

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

**ESTOQUE DE COMBUSTÍVEL FINO E DECOMPOSIÇÃO DE
FOLHAS EM FLORESTAS DE IGAPÓ DO RIO NEGRO**

ALINE RAMOS DOS SANTOS

Manaus, Amazonas

Novembro, 2011

ALINE RAMOS DOS SANTOS

**ESTOQUE DE COMBUSTÍVEL FINO E DECOMPOSIÇÃO DE
FOLHAS EM FLORESTAS DE IGAPÓ DO RIO NEGRO**

Orientador: Dr. BRUCE WALKER NELSON

Dissertação apresentada ao
Instituto Nacional de Pesquisas da
Amazônia como parte dos
requisitos para obtenção de título
de Mestre em Biologia (Ecologia).

Manaus, Amazonas

Novembro, 2011

BANCAS EXAMINADORAS DO TRABALHO DE CONCLUSÃO

BANCA EXAMINADORA DA DEFESA ORAL PÚBLICA

Avaliador: Dr. **EULER MELO NOGUEIRA**
Parecer: APROVADA

Avaliador: Dr. **FLÁVIO JESUS LUIZÃO**
Parecer: APROVADA

Avaliador: Dr. **JOCHEN SCHONGART**
Parecer: APROVADA

BANCA EXAMINADORA DO TRABALHO ESCRITO

Avaliador: Dr. **BRUCE RIDER FORSBERG**
Parecer: APROVADA

Avaliador: Dr. **MANUEL AUGUSTO SIMÕES GRAÇA**
Parecer: APROVADA

Avaliador: Dr. **JOHN M. MELACK**
Parecer: APROVADA COM CORREÇÕES

S237Santos, Aline Ramos dos

Estoque de combustível fino e decomposição de folhas em florestas de igapó do rio Negro / Aline Ramos dos Santos. --- Manaus : [s.n.], 2011
x, 35 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Biologia (Ecologia))--INPA, Manaus, 2011.
Orientador: Dr. Bruce Walker Nelson

1. Rio Negro 2. Florestas de igapó 3. Combustível fino -
Decomposição I. Título

CDD 19ª ed. 574.52642

Sinopse:

Estudou-se o estoque de combustível fino sobre o solo de florestas de igapó e de Terra Firme na região do médio rio Negro. Avaliou-se também o processo de decomposição de folhas nas condições de submersão em floresta de igapó e sobre o solo de floresta de Terra Firme, na Amazônia Central.

Palavras-chave: dinâmica da matéria orgânica, florestas inundáveis, deterioração de folhas, massa de serrapilheira.

À minha mãe, Maria Vilma Ramos dos Santos,

com amor, DEDICO.

Agradecimentos

Sou bastante grata a Bruce Nelson, a quem tenho admiração e respeito pela sua seriedade, profissionalismo, competência e dedicação. Pelo bom humor, gentileza, paciência, respeito e cuidado. Por ter tido comigo, até o final, a tolerância necessária para eu chegar até aqui.

Agradeço também todos aqueles que de outras formas me auxiliaram nessa jornada. A Geângelo Calvi o amigo que me recebeu na cidade, me acolheu e auxiliou minha chegada. Grata querido pela amizade, a constante disposição e pelo seu exemplo. Agradeço a Bernardo Flores pelas idéias e vontade de ajudar. Aos moradores do condomínio La Cave: Camila, Gabi, Lili, Marcelo, Pauline, Samantha, Marina, Pancho, Joe, Pablo, Diego... E a todas as pessoas que já passaram pela nossa Vila, trazendo diversas experiências, personalidades, e boas energias. Agradeço por tudo que aprendi com essa convivência e pelos momentos bons que vivi nesse lugar. Sou grata à amiga Juliana Fabrino pelo toque especial na obra de restauração da minha vida, grata pela força, pela convivência, pela sua generosidade! Aos outros amigos que sempre estiveram presentes na torcida, nas risadas, nos aprendizados... Grata!

Ao seu João dos Santos (Joãozinho) quem, na maior parte das vezes, me auxiliou nos trabalhos no Tupé, por me ensinar que é preciso ter “muita calma nessa hora”! Pela sua paciência, habilidade e profissionalismo. Aos outros Joãos, profissionais do INPA, que eu tive a felicidade de conhecer. Às pessoas do Laboratório Temático de Solos do INPA, onde o trabalho “não acaba, nem fica pouco”, especialmente Orlando e Raimundo. Ao Marcelo do laboratório de triagem por todos os auxílios e a disponibilidade.

Agradeço ao INPA, às pessoas que trabalham para manter e fazer evoluir essa instituição. Fico feliz pelo tratamento pessoal que recebemos e pelo contato direto com importantes pesquisadores. Sou muito grata a todos os professores que contribuíram em alguma das etapas desse trabalho, de maneira formal ou mesmo com conversas, dicas, auxílios. Grata pelas ricas e, às vezes, motivadoras contribuições, a Bruce Forsberg, Euler Nogueira, Flávio Luizão, Jochen Schongart, John Melack, Maria Piedade, Manuel Graça, Paulo Graça, Regina Luizão e Tânia Pimentel. Também aos professores que, lecionando disciplinas, de uma forma ou outra me marcaram, ensinaram e contribuíram para meu crescimento.

Agradeço a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) por fornecer a bolsa que me sustentou materialmente por 24 meses ao longo do mestrado. Ao

Geoma, Componente Biodiversidade, pelo apoio financeiro ao projeto, a partir do segundo semestre de 2010. À Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Manaus, através da pessoa de Raimundo Gonçalves, por dar a licença para trabalhar na REDES Tupé e se colocar a disposição para ajudar.

Agradeço a Domingos, Nora e família, amigos que se dispuseram a ajudar a tornar mais agradável meu trabalho e minha estadia por Manaus. A dona Isabel, de Barcelos, pela dedicação e boa intenção em ajudar no que podia. Grata pela doação de si por fazer o bem. Agradeço ao Seu Luiz, à Rai e ao Augusto, amigos que auxiliaram na execução dos trabalhos em Barcelos. Valeu pelas histórias, bom humor, pela acolhida e companhia. Foi bom conhecer, conviver e aprender que “a vida é sofrida, mas sempre divertida!” e “quem picura encontra!”. Sou bastante grata também a todas as pessoas que encontramos pelos caminhos do Rio Negro que de alguma forma nos sorriu e algo doou para nos sentirmos bem. A todos das comunidades aonde chegamos por nos receber e nos permitir trabalhar. À natureza esplendida da Amazônia das águas morenas, presente que me extasia de felicidade e gratidão.

Sempre serei grata a Maria Vilma Ramos dos Santos, minha mãe, pela grandiosidade do seu amor por mim, pelo apoio que sempre me deu, pelo tempo que passou sem mim e muitas vezes sozinha, esperando a realização deste sonho. Agradeço a toda minha amorosa família, pelo apoio, amor, alegria e pelo respeito e a admiração que têm por mim. Não vou deixar de expressar minha gratidão e amor ao Breu (meu gato), quem mais me mostra a graça de ser presente. Pelo companheirismo, proteção e por seu exemplo de atenção, cuidado, serenidade, agudeza e beleza, sou grata.

Demonstro com alegria minha gratidão ao Centro Espírita Beneficente União do Vegetal, que foi onde encontrei a luz, a força e o equilíbrio que me guiam, e que possibilitaram a conclusão do meu mestrado. Sou grata por estar me possibilitando o conhecimento da espiritualidade, a reunião com o Todo, a felicidade de uma vida cada vez mais consciente! Grata por todas as pessoas, amigos, irmãos verdadeiros que venho conhecendo. Louvo a harmonia, a luz, a paz e o amor que fluem desta Religião! Agradeço a Henrique Gealh por ter me levado a conhecer essa grande e maravilhosa família.

À Deus, Pai Criador, pelas glórias que me dá. Pela constante provisão do melhor em minha vida. Pela perfeição da natureza, pela beleza da vida, pelo poder do amor. Por provar a cada milagre, que nunca é tarde, e que todas as coisas cooperam para o bem daqueles que o amam. Minha eterna gratidão e louvor!

"Tudo que move é sagrado
e remove as montanhas com todo o cuidado, meu amor
Enquanto a chama arder, todo dia te ver passar
Tudo viver a teu lado
com o arco da promessa no azul pintado pra durar
Abelha fazendo o mel vale o tempo que não voou
A estrela caiu do céu, o pedido que se pensou
O destino que se cumpriu de sentir teu calor e ser todo

Todo dia é de viver para ser o que for, e ser tudo!
Sim, todo amor é sagrado
e o fruto do trabalho é mais que sagrado, meu amor

A massa que faz o pão vale a luz do teu suor

Lembra que o sono é sagrado
e alimenta de horizontes
o tempo acordado de viver
No inverno te proteger, no verão sair pra pescar
No outono te conhecer, primavera poder gostar
No estio me derreter pra na chuva dançar e andar junto
O destino que se cumpriu de sentir teu calor e ser todo

Sim, todo amor é sagrado

Todo amor é sagrado, SIM!"

Amor de Índio
Beto Guedes e Ronaldo Bastos
(interpretação Milton Nascimento)

Resumo

Nas florestas inundáveis por águas pretas da Amazônia, os Igapós, especialmente no Médio Rio Negro, têm ocorrido incêndios durante períodos de seca. Observações de imagens de satélites, alguns registros documentados e visitas à região do Médio Rio Negro mostram muitas áreas de Igapó destruídas pelo fogo. Para acontecer um incêndio é necessário haver fontes de ignição, clima seco e combustível. A fim de ajudar a compreender a suscetibilidade dessas florestas aos incêndios rasteiros, foi investigado o estoque de combustível fino sobre o solo em 29 pontos de Igapó e 28 de Terra Firme, no Médio Rio Negro. O combustível fino considerado aqui se constitui de material com diâmetro $\leq 2,5$ cm, na forma de serrapilheira (folhas, flores, frutos, raízes e galhos caídos) e, quando ocorreu, a manta de raízes finas, acima do solo mineral. Este material bem aerado é passível de queima na estação de águas baixas em períodos de pouca chuva. Examinou-se ainda se a textura do solo superficial dessas florestas ou o nível de inundação nos Igapós influenciam a quantidade de combustível. As florestas de Igapó estocam maior quantidade de serrapilheira e de raízes finas que as florestas de Terra Firme ($P < 0,0001$). O estoque médio de serrapilheira fina nas florestas de Igapó é de $11,65 \pm 3,5$ Mg ha⁻¹ (média \pm desvio padrão) e nas de Terra Firme $7,24 \pm 1,2$ Mg ha⁻¹. O estoque médio da camada de raízes finas das florestas de Igapó é $13,73 \pm 10,6$ Mg ha⁻¹, e nas florestas de Terra Firme é de $1,84 \pm 3,5$ Mg ha⁻¹. Não houve relação do estoque de combustível com a textura do solo em ambas as florestas, ou com o nível da inundação nas de Igapó. Foi estudado ainda o processo de decomposição, que afeta a quantidade de combustível estocada. Para avaliar a influência do ambiente sobre a perda de massa de folhas, utilizou-se uma espécie arbórea amazônica que não ocorre nas florestas das áreas de estudo. Bolsas de malha 1 mm e com aberturas de 10 mm contendo folhas de *Clitoria fairchildiana* (Fabaceae) secas ao ar foram expostas a três condições ao longo de 81 dias: (1) emersão sobre o solo da floresta de Terra Firme; (2) sob submersão rasa e (3) sob submersão profunda, no Igapó inundado. A decomposição foi mais rápida nas folhas expostas à condição (1), que ao final do experimento apresentaram aproximadamente 50% de massa remanescente, contra aproximadamente 70% dos outros dois tratamentos. Nessas folhas sobre a Terra Firme foi observada ampla participação de cupins, na remoção do material.

