

Estimativa de biomassa lenhosa acima do solo ao longo do gradiente inundável de várzea e igapó na Amazônia oriental, Estado do Amapá

Marcelo de Jesus Veiga Carim^{1*}

Florian Karl Wittmann²

Maria Teresa Fernandez Piedade³

José Renan da Silva Guimarães⁴

Luciedi Cássia Leôncio Tostes⁵

1. Agrônomo (Universidade Federal Rural da Amazônia), Doutor em Botânica (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), Pesquisador do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá, Brasil.

2. Geógrafo (Universidade de Mannheim), Doutor em Fitogeografia (Max Planck Institut für Limnologie), Pesquisador do Instituto de Geografia e Geoecologia da Universidade de Karlsruhe, Alemanha.

3. Bióloga (Universidade Federal de São Carlos), Doutora em Biologia (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), Pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil.

4. Geógrafo (Universidade Federal do Amapá), Especialista em Gestão Ambiental (Centro Universitário Internacional), Pesquisador do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá, Brasil.

5. Bióloga (Universidade Federal do Pará), Doutora em Ciências de Florestas Tropicais (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá, Brasil.

*Autor para correspondência: veigacarim@hotmail.com

RESUMO

Este estudo objetivou estimar e comparar a biomassa lenhosa acima do solo ao longo do gradiente de inundação de duas bacias hidrográficas no Estado do Amapá. Foram alocadas 26 parcelas de um hectare (100 m x 100 m), sendo 13 parcelas em cada ambiente (várzea e igapó). Considerou-se todos os indivíduos vivos com DAP \geq 10 cm. Optou-se por avaliar a biomassa através de um modelo alométrico já testado em florestas úmidas, em que considera as variáveis de densidade da madeira (ρ), altura (H) e área basal (AB). A biomassa estimada para os dois ecossistemas, apresentou praticamente a mesma média (198 Mg/ha). No igapó o maior valor foi de 326,83 Mg/ha e na várzea foi 272,12 Mg/ha. O tempo médio de inundação foi de $61 \pm 25,69$ dias/ano, no igapó e $21 \pm 1,33$ dias/ano na várzea. A biomassa foi positivamente relacionada com gradiente do solo (percentual de areia) no igapó e com silte na várzea e com a inundação nos dois ambientes. A concentração de biomassa nos dois ambientes foi impulsionada, principalmente, por poucas espécies de grande porte e de modo geral as mesmas espécies transitaram entre as duas áreas elevando assim o acúmulo de biomassa.

Palavras-chave: florestas úmidas, área basal, estrutura, textura do solo.

Above ground woody biomass estimate along the flood gradient of várzea and igapó forests in the eastern Amazon, State of Amapá, Brazil

ABSTRACT

This study aimed to estimate the woody biomass above ground along the flooding gradient of two hydrographic basin at the Amapá State. They were allocated 26 plots of one hectare (100 m x 100 m), 13 plots in each environment (várzea and igapó forests). It was considered all living individuals with DBH \geq 10 cm. To assess the biomass it was used the allometric model already tested in rainforests, which it considers the variables: wood density (ρ), height (H) and basal area (BA). The biomass estimated for both ecosystems presented the same average (198 Mg/ha). In the igapó forest the maximum value was 326.83 Mg/ha and in the várzea was 272.12 Mg/ha. The flood regime averaged 61 ± 25.69 days/year and 21 ± 1.33 days/year in the igapó and várzea forest, respectively. The biomass was positively related to soil gradient (percentage of sand) in the igapó and with silt in the várzea and with flooding in both environments. The biomass concentration in the two environments was driven mainly by a few large species, in general the same species transited between the two areas, thus increasing the accumulation of biomass.

Keywords: rainforest; basal area; structure; soil texture.

Introdução

As florestas tropicais úmidas caracterizam-se pela sua biodiversidade e alta taxa de produtividade biológica com grande estoque de biomassa e carbono (SANTOS et al., 2004). Diante do debate a respeito do papel das florestas sobre as mudanças climáticas globais, a avaliação do estoque de biomassa lenhosa acima do solo assume um papel importante dentro desse contexto, aumentando a demanda por pesquisas que quantifiquem o potencial dos ecossistemas florestais em sequestrar carbono da atmosfera e estocar biomassa (HIGUCHI et al., 1998; KETTERINGS et al., 2001; MELO; DURIGAN, 2006; SILVEIRA et al., 2008; TARGHETTA et al., 2015).

A maioria dos estudos sobre estoque de biomassa lenhosa, indica a qualidade das condições ambientais como clima, hidrologia, estrutura do solo, da vegetação e disponibilidade de nutrientes (CHAVE et al., 2004). O estoque de biomassa se diferencia entre locais e indivíduos, sendo reflexo dos diversos fatores ambientais aos quais a planta está suscetível, além dos fatores inerentes a própria planta (SOARES et al., 2011). Alguns estudos em florestas tropicais na Amazônia central observaram uma correlação entre biomassa e os gradientes de textura, de fertilidade do solo e topografia do terreno (LAURANCE et al., 1999; CUMMINGS et al.,

2002; CASTI-LHO et al., 2006).

As estimativas de biomassa e sequestro de carbono em florestas tropicais são geralmente realizadas utilizando-se modelos alométricos (HIGUCHI et al., 1998; CHAMBERS et al., 2001; CLARK et al., 2001; BAKER et al., 2004; CHAVE et al., 2005; MALHI et al., 2006), através de variáveis independentes como DAP, altura e densidade da madeira (SILVEIRA et al., 2008). Estes modelos consideram ao mesmo tempo altura, diâmetro (área basal) e densidade da madeira (CHAVE et al., 2005). Métodos indiretos fornecem dados essenciais que permitem a extrapolação de estoques de biomassa e carbono para os ecossistemas avaliados (SOMOGYI et al., 2006).

