procedimento é importante para um melhor aproveitamento dos inventários florestais volumétricos de larga escala na Amazônia como, por exemplo, os do Projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1973-83), pois auxiliam na quantificação da emissão de gases do efeito estufa pelo corte e queima da biomassa dos diferentes ecossistemas regionais.

<sup>1</sup>INPA/CPEC (Base de Roraima), Caixa Postal 96, 69301-970 Boa Vista – RR – fone/fax: 0xx-95-623 9433, reinaldo@inpa.gov.br

<sup>2</sup>INPA/CPBO, Caixa Postal 478, 69083-970 Manaus – AM – fone: 0xx-92-643 3112, cacid@inpa.gov.br

As investigações básicas sobre este parâmetro ecológico na Amazônia tomaram maior impulso ao final da década de 1990 com Parolin & Ferreira (1998) e Parolin & Worbes (2000), discutindo diferenças da densidade da madeira entre sistemas de várzea e igapó. Entretanto, estudos mais recentes como os de Nogueira *et al.* (2003; 2004) para sistemas florestais e, Barbosa (2001) e Barbosa & Fearnside (2004), para não florestais (savanas), vem discutindo a necessidade de novas investigações e adaptações ao método de determinação da densidade básica da madeira para processos de transformação de dados volumétricos para biomassa. Isto porque os cálculos convencionalmente aceitos pelos laboratórios de tecnologia da madeira no Brasil são efetuados através de corpos de prova oriundos do cerne da madeira (ver ABNT, 1940 e outras normas para cálculo de densidade de madeira como ABNT - NBR 11941 e NBR 1269) por causa do interesse, e da destinação industrial e comercial que este produto possui. Contudo, isto proporciona valores absolutos maiores, superestimando o resultado final da biomassa quando proveniente da transformação de dados de volume. Em uma revisão geral aproveitando todos os dados de densidade básica disponíveis em literatura para espécies amazônicas, Fearnside (1997) já havia alertado para este problema de ajuste, indicando que, por exemplo, apenas a "casca" da madeira de espécies florestais poderia representar 4-11% do volume total de uma amostra. Em espécies de savanas (não florestal) este valor pode alcançar 12-43% (Barbosa & Fearnside, 2004), influenciando no resultado quando de uma comparação com os métodos tradicionais. Desta forma, o melhor procedimento a ser adotado neste caso é o de corpos de prova do tipo "discos amostrais" que incluem todas as partes da madeira (casca, alburno e cerne), proporcionando um resultado mais adequado às investigações científicas que se propõem a estimar biomassa através de dados de volume.

Para incorporar novos dados a esta questão, nós aproveitamos nosso estudo para determinação de biomassa total acima do solo em um ecossistema de "campina" situado no estado de Roraima (neste número), para estimar a densidade básica ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) das principais espécies arbóreo-arbustivas contidas nesse ecossistema do extremo norte da Amazônia brasileira. A idéia geral foi a de aproveitar os dados para improvisar um valor médio para este tipo de sistema ecológico regional, através da ponderação entre o resultado encontrado para diferentes classes de diâmetros e, entre a concentração de biomassa das diferentes espécies encontradas na localidade.

## ÁREA DE ESTUDO

O termo "campina" na região amazônica se refere a uma paisagem caracterizada por possuir vegetação de porte baixo e aberta, que ocorre sempre em áreas de areia branca (Prance, 1975), podendo ser considerado um ambiente de pouca biomassa (Bongers *et al.*, 1985). Nossa área de estudo

