

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DANIELA PAULETTO

ESTOQUE E PRODUÇÃO DE MADEIRA MORTA EM DIFERENTES  
TIPOLOGIAS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA CENTRAL

CURITIBA

2014

DANIELA PAULETTO

ESTOQUE E PRODUÇÃO DE MADEIRA MORTA EM DIFERENTES  
TIPOLOGIAS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA CENTRAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Mudanças Climáticas, Projetos Sustentáveis e Mercado de Carbono do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof. MSc. Alexandre Behling

CURITIBA

2014

# ESTOQUE E PRODUÇÃO DE MADEIRA MORTA EM DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA CENTRAL

Daniela Pauletto<sup>1</sup>

Orientador: MSc. Alexandre Behling

<sup>1</sup> Engenheira Florestal, Mestre em Ciências de Florestas Tropicais. Endereço: Rua São Lucas, 2053. Conquista. Santarém, Pará. Contato: (93) 91913525 e danielapauletto@hotmail.com.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o estoque e a produção anual de necromassa em diferentes tipologias florestais amazônicas em relação ao período chuvoso e seco, no período de 2006 a 2009. Os dados são oriundos de uma floresta primária do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, situada a 60 km a noroeste de Manaus, Amazonas. A coleta de dados foi iniciada em dezembro de 2006 para a estimativa do estoque de necromassa. Para a avaliação da produção da madeira morta foram realizadas duas coletas anuais de 2007 a 2009 ao final do período chuvoso (junho) e ao final do período seco (dezembro). Foram instaladas 31 parcelas de monitoramento de 0,2 hectare cada distribuídas nas seguintes tipologias florestais amazônicas de terra firme: Platô (8 parcelas), Vertente (8 parcelas), Campinarana (7 parcelas) e Baixio (8 parcelas) que se diferenciam principalmente pelo tipo de solo, umidade e altitude. O maior estoque de necromassa ocorreu nas parcelas localizadas sobre tipologia de vertente ( $73,3 \pm 31,7$  Mg/ha) e nas áreas de Platô ( $60,4 \pm 20,9$  Mg/ha). Nas áreas próximas aos cursos d'água (Campinarana e Baixio) o estoque médio foi de 29,5 e 31,1 Mg/ha. Os resíduos vegetais mortos (troncos e galhos de árvores e estipes de palmeiras) com diâmetro entre 10 a 30 cm compuseram grande parte (61%) do estoque total de necromassa na tipologia de campinarana enquanto que na Vertente a predominância de classe diamétrica dos resíduos mensurados foi acima de 30 cm contabilizando 58% do estoque mensurado. A distribuição da necromassa estocada quanto à classe de decomposição apresentou predominância (56 a 73%) em resíduos em classe intermediária nas quatro tipologias avaliadas. Em relação à necromassa estocada verificou-se que a maior quantidade de resíduos (48 a 63%) encontra-se em contato total com o solo. A produção anual média de necromassa variou de 0,6 a 4,5 Mg/ha/ano no período de 2007 a 2009 sendo que a maior contribuição na deposição de necromassa sobre o solo ocorreu nas áreas de baixio (3,9 a 4,5 Mg/ha/ano) nos anos de 2007 e 2008 e nas áreas de campinarana no ano de 2009 (4,4 Mg/ha/ano). A maior produção de necromassa (3,7 a 4,7 Mg/ha) no período chuvoso ocorreu na tipologia de Baixio para os anos de 2007 e 2008 resultando em altas correlações com a precipitação ( $r=0,65$ ) e dias de chuva ( $r=0,97$ ). No ano de 2009 tanto para as áreas de baixio como para campinarana a maior produção de necromassa ocorreu no período mais seco do ano. O monitoramento em longo prazo, captando eventos climáticos diversos e suas conseqüências é necessário para avaliar este componente com maior precisão.

Palavras-Chave: Resíduos lenhosos, Decomposição, Dinâmica Florestal.

## ABSTRACT

### STOCKING AND PRODUCTION OF NECROMASS IN DIFFERENT FOREST TYPOLOGIES IN THE CENTRAL AMAZON

The aim of this study was to evaluate the stocking and the annual production of necromass in different forest types in the Central Amazon in relation to the rainy and dry season, from 2006 to 2009. The data comes from a primary forest of the National Institute for Amazon Research, situated 60 km northwest of Manaus, Amazonas. Data collection was initiated in December 2006 for the estimation of the stocking of necromass. For measuring the output of dead wood were done two annual collections from 2007 to 2009 the end of the rainy season (June) and the end of the dry period (December). It was installed 31 monitoring plots of 0.2 ha each distributed in the following Amazonian forest topologies land: Platô (8 plots), Vertente (8 plots), Campinarana (7 plots) and Baixio (8 plots) that differ mainly by soil type, humidity and altitude. The evaluation of necromass was held in the dimensions of the parts, their state of decomposition and position related to the ground. The largest stock of necromass occurred in plots leased on Vertente typology ( $73.3 \pm 31.7$  Mg / ha) and areas of Platô ( $60.4 \pm 20.9$  Mg / ha). In nearby of watercourses (Campinarana and Baixio) areas the average inventory was 29.5 and 31.1 Mg/ha. Plant residues dead ( trunks and branches of trees and stem palms ) with diameter between 10-30 cm composed largely (61%) of the total stock of necromass in the typology of Campinarana while the predominance of the Vertente diameter class of waste was measured over 30 cm with the total of 58% of the stock measured. The distribution of stored necromass as to the class of decomposition presented predominance (56-73%) in intermediate class waste four types evaluated. Regarding stored necromass was found that the greater quantity of waste (48 to 63%) is in fully contact with the ground. The average annual production of necromass varied from 0.6 to 4.5 Mg / ha / year in the period 2007 to 2009 with the largest contribution to the deposition of necromass on soil occurred in Baixio areas (3.9 to 4.5 Mg / ha / year) in the years 2007 and 2008 in the areas of Campinarana in 2009 (4.4 Mg /ha /year). The largest production of necromass (3.7 to 4.7 Mg/ha) during the rainy season occurred in the typology of Baixio for the years 2007 and 2008 resulting in high correlation with rainfall ( $r = 0.65$ ) and days of rain ( $r = 0.97$ ). In 2009 both the lowland areas and for the largest Campinarana necromass production occurred in the driest period of the year. The long-term monitoring, capturing several climatic events and their consequences is needed to evaluate this component more accurately.

Keywords: Coarse Woody Debris, decomposition, forest dynamics.