Neste trabalho, objetivou-se estimar a biomassa lenhosa acima do solo ao longo do gradiente inundável de duas bacias hidrográficas de várzea e igapó no Estado do Amapá, utilizando equações alométricas pelo método não-destrutivo.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em duas bacias hidrográficas na Amazônia oriental, no Estado do Amapá. A primeira localiza-se na

bacia hidrográfica do rio Amazonas, no município de Mazagão. A segunda tem como principal tributário o rio Jari, tendo sua nascente no escudo Guianense, formando a bacia hidrográfica do Jari, município de Laranjal do Jari (Figura 1).

As duas áreas encontram-se sob o domínio do clima tipo Ami (quente úmido), alta umidade relativa, elevado  ndice pluviométrico anual (2.000mm a 2.500mm), com um pequeno período seco de 3 a 4 meses e outro chuvoso de dezembro a junho; temperatura mínima de 23^o C e máxima de 33^o C, alta umidade relativa (acima de 80%) (V SQUES; RABELO, 1999). O solo da área de estudo   classificado como Glei Pouco h mico eutrófico a moderado, textura argilosa (QUEIROZ; MACHADO, 2008).

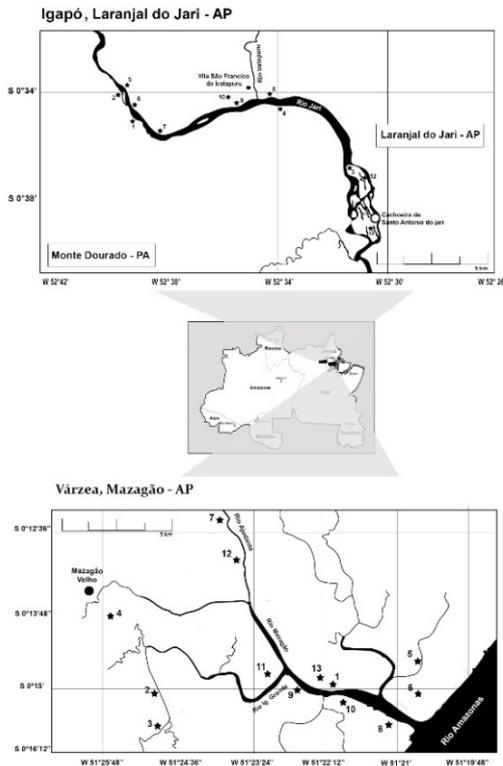


Figura 1. Localiza o das parcelas nas duas bacias hidrográficas na Amazônia Oriental, Estado do Amapá (Fonte: CARIM et al., 2016). **Figure 1.** Location of plots in the two basins in the eastern Amazon, State of Amapá (Source: CARIM et al., 2016).

Inventário Florístico

Foram alocadas 26 parcelas de um hectare (100 m x 100 m), sendo 13 em cada ambiente. Foram considerados todos os indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP \geq 10 cm), medidos com auxílio de uma fita diamétrica, a altura foi estimada com auxílio de uma vara graduada de 6 metros de comprimento.

As espécies foram identificadas em campo com auxílio de um parabol nico. Exemplares não identificados tiveram seus materiais botânicos coletados para posterior confirma o taxon mica no Herbário Amapaense (HAMAB), localizado no Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá – IEPA e quando necessário levados ao herbário do Museu Paraense Emilo Goeldi. Para classifica o dos vegetais foi utilizado o sistema APG III (2009) e o nome das espécies listadas foi atualizado utilizando o banco de dados do Tropicos Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org/>).

Cotas de inunda o

Para obter a inunda o média das parcelas foi calculada a inunda o média anual para cada indivíduo amostrado, obtida por meio do registro das alturas de inunda o impressas nas árvores pela última cheia do ano de 2012 (CARIM et al., 2016). Com base nos dados disponibilizados pela Agência Nacional de  guas (ANA) através do Sistema de Informa es Hidrológicas (*HidroWeb*), foram obtidas as cotas diárias do rio Amazonas (Esta o Maracá - AP, código: 00051004) para o período de 1976 a 2004 e rio Jari (Esta o São Francisco – AP, código: 00052000) para o período de 1970 a 2007.

Subtraindo-se a altura de inunda o da cota máxima atingida pelo rio no ano de 2012, obteve-se a cota mínima a partir da qual

consideramos que o indivíduo se encontrou inundado. Esse valor foi usado como referência para o cálculo da inunda o média dos indivíduos para o período de cada série histórica para as duas bacias hidrográficas. Com base nestes dados, calculamos o número de dias que cada indivíduo foi inundado em cada ano e a partir da  sua inunda o média (em dias ano⁻¹) para todo o período citado. A inunda o média de cada parcela constitui a média das inunda es dos indivíduos da parcela (WITTMANN et al., 2002).

Solo

Foram coletadas três amostras de solos superficiais (0 - 20 cm), obtidas dos extremos e meio de cada hectare. As três amostras de solo de cada parcela foram homogeneizadas, resultando em uma amostra de solo por parcela/hectare. As análises de micronutrientes (Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Cobre (Cu)) foram realizadas no laboratório de solos da Embrapa/Amazônia ocidental (EMBRAPA, 1997). Macronutrientes foram analisados no laboratório de solos da EMBRAPA/AP. Foram determinados, de acordo com Camargo et al. (1986), pH em água e em KCl 1 mol L⁻¹, acidez potencial (H⁺ + Al³⁺), matéria orgânica, bases cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e alumínio (Al³⁺) trocáveis e fósforo (P) assimilável. A partir destas análises foram calculados: Soma de bases (SB), Capacidade de troca de c t ions (CTC), Saturat o por bases (V%) e Saturat o por Al (m%). A Granulometria (porcentagem de areia, de silte e de argila) no laboratório de sedimentos e solos do Núcleo de Pesquisas Aquáticas – CPAQ/IEPA-AP. Na análise granulométrica a fra o areia foi peneirada enquanto que silte e argila foram separadas pelo método da pipeta, conforme os procedimentos sugeridos pela Embrapa (1997).