fica situada na vicinal 1 da Colônia Agrícola da Confiança II, Município de Cantá, Roraima, aproximadamente 02° 29' 11" N e 60° 38' 04" W (datum SAD-69). A topografia do terreno é plana e o solo é arenoso (podzol), típico das "campinas" amazônicas. Seguindo a classificação do Projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1975), e a do sistema brasileiro empregado por IBGE (1992), esta vegetação é uma forma de "campinarana (campina) arborizada" (La). Neste tipo de ambiente, são comuns os mosaicos associando manchas de vegetação arbóreo-arbustiva com áreas limpas apenas com tufo de material gramíneo-lenhoso. A "campina" estudada em Roraima é dominada por *Humiria balsamifera* (Aubl.) St. Hill., que representa, sozinha, > 60% da biomassa arbóreo-arbustiva deste ambiente.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para determinação da densidade da madeira ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) no ecossistema estudado, foi aproveitado o corte de 98 indivíduos arbóreo-arbustivos que estavam sendo utilizados para estimar a biomassa desta categoria vegetal em novembro de 2002. Estes indivíduos compreendiam 13 (38,2% do total) das principais espécies arbóreo-arbustivas observadas nesta "campina" que, por sua vez, representavam 89,5% do total de biomassa deste grupo, segundo nossos trabalhos de campo (neste número). Dessa forma, procedeu-se à coleta de peças ou "discos amostrais" (casca + alburno + cerne) de diferentes classes diamétricas de cada um dos 98 indivíduos, utilizando arcos de serra para poda manual. Cada peça foi triada e inserida em uma das classes de diâmetro (d) previamente estabelecidas:  $d < 1,6\text{cm}$  (gravetos associados às folhas),  $1,6 < d \leq 3,2$  (galhos e gravetos não associados às folhas),  $3,2 < d \leq 4,8$  (galhos de maior porte e troncos de espécies mais jovens ou de menor porte),  $d > 4,8$  (troncos ou galhos de espécies de maior porte). No total foram obtidas 150 peças de madeira (52 com diâmetro médio  $< 1,6\text{cm}$ ; 63 entre 1,6-3,2cm, 27 entre 3,2-4,8cm e 8  $> 4,8\text{cm}$ ). A distribuição das espécies entre estas classes foi uma tentativa de proporcionalidade das mesmas em função de sua representatividade (na forma de biomassa) dentro do ecossistema.

Após a triagem, cada uma das peças foi mergulhada em um recipiente com água por um período de cinco (5) dias para reidratar e atingir o ponto de saturação (volume-verde) necessário à medição. Finalizada esta etapa, cada peça foi mantida em descanso fora do recipiente por um período de 5-10 minutos para que o excesso de água da saturação pudesse escorrer. Em seguida, cada uma das peças foi mergulhada em um outro recipiente com água (graduado em ml) para determinação do deslocamento do líquido provocado pela imersão da peça (Princípio de Arquimedes, conforme procedimento apresentado em Trugilho *et al.*, 1990). Os deslocamentos foram medidos diretamente no recipiente graduado, e anotados na forma de volume de água ( $\text{cm}^3$ ). Após esta fase, cada peça foi seca em estufa até peso seco constante (g), considerando duas medidas seguidas com

pesos iguais - a primeira sendo realizada 24 horas após o início da secagem e, as seguintes, com intervalos de 6 horas de observação até coincidência de dois valores consecutivos. Os dados obtidos foram tabelados procedendo-se ao cálculo da densidade básica ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) para cada peça, espécie, e ponderada por classe de diâmetro e por biomassa presente no sistema, aproveitando os resultados do estudo que desenvolvemos na mesma localidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 13 espécies investigadas, a de maior densidade básica média foi *Matayba arborescens* (Aubl.) Radlk. ( $0,68 \text{ g.cm}^{-3}$ ), seguida de *Humiria balsamifera* (Aubl.) St. Hill. ( $0,67 \text{ g.cm}^{-3}$ ) e *Pera schomburgkiana* Müel. Arg. ( $0,64 \text{ g.cm}^{-3}$ ) (Tabela 1). As classes de menor diâmetro foram também as de menor valor absoluto:  $0,59 \pm 0,06 \text{ (DP) g.cm}^{-3}$  ( $< 1,6\text{cm}$ ),  $0,64 \pm 0,08 \text{ g.cm}^{-3}$  ( $1,6-3,2\text{cm}$ ),  $0,67 \pm 0,06 \text{ g.cm}^{-3}$  ( $3,2-4,8\text{cm}$ ) e  $0,69 \pm 0,10 \text{ g.cm}^{-3}$  ( $> 4,8\text{cm}$ ). Os valores mínimo e máximo de cada classe diamétrica foram, respectivamente,  $0,43-0,66 \text{ g.cm}^{-3}$ ,  $0,47-0,87 \text{ g.cm}^{-3}$ ,  $0,53-0,81 \text{ g.cm}^{-3}$  e  $0,47-0,82 \text{ g.cm}^{-3}$ . A tendência geral de peças com maior diâmetro acompanharem valores de densidade mais elevados é a mesma já descrita em Barbosa & Fearnside (2004) para as savanas de Roraima e sugere ser um fator de concordância entre as duas investigações. Peças de menor diâmetro representam pequenos galhos e gravetos ou, caules de indivíduos jovens com maior proporção de casca que, por sua vez, podem influenciar na obtenção de valores menores para a densidade (Vital *et al.*, 1984; Castro *et al.*, 1993).