Abstract

Fine fuel load and leaf decomposition in Rio Negro floodplain forests

In years of low rainfall, fires have occurred in Amazonian black-water floodplain forests, including the Middle Rio Negro. The fires are documented from satellite images. Forest fires require ignition sources, fuel and dry weather. To understand the susceptibility of these forests to fire we investigated the stock of fine fuel on the ground at 29 sites in black-water floodplain forest and 28 sites in upland forest of the Middle Rio Negro. We examined the relationships of fine fuel load (diameter ≤ 2.5 cm) with surface soil texture and flood level. Black-water floodplain forest had a greater stock of litter + fine roots compared to upland forest ($P < 0.0001$). The fine litter stock was 11.65 ± 3.5 Mg ha⁻¹ (mean \pm standard deviation) in floodplain forest and 1.2 ± 7.24 Mg ha⁻¹ in upland forest. The stock of fine roots above the mineral soil was 13.73 ± 10.6 Mg ha⁻¹ in floodplain forest and 1.84 ± 3.5 Mg ha⁻¹ in upland forests. There was no relationship between the fuel load and soil texture in either forest type. We also studied leaf decomposition rates in different habitats as it influences the difference in standing stock of leaf litter. Nylon screen bags with 1 mm mesh and 10 mm openings containing air-dried leaves of *Clitoria fairchildiana* (Fabaceae) were exposed to three treatments over 81 days in the dry season in the Central Amazon: (1) non-flooded upland forest floor, (2) shallow submergence and (3) deep submergence in a calm back-water of the Rio Negro. At the end of the experiment the non-submerged leaves had lost ~50% of initial mass, but only ~30% was decomposed the other treatments. Faster decomposition of leaves in the upland forest was partially due to soil fauna, especially termites.

Sumário

Apresentação	1
Objetivos	2
Capítulo 1	3
<i>Resumo</i>	4
<i>Abstract</i>	5
<i>Introdução</i>	6
<i>Material e Métodos</i>	8
<i>Resultados</i>	12
<i>Discussão</i>	16
<i>Conclusões</i>	20
<i>Agradecimentos</i>	20
<i>Bibliografia Citada</i>	20
Conclusões	26
Apêndices	27
Anexos	34

Apresentação

Na planície amazônica florestas se desenvolvem em locais periodicamente inundados pelo transbordamento dos grandes rios durante a cheia. Diversas adaptações à inundação periódica possibilitam aos organismos viver nesses ambientes. As florestas que são inundáveis por águas pretas recebem a denominação de Igapó. Essas águas são as mais ácidas e escassas em nutrientes dissolvidos de toda a Amazônia (Prance, 1980). O material vegetal produzido nas florestas de Igapó é a maior fonte de matéria orgânica para o sistema aquático do Médio Rio Negro (Thomé-Souza, 2005). Florestas de Igapó, durante a cheia, servem de abrigo, fonte de alimento e de local de desova para peixes e quelônios (Saint-Paul *et al.*, 2000; Thomé-Souza, 2005). Peixes e quelônios, por sua vez são importantes fontes de proteína animal na alimentação humana ribeirinha da Amazônia.

Na região do Médio Rio Negro já foram observados muitos eventos de incêndios em florestas de Igapó (Flores *et al.*, no prelo). Incêndios florestais podem levar à completa perda da floresta (Cochrane *et al.*, 1999), lançam poluentes para a atmosfera, como os gases de efeito estufa (Nepstad *et al.*, 1999; Page *et al.*, 2002), e diminuem a formação de nuvens e chuvas (Nepstad *et al.*, 1999; Bowman *et al.*, 2009). Para ocorrer incêndio é necessário haver fonte de ignição, combustível e clima seco (Nepstad *et al.*, 1999).

A utilização dos rios como meio de transporte e subsistência humana na região do Médio Rio Negro faz freqüente a presença de pequenas fontes de ignição próximas aos Igapós. Um importante agravante para a ocorrência de incêndios em Igapós do Médio Rio Negro, é que modelos de previsão das mudanças climáticas globais têm apontado a região como a que mais poderá diminuir pluviosidade em toda bacia amazônica (Marengo, 2008).

Cabe ainda conhecer a carga de combustível nas florestas da região, para melhor compreender sua suscetibilidade aos incêndios. Por sua vez, a velocidade do processo de decomposição é um importante fator na determinação da quantidade de combustível estocada. O presente trabalho vem então, apresentar estudo do estoque de combustível fino e da decomposição de folhas nas florestas de Igapó em comparação às florestas de Terra Firme.

Esta Dissertação segue as “Normas para apresentação de trabalhos de conclusão” do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Apresenta a pesquisa em um Capítulo na forma de artigo científico formatado segundo as regras do periódico *Acta Amazonica*, porém, com figuras e tabelas ao longo do texto.

Objetivos

Geral

Ajudar a compreender a suscetibilidade a incêndios de florestas de Igapó em comparação com florestas de Terra Firme, investigando o estoque de combustível fino e a velocidade da decomposição de folhas.

Específicos

- ✓ Comparar florestas de Igapó e de Terra Firme quanto ao estoque de combustível fino;
- ✓ Avaliar o estoque de combustível fino em florestas de Igapó em diferentes níveis de inundação;
- ✓ Estudar a relação das frações areia, silte e argila do solo superficial com o estoque de combustível fino;
- ✓ Avaliar a influência da submersão em Igapó sobre o processo de decomposição de folhas.

Capítulo 1

Santos, A. R. & Nelson, B. W. Estoque de combustível fino e decomposição de folhas em florestas periodicamente inundáveis na bacia do rio Negro, Amazonas, Brasil. Manuscrito formatado para *Acta Amazonica*.

1 **Estoque de combustível fino e decomposição de folhas em florestas periodicamente**
2 **inundáveis na bacia do Rio Negro, Amazonas, Brasil.**

3

4

Aline Ramos dos SANTOS^{1,2} & Bruce Walker NELSON¹

5

6 ¹ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – CPEC. Av. André Araújo, 2936, Aleixo, CEP
7 69060-001. Caixa Postal 478. Manaus / AM, Brasil.

8

²Autor para correspondência: harpialine@yahoo.com.br

9

10 **Resumo:** Incêndios em florestas inundáveis por águas pretas (Igapós) no Médio Rio Negro
11 motivaram a comparação com florestas de Terra Firme quanto ao estoque de combustível
12 fino, de até 2,5 cm de diâmetro, na forma de serrapilheira e camada de raízes, sobre o solo. O
13 estoque médio de serrapilheira nas florestas de Igapó é de $11,65 \pm 3,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ (média \pm
14 desvio padrão) e nas de Terra Firme $7,24 \pm 1,2 \text{ Mg ha}^{-1}$. O estoque médio da camada de raízes
15 finas das florestas de Igapó é $13,73 \pm 10,6 \text{ Mg ha}^{-1}$, e nas florestas de Terra Firme é de $1,84$
16 $\pm 3,5 \text{ Mg ha}^{-1}$. O estoque de combustível fino nos Igapós é estatisticamente maior que nas
17 florestas de Terra Firme. As florestas foram comparadas também quanto à decomposição,
18 processo que influencia a quantidade de combustível estocado. Folhas de *Clitoria*
19 *fairchildiana* (Fabaceae) foram expostas a três condições, durante 81 dias entre junho e agosto
20 de 2010: (1) emersão sobre o solo da floresta de Terra Firme, (2) submersão rasa e (3)
21 submersão profunda, no Igapó inundado. A decomposição foi mais rápida sobre o solo da
22 floresta de Terra Firme, condição (1), onde se pôde observar a ação da fauna do solo, em
23 especial dos cupins, na remoção do material.

24

25 **Palavras-chave:** Igapó, carga comburente, degradação de folhas.

26

27 **Fine fuel stock and leaves decomposition in seasonally flooded forests in the basin of the**
28 **Rio Negro, Amazonas, Brazil.**

29

30 Aline Ramos dos SANTOS^{1,2} & Bruce Walker NELSON¹

31

32 ¹ National Institute for Amazon Research – Ecology Dept. Av. André Araújo, 2936, Aleixo, CEP
33 69060-001. Caixa Postal 478. Manaus, Amazonas, Brazil.

34 ²Corresponding author: harpia.line@yahoo.com.br

35

36 **Abstract:** Fire in forests flooded by black water (Igapó) in the Middle Rio Negro motivated a
37 comparison with Upland forests regarding the stock and decomposition rate of fine fuel
38 deposited on the ground. Fine fuel is fuel up to 2.5 cm in diameter, in the form of litter and
39 roots layer, on the ground. The average stock of litter in the forests of Igapó is 11.65 ± 3.5 Mg
40 ha⁻¹ (mean \pm standard deviation) and the upland forests of 1.2 ± 7.24 Mg ha⁻¹. The average
41 stock of the layer of fine roots of forest Igapó is 13.73 ± 10.6 Mg ha⁻¹, and in upland forests
42 is 1.84 ± 3.5 Mg ha⁻¹. The stock of fine fuel in Igapós is statistically higher than in upland
43 forests. To compare litter decomposition rates, leaves of *Clitoria fairchildiana* (Fabaceae)
44 were exposed to three conditions, over 81 days from June through August 2010: (1) non-
45 flooded Upland forest floor, (2) shallow submergence and (3) deep submergence in Igapó.
46 Decomposition was faster on the Upland forest floor than in the two submerged treatments.
47 Soil fauna, especially termites, contributed to decomposition in the Upland site.

48

49

Keywords: Igapó, fuel load, leaves decomposition.

50

51 **Introdução**

52 Ocupando ampla extensão do continente Americano, na região tropical do planeta, a
53 Amazônia apresenta grande variedade de ambientes. Dentre as formações florestais se
54 destacam as florestas de Terra Firme, estas se localizam acima do nível máximo das cheias
55 dos corpos d'água e, portanto, não sofrem inundação (Haugaasen e Peres, 2005). Há ainda
56 florestas periodicamente inundadas, experimentando ao longo do ano uma fase aquática e
57 outra terrestre (Junk *et al.*, 1989). Quando a floresta é inundada pelo transbordamento lateral
58 de rios de águas pretas elas são chamadas Igapós, quando por águas barrentas são chamadas
59 Várzeas (Prance, 1980). As águas pretas recebem esse nome pela coloração escura que se
60 deve a abundância de húmus dissolvido. O húmus é proveniente da decomposição parcial da
61 matéria orgânica das florestas que essas águas drenam. Águas pretas são ácidas e
62 extremamente pobres em sais minerais (Junk, 1983; Furch & Junk, 1997). É baixa a
63 fertilidade dos solos das áreas inundadas por águas pretas (Furch & Junk, 1997).

64 Na região do Médio Rio Negro, Amazonas, tem ocorrido incêndios em florestas de
65 Igapó, principalmente em períodos de secas severas. Esses eventos ou suas cicatrizes foram
66 observados a partir de imagens de satélites, relatos históricos (Marchesi, 1976; Nelson e
67 Irmão, 1998; Nelson, 2001; Williams *et al.*, 2005) e recentes visitas à região. Tais incêndios
68 se distinguem daqueles na Terra Firme pela alta mortalidade das árvores, natureza da fonte de
69 ignição e lenta taxa de recuperação da floresta (Flores *et al.*, no prelo). Incêndios em florestas
70 de Igapó também já foram registrados para a região do Alto Rio Negro, na Venezuela (Clark e
71 Uhl, 1987).

72 Os incêndios rasteiros têm como principal efeito local o aumento da suscetibilidade a
73 novos incêndios, num processo que pode levar a completa perda da fisionomia florestal
74 (Cochrane *et al.*, 1999; Nepstad *et al.*, 1999). Incêndios causam efeitos ecológicos de escala
75 global, como a emissão de gases traços de efeito estufa e modificação da refletância da
76 superfície terrestre (Nepstad *et al.*, 1999; Page *et al.*, 2002; Bowman *et al.*, 2009). Provocam
77 ainda mudanças na evapotranspiração, na emissão de aerossóis, e na formação de nuvens e
78 chuva (Nepstad *et al.*, 1999; Bowman *et al.*, 2009). A fumaça proveniente dos incêndios
79 florestais da Amazônia afeta o ciclo de água e a dinâmica de circulação atmosférica (Andreae
80 *et al.*, 2004).

81 Os ingredientes de um incêndio são o combustível, o clima seco e a fonte de ignição
82 (Nepstad *et al.*, 1999). “Os ecossistemas mais inflamáveis têm abundância de material
83 combustível fino e seco, de fácil ignição concentrado próximo à superfície do solo” (Id.,

84 *ibid.*). Nas florestas de Igapó da região do Médio Rio Negro foi observado um grande volume
85 de detritos vegetais depositados sobre o solo (serrapilheira). Alguns locais apresentam
86 também uma camada de fragmentos da serrapilheira associados a uma malha de muitas raízes
87 finas, pouco compactada e portanto, bem aerada. Essa malha de raízes também sofre completa
88 combustão durante os incêndios, nas florestas tropicais onde ocorre (Kauffman *et al.*, 1988).