Análise de dados

Para a estimativa de biomassa lenhosa acima do solo (AGB), foi considerado o modelo alométrico definido por Cannell (1984), sendo: $AGB = F \times \rho \times H \times (DAP/2)^2$, testado em florestas  midas (CANNELL, 1984), CHAVES et al., 2005; WITTMANN et al., 2008; TARGHETTA et al., 2015). Utilizou-se ainda um fator de corre o (F=0,6), que leva em considera o perdas de biomassa devido às ramifica es na copa e assume que as ramifica es não mudam com o aumento do tamanho do indivíduo (CANNELL, 1984; CHAVE et al., 2005; WITTMANN et al., 2008).

Para o cálculo de biomassa de palmeiras utilizou-se o modelo alométrico desenvolvido por Frangi e Lugo (1985), que leva em considera o a altura (H) como variável chave que explica a varia o na biomassa destas espécies. Juntou-se os valores dos dois modelos para obtermos os valores de biomassa média de cada  rea.

As densidades específicas das espécies amostradas foram obtidas com base na literatura, priorizando trabalhos em florestas  midas. Para as espécies cujos dados não estão disponíveis na literatura, utilizou-se a média das densidades específicas encontradas para o mesmo g nero (CHAVE et al., 2005; 2006). Para aquelas espécies ou g neros cujos dados não foram encontrados, foram utilizadas as m dias das densidades de cada parcela separadamente, aplicadas aos indivíduos da mesma parcela (BAKER et al., 2004).

Os cálculos estatísticos foram processados utilizando o software PAST (HAMMER et al., 2001). Aplicou-se o teste t (student) e ANOVA para avaliar a biomassa nos dois ambientes e entre as parcelas dentro de cada ambiente e os efeitos combinados de inunda o e biomassa. O período médio de dias inundados foi calculado para cada parcela de 10.000 m² com base em medidas de todos os indivíduos presentes.

Para análise do gradiente de solo foram realizadas análises de Componentes Principais (PCAs de correla o) a fim de reduzir a dimensionalidade das variáveis edáficas e descrever as variáveis mais significantes para o igapó e várzea. Para determinar a rela o entre biomassa e o gradiente edáfico, foram utilizadas correla es simples com a biomassa como variável dependente e o primeiro eixo da PCA como variável independente. Através da PCA avaliou-se a força das intera es do meio físico com a estrutura da vegeta o. Esta análise foi feita para cada ambiente separadamen-

te e de todas as variáveis iniciais apenas dez apresentaram associações significativas com elementos da estrutura da vegetação na várzea e quinze no igapó.

Para avaliar os efeitos das variáveis de solo na biomassa, utilizou-se correlações simples de Pearson (p), onde os gradientes do solo mais significantes na estrutura da vegetação foram relacionados com a biomassa.

Resultados

Florística e estrutura da floresta

No total, foram registrados 5.114 indivíduos, com média de 393 ind/ha, distribuídos em 45 famílias, 150 gêneros e 285 espécies no igapó e 5.461 indivíduos distribuídos em 29 famílias, 80 gêneros e 98 espécies, com média de 420 ind/ha, na várzea. Fabaceae, Arecaceae e Malvaceae foram as famílias mais importantes para os dois ambientes, sendo Fabaceae com maior destaque.

Entre as espécies registradas, quarenta e quatro foram comuns para os dois ambientes, onde estas contribuíram significativamente para o acúmulo de biomassa florestal. No igapó representaram 50,7% da abundância total e 51,7% da biomassa florestal; na várzea foi maior ainda, 69,6% da abundância total e 74,4% de toda biomassa florestal. *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze (12,23%), *Hevea brasiliensis* L. (11,01%), *Parinari excelsa* Sabine (5,68%), *Carapa guianensis* Aubl. (5,42%) e *Terminalia dichotoma* G. Mey. (4,32%), juntas obtiveram 38,66% de toda biomassa registrada e 26,87% dos indivíduos, no igapó. Na várzea, somente a espécie *Mora paraensis* (Ducke), obteve 34,29% desta de toda biomassa neste ambiente. *Astrocaryum murumuru* Mart. com mais indivíduos (14%) deteve apenas 2,5% da biomassa total.

As espécies no igapó apresentaram diâmetro médio estimado em $23,90 \pm 14,73$ cm e altura média de $17,03 \pm 6,34$ m. Na várzea o diâmetro médio foi de $24,37 \pm 14,26$ cm, com altura média de $14,68 \pm 7,07$ m.

A área basal entre as parcelas do igapó variou de 15 a 35 m², com média de $24,35 \pm 6,44$ m²/ha, na várzea a variação foi de 21 a 32 m², com média de $29,92 \pm 3,41$ m²/ha. Os indivíduos foram agrupados em classes de diâmetro com intervalos de 10 cm, onde a maior concentração de biomassa foi contida nas classes de DAP (20,1 – 30 cm e 30,1 – 40 cm), estas apresentaram pouca densidade de indivíduos em relação a primeira classe, porém, alta área basal (39,98%), no igapó e (31,77%) na várzea, as classes com maior abundância de indivíduos, igapó (50%) e várzea (51%), tiveram menor biomassa (Figura 2 e 3).