## INTRODUÇÃO

O estudo da ciclagem de nutrientes minerais via liteira, é fundamental para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais. A ciclagem de nutrientes em florestas pode ser analisada através da biomassa acumulada nos diferentes estratos e a quantificação das taxas de nutrientes que se movimentam entre seus compartimentos através da produção de liteira, sua decomposição, lixiviação e outros processos associados (POGGIANI & SCHUMACHER, 2000). Uma das estratégias para este entendimento é a avaliação do estoque e produção de necromassa.

Estudos em florestas não perturbadas na Amazônia têm mostrado um aumento da mortalidade e recrutamento de árvores nas últimas décadas (LAURANCE *et al.*, 2004). O aumento da frequência de El Niño (CONDIT *et al.*, 1995) e a fertilização por gás carbônico (BAKER *et al.*, 2004) têm sido as hipóteses mais defendidas para explicar essas alterações na floresta. No entanto, a Amazônia é uma região bastante heterogênea, com grande variação de relevo e condições de solo e isso pode ser considerado fator determinante da mortalidade de árvores e formação de clareiras.

Apesar de existirem vários estudos a respeito do material lenhoso grosso acima do solo em florestas tropicais (HARMON *et al.*, 1995; NASCIMENTO & LAURANCE, 2002, 2004; KELLER *et al.*, 2004) existem poucas informações detalhadas acerca da produção anual de necromassa e a mortalidade de árvores nas diferentes posições topográficas de modo que este trabalho poderá contribuir para atualização desses valores. Os dados também poderão trazer a contribuição de valores estratificados por ambientais diferentes em florestas amazônicas de terra firme denominados platô, vertente, baixio e campinarana caracterizados por tipos de solos, declividade, vegetação e dinâmicas hídricas distintas. Os platôs são áreas elevadas, de solos argilosos, baixios são os terrenos mais baixos da floresta, com solo areno-argilosos, que estão associados a igarapés enquanto que a vertente nte corresponde a um gradiente fisionomicamente mais semelhante aos platôs (GOULDING *et al.* 1998) porém com declividade acentuada. As campinaranas localizam-se próximas aos baixios e são caracterizadas pela

vegetação mais baixio que em platô e vertente estabelecida sobre solos arenosos e e ricos em ácido húmico.

Este trabalho tem por objetivo avaliar o estoque e a produção anual de resíduos vegetais mortos (troncos e galhos de árvores e estipes de palmeiras) em diferentes gradientes topográficos em florestas amazônicas (Platô, Vertente, Baixio e Campinarana) enfatizando a avaliação da dinâmica de produção de necromassa vegetal, em relação ao período chuvoso e seco, no período de 2006 a 2009.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados foram coletados em floresta primária na Reserva Biológica do Cuieiras administrada pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, situada cerca de 60 km a noroeste de Manaus, Amazonas (Figura 1). A vegetação é típica de floresta tropical primária não perturbada com dossel alcançando uma altura entre 30-40 m, com a ocorrência de cerca de 324 espécies e 174 gêneros por hectare (JARDIM & HOSOKAWA, 1986/87). O clima, segundo a classificação de Köppen, é AmW com temperatura média anual de 26,6°C, umidade relativa de 75 a 86% e precipitação anual de 1.750 a 2.500 mm (RIBEIRO & ADIS, 1984).

O solo predominante é do tipo Latossolo Amarelo Distrófico e Álico (CHAUVEL, 1982). O relevo é levemente ondulado e a diferença de nível entre as calhas dos cursos d'água e a superfície dos platôs varia de 70 a 80 m (SANTOS, 1996).

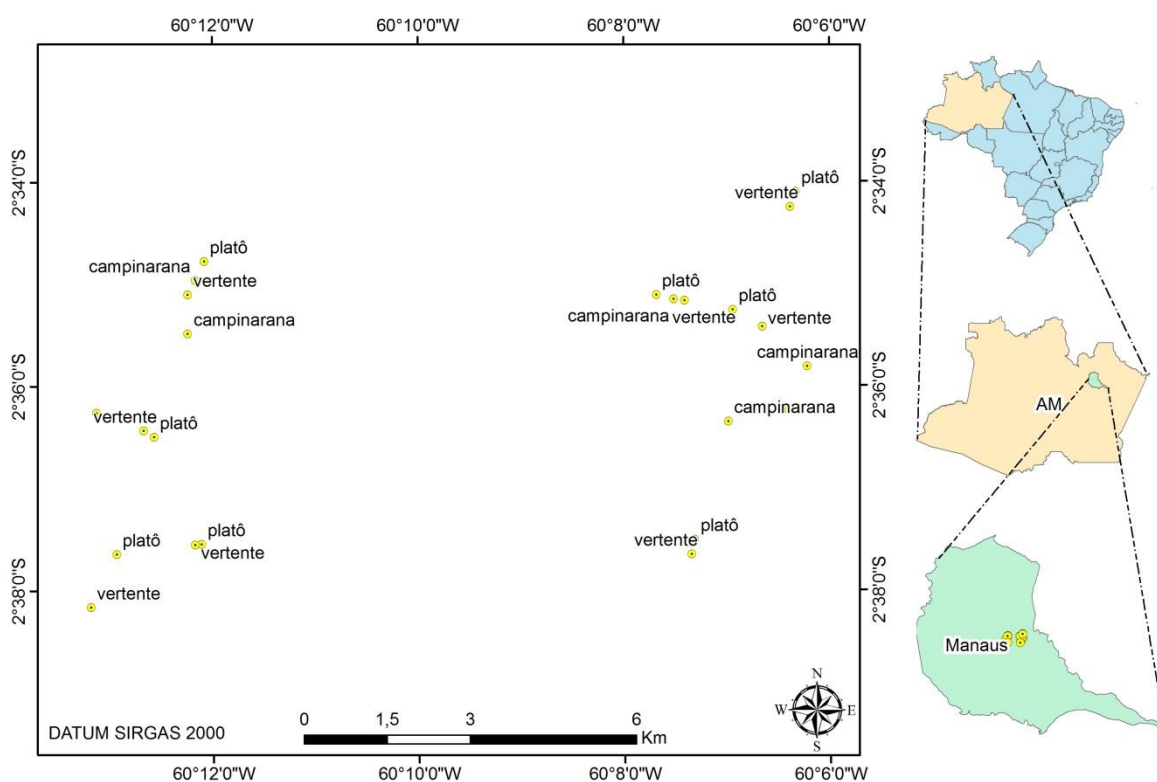


Figura 1. Distribuição das parcelas amostrais para determinação do estoque e produção de necromassa na Reserva Biológica do Cuieiras no município de Manaus, Amazonas.

A coleta de dados foi iniciada em dezembro de 2006 para a estimativa do estoque de necromassa. Para a avaliação da produção da madeira morta foram realizadas duas coletas anuais de 2007 a 2009 ao final do período chuvoso (junho) e ao final do período seco (dezembro).