89 Um dos fatores determinantes da quantidade de combustível estocado no chão da
90 floresta é a velocidade da sua decomposição. Essa é influenciada pelo ambiente físico-
91 químico, pela qualidade do material orgânico a ser decomposto, e pelos organismos
92 decompositores (Irmiler, 1975; Martínez-Yrizar *et al.*, 2007). A taxa de decomposição é alta
93 na região tropical úmida, devido às condições ambientais favoráveis, principalmente de
94 temperatura e pluviosidade (Furch e Junk, 1997; Zhang *et al.*, 2008). E a rápida decomposição
95 na Amazônia leva a um baixo estoque de serrapilheira sobre os solos (Martius *et al.*, 2004).
96 No entanto essas observações se referem ao ambiente de Terra Firme, o mais estudado do
97 bioma.

98 Em florestas não inundáveis, sobre solo arenoso, Campinaranas florestadas (Velo *et*
99 *al.*, 1991), ocorre o acúmulo de grande quantidade de serrapilheira e malha de raízes finas
100 sobre o solo. A pouca capilaridade da areia, mantém baixa a umidade no solo durante a
101 estação seca o que retarda a decomposição. Soma-se a isso a dominância de fungos
102 ectomicorrizicos associados a raízes das árvores, capazes de ciclagem direta dos nutrientes,
103 como adaptação a baixa nutrição mineral (Singer e Araújo, 1979). Tal fato, similar entre
104 Campinaranas e Igapós da Amazônia Central, ambas florestas sobre solos arenosos,
105 compromete a decomposição por diminuir o número e atividade de fungos saprófagos (Singer
106 e Araújo, 1979; Singer, 1988).

107 Para as florestas de Igapó pouco se sabe a respeito dos processos de decomposição e
108 acúmulo de serrapilheira, que nelas ocorrem sob influência das condições terrestres e
109 aquáticas. Rueda-Delgado *et al.* (2006) realizaram experimentos de decomposição em córrego
110 de águas pretas, durante duas distintas fases hidrológicas na Amazônia colombiana. A
111 decomposição foi menor durante a fase em que as folhas estiveram sempre submersas,
112 comparado a fase quando as folhas eram submersas somente quando chovia. Os autores
113 atribuíram maior participação dos fatores hidrológicos, que dos invertebrados aquáticos na
114 fragmentação da serrapilheira foliar.

115 Capps *et al.* (2011) expuseram folhas em submersão constante, em submersão
116 intermitente (eventos irregulares de submersão e emersão) e na Terra Firme, na Amazônia

117 equatoriana, ao longo de 100 dias. Constataram ser a decomposição maior sobre a Terra
118 Firme. As folhas que todo tempo estiveram emersas apresentaram maior biomassa de fungos.

119 Nessimian *et al.* (1998) estudando, ao longo de 12 meses, a fauna de invertebrados
120 bentônicos em um lago no Baixo Rio Negro, observaram que a fragmentação da serrapilheira
121 aumenta com a diminuição do nível da água. Durante a fase de emersão, sobre a terra não
122 inundada, e usando folhas da serrapilheira do próprio ambiente, Irmiler e Furch (1980)
123 constataram decomposição mais lenta nas florestas de Igapó que nas de Várzea. A
124 serrapilheira da Várzea é mais rica em nutrientes que a do Igapó. Os autores postularam que a
125 lenta decomposição nas florestas de Igapó pode ser devida a deficiência nutricional dos solos
126 e aos efeitos da inundação sazonal (Irmiler e Furch, 1980).

127 O presente trabalho foi realizado a fim de compreender melhor a ocorrência de
128 incêndios em Igapó, e baseou-se nas seguintes hipóteses:

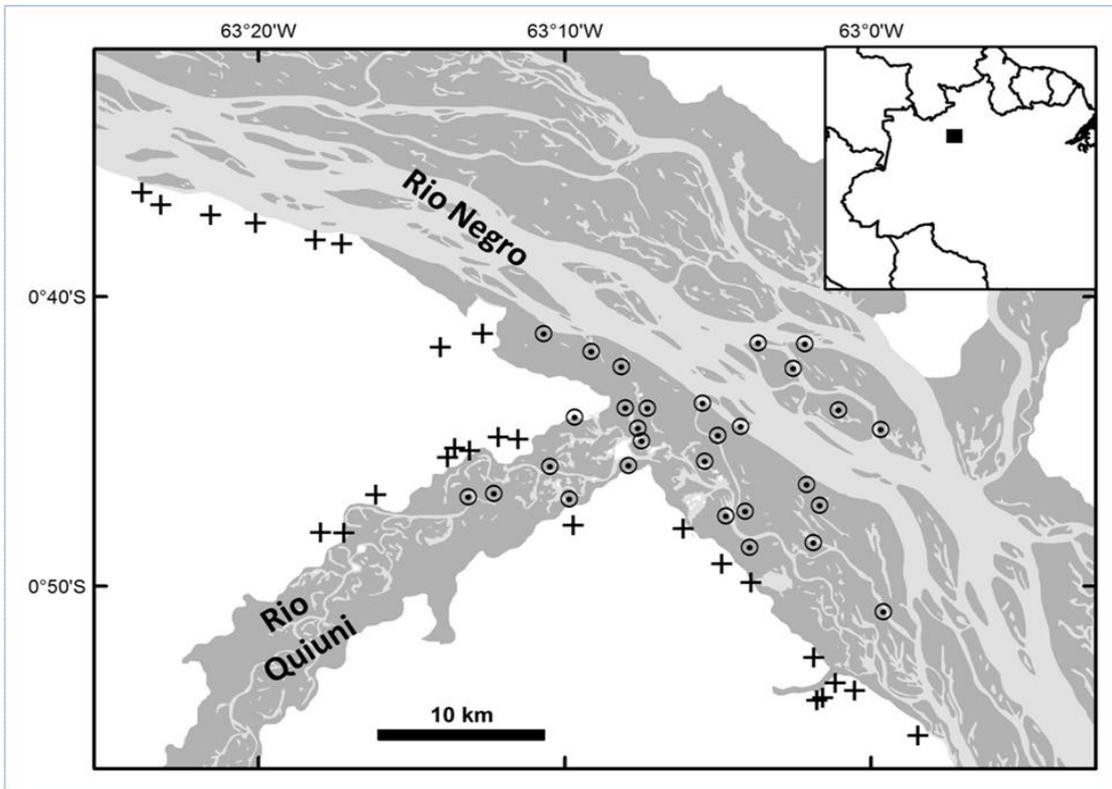
- 129 (1) O estoque de combustível fino (serrapilheira e malha de raízes) sobre o solo é
130 maior nas florestas de Igapó que nas de Terra Firme;
- 131 (2) O estoque de combustível fino nas florestas de Igapó é maior quanto maior for o
132 nível da inundação;
- 133 (3) O estoque de combustível fino, em florestas de Igapó e de Terra Firme, é maior
134 quanto maior for a porcentagem de areia no solo;
- 135 (4) A submersão nas florestas de Igapó torna mais lenta a decomposição de folhas,
136 comparado às condições da Terra Firme.

137

138 **Material e Métodos**

139 *Estoque de combustível fino em florestas de Igapó e Terra Firme*

140 Consideramos combustível fino o material de até 2,5 cm de diâmetro na forma de
141 serrapilheira (folhas, frutos, flores, raízes e galhos caídos) e a malha de raízes finas acima do
142 solo. No município de Barcelos, Médio Rio Negro, em um raio de aproximadamente 20 km
143 da foz do Rio Quiuini, foi distribuído 29 pontos de amostragem em florestas de Igapó e 28 em
144 florestas de Terra Firme (Figura 1). Entre os pontos, foi mantida uma distância mínima de 350
145 m.



146

147

148

149

150

Figura 1. Área de amostragem do combustível fino estocado sobre o solo das florestas de Igapó (pontos em forma de cruz) e das florestas de Terra Firme (pontos em forma circular), na região do Médio Rio Negro, município de Barcelos, Amazonas.

151

152

153

154

155

Em cada local foi alocado um transecto de 200 metros numa mesma curva de nível. Em cada transecto, foi medida a profundidade das camadas de combustível fino em cinco trincheiras a intervalos de 50m. Em um dos cinco pontos de cada transecto (o ponto central, aos 100 m) o combustível fino foi coletado dentro da área de um quadrado de 20 x 20 cm e posteriormente seco em estufa até peso constante e pesado.

156

157

158

159

160

161

162

Para se obter a massa média de combustível fino por transecto foram elaboradas regressões lineares, com interseção no ponto zero, entre a profundidade (cm) e a massa ($\text{g}/400\text{cm}^2$) das camadas de combustível obtidas nos pontos centrais dos transectos. Desta forma foram conseguidos os modelos usados para a transformação dos dados de espessura (cinco amostras por transecto) em dados de massa. As relações foram feitas separadamente para cada camada de combustível (serrapilheira fina e raízes finas), em cada tipo de floresta (Terra Firme e Igapó).

163

164

165

166

Coletou-se amostra dos primeiros dois centímetros da camada de solo mineral, no ponto central de cada transecto (amostra simples) em ambos os tipos de floresta. Nas florestas de Terra Firme coletou-se também uma amostra do solo, obtida dos pontos 0 m, 100 m e 200 m de cada transecto (amostra composta). Todo solo foi seco ao ar, peneirado em malha de 2

167 mm, e 10g de cada amostra conduzidas ao Laboratório Temático de Solos e Plantas (INPA)
168 para os procedimentos de separação das frações granulométricas. Regressões Lineares, com
169 interseções fixadas no ponto zero foram utilizadas para verificar a relação entre as amostras
170 simples e as compostas dos transectos de Terra Firme.

171 Para distribuir os pontos de coleta em florestas de Igapó de distintas alturas foi
172 utilizado o Modelo Digital de Elevações (MDE) do SRTM (*Shuttle Radar Topography*
173 *Mission*). As florestas mais altas devem ser encontradas sobre os depósitos aluviais mais altos
174 (Goulding *et al.*, 1988; Worbes, 1997; Wittmann *et al.*, 2010), por isso foi utilizada a altitude
175 do MDE, que é a soma da altitude do terreno com a altura da floresta. A suposição de
176 correspondência entre altitude do MDE e a altitude do terreno da floresta foi examinada
177 medindo a altura da marca d'água deixada nas árvores durante a cheia.

178 Os dados de estoque de combustível entre florestas de Igapó e de Terra Firme foram
179 comparados através de teste-*t* e dos intervalos de confiança da média. E entre florestas de
180 Igapó em diferentes níveis de inundação através de regressão linear. Foram usados os
181 programas R (R Development Core Team, 2009) e Microsoft Office Excel 2007.

182

183 *Decomposição de folhas*

184 O experimento de decomposição foi realizado nas florestas de Igapó e Terra Firme
185 adjacentes, da Reserva de Desenvolvimento Sustentável (REDES) Tupé, 25 km a oeste de
186 Manaus, Amazônia Central (Scudeller *et al.*, 2005). O Lago Tupé, que banha as florestas, está
187 submetido, durante a maior parte de seu ciclo, a flutuações do nível do rio Negro. Suas águas
188 pretas têm reduzidas concentrações de íons dissolvidos, baixos valores de *pH* e de
189 condutividade elétrica (Darwich *et al.*, 2005). O lago apresenta permanente estratificação
190 térmica e de oxigênio na água, possibilitada pelas margens íngremes e pela presença da
191 vegetação florestal que o protege dos ventos (Aprile e Darwich, 2009).

192 Foram utilizadas folhas de *Clitoria fairchildiana* Howard (Fabaceae, Papilionoideae),
193 espécie amazônica nativa da Terra Firme no sudeste amazônico, com folhas disponíveis em
194 grande quantidade por ser usada na arborização em Manaus. A composição química, conteúdo
195 de fibras e de proteína e a taxa de decomposição de *C. fairchildiana* foram reportados por
196 Luizão (1995). No chão da floresta de Terra Firme a espécie perdeu 40% de sua massa inicial
197 após 120 dias na estação chuvosa (Luizão, 1995). A taxa de decomposição não foi
198 significativamente diferente da estação seca (Id., *ibid.*). Portanto a decomposição é
199 suficientemente alta para detectar diferenças entre ambientes no presente estudo. No entanto,
200 sua taxa decomposição é representativa, sendo apenas ligeiramente maior que duas espécies

201 esclerófilas dominantes em florestas não perturbadas sobre solo arenoso: *Aldina heterophylla*
202 e *Pradosia schomburckiana* (Luizão, 1995). A razão C:N não foi relatada, mas as folhas de
203 *C. fairchildiana* contêm 31% de fibras, 8% de proteína, 4% de lipídeos (Id., ibid.).