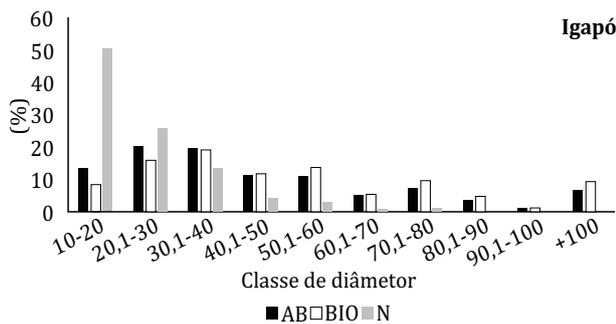


Figura 2. Número de indivíduos (N), área basal (AB) e biomassa (BIO) em floresta de igapó. / Figure 2. Number of individuals (N), basal area (BA) and biomass (BIO) in igapó forest.

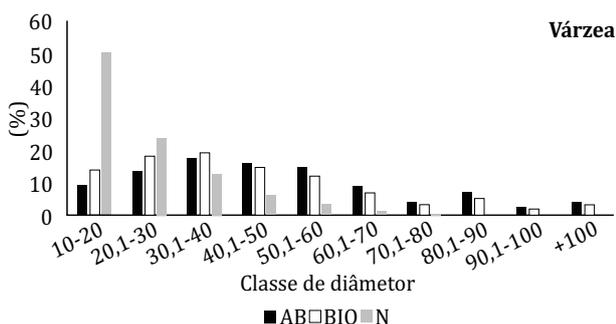


Figura 3. Número de indivíduos (N), área basal (AB) e biomassa (BIO) em floresta de igapó. / Figure 3. Number of individuals (N), basal area (BA) and biomass (BIO) in igapó forest.

Efeitos do tempo de inundação e biomassa

No igapó, a altura da coluna d'água média registrada nos indivíduos foi de $0,81 \pm 0,35$ cm, com medições máximas alcançando 170 cm de altura; o tempo de inundação variou de 32 a 94 dias/ano, com média de $61 \pm 25,69$ dias/ano, conforme variação do relevo considerando toda a planície de inundação. Para floresta de várzea, a altura da coluna d'água média registrada nos indivíduos foi de $0,45 \pm 0,13$ cm, com medições máximas alcançando 100 cm, o tempo de inundação variou de 4 a 60 dias/ano, com média de $21 \pm 1,33$ dias/ano.

Para a biomassa lenhosa acima do solo das espécies arbóreas + palmeiras, a variação foi de 84,10 a 326,83 Mg/ha com média de $198,56 \pm 78,28$ Mg/ha na floresta de igapó e variação de 83,81 a 272,12 Mg/ha com média $198,06 \pm 53,33$ Mg/ha para floresta de várzea (Tabela 1). A biomassa entre os dois ecossistemas não diferiu estatisticamente (teste t de Student, $p > 0,05$), no entanto, ao avaliarmos as parcelas no interior de cada ecossistema, observou-se diferença estatística entre elas (ANOVA).

Na várzea, a parcela 1, localizada na margem direita do rio Mazagão e distante aproximadamente 3 km da foz do rio Amazonas, apresentou maior biomassa (272,12 Mg/ha), seguida da parcela 13 (267,85 Mg/ha). No outro extremo, a parcela 8 apresentou menor biomassa (83,82 Mg/ha), e está localizada mais próximo da foz, aproximadamente 800 m de distância, mostrou forte relação positiva no eixo 1 com inundação, Ca, SB e CTC.

O ambiente de igapó registrou maiores amplitudes de biomassa com relação a várzea estudada. As parcelas registradas com maior biomassa foram, parcela 7 (326,83 Mg/ha) e parcela 12 (314,71 Mg/ha), distantes aproximadamente 14 km, ambas registraram diferentes médias de inundação 70 e 57 dias/ano, consecutivamente. No outro extremo, o menor volume de biomassa foi registrado na parcela 2 (84,11 Mg/ha), com média de 53 dias/anos inundada.

Tabela 1. Número de dias inundados (Inund. Dias) e biomassa lenhosa acima do solo para cada parcela inventariada em cada ecossistema com suas respectivas médias e desvio padrão. / Table 1. Number of flooded days (Inund. Dias) and woody biomass above the soil for each plot plotted in each ecosystem with their respective means and standard deviation.

Parcela	Várzea		Igapó	
	Inund. (Dias)	Biomassa (Mg/ha)	Inund. (Dias)	Biomassa (Mg/ha)
1	20	272,12	34	157,62
2	20	183,65	53	84,11
3	23	130,10	38	272,70
4	20	192,02	33	146,55
5	22	212,90	37	159,80
6	21	187,80	32	297,70
7	21	162,05	70	326,84
8	21	83,82	94	138,69
9	23	189,05	91	187,13
10	20	253,24	77	179,86
11	23	228,69	93	188,70
12	22	211,47	57	314,70
13	18	267,85	94	126,91
Máximo	23	272,122	94	326,835
Mínimo	18	83,8162	32	84,107
Média ± Desv. Pad.	21,06 ± 1,32	198,56 ± 78,29	61,72 ± 25,66	198,06 ± 53,34

Variáveis edáficas

O efeito resultante da interação das variáveis com o ambiente por meio da análise de componentes mostrou a força das principais variáveis no agrupamento das parcelas, definindo a separação de três grupos ambientais de parcelas distintas em cada ambiente. Para o igapó, as variáveis que mais influenciaram o agrupamento das parcelas (1, 2, 5, 6, 7) foram fortemente associadas a fração de areia (valores médios de 80%), acidez (pH) e o tempo de inunda-

ção. As parcelas 4, 8, 9, 10, localizadas próximas a entrada do rio Iratapuru mostraram alta correlação com micronutrientes (Fe, Zn, Mn e Cu) e Capacidade de Troca Catiônica (CTC), mas abaixo distante aproximadamente 8 km deste grupo, as parcelas 3, 11, 12 e 13 mostraram alta correlação com o silte.