Foram instaladas 31 parcelas de monitoramento de 0,2 hectare (20 x 100 m) para a coleta de resíduos vegetais mortos (troncos e galhos de árvores e estipes de palmeiras) com diâmetro superior a 2 cm baseado no método apresentado por Proctor (1983).

As parcelas foram distribuídas nas seguintes gradientes topográficos de floresta amazônica de terra firme: Platô (8 parcelas), Vertente (8 parcelas), Campinarana (7 parcelas) e Baixo (8 parcelas) que se diferenciam principalmente pelo tipo de solo, umidade e altitude (Figura 2 e 3).

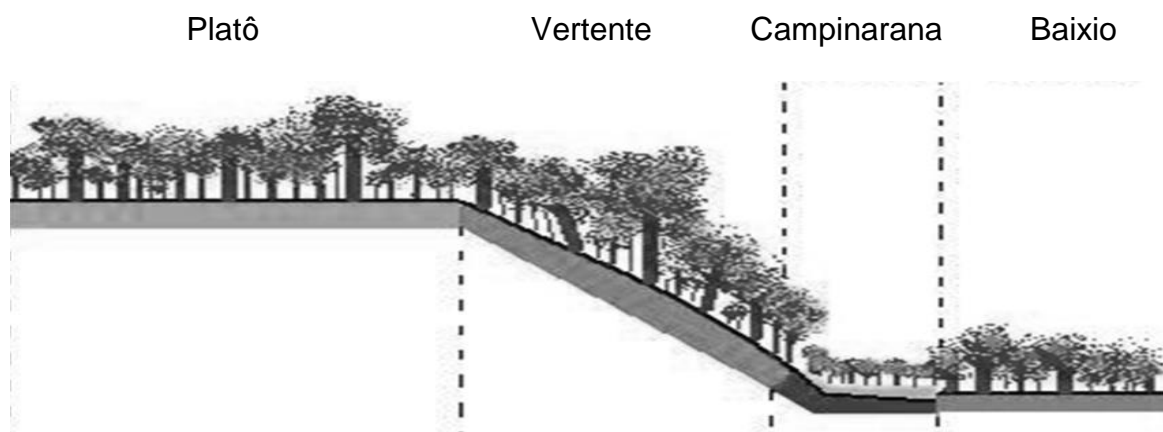


Figura 2. Distribuição da vegetação em diferentes gradientes topográficos na Reserva Biológica do Cuieiras no município de Manaus, Amazonas.



Figura 3. Tipologias florestais em diferentes gradientes topográficos na Reserva Biológica do Cuieiras no município de Manaus, Amazonas. Onde: a) Baixo, b) Campinarana, c) Vertente e, d) Platô.

Para mensuração do estoque e produção de necromassa (resíduos vegetais lenhosos e estipes de palmeiras) foi realizado a medição (diâmetro médio e comprimento) de todo o material com diâmetro superior a 30 cm ao longo de toda a parcela de 20 x 100 metros. Para a coleta de resíduos de menores dimensões (2 a 30 cm) foram alocadas 4 sub-parcelas de 5 x 5 m dentro dos limites de cada parcela (Figura 4) que foram delimitadas com o uso de fita sinalizadora. Foram mensurados troncos, galhos, cipós e estipes sobre o solo e as árvores mortas em pé. Para resíduos com comprimento superior a 2 m foi realizado a medição do diâmetro nas duas extremidades e no centro para gerar o diâmetro médio.

O diâmetro e o comprimento foram obtidos na unidade de medida de centímetros através do uso de fita métrica. Para árvores mortas em pé a altura foi estimada e a medição do diâmetro foi realizada a 1,30 m do solo.

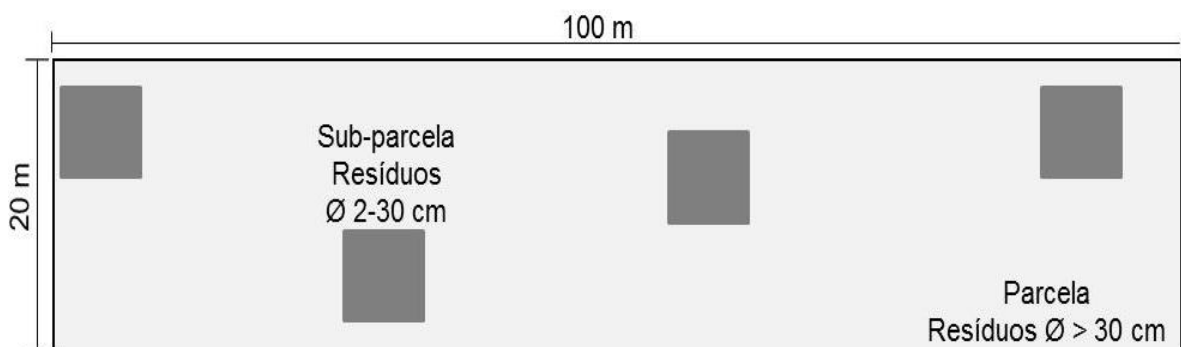


Figura 4. Parcela e subparcelas utilizadas para mensuração de resíduos vegetais em diferentes gradientes topográficos na Reserva Biológica do Cuieiras no município de Manaus.

Para possibilitar a medição da produção anual desse material, todos os resíduos vegetais mensurados foram removidos da parcela ou, em caso de dificuldade na retirada (troncos e copas) os mesmos foram identificados com fitas e/ou placas de metal (Figura 5).



Figura 5. Metodologia de marcação dos resíduos vegetais em diferentes gradientes topográficos na Reserva Biológica do Cuieiras no município de Manaus.

Durante a coleta de dados do estoque de necromassa foi realizado o enquadramento das peças (Figura 6) em três classes de decomposição: inicial, intermediário e avançado (IPCC 2003) de acordo com uma simplificação da metodologia apresentada pelo Rainfor que recomenda a adoção de cinco classes (CHAO & BAKER, 2011). Para esta classificação foram considerados na classe inicial de decomposição os resíduos que ainda apresentavam casca no tronco e folhas nos galhos. Já para a classe intermediária foram inseridos os resíduos onde a casca já estava soltando em virtude da decomposição. Por fim para a classe avançada considerou-se os resíduos que estavam sem casca e/ou com alburno já decomposto.

Os resíduos também foram categorizados quanto à posição em relação ao solo (contato total, parcial, suspenso ou morto em pé) resultado de uma adaptação da ficha de coleta de dados para necromassa proposta por Chao & Baker (2011) e do protocolo divulgado por Barbosa *et al.* (2009).