A média ponderada do ecossistema, levando em consideração a biomassa de cada espécie presente na localidade, foi de  $0,64 \pm 0,08 \text{ g.cm}^{-3}$ . Devido à ponderação, este valor possui mais peso na representação deste sistema, indicando uma forte influência da espécie *H. balsamifera*, que compõe mais de 60% da biomassa presente no ecossistema estudado. Em adição, a amostragem realizada por discos

Tabela 1 - Densidade básica ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) das principais espécies arbóreo-arbusivas de um ecossistema de campina em Roraima

| Espécie   | Família       | Biomassa Estimada $\text{kg.ha}^{-1}$ | Classes de Diamétricas das Peças de Madeira |                    |         |            |                    |         |            |                    |         |          |                    |         |
|---|---------------|---------------------------------------|---|--------------------|---------|------------|--------------------|---------|------------|--------------------|---------|----------|--------------------|---------|
|   |               |                                       | < 1,6 cm                                    |                    |         | 1,6-3,2 cm |                    |         | 3,2-4,8 cm |                    |         | > 4,8 cm |                    |         |
|   |               |                                       | n   | $\text{g.cm}^{-3}$ | n total | n          | $\text{g.cm}^{-3}$ | n total | n          | $\text{g.cm}^{-3}$ | n total | n        | $\text{g.cm}^{-3}$ | n total |
| <i>Alchornea schomburgkiana</i> Klotz               | Euphorbiaceae | 106,23                                | 1   | 0,45               | 1       | 0,45       | 2                  | 0,55    | 2          | 0,55               | 1       | 0,47     | 2                  | 0,46    |
| <i>Byrsonima cf. crispa</i> A. Juss.                | Malpighiaceae | 125,97                                | 1   | 0,61               | 1       | 0,61       | 1                  | 0,52    | 1          | 0,52               | 1       | 0,63     | 3                  | 0,58    |
| <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H.B.K.            | Malpighiaceae | 541,13                                | 1   | 0,56               | 1       | 0,56       | 1                  | 0,52    | 1          | 0,52               | 1       | 0,63     | 3                  | 0,57    |
| <i>Cybianthus fulvopulverulentus</i> (Mez) Agostini | Myrsinaceae   | 630,22                                | 6   | 0,48               | 6       | 0,48       | 9                  | 0,58    | 9          | 0,58               | 1       | 0,58     | 16                 | 0,55    |
| <i>Guatteria scythophylla</i> Diels                 | Annonaceae    | 206,12                                | 1   | 0,44               | 1       | 0,44       | 1                  | 0,59    | 1          | 0,59               | 1       | 0,59     | 2                  | 0,51    |
| <i>Himatanthus cf. bracteatus</i> (A.DC.) Wood.     | Apocynaceae   | 153,45                                | 2   | 0,50               | 2       | 0,50       | 2                  | 0,50    | 2          | 0,50               | 2       | 0,50     | 2                  | 0,50    |
| <i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) St. Hill.        | Humiriaceae   | 8426,63                               | 30  | 0,61               | 30      | 0,61       | 30                 | 0,67    | 30         | 0,67               | 20      | 0,69     | 7                  | 0,70    |
| <i>Maprounea guianensis</i> Aubl.                   | Euphorbiaceae | 36,80                                 | 1   | 0,47               | 1       | 0,47       | 1                  | 0,62    | 1          | 0,62               | 1       | 0,62     | 2                  | 0,54    |