Na várzea, as parcelas 4, 7 e 12 foram fortemente influenciadas pelo fósforo (P), zinco (Zn) e matéria orgânica (MO), as parcelas 2,3 e 11 mostraram correlação com silte e acidez (pH), próximo da foz do rio Mazagão com o Amazonas, formou um grupo com maior número de parcelas (1,5,6,8,9,10,13), estas mostraram alta correlação com cálcio (Ca), saturação de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), potássio (K), tempo de inundação e areia.

Dois parcelas foram registradas com menor acúmulo de biomassa, parcela 8 na várzea (83,81 Mg/ha) e parcela 2 no igapó (84,10 Mg/ha). Na várzea, nesta parcela mostrou-se forte a relação positiva no eixo 1 com inundação, Ca, SB e CTC. No igapó com média de 53 dias/ano inundada, mostrou-se forte a relação negativa no eixo 1 com pH e silte. As frações de areia e silte influenciaram significativamente a estrutura e abundância na várzea com areia mostrando uma forte correlação com o diâmetro dos indivíduos.

Discussão

O presente estudo mostrou a dominância de poucas famílias e espécies nos dois ambientes florestais, corroborando com outros autores que propõe sobre a dominância dessas espécies em florestais tropicais (FERREIRA et al., 2010; TER STEEGE et al., 2013; CARIM et al., 2016). Para Carim et al. (2016) essa supremacia é mais evidente em ambientes de florestas aluviais.

A contribuição de uma espécie em termos de abundância difere substancialmente da sua contribuição para as funções do ecossistema em geral (FAUSET et al., 2015). *Mora paraensis*, segunda mais abundante com 837 indivíduos, contribuiu com 30% do total de biomassa, na várzea. No igapó, *Pentaclethra macroloba* e *Hevea brasiliensis*, contribuíram com 22% do total de biomassa. Espécies com baixa abundância apresentam grande fração de biomassa, isto se dá devido a características das espécies que apresentam grande porte e densidade de madeira que pode contribuir com volume de biomassa com tão poucos indivíduos (FAUSET et al., 2015).

Árvores com DAP acima de 40 cm influenciam bastante o acúmulo de biomassa de um determinado ambiente, onde geralmente contribuem com mais de 60% da biomassa (CHAVE et al., 2001; LINDNER, 2010). Essas árvores contribuíram para a elevada biomassa nas classes de diâmetros intermediários deste estudo (20,1 - 30 cm e 30,1 - 40cm), onde apesar da baixa densidade de indivíduos, concentrou-se uma grande área basal dos dois ambientes, conseqüentemente maior acúmulo de biomassa. A área basal dos indivíduos mostrou-se diretamente proporcional ao acúmulo de biomassa.

Árvores de grande porte podem estar influenciando diretamente para que os dois ambientes apresentem médias de biomassa bem similares e elevando principalmente a biomassa de algumas parcelas no igapó. O impacto desses indivíduos em relação a biomassa também decorre do fato de armazenarem grande quantidade de biomassa e baixa abundância (PAOLI et al., 2008). Qualquer impacto sobre essas árvores, quer pela mudança global ou outros distúrbios que afetam a abundância e persistência destes grandes indivíduos, podem conduzir a um impacto importante sobre a biomassa da floresta (PAOLI et al., 2008).

As espécies que se destacaram, possuem ampla distribuição em ambiente de várzea no estuário sob regime de maré (AMARAL et al., 2004; QUEIROZ; MACHADO, 2008; CARIM et al., 2008). São comumente encontradas nos dois ambientes, e possuem uma maior tolerância às variações ambientais, ocupam uma maior variedade de habitats e produzem grandes populações, mostrando que estas ocorrem de forma generalista nesses ambientes (WITTMANN et al., 2006). São tolerantes a inundações sazonais, mas não restritos a ambientes altamente inundados (WITTMANN et al., 2006). Devido a sua forma de adaptação a esses ambientes, estas passam a exercer forte influência na biomassa de cada um deles.

A biomassa apresentada nas duas áreas não mostrou diferenças estatísticas, tendo os dois ambientes apresentado praticamente a mesma média de valores de biomassa (198,56 Mg/ha). Porém, dentro de cada ambiente a biomassa apresentou grande variabilidade entre as parcelas. Quando comparado os dois ecossistemas, os trabalhos realizados na Amazônia mostram a várzea com médias de biomassa acima do solo superiores em relação ao igapó, o que não foi o caso deste estudo, onde os dois ambientes não mostraram diferença estatísticas.

Estudos na região Amazonica fazem referência a quantificação dessa biomassa em florestas inundáveis (CUMMINGS et al., 2002; MALHI et al., 2006; HAUGAASEN; PERES, 2006; SAATCHI et al., 2007; WITTMANN et al., 2008; SCHÖNGART; WITTMANN, 2010; TARGHETTA et al., 2015), porém no ambiente de várzea e igapó ainda são poucos os trabalhos, dificultando qualquer comparação entre os dois ecossistemas.

Em floresta de várzea na Amazônia oriental, Almeida et al. (2004) estimaram valores de 170 a 323 Mg/ha em quatro regiões abrangendo a parte sul do estuário amazônico (Barcarena, Cajuúna, Chave e Xingu), registrando maior acúmulo na região do Xingu; Malhi et al. (2006), em florestas de várzea da Amazônia ocidental, estimaram valores em torno de 195 a 357 Mg/ha. Targhetta et al. (2015) registraram variação de 88 a 196 Mg/ha, com média de 141,44 Mg/ha, para floresta de igapó usando o mesmo modelo alométrico desse estudo. No Estado do Amapá, onde esses estudos ainda são escassos, não foram registrados trabalhos sobre biomassa em ambientes inundáveis, a maioria dos estudos ficam restritos apenas em avaliar sua estrutura e diversidade, na maioria dos casos em floresta de várzea (RABELO et al., 2002; ALMEIDA et al. 2004; QUEIROZ; MACHADO, 2008; CARIM et al., 2008; BATISTA et al., 2013).