Figura 6. Classificação visual da madeira morta em três classes de decomposição na Reserva Biológica do Cuieiras no município de Manaus. Onde: a) Inicial, b) Intermediária e c) Avançada.

Para determinação da densidade básica foram retiradas amostras de material lenhoso nas diferentes classes de decomposição. A densidade básica da madeira (relação da massa seca pelo volume da massa úmida) é apresentado como o método mais adequado para estudos de biomassa (FEARNSIDE, 1997). Para obtenção do peso da madeira seca as amostras foram colocadas em estufa com temperatura regulada em 105°C (WHITTAKER *et al.*, 1974), até a obtenção de peso constante em três mensurações com intervalo mínimo de 24 horas.

Para a determinação do volume da madeira, calculou-se a área dos discos amostrados através do método de análise de imagem digital preconizado em Nogueira *et al.* (2005) e Chao e Baker (2011). Foi realizado o desenho dos contornos externos dos discos em papel e feita a mensuração da espessura de cada amostra. Esses desenhos foram fotografados utilizando máquina digital e posteriormente calculou-se a área dos discos no programa *ImageJ* (Figura 7). A multiplicação da área obtida pela espessura do disco possibilitou calcular o volume.



Figura 7. Método de coleta e análise de amostras de madeira morta para determinação da densidade básica da madeira.

Para a necromassa com diâmetro acima de 10 cm, os cálculos da densidade foram obtidos através da área e espessura dos discos com a coleta de 40 amostras em três classes de decomposição.

A diferenciação do material entre 2 a 10 cm de diâmetro para determinação da densidade foi recomendada por Summers (1988). Para estes resíduos mais finos ( $\varnothing$  2-10 cm), não houve a retirada de discos e o volume foi determinado por meio da mensuração do diâmetro e comprimento das 20 amostras compostas proporcionalmente nas diferentes posições em relação ao solo. Para esse material não houve a divisão em classes de decomposição, entretanto, a amostra foi composta de material em diversos estágios de decomposição que resultaram em uma densidade média para o material estocado e para o material produzido nos diferentes períodos de monitoramento. A estimativa da massa de resíduos vegetais foi realizada pela multiplicação do volume dos resíduos vegetais pela densidade básica.

Para a composição dos valores do estoque de necromassa utilizou-se os valores de densidade da madeira morta conforme apresentado na Tabela 1. Para a composição das estimativas da produção de necromassa não foram consideradas os valores das três diferentes classes de decomposição ( $\varnothing > 10$  cm) e sim a média aritmética dos valores dessas classes.

Tabela 1. Densidade básica da madeira morta em diferentes tipologias florestais na Reserva Biológica do Cuieiras, Manaus, AM. Inserir no início dos resultados – fazer análise estatística da densidade

Diâmetro do Material Lenhoso	Classe decomposição	Média (g/cm <sup>3</sup> )	Desvio Padrão (g/cm <sup>3</sup> )
2-10 cm	Sem distinção	0,22	0,05
Maior que 10 cm	1	0,63	0,23
	2	0,60	0,29
	3	0,29	0,01

Os dados de precipitação foram obtidos através do portal de Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) da Agência Nacional de Aguas (ANA, 2014) que oferece um banco de dados com informações coletadas pela rede hidrometeorológica nacional. Para este estudo utilizou-se dados da Estação denominada Rio Cuieiras, registrada no código 00260009, situada na Bacia do Rio Amazonas e localizada nas coordenadas geográficas 2°39'56" Sul e 60°19'39" Oeste, município de Manaus, estado do Amazonas com distância média de 15 a 22 quilômetros das parcelas do experimento.

Para a análise dos dados aplicou-se análise de variância (Anova) considerando o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Quando algum fator de estudo foi significativo ( $p < 0,05$ ) o teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade foi empregado. O objetivo dessas análises foi verificar a igualdade das médias entre as tipologias florestais, para o caso do estoque de necromassa, e para tipologias e período do ano em relação a produção de necromassa. Ainda realizou-se a correlação de Pearson entre a produção e a precipitação e número de dias de chuva.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estoque de Necromassa

O maior estoque de necromassa (troncos e galhos de árvores e estipe de palmeiras) ocorreu nas parcelas locadas sobre as áreas de vertente (encosta). As áreas de platô também apresentaram alto estoque de necromassa enquanto que nas áreas de campinarana e baixio o estoque médio foi menor (Tabela 2).

Tabela 2. Estatística descritiva do estoque de necromassa em diferentes tipologias florestais na Reserva Biológica do Cuieiras no município de Manaus.

Tipologia Florestal	Média	Desvio Padrão	Variância	CV(%)*	IC (95%)**
Baixio	29,5 b	22,8	517,9	77,2	19,0
Campinarana	31,1 b	22,2	492,4	71,5	20,5
Vertente	73,3 a	31,7	1003,4	43,2	26,5
Platô	60,4 a	20,9	435,9	34,5	17,5

\* CV=Coeficiente de variação e \*\*IC= Intervalo de confiança no nível de 95%

A análise de variância revelou que pelo menos uma tipologia florestal difere das demais ( $P=0,0028$ ) O teste de Tukey indicou que as tipologias baixio e campinarana são iguais e que diferem significativamente das áreas de Platô e vertente que, por sua vez, são iguais entre si.

O estoque médio de necromassa variou de 29,5 a 73,3 Mg/ha (Figura 8) nas diferentes topografias avaliadas e houve grande variação no estoque entre as 31 parcelas (3,9 a 135,9 Mg/ha).

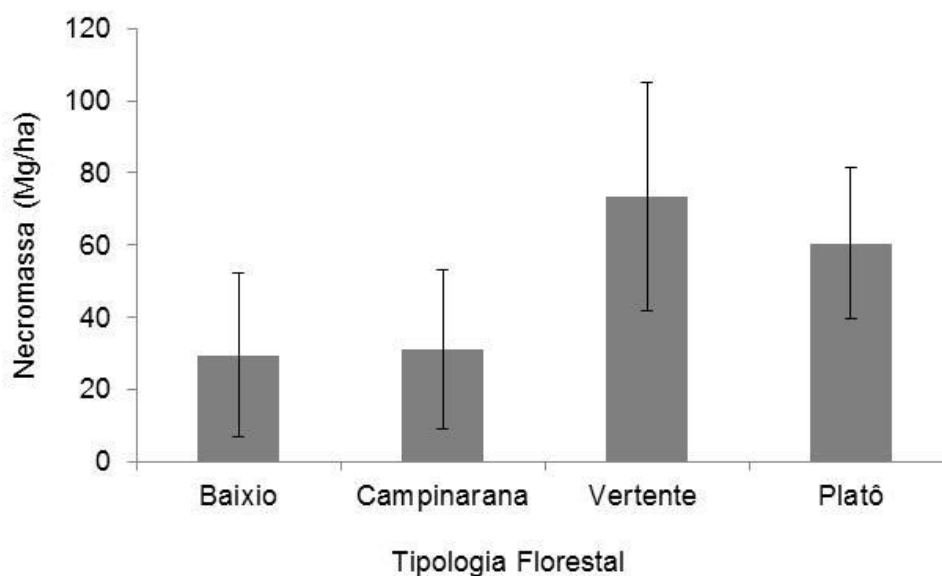


Figura 8. Estoque médio e desvio padrão de necromassa (Mg/ha) no ano de 2006 em diferentes tipologias florestais na Reserva Biológica do Cuieiras, Manaus, AM.