204 Folhas maduras foram retiradas diretamente da árvore em abril de 2010, no município
205 de Manaus, e secas ao ar. Aproximadamente 4,0g (de 3,5g a 4,5g) de folhas inteiras foram
206 colocadas em bolsas de 30 x 30 cm, de tela plástica com malha 1 mm, devidamente
207 identificadas. Nas bolsas foram feitas 20 aberturas de 10 mm para facilitar o acesso dos
208 invertebrados.

209 As amostras foram alocadas em quatro locais da área de estudo, a uma distância de
210 aproximadamente 1,5 m uma da outra, e sob três distintas condições. A saber, (1) sobre o solo
211 da floresta de Terra Firme e, portanto, sem sofrer submersão ou encharcamento; (2)
212 submersas em baixa profundidade (≤ 1 m) e (3) submersas em maior profundidade (≥ 4 m), no
213 Igapó inundado. Em todos os tratamentos as bolsas foram colocadas em contato com o
214 substrato das florestas. As amostras sob submersão no Igapó inundado foram submersas com
215 a utilização de pesos fixados nas bolsas.

216 O experimento teve início em 27 de maio de 2010, final da estação chuvosa e período
217 em que o nível de água que inunda o Igapó se encontra em seu máximo de cheia. O
218 experimento foi concluído em 16 de agosto de 2010, estação de menor pluviosidade e período
219 em que o nível da água que inunda o Igapó está em rápida diminuição. Foram necessárias
220 realocações das bolsas submersas para que as distintas profundidades fossem mantidas apesar
221 da variação de aproximadamente 2 metros no nível da água. Na ocasião da instalação do
222 experimento e nas duas últimas visitas, foi usado um oxímetro (YSI Model 55) para
223 determinar a concentração de oxigênio dissolvido nas proximidades das folhas submersas.

224 Em cinco datas, com intervalos de aproximadamente 15 dias, foram recolhidas em
225 torno de 16 bolsas de cada tratamento. Após a retirada das bolsas, as folhas remanescentes
226 foram lavadas em água corrente, secas em estufa a 60°C até peso constante e pesadas. A
227 diferença entre massa seca ao ar e massa seca em estufa foi corrigida. A porcentagem de
228 massa remanescente das folhas foi comparada entre os tratamentos através dos intervalos de
229 confiança das médias.

230

231

232

233 **Resultados**

234 *Estoque de Combustível fino nas florestas de Igapó e Terra Firme do Médio Rio Negro*

235 A amplitude anual média da variação no nível do rio Negro na região do Médio Rio
 236 Negro é de 4,9 m, segundo dados da Estação Hidrológica de Barcelos, obtidos no período de
 237 1968 a 2006 (ANA, 2011). A superfície dos depósitos aluviais, ou seja, a altura do terreno,
 238 nos Igapós é confinada à metade inferior desta amplitude, pois as marcas d'água superam os 2
 239 metros acima do chão, segundo esta campanha de campo. Não houve relação significativa
 240 entre a altitude obtida através do modelo SRTM, e o nível da inundação nos Igapós, medido
 241 das marcas d'água nas árvores.

242 Houve forte relação entre as amostras de solo compostas, pontos 0 m, 100 m e 200 m,
 243 e as amostras simples, somente ponto 100 m, dos transectos em Terra Firme para as três
 244 frações granulométricas ($R^2=0,87$ argila, $R^2=0,89$ areia e $R^2=0,88$ silte). O que demonstra não
 245 haver diferenças relevantes entre as amostras simples e as compostas. A porcentagem média
 246 (\pm desvio padrão) de cada fração granulométrica nos solos das florestas de Terra Firme e de
 247 Igapó estudadas encontram-se na Tabela 1.

248

249 Tabela 1. Média e Desvio Padrão da porcentagem de areia, de silte e de argila das amostras de
 250 solo superficial nas florestas de Igapó e de Terra Firme da região do Médio Rio Negro.

251

252	Fração Granulométrica	Igapó	Terra Firme
253	Areia	17% (\pm 28%)	34% (\pm 18%)
254	Silte	38% (\pm 14%)	48% (\pm 15%)
255	Argila	45% (\pm 19%)	17% (\pm 6%)

256

257 A porcentagem de quaisquer dessas frações granulométricas do solo não influenciou o
 258 estoque de combustível fino, tanto para florestas de Igapó como para as de Terra Firme. Não
 259 houve relação significativa também entre a porcentagem das frações granulométricas do solo
 260 e o nível da inundação nas florestas de Igapó. Ambas essas relações foram testadas através de
 261 Regressões. Encontramos carvão em 32% das amostras de solo dos pontos centrais dos
 262 transectos de Terra Firme, e em 15% dos de Igapó. Para as florestas de Terra Firme
 263 considerando também as amostras compostas de solo, coletadas em três pontos de cada
 264 transecto, a porcentagem de locais que apresentaram carvão foi de 46%.

265 A Tabela 2 mostra as relações entre a massa e a profundidade para a camada de
 266 serrapilheira fina e para a camada de raízes finas nas florestas de Igapó e de Terra Firme
 267 estudadas.

268

269 Tabela 2. Equação da Regressão Linear, R^2 e N (número de amostras analisadas) para as camadas de
 270 serrapilheira fina e raízes finas nas florestas de Igapó e Terra Firme estudadas.
 271

Componente/ambiente	Modelo	R^2	N
Serrapilheira na Terra Firme	$y = 8.331x$	0.355	28
Serrapilheira no Igapó	$y = 9.201x$	0.399	29
Raízes na Terra Firme	$y = 19.12x$	0.965	28
Raízes no Igapó	$y = 13.64x$	0.761	29

272

273 O estoque de serrapilheira fina e de raízes finas sobre os solos das florestas de Igapó e
 274 de Terra Firme estudadas estão apresentados na Tabela 3 e nas Figuras 2 e 3. Considerando o
 275 intervalo de confiança de 95% da média (média \pm 2 erros padrão), as florestas de Igapó
 276 estocam de 10 a 13 Mg ha⁻¹ de serrapilheira fina e as de Terra Firme 7 a 8 Mg ha⁻¹. O estoque
 277 de combustível na forma de raízes finas sobre o solo das florestas de Igapó vai de 10 a 18 Mg
 278 ha⁻¹ e nas florestas de Terra Firme de 0 a 3 Mg ha⁻¹. As florestas de Igapó apresentam maior
 279 estoque de combustível que as florestas de Terra Firme, tanto na forma de serrapilheira fina
 280 ($P < 0,0001$; $t = -6,37$), quanto de raízes finas ($P < 0,0001$; $t = -5,72$).

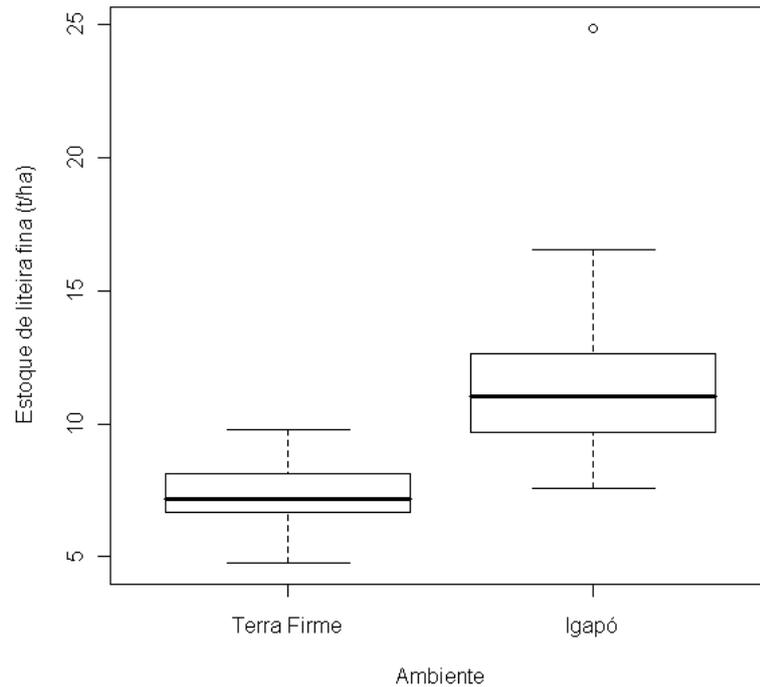
281

282 Tabela 3. Estoque médio em Mg ha⁻¹ das camadas de serrapilheira fina e de raízes finas sobre
 283 os solos das florestas de Igapó e de Terra Firme estudadas. E média do combustível fino total
 284 (serrapilheira + camada de raízes) para cada tipo de floresta.
 285

<i>Ambiente</i>	<i>Estoque de serrapilheira fina (média \pm desvio padrão) (Mg ha⁻¹)</i>	<i>Estoque de raízes finas (média \pm desvio padrão) (Mg ha⁻¹)</i>	<i>Estoque médio de combustível fino total (Mg ha⁻¹)</i>
Igapó	11,65 \pm 3,5	13,73 \pm 10,6	25,38
Terra Firme	7,24 \pm 1,2	1,84 \pm 3,5	9,08

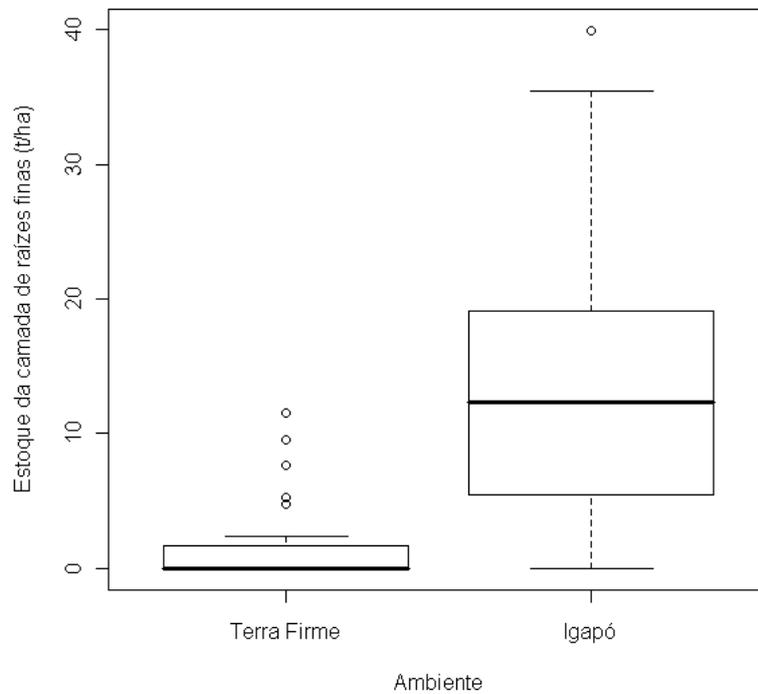
286

287
 288
 289
 290
 291
 292
 293
 294
 295
 296
 297
 298
 299
 300
 301



302 Figura 2. Estoque médio de serrapilheira fina (até 2,5 cm de diâmetro) nas florestas de Terra Firme e
 303 de Igapó do Médio Rio Negro. Os dois *boxplots* indicam a mediana, as quartis, a amplitude das
 304 observações e os *outline* de cada ambiente.
 305

306
 307
 308
 309
 310
 311
 312
 313
 314
 315
 316
 317
 318
 319



320 Figura 3. Estoque médio da camada de raízes finas nas florestas de Terra Firme e de Igapó do Médio
 321 Rio Negro. Os dois *boxplots* indicam a mediana, as quartis, a amplitude das observações e os *outline*
 322 de cada ambiente.
 323