| <i>Matayba arborescens</i> (Aubl.) Radlk.           | Sapindaceae   | 219,92                                | 2   | 0,60               | 2       | 0,60       | 4                  | 0,76    | 4          | 0,76               | 2       | 0,53     | 6                  | 0,68    |
| <i>Pagamea coriacea</i> Spruce ex Benth.            | Rubiaceae     | 229,31                                | 4   | 0,51               | 4       | 0,51       | 4                  | 0,65    | 4          | 0,65               | 2       | 0,53     | 10                 | 0,56    |
| <i>Pagamea guianensis</i> Aubl.                     | Rubiaceae     | 1137,82                               | 3   | 0,57               | 3       | 0,57       | 5                  | 0,57    | 5          | 0,57               | 3       | 0,58     | 11                 | 0,57    |
| <i>Pera schomburgkiana</i> (Benth.) Müll. Arg.      | Euphorbiaceae | 374,67                                | 3   | 0,64               | 3       | 0,64       | 3                  | 0,64    | 3          | 0,64               | 3       | 0,64     | 3                  | 0,64    |
| <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.               | Annonaceae    | 69,89                                 | 2   | 0,53               | 2       | 0,53       | 1                  | 0,61    | 1          | 0,61               | -       | -        | 3                  | 0,57    |
| Outras (21 espécies)                                | -             | 1444,87                               | -   | -                  | -       | -          | -                  | -       | -          | -                  | -       | -        | -                  | -       |
| Média Ponderada                                     | -             | -                                     | 52  | 0,59               | 63      | 0,64       | 27                 | 0,67    | 8          | 0,69               | 150     | 0,64     | 150                | 0,64    |
| Desvio Padrão (DP)                                  | -             | -                                     | 0,06  | 0,06               | 0,08    | 0,06       | 0,06               | 0,06    | 0,10       | 0,10               | 0,08    | 0,08     | 0,08               | 0,08    |
| Valor Máximo  | -             | -                                     | 0,66  | 0,66               | 0,87    | 0,81       | 0,81               | 0,82    | 0,82       | 0,82               | 0,82    | 0,82     | 0,82               | 0,82    |
| Valor Mínimo  | -             | -                                     | 0,43  | 0,43               | 0,47    | 0,53       | 0,53               | 0,53    | 0,53       | 0,53               | 0,53    | 0,53     | 0,53               | 0,53    |

amostrais, que foi proporcional tanto ao número de indivíduos quanto à classe diamétrica e à biomassa das espécies presentes no sistema, fez com que houvesse uma maior concentração de amostras coletadas nas menores classes de diâmetro e nas espécies de maior evidência – o que seria de se esperar em um ambiente de baixa biomassa, com muitos indivíduos de pequeno porte e dominância de poucas espécies arbóreo-arbustivas.

Comparações de nosso resultado ( $0,64 \text{ g.cm}^{-3}$ ) com os valores médios gerais obtidos do cerne da madeira, por exemplo, para florestas situadas na América Tropical ( $0,60 \text{ g.cm}^{-3}$ ) por Reyes *et al.* (1992), ou mesmo com aqueles utilizados para a Amazônia ( $0,69 \text{ g.cm}^{-3}$ ) por Brown & Lugo (1992) mostram, neste caso, as grandes diferenças entre os métodos amostrais. Nos dois casos citados, a revisão literária foi feita com base em amostragens de diferentes ecossistemas florestais, conjugando-os em uma única média geral, sem distribuir os resultados por tipologias. Além disto, a abordagem daquelas investigações se reporta tipicamente a espécies florestais situadas em sistemas de alta biomassa, diferente das "campinas" observadas neste estudo, que são ecossistemas arborizados, de baixa biomassa, e de composição florística e estrutural totalmente diferente.