Supoem-se que as diferenças de estoque entre as tipologias avaliadas podem ser explicadas pelas diferenças na biomassa, pois as áreas de Platô e Vertente possuem maior biomassa aérea do que nas áreas mais baixas (Baixo e Campinarana). Além disso, o estudo de Toledo (2009) mostrou que para árvores até 30 cm de diâmetro os principais fatores que influenciam a mortalidade são a topografia e o solo.

Os estoques de necromassa obtidos neste estudo para os ambientes de Vertente e Platô tem valores altos em comparação a outros estudos em floresta primária na Amazônia Central (SUMMERS, 1998; NASCIMENTO & LAURANCE, 2002), no Pará que foi de 33 Mg/ha (GERWING, 2002), em Rondônia, que foi 30 Mg/ha (BROWN *et al.*, 1995) e em Mato Grosso onde o estoque médio varia de 34 a 44 Mg/ha (PAULETTO, 2006), sendo que podem ser verificados valores de até 55 Mg/ha (KELLER *et al.*, 2004) que, no entanto, não apresentaram dados com diferenciação nos gradientes topográficos.

A distribuição da necromassa estocada quanto à classe de decomposição apresentou predominância do volume de resíduos (56 a 73%) em classe intermediária de decomposição nas quatro tipologias avaliadas. Foram classificados de 19 a 29% dos resíduos amostrados na classe inicial de decomposição e de 8 a 20% na classe avançada de decomposição.

Os resíduos com diâmetro entre 10 a 30 cm compuseram grande parte do estoque total (61%) de necromassa na tipologia de campinarana (Figura 9) possivelmente devido ao fato de que 82% da biomassa acima do solo é composto por árvores com essa espessura (NASCIMENTO & LAURANCE, 2002) e pela predominância nesse ambiente de árvores baixas e de menor diâmetro. Já nas áreas de vertente a predominância de classe diamétrica dos resíduos mensurados foi acima de 30 cm, contabilizando 58% do estoque mensurado.

A análise de variância revelou que há diferença significativa ( $p=0,009$ ) entre os tratamentos (quatro tipologias florestais avaliadas) para os resíduos com diâmetro superior a 30 cm e o teste de Tukey mostrou que o Campirana difere do Platô e Vertente sendo, no entanto igual ao Baixio.

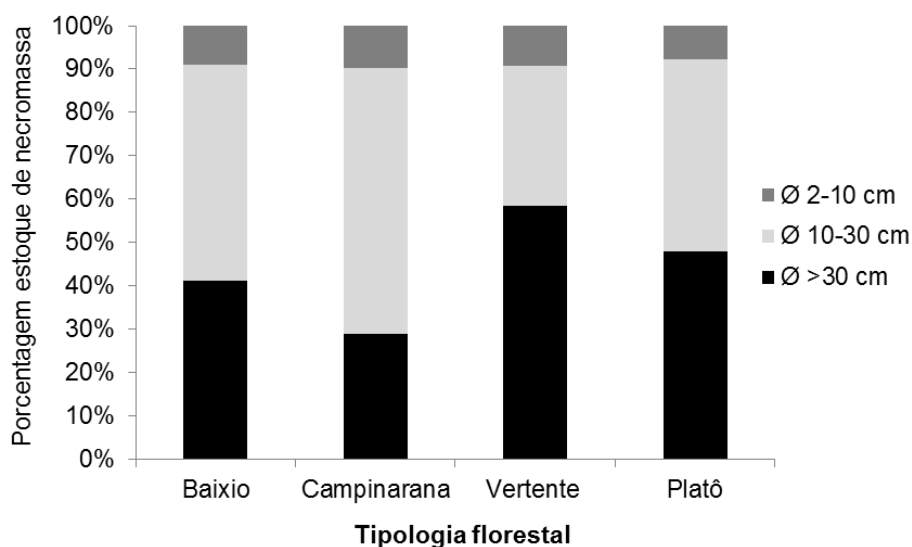


Figura 9. Necromassa estocada (Mg/ha) em relação as classes de diâmetros no ano de 2006 em diferentes tipologias florestais na Reserva Biológica do Cuieiras, Manaus, AM.

Em relação à necromassa estocada nos diferentes tipos de vegetação avaliados verificou-se que a maior quantidade de resíduos (48 a 63%) encontra-se em contato total com o solo (Figura 10). O ambiente com maior disponibilidade hídrica (Baixio) foi o que apresentou a menor porcentagem média de árvores mortas em pé (20%) enquanto que nas demais tipologias (Campinarana, Vertente e Platô) as árvores mortas em pé representaram de 29 a 32% do estoque de necromassa.

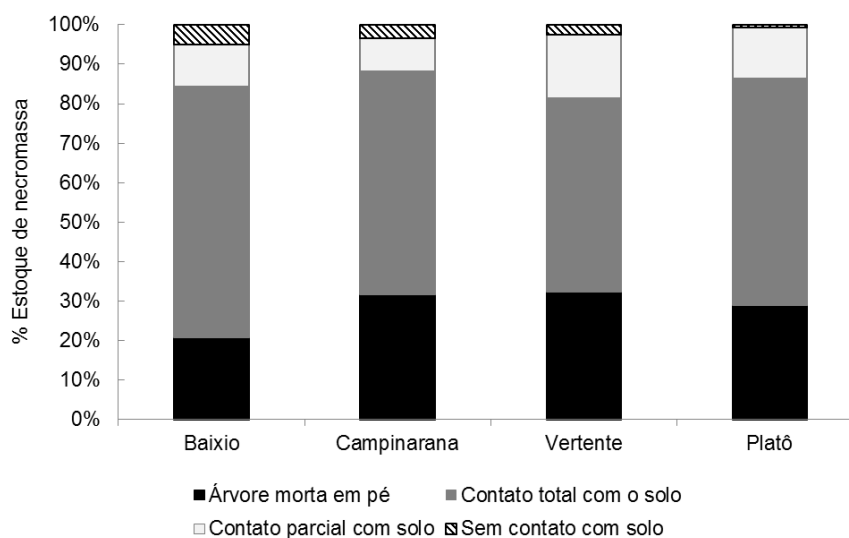


Figura 10. Posição em relação ao solo da necromassa estocada (Mg/ha) no ano de 2006 em diferentes tipologias florestais na Reserva Biológica do Cuieiras, Manaus, AM.