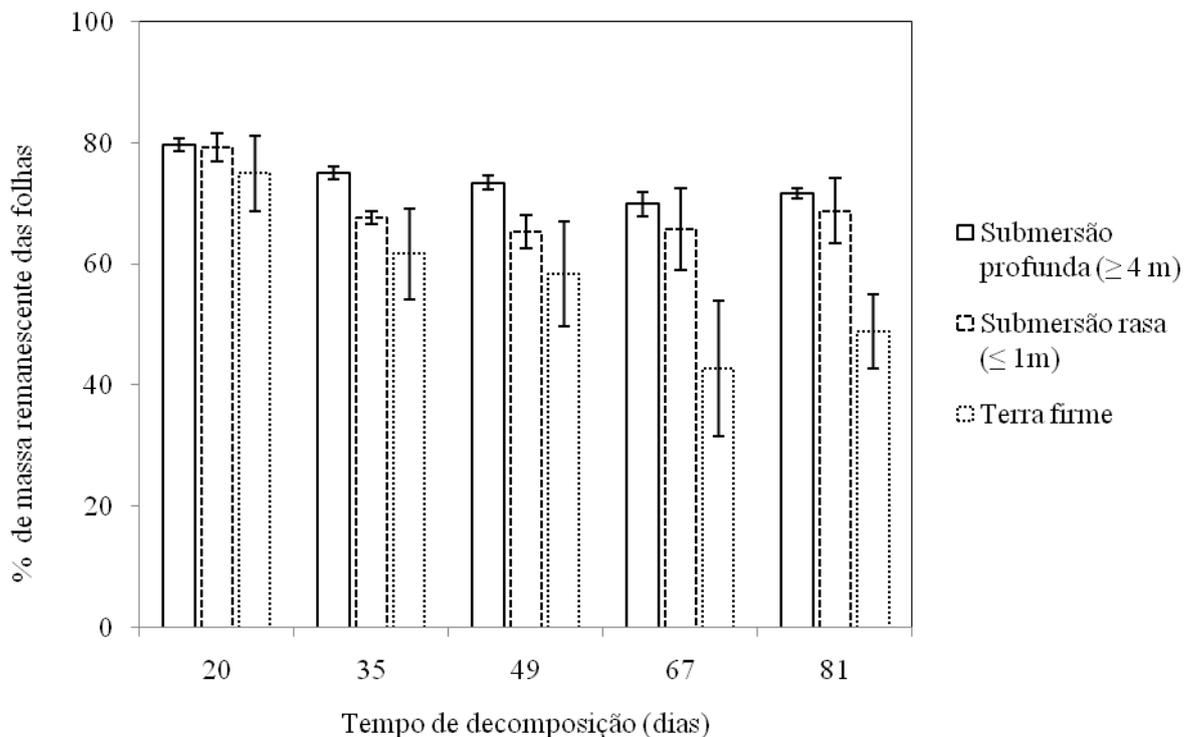
324 *Decomposição de folhas em florestas de Igapó e Terra Firme*

325 O tratamento de submersão rasa (≤ 1 m) proporcionou água bem aerada, com média (\pm
326 desvio padrão) de $3.7 (\pm 1.3)$ mgO_2/l . Já a submersão profunda (≥ 4 m), apresentou média de
327 $0.2 (\pm 0.3)$ mgO_2/l , ou seja, pouco ou nenhum oxigênio dissolvido. A oxiclina, limite entre
328 água aerada e água anóxica, ficou entre 2m e 3m de profundidade nas florestas de Igapó
329 inundadas.

330 A Figura 4 mostra a porcentagem da massa remanescente nas folhas dos três
331 tratamentos de decomposição, ao longo do tempo.

332

333 Figura 4. Porcentagem de massa remanescente das folhas de *C. fairchildiana* sob as três condições de
334 estudo, ao longo do tempo. Intervalos de confiança de 95% (± 2 erros padrão da média).



335

336 Considerando os intervalos de confiança de 95% tem-se que, entre os dois tratamentos
337 de submersão no Igapó houve diferenças na perda de massa das folhas somente no período de
338 35 a 49 dias de decomposição, quando a submersão rasa mostrou maior decomposição. A
339 partir dos 35 dias e até o final do experimento, a decomposição das folhas sobre a terra foi
340 maior que daquelas sob submersão profunda. A partir dos 67 dias observamos diferença
341 estatisticamente significativa entre a decomposição em terra e em submersão rasa.

342 Nas folhas em decomposição na Terra Firme observamos muitas marcas deixadas pela
343 fauna do solo, em especial por cupins (Isoptera: Termitidae) com a característica remoção de
344 discos perfeitamente redondos. Os cupins foram os maiores responsáveis pela perda de área
345 das folhas. Ainda nessas amostras foi também observada a intrusão de raízes.

346 As folhas mais profundamente submersas, ao contrário, se apresentaram
347 aparentemente intactas por todo o experimento. As amostras sob submersão rasa se tornaram
348 as mais frágeis, finas, translúcidas, perdendo camadas de tecido. Não houve intrusão de raízes
349 em nenhuma das bolsas submersas apesar de estas estarem em meio às árvores da floresta de
350 Igapó.

351

352 **Discussão**

353 A presença de carvão na bacia do Rio Negro já é conhecida tanto para florestas de
354 Terra Firme como de Igapó (Sandford *et al.*, 1985 *apud* Clark e Uhl, 1987), demonstrando ser
355 o fogo um importante agente de perturbação na história da Amazônia. Grande parte do que se
356 pensa ser floresta primária, na verdade são florestas secundárias antigas, que se
357 desenvolveram após incêndio natural ou induzido pela presença humana (Sandford *et al.*,
358 1985 *apud* Clark e Uhl, 1987).

359 As florestas do Médio Rio Negro são, provavelmente, um mosaico de cicatrizes de
360 incêndios em diferentes estágios de recuperação lenta, e por isso com diferentes alturas de
361 dossel (Flores *et al.*, no prelo). Este histórico de incêndios pode ter eliminado a típica relação
362 esperada de se ter florestas de Igapó mais altas confinadas aos depósitos aluviais mais altos, o
363 que explica a desconexão entre o modelo de elevação SRTM e o nível da inundação.

364 A ausência de relações do estoque de combustível fino com o nível da inundação e
365 com a textura do solo das florestas de Igapó pode estar relacionada à heterogeneidade
366 ambiental dos locais estudados. O estoque de combustível é influenciado por outros fatores
367 tais como aqueles relacionados com sua produção (idade da floresta, densidade do dossel,
368 dentre outros), e com seu transporte, como a velocidade da correnteza.

369 Considerando que os incêndios são perturbações presentes nesses ambientes, o tempo
370 desde o último incêndio é também um fator que pode estar levando à ausência de relação
371 entre o estoque de combustível e as características ambientais de nível de inundação e textura
372 do solo. As diferenças no estoque de combustível devidas às sutis distinções no nível da
373 inundação, e na textura do solo, podem não ter sido grandes o suficiente para evitar que
374 fossem encobertas pelo efeito de outros determinantes.

375 Os resultados dos modelos de Regressão Linear entre espessura e massa das camadas
 376 de combustível fino, no presente trabalho, apontam uma relação fraca para a camada de
 377 serrapilheira, tanto em florestas de Igapó, quanto em florestas de Terra Firme. Isto se deve
 378 provavelmente ao fato de que compõem a serrapilheira fina materiais diversos, que se
 379 distinguem quanto à relação área/volume, como frutos, gravetos e folhas. Já a manta de raízes
 380 finas é uma camada mais homogênea, em que as raízes apresentam espessuras semelhantes,
 381 resultando na forte relação entre a espessura e a massa desta camada de combustível.

382 A produção de raízes finas pode ser vista como uma adaptação a fatores estressantes
 383 como, por exemplo, o baixo suprimento de nutrientes e a inundação (Worbes, 1997). “A
 384 maior biomassa de raízes em solos pobres, como nas florestas de Igapó é explicada pela
 385 necessidade de otimizar a exploração das muito limitadas fontes de nutrientes” (Medina *et al*,
 386 1977 apud Worbes, 1997). Por isso, é de esperar que a biomassa de raízes finas nas florestas
 387 de Igapó seja maior que nas florestas de Terra Firme, como constatado pelo presente estudo.

388 A grande variância na camada de raízes finas para as florestas de Igapó e de Terra
 389 Firme do Médio Rio Negro pode também estar relacionada ao histórico de incêndios. O
 390 incêndio consome a camada de serrapilheira e a camada de raízes finas, no entanto, a
 391 recuperação da biomassa de raízes característica dos ambientes pode ser mais lenta do que a
 392 dinâmica de produção e decomposição de serrapilheira.

393 O estoque de serrapilheira é determinado pela quantidade de material produzido, a
 394 velocidade da sua decomposição e seu transporte. A Tabela 4 apresenta os valores mínimo,
 395 máximo e a média do estoque e da produção de serrapilheira para as florestas de Terra Firme
 396 da Amazônia Central e Amazônia Oriental, com base na literatura.

397

398 Tabela 4. Valor médio e valor máximo e média do estoque e da produção de serrapilheira na
 399 Amazônia Central e Amazônia Oriental, estado do Pará, com base em trabalhos publicados na
 400 literatura científica.

401

	<i>Valor mínimo</i>	<i>Valor máximo</i>	<i>Média</i>	<i>Fontes</i>
Estoque de serrapilheira	5,4 ± 2,1 Mg ha ⁻¹	12,7 ± 4,5 Mg ha ⁻¹	6,9 Mg ha ⁻¹	Uhl e Kauffman, 1990; Luizão 1995; Luizão <i>et al</i> , 2004; Martius 2004; Monteiro, 2005.
Produção de serrapilheira	6,5 ± 1,6 Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	9,4 Mg ha ⁻¹	7,7 Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Luizão e Schubart, 1987; Luizão 1995; Luizão <i>et al</i> , 2004; Monteiro, 2005; Barlow <i>et al.</i> , 2007; Schongart <i>et al.</i> , 2010.

402

403 Nas florestas de Igapó da Amazônia Central a produção de serrapilheira é de 6,8 Mg
404 ha⁻¹ano⁻¹, valor encontrado em estudo publicado na década de 70 (Adis *et al.*, 1979) e em
405 investigação mais recente (Moreira, 2006 *apud* Schongart *et al.*, 2010).

406 Se a quantidade de combustível produzido anualmente é menor que o estoque
407 apresentado em determinado momento, então, a eficiência dos processos de decomposição e
408 transporte é baixa, a ponto de levar ao acúmulo, em longo prazo. Este parece ser o caso para
409 os Igapós do Médio Rio Negro, pois o estoque de serrapilheira, encontrado neste trabalho
410 corresponde a 171% da produção anual reportada na literatura. O estoque encontrado na
411 Terra Firme é aproximadamente equivalente às estimativas de produção anual reportadas para
412 essas florestas na Amazônia.

413 O presente trabalho também demonstrou que a decomposição de folhas é mais lenta
414 quando elas se encontram submersas nas águas que inundam a floresta de Igapó, comparada à
415 decomposição na terra. É de grande importância a atuação dos cupins sobre a decomposição
416 na Terra Firme, removendo material da serrapilheira para outros ambientes, como o interior
417 do solo (Luizão e Schubart, 1987). A redução da área foliar é também maior quando é
418 permitido o acesso da macrofauna do solo em floresta de Igapó durante a fase terrestre (Irmiler
419 e Furch, 1980). Porém, ao contrário do demonstrado aqui, recente trabalho levou a conclusão
420 de ser a microbiota, e não a macrofauna, quem dirige a decomposição tanto de folhas emersas
421 sobre a Terra Firme, quanto de folhas submersas (Capps *et al.*, 2011).

422 O crescimento de raízes, por vezes associadas à micorrizas, sobre as folhas em
423 decomposição pode ser considerado uma adaptação das plantas desenvolvidas sobre solos
424 inférteis, por otimizar a absorção de nutrientes limitantes (Luizão *et al.*, 2007). A não intrusão
425 de raízes nas bolsas de folhas em decomposição na floresta de Igapó nesse estudo pode ser
426 devida ao estado de dormência das árvores durante a inundação (Worbes, 1997).

427 Segundo Luizão e Schubart (1987), folhas da mesma espécie usada aqui, durante a
428 estação chuvosa perderam 50% de sua massa inicial após aproximadamente 30 dias de
429 decomposição no chão da floresta de Terra Firme da Amazônia Central. Já na estação seca, as
430 folhas apresentavam mais que 50% da sua massa inicial, mesmo após 150 dias. A
431 decomposição mais rápida no período chuvoso do ano está associada à maior lixiviação e à
432 maior atividade biológica de raízes e animais, especialmente cupins, sobre as folhas (Luizão e
433 Schubart, 1987). É, no entanto, mais importante a influência das condições de umidade sobre
434 os organismos decompositores, que os efeitos diretos da queda de chuva sobre o material em
435 decomposição (Id., *ibid.*). No presente trabalho, registramos perda de mais de 50% de massa
436 das folhas em menos de 65 dias sobre a terra durante a estação seca.