O trabalho de Fearnside (1997) produziu uma revisão geral dos dados de densidade da madeira também provenientes de amostragens do cerne, envolvendo todos os ecossistemas da Amazônia Legal Brasileira como forma de calcular as emissões de gases do efeito estufa para toda a região (Fearnside, 2000). Naquele estudo, o ecossistema "campina" (La) apresentou uma média de  $0,75 \text{ g.cm}^{-3}$ , que é um valor 15,2% superior aos  $0,64 \text{ g.cm}^{-3}$  estimados para a mesma tipologia avaliada em Roraima. Embora nosso estudo esteja desprovido de amplitude regional e representatividade (em área), dentro do macro universo dos ecossistemas amazônicos, pois a "campina" La apenas representa cerca de 1% da área total do Bioma Amazônia (Ferreira, 2001), ele sugere uma redução no valor de biomassa total esperado para este tipo de sistema na região devido ao uso de resultados superestimados de densidade da madeira nos cálculos anteriores.

Nossas observações também apresentam a mesma tendência daquelas realizadas para espécies florestais por Nogueira *et al.* (2003; 2004), que apontam diferenças na densidade básica medida apenas no cerne em relação àquelas aproveitadas de discos amostrais ou cunhas completas, que incluem casca, alborno e cerne. Estas diferenças podem provocar, por exemplo, uma redução de 22-40% na biomassa total final em alguns ecossistemas florestais do sudoeste da Amazônia (B. W. Nelson, comunicação pessoal), implicando em erros no cálculo final das emissões de gases do efeito estufa por queima e decomposição da biomassa na região – esta última determinada através do aproveitamento de dados de volume de larga escala, como os do Projeto RADAMBRASIL.

## CONCLUSÕES

O valor médio de densidade básica da madeira de "campinas" (La) amazônicas ( $0,64 \text{ g.cm}^{-3}$ ) obtida neste estudo através de discos amostrais (casca, alborno e cerne) reidratados, é inferior em 15,2% ao habitualmente utilizado na literatura corrente para transformações de dados de volume ( $\text{m}^3$ ) em biomassa (toneladas) neste tipo de ecossistema. Este resultado, juntamente com outras investigações desenvolvidas recentemente em sistemas florestais, sugere uma necessidade de ajustes nos valores de densidade e biomassa que são atualmente utilizados nos cálculos de emissão de gases do efeito estufa na Amazônia.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho fez parte das atividades do projeto "Agroecossistemas da Amazônia - Roraima", suportado pelo Convênio 027/99 entre o INPA e o Governo de Roraima. José Lima (INPA/CPBO), José Guedes (INPA/CPBO), Núbia Abrantes (UFRR/Dep. Biologia), Cice B. Maduro (Museu Integrado de Roraima - MIRR) e Herundino R. Nascimento Filho (SEPLAN-RR), contribuíram com a coleta de material em campo. Dois revisores contribuíram para a melhoria da apresentação das informações contidas no texto.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABNT 1940. *Ensaio físicos e mecânicos de madeiras. Método Brasileiro (MB 26-40)*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. 15p.
- Barbosa, R.I. 2001. *Savanas da Amazônia: emissão de gases do efeito estufa e material particulado pela queima e decomposição da biomassa acima do solo, sem a troca do uso da terra, em Roraima, Brasil*. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) / Universidade do Amazonas (UA), Manaus. 212 p.
- Barbosa, R.I.; Fearnside, P.M. 2004. Wood density of trees in open savannas of the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 199(1): 115-123.
- Bongers, F.; Engelen, D.; Klinge, H. 1985. Phytomass structure of natural plant communities on spodosols in southern Venezuela: the Bana woodland. *Vegetatio*, 63: 13-34.
- Brasil 1973-83. *Projeto RADAMBRASIL - Levantamento dos Recursos Naturais* (Volumes 2 a 31). Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, Rio de Janeiro.
- Brasil 1975. *Projeto RADAMBRASIL - Levantamento dos Recursos Naturais* (Volume 8). Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, Rio de Janeiro. 427p.
- Brown, S. 1997. *Estimating biomass and biomass change of tropical forests*. FAO Forestry Paper 134. 55p.
- Brown, S.; Lugo, A.E. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia*, 17(1): 8-18.