A análise de variância aplicada para a posição dos resíduos em relação ao solo demonstrou que somente a categoria “Contato total com o solo” apresenta diferença significativa entre os tratamentos ( $p=0,03$ ) sendo que a tipologia Vertente difere das demais na comparação das médias dos tratamentos. Para as demais categorias da posição dos resíduos em relação ao solo não verificou-se diferenças estatísticas entre os tratamentos ( $p=0,15$  a  $0,63$ ).

### Produção de Necromassa

A produção anual média de necromassa variou de 0,6 a 4,5 Mg/ha/ano no período de 2007 a 2009 (Figura 11). Essa variação na produção corrobora com as observações de Chambers *et al.* (2000) que afirma que a mensuração do estoque e produção de necromassa está sujeita a variação interanual na mortalidade de árvores que pode conduzir a “pulsos” de produção de necromassa, o que resulta em grande variabilidade espacial e temporal.

Os valores de produção de necromassa são semelhantes a outros estudos na Amazônia onde verificou-se uma produção anual de 4 a 6,6 Mg/ha/ano (NASCIMENTO & LAURANCE, 2002), 4,2 Mg/ha/ano (CHAMBERS *et al.*, 2000) e 5,7 Mg/ha/ano (PAULETTO, 2006) enquanto que para acúmulo de biomassa na

mesma área foi verificado que a floresta acumulou 8,34 Mg/ha/ano de biomassa fresca acima do solo (TEIXEIRA *et. al*, 2007).

Assim, pode-se inferir que a produção anual de necromassa, ou seja, a conversão de biomassa em material vegetal morto, corresponde de 7% a 53% da biomassa fresca acumulada em um ano.

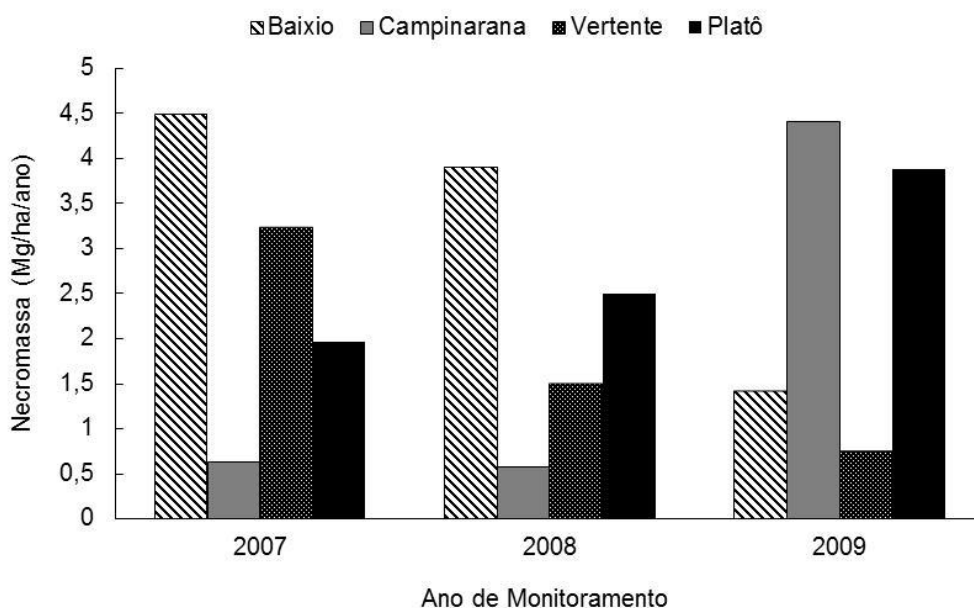


Figura 11. Produção anual média de necromassa (Mg/ha/ano) em diferentes tipologias florestais na Reserva Biológica do Cuieiras nos anos de 2007 a 2009.

Caso a avaliação não considerasse o gradiente topográfico e a vegetação nele distribuída a média de produção variaria de 2,1 a 2,6 Mg/ha/ano nos três anos avaliados.

Avaliando separadamente as diferentes tipologias florestais, a maior contribuição na deposição de necromassa sobre o solo ocorreu nas áreas de baixo em 2007 e 2008 (3,9 a 4,5 Mg/ha/ano) e nas áreas de campinarana no ano de 2009 (4,4 Mg/ha/ano). Ao longo dos três anos de monitoramento a média de produção de necromassa foi de 3,3 Mg/ha/ano nas áreas de baixo, de 1,8 Mg/ha/ano nas parcelas de campinarana e vertente e de 2,79 Mg/ha/ano na floresta de Platô (Tabela 3). Apesar desta variação na produção de necromassa, a análise de variância mostrou que não há diferença significativa entre as tipologias florestais avaliadas ( $p=0,91$ ).

Tabela 3. Estatística descritiva da produção de necromassa em diferentes tipologias florestais no período de 2007 a 2009 na Reserva Biológica do Cuieiras no município de Manaus.

Tipologia florestal	Ano	Média aritmética (Mg/ha/ano)	Desvio Padrão	Variância	CV(%)*	IC*	Produção Média
Baixio	2007	4,5	7,3	52,9	162,1	6,1	3,3
	2008	3,9	9,9	98,6	254,4	8,3	
	2009	1,4	2,1	4,3	147,0	1,7	
Campinarana	2007	0,6	1,2	1,4	189,4	1,0	1,8
	2008	0,6	0,5	0,2	86,0	0,4	
	2009	4,4	10,0	100,1	226,7	8,4	
Vertente	2007	3,2	4,2	18,0	131,7	3,6	1,8
	2008	1,5	1,8	3,3	122,1	1,5	
	2009	0,7	0,7	0,4	91,1	0,6	
Platô	2007	2,0	2,1	4,4	106,9	1,8	2,8
	2008	2,5	2,2	4,8	88,0	1,8	
	2009	3,9	6,6	43,2	169,1	5,5	

\* CV=Coeficiente de variação e IC= Intervalo de confiança no nível de 95%.