437 Em florestas de Igapó ou ambientes semelhantes, acontecem mudanças sazonais na
438 fauna de invertebrados em função da inundação, com menor diversidade de espécies durante o
439 período da cheia, comparado à fase terrestre (Irmiler, 1975, 1979; Nessimian *et al.*, 1998;
440 Rueda-Delgado *et al.*, 2006). Tal alteração é consequência da relativa abundância de poucas
441 espécies adaptadas à submersão, da acidez e das baixas concentrações de oxigênio na água
442 (Irmiler, 1975, 1979). Há ainda o fato de que grande parte dos invertebrados que ocorrem na
443 serrapilheira submersa não atua sobre a sua decomposição (Walker, 1992; Furch e Junk, 1997;
444 Rueda-Delgado *et al.*, 2006; Paula, 2007).

445 A anoxia nas bolsas mais profundamente submersas do presente estudo era esperada.
446 Aprile e Darwich (2009) registraram um epilímnio (camada de água superficial, mais
447 oxigenada, quente e iluminada), estreito, com 1,5 m de espessura, no lago Tupé, onde se
448 espera maior atuação dos ventos que dentro do Igapó. A baixa concentração do oxigênio
449 dissolvido na água retarda a decomposição por agir sobre a ocorrência e atividade dos animais
450 e dos fungos hifomicetos, importantes decompositores do ambiente aquático (Irmiler 1975;
451 Glazebrook e Robertson, 1999; Medeiros *et al.*, 2009). A acidez torna o processo de
452 decomposição mais lento, pois os íons de hidrogênio inibem a atividade dos organismos de
453 forma geral (Qualls e Haines, 1990; Abelho, 2001).

454 Além das condições ambientais do Igapó, cujo efeito sobre o processo de
455 decomposição foi, no presente trabalho, demonstrado, também há que se considerar as
456 características do material vegetal desenvolvido nessas florestas. As adversidades do Igapó
457 levam à produção de serrapilheira de baixa qualidade nutricional. As plantas apresentam
458 folhas esclerófilas --com muitos compostos estruturais de difícil decomposição e com poucos
459 nutrientes (Singer e Araújo, 1979; Prance, 1980; Kingle *et al.*, 1983). Há ainda o acúmulo de
460 compostos secundários produzidos como defesa à herbivoria (Singer e Araújo, 1979).

461 Todos esses fatores conhecidamente retardam a decomposição da serrapilheira
462 produzida (Yule e Gómez, 2009). Furch *et al.* (1989) com folhas submersas em tanque,
463 constataram decomposição mais lenta para folhas de árvore do Igapó que de árvores de
464 Várzea. As folhas de Igapó apresentavam menor conteúdo de nutrientes, e maior dureza que
465 as folhas da Várzea (Furch *et al.*, 1989). Como a maioria das espécies de árvores de Igapó tem
466 características esclerofilas (Furch & Junk, 1997), pode-se esperar por isso, ainda mais lenta
467 decomposição no sistema Igapó, que a registrada aqui.

468 A matéria orgânica acumulada no solo das florestas em função desta lenta
469 decomposição é combustível potencial em casos de incêndios. Desta forma, o conhecimento

470 da dinâmica da mesma, pode ser útil também em trabalhos de investigação, modelagem e
471 prevenção de incêndios.

472

473 **Conclusões**

474 As florestas de Igapó do Médio Rio Negro apresentam maior estoque de combustível
475 fino, nas formas de serrapilheira e de malha de raízes finas, depositado sobre o solo,
476 comparado com as florestas de Terra Firme. A diferença é devida, em parte, à decomposição
477 mais lenta durante a fase de submersão na floresta inundável por água preta em relação à
478 emersão na Terra Firme.

479

480 **Agradecimentos**

481 Somos gratos ao INPA pela oportunidade, apoio logístico, e pelos profissionais. À
482 CAPES pela bolsa concedida à Aline Ramos dos Santos durante o mestrado que resultou
483 neste artigo. Ao Geoma pelo apoio financeiro ao projeto no qual este trabalho está incluído. À
484 Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Manaus por permitir a pesquisa
485 na REDES Tupé. Ao Amir Luiz Alves da Silva e João dos Santos, pelos trabalhos de campo.

486

487 **Bibliografia Citada**

488 Abelho, M. 2001. From litterfall to breakdown in streams: a review. *The Scientific World* 1: 656–
489 680.

490 Adis, J; Furch, K.; Irmeler, U. 1979. Litter Production of a central-Amazonian black water
491 inundation forest. *Tropical Ecology*, 20 (1): 236 - 245.

492 ANA, 2011. Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>). Acesso em 01/03/2011.

493 Andreae, M. O.; Rosenfeld, D.; Artaxo, P.; Costa, A. A.; Frank, G. P.; Longo, K.M.; Silva-Dias,
494 M. A. F. 2004. Smoking Rain Clouds over the Amazon. *Science*, 303: 1337-1341.

495 Aprile, F. M.; Darwich, A. J. 2009. Regime Térmico e a dinâmica do oxigênio em um lago
496 meromítico de águas pretas da região amazônica. *Brazilian Journal of Aquatic Science and*
497 *Technology*, 13(1): 37-43.

498 Barlow, J.; Gardner, T. A.; Ferreira, L. V.; Peres, C. A. 2007. Litter fall and decomposition in
499 primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and*
500 *Management*, 247: 91-97.

- 501 Bowman, D. M. J. S.; Balch, J. K.; Artaxo, P.; Bond, J. W.; Carlson, J. M.; Cochrane, M. A.;
502 D'Antonio, C. M.; DeFries, R. S.; Doyle, J. C.; Harrison, S. P.; Johnston, F. H.; Keeley, J. E.;
503 Krawchuk, M.A.; Kull, C. A.; Marston, J. B.; Moritz, M. A.; Prentice, I. C.; Roos, C. I.; Scott,
504 A. C.; Swetnam, T. W.; Werf, G.R.; Pyne, S. J. 2009. Fire in the Earth System. *Science*, 324:
505 481-484.
- 506 Clark, K.; Uhl, C. 1987. Farming, fishing, and fire in the history of the upper rio Negro region of
507 Venezuela. *Human Ecology*, 15 (1): 1-24.
- 508 Cochrane, M. A.; Alencar, A.; Schulze, M. D.; Souza Jr., C. M.; Nepstad, D. C.; Lefebvre, P.;
509 Davidson, E. A. 1999. Positive Feedbacks in the Fire Dynamic of Closed Canopy Tropical
510 Forests. *Science*, 284 : 1832 – 1835.
- 511 Darwich, A. J.; Aprile, F. M.; Robertson, B. A.; Alves, L. F. 2005. Limnologia do Lago Tupé:
512 dinâmica espaço-temporal do oxigênio dissolvido. p.35 – 67. In: Santos – Silva, E. N.; Aprile,
513 F. M.; Scudeller, V. V.; Melo, S. (Orgs.). *Biotupé: meio físico, diversidade biológica e sócio-*
514 *cultura do baixo rio Negro, Amazônia Central*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia,
515 Manaus, Amazônia.
- 516 Ferreira L. V. 2000. Effects of flooding duration on species richness, floristic composition and
517 forest structure in river margin habitat in Amazonian blackwater floodplain forests:
518 implications for future design of protected areas. *Biodiversity and Conservation*, 9: 1-14.
- 519 Furch, K.; Junk, W. J.; Campos, Z. E. S. 1989. Nutrient dynamics of decomposing leaves from
520 Amazonian floodplain forest species in water. *Amazoniana*, 11 (1): 91 – 116.
- 521 Furch, K.; W.J. Junk. 1997. Physicochemical conditions in the floodplain, p. 69–108. In: Junk,
522 W.J. (ed.) *The Central Amazonian Floodplain, Floodplain: Ecology of a Pulsing System*,
523 *Ecological Studies V. 126*. Springer, Berlin.
- 524 Furch, K.; Junk, W. J. 1997. The Chemical Composition, Food Value, and Decomposition of
525 Herbaceous Plants, Leaves, and Leaf Litter of the Floodplain Forests, p. 187-205. In: Junk,
526 W. J. (Ed.). *The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System. V.126*. Springer –
527 Verlag Berlin Heidelberg Germany.
- 528 Glazebrook, H.; Robertson, A. I. 1999. The effect of flooding and flood timing on leaf litter
529 breakdown rates and nutrients dynamics in a river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) forest.
530 *Australian Journal of Ecology*, 24: 625 – 635.
- 531 Goulding, M.; Carvalho, M. L.; Ferreira, E. G. 1988. *Rio Negro: rich life in poor water*. The
532 Hague: SPB Academic Publishing. 208 pp.
- 533 Haugaasen, T.; Peres, C. A. 2005. Tree Phenology in Adjacent Amazonian Flooded and
534 Unflooded Forests. *Biotropica* 37 (4): 620–630.

- 535 INMET. INMET (<http://www.inmet.gov.br>). Acesso em 01/03/2011.
- 536 Irmiler, U. 1975. Ecological Studies of the Aquatic Soil Invertebrates in three Inundation Forests
537 of Central Amazonia. *Amazoniana*, 5 (3): 337 – 407.
- 538 Irmiler, U. 1979. Considerations on Structure and Function of the "Central-Amazonian
539 Inundation Forest Ecosystem" with Particular Emphasis on Selected Soil Animals. *Oecologia*,
540 43: 1 – 18.
- 541 Irmiler, U.; Furch, K. 1980. Weight, energy, and nutrient changes during the decomposition of
542 leaves in the emersion phase of Central-Amazonian inundation forests. *Pedobiologia*, 20,: 118
543 - 130.
- 544 Junk, W. J. 1983. As Águas da Região Amazônica, p. 45 – 100. In: Salati, E. et al. (Ed.).
545 Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia. Brasiliense - Conselho de
546 Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
- 547 Junk, W. J.; Baley, P. B.; Sparks, R. E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain
548 systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science*, 106: 110-127.
- 549 Kauffman, J. B.; Uhl, C.; Cummings, D. L. 1988. Fire in the Amazon 1: Fuel biomass and fire
550 chemistry in the evergreen rainforest of Venezuela. *Oikos*, 53: 167-175.
- 551 Kingle, H.; Furch, K.; Harms, E.; Revilla, J. 1983. Foliar nutrients levels of native tree species
552 from Central Amazonia. 1. Inundation forests. *Amazoniana*, 7 (1): 19 – 45.
- 553 Capps, K. A.; Graça, M. A. S.; Encalada, A. C.; Flecker, A. S. 2011. Leaf-litter decomposition
554 across three flooding regimes in a seasonally flooded Amazonian watershed. *Journal of*
555 *Tropical Ecology*, 27: 205 – 210.
- 556 Laurance, W. F.; Fearnside, P. M.; Laurance, S.G.; Delamonica, P.; Lovejoy, T. E.; Merona, J.
557 M. R.; Chambers, J. Q.; Gascon, C. 1999. Relationship between soils and Amazon forest
558 biomass: a landscape-scale study. *Forest Ecology and Management*, 118: 127-138.
- 559 Luizão, F. J. 1995. *Ecological studies in contrasting forest types in central Amazonia*. Tese de
560 Doutorado, University of Stirling, UK. 288 pp.
- 561 Luizão, F. J.; Schubart, H. O. P. 1987. Litter production and decomposition in a Terra Firme
562 forest of Central Amazonia. *Experientia*, 43 (3): 259-265.
- 563 Luizão, R. C. C.; Luizão, F. J.; Proctor, J. 2007. Fine root growth and nutrient release in
564 decomposing leaf litter in three contrasting vegetation types in central Amazonia.
565 *Plant Ecology*, 192: 225-236.
- 566 Marchesi, G. 1975. *Tra Fiumi e Foreste: conletribudel rio Negro d'Amazzonia*. Instituto Storico
567 Salesiano, Roma, 212 pp.