Nesse estudo a várzea se mostrou mais rica para a maioria dos nutrientes do solo com relação ao igapó, fato similar apresentado por outros estudos na Amazônia (IRION et al., 1997; JUNK, 1997; PAROLIN, 2000). Através dos componentes principais, o efeito resultante da interação das variáveis com o ambiente mostrou a separação de três grupos ambientais de parcelas distintas em cada ambiente.

Poucos elementos edáficos se correlacionaram com a biomassa nos dois ambientes. Alguns trabalhos na região amazônica, estudando biomassa e fatores edáficos registraram pouco ou nenhuma relação entre as duas variáveis (CLARK; CLARK, 2000; CHAVE et al., 2001; TARGHETTA et al., 2015). Neste estudo o tempo de inundação se mostrou significativo quando correlacionado com biomassa para os dois ambientes, seguido das frações de areia no igapó e o silte na várzea. A textura é considerada uma das mais importantes características edáficas, pois influencia diretamente as relações entre matéria orgânica, íons e drenagem do solo (SILVER et al., 2000; FEARNESIDE; LEAL FILHO, 2001).

O tempo de inundação foi compreendido como variação do ambiente climático. Não houve correlação entre o tempo de inundação ($\rho = 0,063$), quando comparados os dois ambientes. O tempo de inundação respondeu de forma diferenciada dentro de cada ambiente. Na várzea as associações mostraram correlações mode-radas negativas para densidade e altura das plantas.

Independente da tipologia vegetal, a estrutura da vegetação e a biomassa em florestas amazônicas são interpretadas como dependentes e são influenciadas geralmente por dois fatores, sendo: inundação que causa menor biomassa em solos sazonalmente inundados ou altamente inundados (WITTMANN et al., 2004; BARALOTO et al., 2011) e disponibilidade de nutrientes no solo (LAURANCE et al., 1999; PAOLI et al., 2008; QUESADA et al., 2011).

Em geral, o maior acúmulo de biomassa florestal é esperado em solos mais férteis independente da composição de espécies, isto porque, no solo há mais recursos disponíveis para o crescimento das plantas (CASTILHO et al., 2006). Nesse estudo, mostrou-se que as espécies se adaptam de forma diferenciada a disponibilidade de nutrientes no solo e às condições de terreno. Apesar de alguns indivíduos das florestas inundáveis serem mais tolerantes à inundação, suportando maior tempo de inundação (WITTMANN et al., 2002), a inundação pode ser considerada, ainda assim, um fator limitante para as populações de plantas de várzea como as espécies investigadas, já que mesmo localizadas em áreas que sofrem uma menor influência da inundação estas

podem, ainda, não ter desenvolvido mecanismos de adaptação tão efetivos (WITTMANN et al., 2002; 2008). Pequenas variações na topografia, também podem causar uma rápida mudança na duração da inundação e mudam as condições ambientais ao longo de pequenas distâncias (WORBES, 1997).

Alguns estudos mostram o regime de inundação exercendo forte impacto no desenvolvimento dos indivíduos arbóreos, apresentando baixas taxas de incremento diamétrico durante o período de cheia, como demonstrado para florestas de várzea e igapó na Amazônia (SCHÖNGART et al., 2002). Além do crescimento limitado, outra consequência do alagamento é a zonação diferenciada das espécies, que se distribuem ao longo do gradiente de inundação de acordo com suas capacidades competitivas e de adaptação ao ambiente (WITTMANN et al., 2006).

Conclusões

Os resultados do presente estudo mostraram que a estrutura e o acúmulo de biomassa nos dois ambientes não foram significativamente diferentes, apresentaram baixos valores comparados a florestas de terra firme e valores bem próximos a estudos em florestas inundáveis. O estudo mostrou maiores amplitudes de biomassa em parcelas correspondentes ao ambiente de igapó. Quando comparados os dois ambientes apresentaram praticamente a mesma média, diferente dos estudos realizados na Amazônia Central, onde registraram maior acúmulo de biomassa em florestas de várzea. Espécies emergentes nos ambientes mostraram grande influência na biomassa destes.