Um estudo conduzido em Manaus por Toledo (2009) foi verificado que terrenos inclinados e arenosos têm maior mortalidade de árvores do que áreas planas e com solos bem drenados. Isso corrobora com os valores de maior estoque observado nas áreas de vertente e, ao mesmo tempo, com a maior produção nas áreas onde predominam os solos arenosos (Baixio e Campinarana) e onde a decomposição ocorre de forma mais rápida em virtude da alta umidade do solo.

A análise de variância aplicada aos dois fatores de estudo (tipologia e ano de produção) revelou que não ocorre diferença estatística para a produção de necromassa em função da época de avaliação ( $p=0,91$ ) e entre as diferentes tipologias ( $p=0,72$ ), bem como em sua interação.

Na tipologia de baixio a produção média anual de necromassa apresentou tendência decrescente nos três anos avaliados pois em 2007 a produção média foi de 4,5 Mg/ha/ano e em 2009 a produção foi de 1,4 Mg/ha/ano. A vegetação na área de vertente também apresentou esse decréscimo nos três anos com valores de 3,2, 1,5 e 0,7 Mg/ha/ano correspondente respectivamente aos anos de 2007, 2008 e 2009 (Figura 12).

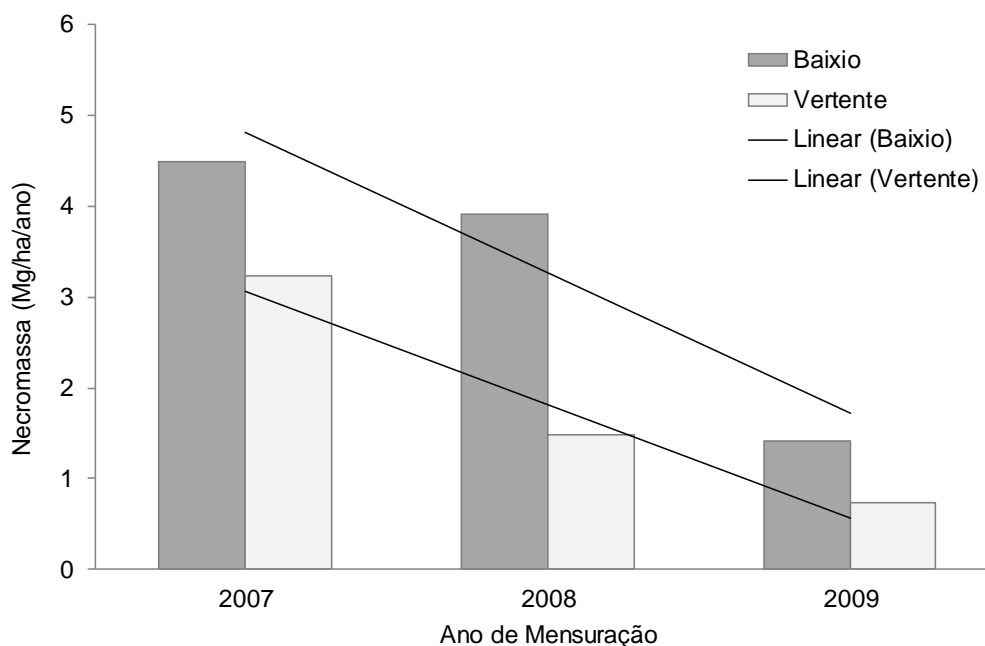


Figura 12. Produção anual média de necromassa (Mg/ha/ano) e linha de tendência nas tipologias de Vertente e Baixo na Reserva Biológica do Cuieiras nos anos de 2007 a 2009.

Na tipologia de Baixo a maior produção de necromassa ocorreu no período chuvoso (3,7 a 4,7 Mg/ha ) para os anos de 2007 e 2008 (Tabela 4) resultando em altas correlações em relação a precipitação ( $r=0,65$ ) e dias de chuva ( $r=0,97$ ) nesses dois anos. Já no ano de 2009 tanto para as áreas de baixo como para campinarana a maior produção de necromassa ocorreu no período mais seco do ano variando de 1,2 a 4,6 Mg/ha que pode ser considerado alto em comparação aos anos anteriores visto que a produção nessas áreas no período de menor precipitação não ultrapassou 0,9 Mg/ha.

O aumento na produção no período seco ocorreu em virtude da queda de grandes árvores (diâmetro 100 a 130 cm) que impulsionaram a média desses tratamentos, pois em apenas uma parcela de campinarana a produção de necromassa registrada foi de 28 Mg/ha/período e no baixo verificou-se uma parcela com 6 Mg/ha/período. A queda de grandes árvores na floresta faz com que a avaliação da produção de liteira grossa seja dificultada, pois a mortalidade de árvores em floresta não perturbada não é constante e ocorre de forma esporádica o que impulsiona os valores médios de produção.

Com exceção da produção no período seco de 2009 nas parcelas de campinarana a produção por período variou de 0,13 a 0,68 Mg/ha (Tabela 4). Outro fator que influenciou a alta produção de necromassa nas áreas de Baixio e Campinarana foi a precipitação, onde no período de julho a dezembro do ano de 2009 a quantidade de chuva (685 mm) foi cerca de 40% menor que nos anos anteriores (2004 a 2008), com média de 1.038 mm. No período de 2004 a 2009 a média anual de precipitação foi de 2.669 mm sendo que os anos de 2004 e 2009 foram os anos com menor precipitação (2.395 e 2.296 mm, respectivamente) e com o período seco mais severo.

Tabela 4 – Produção média de necromassa (Mg/ha) no período seco e chuvoso em diferentes tipologias florestas no período de 2007 a 2009 na Reserva Biológica do Cuieiras no município de Manaus.

Ano	Período	Tipologia florestal			
		Baixio	Campinarana	Vertente	Platô
2007	Chuvoso	4,8	0,1	2,2	1,7
	Seco	0,9	0,7	1,0	0,5
2008	Chuvoso	3,7	0,2	1,0	1,6
	Seco	0,2	0,4	0,5	0,9
2009	Chuvoso	0,2	0,4	0,5	0,5
	Seco	1,2	4,6	0,2	3,4

Verificou-se uma fraca correlação negativa da produção de necromassa com a quantidade de chuva e número de dias de chuva ( $r=-0,16$  e  $-0,07$ , respectivamente) quando desconsiderado a tipologia florestal. No entanto, quando calcula-se o coeficiente de correlação avaliando separadamente a produção de necromassa nos diferentes tipos de florestas do experimento percebe-se que a associação linear entre as variáveis é mais nítida (Tabela 5), em que pode-se notar correlação negativa para as tipologias de Campinarana e Platô e positiva para Baixio e Vertente.

Apesar da produção de necromassa apresentar correlações positivas e negativas (Tabela 5) com a precipitação e número de dias de chuva, não se constatou diferença significativa para esta variável comparando-se o período seco e chuvoso ( $p=0,17$ ).