- 568 Marengo, J. A. 2007. *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade:*
569 *caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território*
570 *brasileiro ao longo do século XXI*. Ministério do Meio Ambiente, Série Biodiversidade,
571 Brasília.
- 572 Martínez-Yrizar, A.; Núñez, S.; Búrquez, A. 2007. Leaf litter decomposition in a southern
573 Sonoran desert ecosystem, northwestern Mexico: Effects of habitat and litter quality. *Acta*
574 *Oecologica*, 32: 291 – 300.
- 575 Martius, C.; Höfer, H.; Garcia, M. V. B.; Römbke, J.; Hanagarth, W. 2004. Litter fall, litter stocks
576 and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazonia. *Nutrient*
577 *Cycling in Agroecosystems*, 68: 137-154.
- 578 Medeiros, A. O.; Pascoal, C.; Graça, M. A. S. 2009. Diversity and activity of aquatic fungi under
579 low oxygen conditions. *FreshwaterBiology*, 54: 142–149.
- 580 Monteiro, M.T. F. 2005. *Interações na dinâmica do carbono e nutrientes da liteira entre a*
581 *floresta de Terra Firme e o igarapé de drenagem na Amazônia Central*. Dissertação de
582 Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do
583 Amazonas, Manaus, Amazonas. 111 pp.
- 584 Nelson, B.W. 2001. Fogo em Florestas da Amazônia Central em 1997. Simpósio Brasileiro de
585 Sensoriamento Remoto. *Anais X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Foz de
586 Iguacu, p. 1675-1682.
- 587 Nepstad, D. C.; Moreira, A.; Alencar, A. A. 1999. *A Floresta em chamas: origens, impactos e*
588 *prevenção de fogo na Amazônia*. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do
589 Brasil, Brasília, Brasil. 202 p.
- 590 Nessimian, J. L.; Dorvillé, L. F. M. ; Sanseverino, A. M.; Baptista, D. F. 1998. Relationbetween
591 flood pulse and functional composition of the macroinvertebrate benthic faunain the lower
592 Rio Negro, Amazonas, Brasil. *Amazoniana*, 15(1/2): 35 – 50.
- 593 Page, S. E.; Siegert, F.; Rieley, J. O.; Boehm, H.D. V.; Jaya, A.; Limin, S. 2002. The amount of
594 carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature*, 420: 61-65.
- 595 Paula, J. D. 2007. Decomposição da liteira em igarapé sob floresta e área alterada naAmazônia
596 Central – Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas daAmazônia/
597 Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas. 88 pp.
- 598 Prance, G. T. 1980. A terminologia dos tipos de florestas amazônicas sujeitas a inundação.
599 *ActaAmazônica*10 (3): 495-504.
- 600 Qualls, R. G.; Haines, B. L. 1990. The influence of humic substances on the aerobic
601 decomposition of submerged leaf litter. *Hydrobiologia*, 206: 133-138.

- 602 R Development Core Team. 2008. R: a language environment for statistical computing. Vienna:
603 R Foundation for Statistical Computing. (<http://www.r-project.org/>). Acesso em 25/03/2009.
- 604 Rueda-Delgado, G.; Wantzen, K. M.; Tolosa, M. B. 2006. Leaf-litter decomposition in an
605 Amazonian floodplain stream: effects of seasonal hydrological changes. *Journal of North*
606 *American Benthological Society*, 25 (1): 233 – 249.
- 607 Saint-Paul, U.; Zuanon, J.; Correa, M. A.; García, M. Fabré, N. N.; Berger, U. Junk, W. J. 2000.
608 Fish communities in central Amazonian white- and blackwater floodplains. *Environmental*
609 *Biology of Fishes*, 57: 235-250.
- 610 Schongart, J.; Piedade, M. T. F.; Ludwigshausen, S.; Horna, V.; Worbes, M. 2002. Phenology
611 and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *Journal of*
612 *Tropical Ecology*, 18: 581 – 597.
- 613 Scudeller, V. V.; Aprile, F. M.; Melo, S.; Santos–Silva. 2005. Reserva de Desenvolvimento
614 Sustentável Tupé: características gerais. p. 11 – 21. In: Santos–Silva, E. N.; Aprile, F. M.;
615 Scudeller, V. V.; Melo, S. (Orgs.). *Biotupé: meio físico, diversidade biológica e sócio-*
616 *culturado baixo rio Negro, Amazônia Central*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia,
617 Manaus, Amazônia.
- 618 Singer, R.; Araújo, I. J. S. 1979. Litter decomposition and ectomycorrhiza in Amazonian forests.
619 1. A comparasion of litter decomposing and ectomycorrhizal Basidiomycetes in latosol-terra-
620 firme rain forest and white podzol campinarana. *Acta Amazonica*, 9 (1): 25 –41.
- 621 Singer, R. 1988. The role of fungi in periodically inundated Amazonian forests. *Vegetatio*, 78:27
622 – 30.
- 623 Sioli, H. 1968. Hydrochemistry and Geology in the Brazilian Amazon Region. *Amazoniana*,
624 1(3): 267 - 277.
- 625 Thomé-Souza, M. J. F. 2005. *Fontes autótróficas de energia para peixes do canal principal e*
626 *quelônios ao longo da bacia do médio rio Negro, Amazônia – Brasil*. Tese de Doutorado,
627 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus,
628 Amazonas. 78pp.
- 629 Uhl, C.; Kauffman, J. B. 1990. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to
630 fire in the eastern Amazon. *Ecology*, 71(2): 437-449.
- 631 Vasconcelos, H. L.; Luizão, F.L. 2004. Litter production and litter nutrient concentrations in a
632 fragmented Amazonian landscape. *Ecological Applications*, 14 (3): 884-892.
- 633 Veloso, H.P.; Filho, A. L. R. R.; Lima, J. C. A. 1991. *Classificação da Vegetação Brasileira*,
634 *Adaptada a um Sistema Universal*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística,
635 Rio de Janeiro. 124 pp.

- 636 Walker, I. 1992. The benthic litter habitat with its sediments load in the inundation forest of the
637 Central Amazonian blackwater river TarumãMirim. *Amazoniana*, 12 (2): 143- 153.
- 638 Williams, E.; Dall'Antonia, A.; Dall'Antonia, V.; Almeida, J. M.; Suarez, F.; Liebmann, B.;
639 Malhado, A. C. M. 2005. The Drought of the Century in the Amazon Basin: An Analysis of
640 the Regional Variation of Rainfall in South America in 1926. *ActaAmazonica*, 35 (2): 231 –
641 238.
- 642 Worbes, M. 1997. The Forest Ecosystem of the Floodplains, p. 223-265. In: Junk, W. J. (Ed.).
643 The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System. V.126. Springer – Verlag
644 Berlin Heidelberg Germany.
- 645 Yule, C. M.; Gomez, L. N. 2009. Leaf litter decomposition in a tropical peat swamp forest in
646 Peninsular Malaysia. *Wetlands Ecology Management*, 17: 231-241.
- 647 Zhang, D.; Hui, D.; Luo, Y.; Zhou, G. 2008. Rates of litter decomposition in terrestrial
648 ecosystems: global patterns and controlling factors. *Journal of Plant Ecology*, 1: 85-93.
- 649

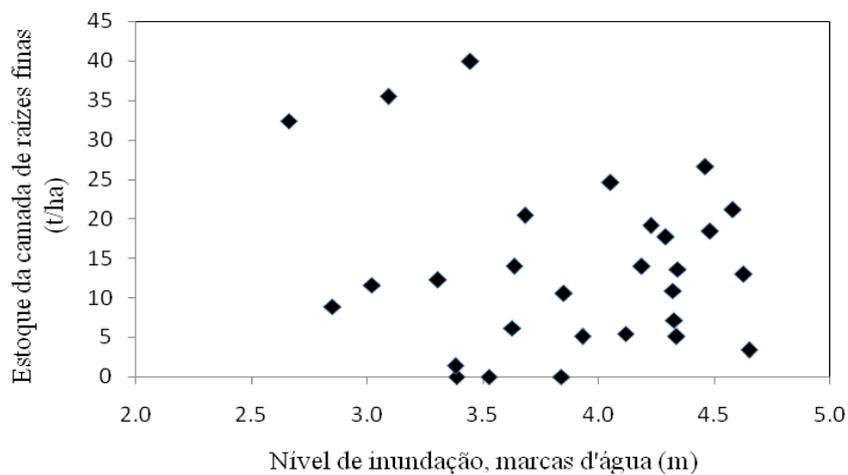
Conclusões

- As florestas de Igapó apresentam maior estoque de combustível fino sobre o solo que as florestas de Terra Firme.
- Não foram detectadas relações significativas entre o estoque de combustível fino e o nível da inundação nas florestas de Igapó.
- As frações granulométricas do solo superficial (areia, silte e argila) não influenciaram o estoque de combustível fino nas florestas de Igapó nem nas de Terra Firme.
- A decomposição de folhas é mais lenta nas condições de submersão na floresta de Igapó, que quando emersas na floresta de Terra Firme.

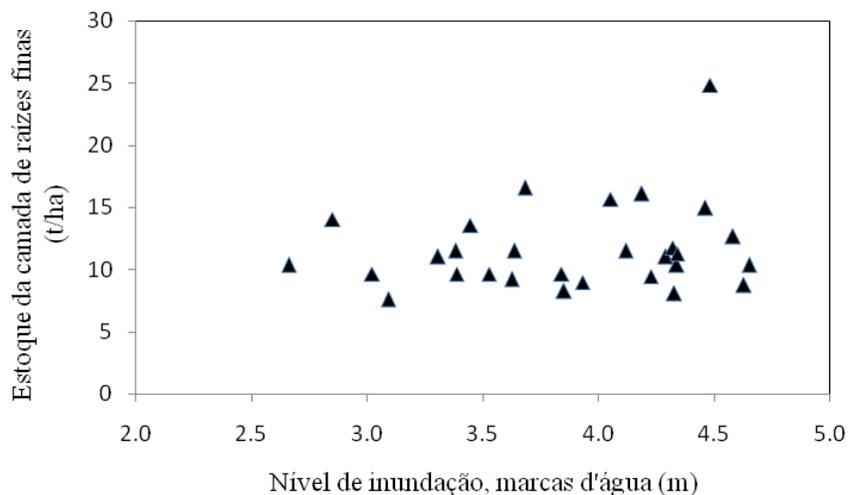
Apêndices

APÊNDICE A. Número de bolsas de folhas de *Clitoria fairchildiana* recolhidas para os três tratamentos em cada data de decomposição.

Tempo de decomposição (dias)	Terra Firme	Submersão rasa	Submersão profunda
20	16	16	14
35	16	15	16
49	16	12	16
67	16	11	16
81	16	7	16



APÊNDICE B. Relação entre o nível de inundação, dado pelas marcas d'água, e o estoque da camada de raízes finas sobre os solos das florestas de Igapó do Médio Rio Negro.



APÊNDICE C. Relação entre o nível de inundação, dado pelas marcas d'água, e o estoque da camada de serrapilheira fina sobre os solos das florestas de Igapó do Médio Rio Negro.

APÊNDICE D. Média e Desvio Padrão (entre parênteses) da porcentagem de massa remanescente das folhas *Clitoria fairchildiana* nos cinco intervalos de tempo para os três tratamentos de decomposição.

Tempo de decomposição (dias)	Terra Firme	Submersão rasa	Submersão profunda
20	75 (12,50)	79 (4,57)	80 (1,98)
35	62 (15,03)	68 (2,19)	75 (2,24)
49	58 (17,38)	65 (4,78)	73 (2,30)
67	43 (22,18)	66 (11,26)	70 (3,80)
81	49 (12,20)	69 (7,09)	72 (1,69)

APÊNDICE E. Ata da Aula de Qualificação.