Variáveis ambientais internas a cada ambiente apresentaram relação direta com as parcelas e a zonação de algumas espécies dominantes. O tempo de inundação foi fortemente correlacionado com a biomassa nos dois ambientes, com destaque para várzea. Areia no igapó e silte na várzea foram as variáveis que também influenciaram sendo fortemente correlacionados com a biomassa.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, S.S.; AMARAL, D.D.; SILVA, A.S. Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. *Acta amazônica*, v. 34, p. 513-524, 2004.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG III). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 161, p. 105-121, 2009.
- BAKER, P.J.; PHILLIPS, O.L.; MALHI, Y.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; DI FIORI, A.; ERWIN, T.; KILLEEN, T.J.; LAURANCE, S.G.; LAURANCE, W.F.; LEWIS, S.L.; LLOYD, J.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D.A.; PATIÑO, S.; PITMAN, N. C. A.; SILVA, J.N.M.; MARTÍNEZ, R.V. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology*, v. 10, p. 545-562, 2004.
- BARALOTO, C.; RABAUD, S.; MOLTO, Q.; BLANC, L.; FORTUNEL, C.; HÉRAULT, B.; DÁVILA, N.; MESONES, I.; RIOS, M.; VALDERRAMA, E.; FINE, P.V.A. Disentangling stand and environmental correlates of aboveground biomass in Amazonian forests. *Global Change Biology*, v. 17, p. 2677-2688, 2011.
- BATISTA, A.P.B.; SANTOS, V.S.S.; APARÍCIO, W.C.S.; APARÍCIO, O.S.; SILVA, D.A.S. Similaridade e gradientes de riqueza florística em uma floresta de várzea na cidade de Macapá. *Revista Verde*, v.8, p.152-158, 2013.
- CAMARGO, A.O.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. *Métodos de análise química, mineralógica e física do Instituto Agronômico de Campinas*. Campinas: Instituto Agronômico, (Boletim Técnico, 106) 94 p, 1986.
- CANNELL, M.G.R. Woody biomass of forest stands. *Forest Ecology and Management*, v. 8, p. 3-4, 1984.
- CARIM, M.J.V.; JARDIM, M.A.G.; MEDEIROS, T.D.S. Composição Florística e Estrutura de Floresta de Várzea no Município de Mazagão, Estado do Amapá, Brasil. *Scientia Forestalis*, v. 36, p. 191-201, 2008.
- CARIM, M.J.V.; WITTMANN, F.; PIEDADE, M.T.F.; GUIMARÃES, J.R.S.; TOSTES, L.C.L. Composition, diversity, and structure of tidal "Várzea" and "Igapó" floodplain forests in eastern Amazonia, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 40, n. 1, pp 115-124, 2016.
- CASTILHO, C.V.; MAGNUSSON, W.E.; ARAÚJO, R.N.O.; LUIZÃO, R.C.C.; LUIZÃO, F.J.; LIMA, A.P.; HIGUCHI, N. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: effect of soil and topography. *Forest Ecology and Management*, v. 234, p. 85-96, 2006.
- CHAMBERS, J.Q.; HIGUCHI, N.; TRIBUZIO, E.S.; TRUMBORE, S.E. Carbon sink for a century. *Nature*, v. 410, p. 429, 2001.
- CHAVE, J.; ANDAL, C.; BROWN, S.; CAIRNS, M.A.; CHAMBERS, J.Q.; EAMUS, D.; FÖLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESSURE, J.P.; NELSON, B.W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIÉRA, B.; YAMAKURA, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, v. 145, p. 87-99, 2005.
- CHAVE, J.; CONDIT, R.; AGUILAR, S.; HERNANDEZ, A.; LAO, S.; PEREZ, R. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, v. 359, p. 409-420, 2004.
- CHAVE, J.; MULLER-LANDAU, H.C.; BAKER, P.J.; EASDALE, T.A.; STEEGE, H.T.; WEBB, C.O. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 Neotropical tree species. *Ecological Applications*, v. 16, p. 2356-2367, 2006.
- CHAVE, J.; RIÉRA, B.; DUBOIS, M. Estimation of biomass in a Neotropical forest in French Guiana: Spatial and temporal variability. *Journal Tropical Ecology*, v. 17, p. 79-96, 2001.
- CLARK, D.A.; BROWN, S.; KIRKLIGHTER, D.W.; CHAMBERS, J.Q.; THOMLINSON, J.R.; NI, J. Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecological Applications*, v. 11, p. 356-370, 2001.
- CLARK, D.B.; CLARK, D.A. Abundance, growth and mortality of very large trees in neotropical lowland rain forest. *Forest Ecology and Management*, v. 80, p. 235-244, 1996.
- CUMMINGS, D.L.; KAUFFMAN, J.B.; PERRY, D.A.; HUGHES, R.F. Aboveground biomass and structure of rainforests in the southwestern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 163, p. 293-307, 2002.
- EMBRAPA, *Manual de métodos de análises de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212p, 1997.
- FAUSET, S. et al. Hyperdominance in Amazonian forest carbon cycling. *Nature*, v. 6: 6857, p. 1-9, 2015.
- FEARNSIDE, P.M.; LEAL FILHO, N. Soil and development in Amazonia: Lessons from the Biological Dynamics of Forest Fragment Project. In: Bierregaard Jr, R.; Gascon, C.; Lovejoy, T.E.; Mesquita, R.C.G. (Eds.). *Lessons from Amazonia: The ecology and conservation of a fragmented forest*, Yale University Press, p. 291-312, 2001.
- FERREIRA, L.V.; ALMEIDA, S.S.; PAROLIN, P. Amazonian white-and black-water floodplain forests in Brazil: large differences on a small scale. *Ecotropica*, v. 16, p.31-41, 2010.
- FRANGI, J.L.; LUGO, A.E. Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest. *Ecological Monographs*, v. 55, p. 153-165, 1985.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, v. 4: 9p, 2001.
- HAUGAASEN, T.; PERES, C.A. Floristic, edaphic and structural characteristics of flooded and unflooded forests in the lower Rio Purús region of central Amazonia, Brazil. *Acta Amazonica*, v. 36, p. 25-36, 2006.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R.J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*, v. 28, p. 153-165, 1998.
- IRION, G.; JUNK, W.J.; MELO, J.A.S.N. The large Central Amazonian river floodplains near Manaus: geological, climatological, hydrological, and geomorphological aspects. *The Central Amazon Floodplain*, v. 126, p. 23-46, 1997.