- Castro, F.; Williamson, G.B.; Jesus, R.M. 1993. Radial variation in the wood specific gravity of *Joannesia princeps*: the roles of age and diameter. *Biotropica*, 25(2): 176-182.
- Fearnside, P.M. 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 90: 59-87.
- Fearnside, P.M. 2000. Greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazon region. In: R. Lal; J.M. Kimble; B.A. Stewart (eds.), *Global Climate Change and Tropical Ecosystems*. Advances in Soil Science, CRC Press, Boca Raton, FL. p. 231-249.
- Ferreira, L.V. 2001. *A distribuição das unidades de conservação no Brasil e a identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade nas ecorregiões do Bioma Amazônia*. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) / Universidade do Amazonas (UA), Manaus. 203 p.
- IBGE 1992. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Série Manuais Técnicos em Geociências 1. IBGE, Rio de Janeiro. 92p.
- Nogueira, E.M.; França, M.B.; Nelson, B.W. 2003. Densidade de madeira em floresta densa na Amazônia Central e sua aplicação na estimativa de biomassa de florestas no Arco do Desmatamento. In: Anais (CD-ROM) do 54º Congresso Nacional de Botânica / 3ª Reunião Amazônica de Botânica, Universidade da Amazônia (UNAMA), Belém (13 a 18 de julho de 2003).
- Nogueira, E.M.; Nelson, B.W.; Fearnside, P.M. 2004. Densidade do cerne de árvores na Amazônia Central: efeito da temperatura e da reidratação. In: Razera, A.; Nogueira, E.M.; Freitas, D.V.; Gonçalves, J.F.C.; Luizão, F.J. (eds.), Anais (CD-ROM) do 3º Simpósio Brasileiro de Pós-graduação em Engenharia Florestal / 1º Encontro Amazônico de Ciências Florestais, Manaus – AM (22 a 26 de junho de 2004).
- Parolin, P.; Ferreira, L.V. 1998. Are there differences in specific wood gravities between trees in várzea and igapó (Central Amazonia)? *Ecotropica*, 4: 25-32.
- Parolin, P.; Worbes, M. 2000. Wood density of trees in black water floodplains of Rio Jaú National Park, Amazonia, Brazil. *Acta Amazonica*, 30(3): 441-448
- Prance, G.T. 1975. Estudos sobre a vegetação das Campinas Amazônicas. I. Introdução a uma série de publicações sobre a vegetação das Campinas Amazônicas. *Acta Amazonica* 5(3): 207-209.
- Reyes, G.; Brown, S.; Chapman, J.C.; Lugo, A.E., 1992. *Wood densities of tropical tree species*. USDA Forest Service. General Technical Report S0-88. Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana.
- Souza, M.H.; Magliano, M.M.; Camargos, J.A.A. 1997. *Madeiras tropicais brasileiras (Brazilian tropical woods)*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Laboratório de Produtos Florestais. Brasília. 152p.
- Trugilho, P.F.; Silva, D.A.; Frazão, F.J.L.; Matos, J.L.M. 1990. Comparação de métodos de determinação de densidade básica em madeira. *Acta Amazonica*, 20 (único): 307-319.
- Vital, B.R.; Pereira, A.R.; Lucia, R.M.D.; Andrade, D.C. 1984. Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado na região do cerrado de Minas Gerais. *Boletim Técnico IBDF*, 8: 49-52.
- Woodcock, D.W. 2000. Wood specific gravity of trees and forest types in the Southern Peruvian Amazon. *Acta Amazonica*, 30(4): 589-599.

**RECEBIDO EM: 17/03/2004**  
**ACEITO EM: 24/08/2004**