AULA DE QUALIFICAÇÃO

PARECER

Aluno(a): ALINE RAMOS DOS SANTOS
 Curso: ECOLOGIA
 Nível: MESTRADO
 Orientador(a): BRUCE NELSON

Título:

"Incêndio em florestas de igapó: estoque e decomposição de combustível fino"

BANCA JULGADORA:

TITULARES: Maria Teresa Piedade (INPA) Paulo Alencastro Graça (INPA) Regina Luizão (INPA)	SUPLENTES: Antônio Manzi (INPA) Bruce Forsberg (INPA)
---	--

EXAMINADORES	PARECER	ASSINATURA
Maria Teresa Piedade (INPA)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado () Reprovado	<i>Maria T. Piedade</i>
Paulo Alencastro Graça (INPA)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado () Reprovado	<i>Paulo A. Graça</i>
Regina Luizão (INPA)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado () Reprovado	<i>Regina Luizão</i>
Antônio Manzi (INPA)	() Aprovado () Reprovado	_____
Bruce Forsberg (INPA)	() Aprovado () Reprovado	_____

Manaus(AM), 09 de abril de 2010

OBS: *A aluna apresentou uma excelente aula dentro do tempo regulamentar. Entre tanto, a banca recomenda que seja aprofundado o arcabouço teórico relacionado ao seu estudo de comparação entre dois ecossistemas tão distintos. Isso permitirá superar as dificuldades metodológicas vislumbradas.*

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E RECURSOS NATURAIS – PIPG BTRN
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA PPG-ECO/INPA
 Av. Efigênio Sales, 2239 – Bairro: Adrianópolis – Caixa Postal: 478 – CEP: 69.011-970, Manaus/AM.
 Fone: (+55) 92 3643-1909 Fax: (+55) 92 3643-1909
 site: <http://pg.inpa.gov.br> e-mail: pgeco@inpa.gov.br

APÊNDICE G. Ficha de Avaliação do trabalho de conclusão escrito. Avaliador Dr. Manuel Augusto Simões Graça



Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Programa de Pós-graduação em Ecologia



Avaliação de dissertação de mestrado

Título: **Incêndios em florestas de igapó: estoque e decomposição de combustível fino**

Aluno: **ALINE RAMOS DOS SANTOS**

Orientador: **Bruce Walker Nelson**

Co-orientador: -----

Avaliador: Manuel Augusto Simões Graça

Por favor, marque a alternativa que considerar mais apropriada para cada item abaixo, e marque seu parecer final no quadro abaixo

	Muito bom	Bom	Necessita revisão	Reprovado
Relevância do estudo	(x)	()	()	()
Revisão bibliográfica	(x)	()	()	()
Desenho amostral/experimental	()	(x)	()	()
Metodologia	()	(x)	()	()
Resultados	()	(x)	()	()
Discussão e conclusões	(x)	()	()	()
Formatação e estilo texto	(x)	()	()	()
Potencial para publicação em periódico(s) indexado(s)	(x)	()	()	()

PARECER FINAL

Aprovada (indica que o avaliador aprova o trabalho sem correções ou com correções mínimas)

Aprovada com correções (indica que o avaliador aprova o trabalho com correções extensas, mas que não precisa retomar ao avaliador para reavaliação)

Necessita revisão (indica que há necessidade de reformulação do trabalho e que o avaliador quer reavaliar a nova versão antes de emitir uma decisão final)

Reprovada (indica que o trabalho não é adequado, nem com modificações substanciais)

Manuel Augusto Simões Graça

Coimbra, Portugal, _22 de Abril de 2011

Local

Data

Assinatura

Comentários e sugestões podem ser enviados como uma continuação desta ficha, como arquivo separado ou como anotações no texto impresso ou digital da tese. Por favor, envie a ficha assinada, bem como a cópia anotada da tese e/ou arquivo de comentários por e-mail para pgeecologia@gmail.com e claudiakeller23@gmail.com ou por correio ao endereço abaixo. O envio por e-mail é preferível ao envio por correio. Uma cópia digital de sua assinatura será válida.

Endereço para envio de correspondência:

Claudia Keller
DCEC/CPEC/INPA
CP 478
69011-970 Manaus AM
Brazil

APÊNDICE H. Ficha de Avaliação do trabalho de conclusão escrito. Avaliador Dr. John M. Melack



Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Programa de Pós-graduação em Ecologia



Avaliação de dissertação de mestrado

Título: Incêndios em florestas de igapó: estoque e decomposição de combustível fino

Aluno: ALINE RAMOS DOS SANTOS

Orientador: Bruce Walker Nelson

Co-orientador: -----

Avaliador: John M. Melack

Por favor, marque a alternativa que considerar mais apropriada para cada item abaixo, e marque seu parecer final no quadro abaixo

	Muito bom	Bom	Necessita revisão	Reprovado
Relevância do estudo	()	(x)	()	()
Revisão bibliográfica	()	(x)	()	()
Desenho amostral/experimental	()	(x)	()	()
Metodologia	()	(x)	()	()
Resultados	()	(x)	()	()
Discussão e conclusões	()	(x)	()	()
Formatação e estilo texto	()	(x)	()	()
Potencial para publicação em periódico(s) indexado(s)	()	(x)	()	()

PARECER FINAL

- () **Aprovada** (indica que o avaliador aprova o trabalho sem correções ou com correções mínimas)
- (x) **Aprovada com correções** (indica que o avaliador aprova o trabalho com correções extensas, mas que não precisa retornar ao avaliador para reavaliação)
- () **Necessita revisão** (indica que há necessidade de reformulação do trabalho e que o avaliador quer reavaliar a nova versão antes de emitir uma decisão final)
- () **Reprovada** (indica que o trabalho não é adequado, nem com modificações substanciais)

_ Santa Barbara, California, _
Local

May 17, 2011, _
Data

John M. Melack
Assinatura

Comentários e sugestões podem ser enviados como uma continuação desta ficha, como arquivo separado ou como anotações no texto impresso ou digital da tese. Por favor, envie a ficha assinada, bem como a cópia anotada da tese e/ou arquivo de comentários por e-mail para pgecologia@gmail.com e claudiakeller23@gmail.com ou por correio ao endereço abaixo. O envio por e-mail é preferível ao envio por correio. Uma cópia digital de sua assinatura será válida.

Endereço para envio de correspondência:

Claudia Keller
DCEC/CPEC/INPA
CP 478
69011-970 Manaus AM
Brazil

APÊNDICE I. Ata da Defesa Oral Pública.



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ECOLOGIA DO INSTITUTO NACIONAL
DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA.

Aos 13 dias do mês de outubro do ano de 2011, às 14:30 horas, na sala de aula do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais – PPG CFT/INPA, reuniu-se a Comissão Examinadora de Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: o(a) Prof(a). Dr(a). **Flávio Jesus Luizão**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/CDAM, o(a) Prof(a). Dr(a). **Jochen Schongart**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Max Planck e o(a) Prof(a). Dr(a). **Euler Melo Nogueira**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/CDAM, tendo como suplentes o(a) Prof(a). Dr(a). Antonio Ocimar Manzi, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e o(a) Prof(a). Dr(a). José Júlio de Toledo, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, sob a presidência do(a) primeiro(a), a fim de proceder a arguição pública da **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO** de **ALINE RAMOS DOS SANTOS**, intitulada "Estoque de combustível fino e decomposição de folhas em florestas de igapó do rio Negro", orientado(a) pelo(a) Prof(a). Dr(a). Bruce Walker Nelson, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

Após a exposição, o(a) discente foi argüido(a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final:

APROVADO(A) REPROVADO(A)
 POR UNANIMIDADE POR MAIORIA

Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof(a).Dr(a). Flávio Jesus Luizão

Prof(a).Dr(a). Jochen Schongart

Prof(a).Dr(a). Euler Melo Nogueira

Euler Melo Nogueira

Coordenação PPG-ECO/INPA

Recebido
19.10.2011
Editeusa

Anexos

ANEXO A. Concentração de elementos minerais (mg g^{-1}) nas folhas de *Clitoria fairchildiana*, *Pradosia schomburckiana* e *Aldina heterophylla* ($n = 16$). Os valores são a média, com o desvio padrão em parênteses.

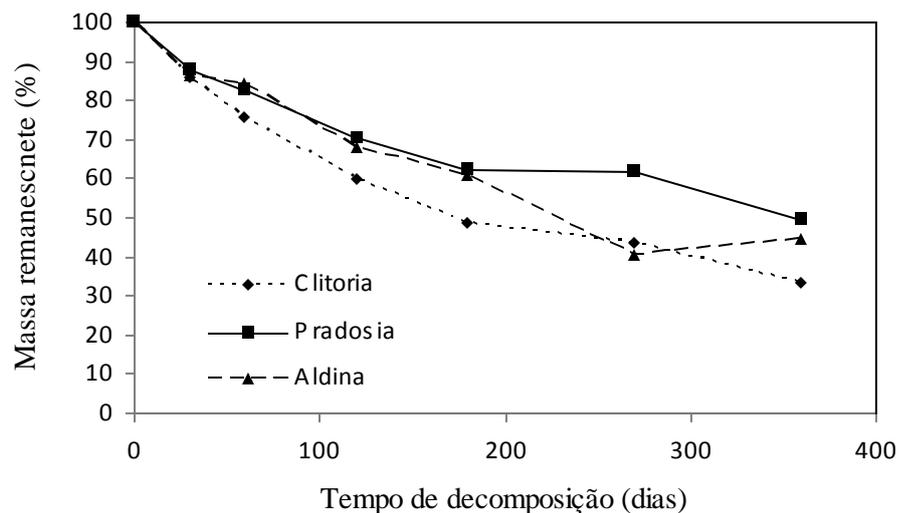
Espécie	N	P	K	Ca	Mg	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>Clitoria</i>	12,6 (0,80)	0,40 (0,10)	2,20 (0,30)	26,9 (4,80)	1,50 (0,30)	0,20 (0,04)	0,04 (0,007)	0,007 (0,002)	0,10 (0,02)	0,13 (0,03)	0,02 (0,05)
<i>Pradosia</i>	3,80 (0,30)	0,30 (0,05)	2,00 (0,30)	4,40 (0,40)	1,70 (0,30)	0,15 (0,04)	0,06 (0,005)	0,01 (0,001)	0,08 (0,01)	0,05 (0,007)	0,02 (0,002)
<i>Aldina</i>	13,2 (0,60)	0,50 (0,07)	2,50 (0,20)	3,80 (0,40)	1,10 (0,08)	0,09 (0,02)	0,06 (0,005)	0,01 (0,001)	0,08 (0,01)	0,05 (0,007)	0,02 (0,002)

Fonte: Luizão, 1995

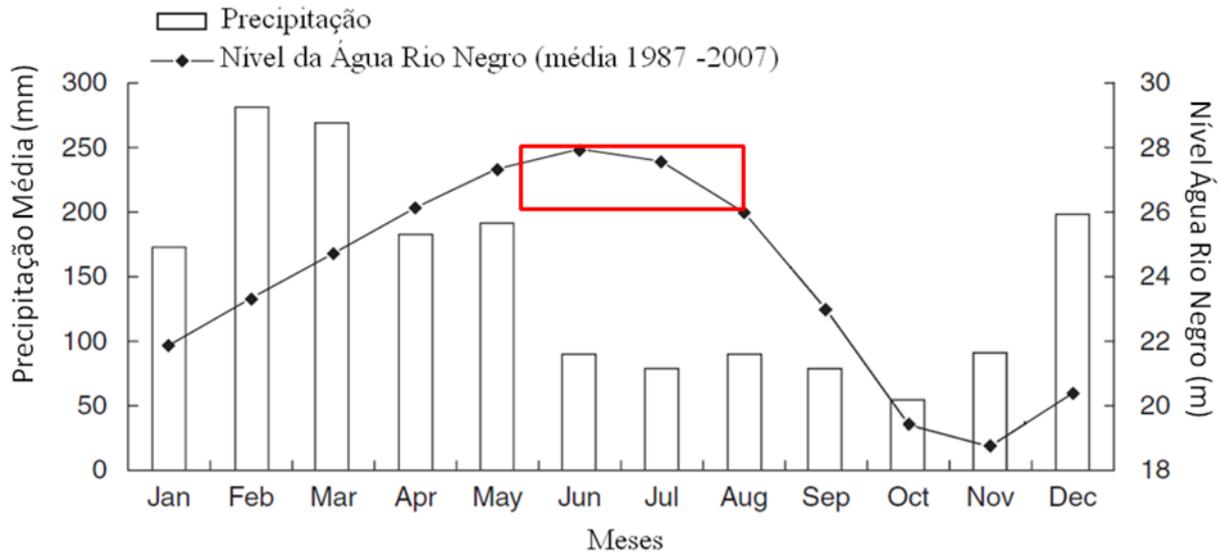
ANEXO B. Porcentagem das concentrações de umidade, cinzas e constituintes orgânicos da liteira foliar de *Clitoria fairchildiana*, *Pradosia schomburckiana* e *Aldina heterophylla* ($n=3$).

Constituinte	Espécie		
	<i>Clitoria</i>	<i>Pradosia</i>	<i>Aldina</i>
Umidade	9,37	9,37	9,27
Cinzas	11,4	2,60	2,97
Fibras	31,1	15,8	36,3
Lipídeos	3,87	8,67	2,83
Proteínas	8,13	2,29	7,99

Fonte: Luizão, 1995



ANEXO C: Perda de massa das folhas de *Clitoria fairchildiana*, *Pradosia schomburckiana* e *Aldina heterophylla* sobre o solo da floresta de Terra Firme durante a estação chuvosa (Modificado de Luizão, 1995).



ANEXO D: Variação do nível de água do rio Negro e da precipitação, ao longo do ano, na Amazônia Central. O retângulo em linha vermelha indica em seu comprimento o tempo do experimento de decomposição no presente estudo, e em sua altura a variação, nesse tempo, do nível da água que inunda o Igapó (Figura adaptada de Parolin *et al.*, 2010).