- JUNK, W.J. General aspects of floodplain ecology with special reference to Amazonian floodplains. *The Central Amazon Floodplain*, v. 126, p. 3-20, 1997.
- JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 106, p. 110-127, 1989.
- JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; SCHÖNGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J.M.; WITTMANN, F. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands*, v. 31, p. 623-640, 2011.
- KETTERINGS, Q.M.; COE, R.; NOORDWIJK, M.N.; AMBAGAU, Y.; PALM, C.A. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*, v. 146, p. 199-209, 2001.
- LAURANCE, W.F.; FEARNSIDE, P.M.; LAURANCE, S.G.; DELAMONICA, P.; LOVEJOY, T.E.; RAKINDE-MERONA, J.M.; CHAMBERS, J.Q.; GASCON, C. Relationship between soils and Amazon forest biomass: a landscape-scale study. *Forest Ecology Management*, v. 118, p. 127-138, 1999.
- LINDNER, A. Biomass storage and stand structure in a conservation unit in the Atlantic Rainforest - The role of big trees. *Ecological Engineering*, v. 36, p. 1769-1773, 2010.
- MALHI, Y.; WOOD, D.; BAKER, T.R.; WRIGHT, J.; PHILLIPS, O.L.; COCHRANE, T.; MEIR, P.; CHAVE, J.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; HIGUCHI, N.; KILLEEN, T.J.; LAURANCE, S.G.; LAURANCE, W.F.; LEWIS, S.L.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D.A.; VARGAS, P.N.; PITMAN, N.C.A.; QUESADA, C.A.; SALOMÃO, R.; SILVA, J.N.M.; LEZAMA, A.T.; TERBORGH, J.; MARTÍNEZ, R.V.; VINCE, B. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forest. *Global Change Biology*, v. 12, p. 1107-1138, 2006.
- MELO, A.C.G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. *Scientia Forestalis*, v. 71, p. 149-154, 2006.
- PAOLI, G.D.; CURRAN, L.M.; SLIK, J.W.F. Soil nutrients affect spatial patterns of aboveground biomass and emergent tree density in southwest Borneo. *Oecologia*, v. 155, p. 287-299, 2008.
- PAROLIN, P. Seed mass in Amazonian floodplain forests with contrasting nutrient supplies. *Journal of Tropical Ecology*, v. 16, p. 417-428, 2000.
- PAROLIN, P.; WITTMANN, F. Struggle in the flood: tree responses to flooding stress in four tropical floodplain systems. *AoB PLANTS*, plq003, p. 1-9, 2010.
- QUEIROZ, J.A.L.; MACHADO, A.S. Fitossociologia em floresta de várzea do estuário amazônico no estado do Amapá. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 57, p. 5-20, 2008.
- QUESADA, C.A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L.O.; FYLLAS, N.M.; SCHWARZ, M.; CZIMCZIK, C.I. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, v. 8, p. 1415-1440, 2011.
- RABELO, F.G.; ZARIN, D.J.; OLIVEIRA, F.A.; JARDIM, F.C.S. Diversidade, composição florística e distribuição diamétrica do povoamento com DAP e 5cm em região do estuário do Amapá. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 37, p. 91-112, 2002.
- SAATCHI, S.S.; HOUGHTON, R.A.; DOS SANTOS, A.R.C.; SOARES, J.V.; YU, Y. Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Global Change Biology*, v. 13, p. 816-837, 2007.
- SANTOS, S.E.M.; MIRANDA, I.S.; TOURINHO, M.M. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. *Acta Amazonica*, v. 34, p. 01-08, 2004.
- SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M.T.F.; LUDWIGSHAUSEN, S.; HORNA, V.; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *Journal of Tropical Ecology*, v. 18, p. 581-597, 2002.
- SILVEIRA, P.; KOEHLER, H.S.; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.E.O. Estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. *Floresta*, v. 38, p. 185-206, 2008.
- SILVER, W.L.; NEFF, J.; MCGRODDY, M.; VELDAMP, E.; KELLER, M.; COSME. Effects of soil texture on belowground carbon and nutrient storage in a Lowland Amazonian Forest Ecosystem. *Ecosystems*, v. 3, p. 193-209, 2000.
- SOARES, C.B.S.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. *Dendrometria e inventário florestal*. Viçosa: Editora UFV, 272p, 2006.
- SOMOGYI, Z.; CIENCIALA, E.; MÄKIPÄÄ, R.; MUUKKONEN, P.; LEHTONEN, A.; WEISS, P. Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. *European Journal of Forest Research*, v. 126, p. 197-207, 2007.
- TER STEEGE et al. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. *Science*, v.342, p. 325-342, 2013.
- TARGHETTA, N.; KESSELMIEIER, J.; WITTMANN, F. Effects of the hydroedaphic gradient on tree species composition and aboveground wood biomass of oligotrophic forest ecosystems in the central Amazon basin. *Folia Geobotanica*, v. 50, p. 185-205, 2015.
- VÁSQUEZ, M.P.; RABELO, F.G. Sustainable management of an Amazonian Forest for timber production: a myth or reality? *Plec News and Views*, v. 12, p. 20-28, 1999.
- WITTMANN, F.; ANHUF, D.; JUNK, W.J. Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote sensing techniques. *Journal of Tropical Ecology*, v. 18, p. 805-820, 2002.
- WITTMANN, F.; JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F. The várzea forests in Amazonia: flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession. *Forest Ecology and Management*, v. 196, p.199-212, 2004.
- WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J.; MONTERO, J.C.; MOTZER, T.; JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; QUEIROZ, H.; WORBES, M. Tree species composition and diversity gradients in white-water forests across the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*, v. 33, p. 1334-1347, 2006.
- WITTMANN, F.; ZORZI, B.T.; TIZIANEL, F.A.T.; URQUIZA, M.V.S.; FARIA, R.R.; SOUSA, N.M.; MÓDENA, E.S.; GAMARRA, R.M.; ROSA, A.L.M. Tree Species Composition, Structure, and Aboveground Wood Biomass of a Riparian Forest of the Lower Miranda River, Southern Pantanal, Brazil. *Folia Geobotanica*, v. 43, p. 397-411, 2009.
- WORBES, M. The Forest Ecosystem of the Floodplains. *The Central Amazon Floodplain*, v. 126, p. 223-265, 1997.