Tabela 5. Coeficiente de correlação de Pearson referente à produção de necromassa em diferentes tipologias florestais no período de 2007 a 2009 na Reserva Biológica do Cuieiras no município de Manaus.

Tipologia florestal	Precipitação	Dias de chuva
Baixio	0,37	0,45
Campinarana	-0,80	-0,68
Vertente	0,35	0,49
Platô	-0,51	-0,42

Também não verificou-se diferença estatística na produção considerando somente o fator tipologia ( $p=0,35$  e  $0,51$ ). Realizando a análise da variância para cada ano individualmente e considerando a produção de necromassa em cada período (chuvoso e seco) e tipologia florestal constatou-se que a produção não tem diferença significativa (2007  $p= 0,17$ ; 2008  $p=0,20$  e 2009  $p=0,06$ ).

## CONCLUSÕES

O estoque médio de necromassa variou de acordo com a vegetação distribuída nos diferentes gradientes topográficos na Amazônia Central sendo as áreas com maior declividade os locais onde ocorreu maior acúmulo de resíduos vegetais e madeira morta.

O estoque de necromassa entre as tipologias baixio e campinarana são iguais e diferem das áreas de Platô e Vertente que, por sua vez, são iguais entre si.

A distribuição da necromassa estocada quanto à classe de decomposição apresentou predominância em resíduos em classe intermediária de decomposição nas quatro tipologias avaliadas.

Em relação à necromassa estocada verificou-se que a maior quantidade de resíduos encontra-se em contato total com o solo.

A maior contribuição na produção de necromassa sobre o solo ocorreu nas áreas de baixio em 2007 e 2008 e nas áreas de campinarana no ano de 2009.

Não houve diferença significativa na produção anual de necromassa ao longo dos 3 anos de monitoramento.

Os resíduos com diâmetro entre 10 a 30 cm compuseram grande parte do estoque total de necromassa na tipologia de Campinarana enquanto que na Vertente a predominância de classe diamétrica dos resíduos mensurados foi acima de 30 cm.

A produção anual de necromassa variou tanto em razão do tipo de vegetação estabelecida nas quatro diferentes posições topográficas avaliadas como em função da quantidade de chuva ao longo do ano.

A maior produção de necromassa ocorreu na tipologia de Baixio no período chuvoso para os anos de 2007 e 2008 resultando em altas correlações com a precipitação e dias de chuva.

O monitoramento em longo prazo, captando eventos climáticos diversos e suas conseqüências é necessário para avaliar a produção de madeira morta com maior precisão.

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

ANA. Agência Nacional de Águas. **Hidro Web - Sistema de informações hidrológicas**. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br/>>.1. Acesso em 19/06/2014

BAKER, T.R E CHAO, K. J. **Manual para medições de detritos de madeira grossa em parcelas RAINFOR**. 2011. V. 2. 10 p.

BARBOSA, R. I.; SILVA, F.S.G.; CAVALCANT, C.O. **ESTOQUE E PRODUÇÃO DE LITEIRA GROSSA**. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 2009. 24 p.

BROWN, I.F.; MARTINELLI, L.A.; THOMAS, W.W.; MOREIRA, M.Z.; FERREIRA, C.A.C.; VICTORIA, R.L. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests – an example from Rondônia, Brazil. **Forest Ecology e Management**, v. 75, n. 3, p. 175-189, 1995.

CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMEL, J. P.; FERREIRA, L. V.; MELACK, J. M. 2000. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central Amazon. **Oecologia**, 122:380-388, 2002.

CHAUVEL, A. Os latossolos amarelos, álicos, argilosos dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. **Acta Amazonica**, v. 12, n. 3, p. 47-60, 1982.

CONDIT, R.; RUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B. Mortality rates of 205 neotropical tree and shrub species and the impact of severe drought. **Ecological Monographs**, v.65, p.419–439, 1995.

FEARNSIDE, P. M. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 90, p.59-87, 1997.

GERWING, J. J. Degradation of forests through logging and fire in the eastern Brazilian Amazonon. **Forest Ecology e Management**, v.157, p.131-141, 2002.

GOULDING M.; Leal Carvalho, M. & Ferreira, E.G. **Rio Negro, rich life in poorwater**. SPB Academic Publishing, Hague. 1988.

HARMON, M. E; Sexton, J. **Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems**. US LTER Network Office. University of Washington. 1996. N. 20, 73p.

IPCC. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. **Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura**. 632p. 2003.

JARDIM, F.C.S.; HOSOKAWA, R.T. 1986/1987. Estrutura da floresta equatorial úmida da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. **Acta Amazonica**, 16/17(único), p. 411-508, 1986/1987.

KELLER, M.; PALACE, M.; ASNER, G.P.; PEREIRA, R. SILVA, J.N.M. Coarse woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v. 10, p. 784-795, 2004.

LAURANCE, W.F., ALBERNAZ, A.K.M., FEARNSIDE, P.M., VASCONCELOS, H.L. & FERREIRA, L.V. Deforestation in Amazonia. **Science**, v. 304, p. 1109, 2004.

NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, W.F. Total aboveground biomass in Central Amazonian rainforests: a landscape-scale study. **Forest Ecology and Management**, v. 168, p. 311-321, 2002.

NOGUEIRA, E. M. NELSON, B. W.; Fearnside, P. M. Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil. **Forest Ecology e Manegement**. Volume 208. Pag. 261–286. 2005

PAULETTO, D. **Estoque, produção e fluxo de nutrientes da liteira grossa em floresta submetida à exploração seletiva de madeira no noroeste de Mato Grosso**. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus/AM, 2006.

POGGIANI, F.; Schumacher, M.V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: Gonçalves J.L.M; Benedetti, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF). Piracicaba – SP. p. 287-308, 2000.

RIBEIRO, M.N.G.; Adis, J. 1984. Local rainfall variability a potencial bias for bioecological studies in the Central Amazon. **Acta Amazonica**, v. 14, p. 159-174.

SANTOS, J.. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira.** 196p. Tese. (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

SUMMERS, P.M. **Estoque, decomposição e nutrientes da liteira grossa em floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus/AM.** 105p. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, 1998.

TEIXEIRA, Liliane Martins *et al.* Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra-firme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. **Acta Amazonica.** Manaus , v. 37, n. 3, 2007.

TOLEDO, J.J. **Influência do solo e topografia sobre a mortalidade de árvores e decomposição da Madeira em uma Floresta de Terra firme na Amazonia Central.** 85p. 2009. (Tese de Doutorado)

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste estudo foi possibilitada pelo aporte de recursos financeiros do Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD) e Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia (Programa LBA).