



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

A IMPORTÂNCIA DE CONDIÇÕES HIDROLÓGICAS NA DISTRIBUIÇÃO E
CONSERVAÇÃO DE PLANTAS HERBÁCEAS DE SUB-BOSQUE EM FLORESTAS
AMAZÔNICAS: UMA CONTRIBUIÇÃO EM ESCALA REGIONAL

GABRIEL MASSAINE MOULATLET

Manaus, Amazonas

Agosto, 2012

GABRIEL MASSAINE MOULATLET

A IMPORTÂNCIA DE CONDIÇÕES HIDROLÓGICAS NA DISTRIBUIÇÃO E
CONSERVAÇÃO DE PLANTAS HERBÁCEAS DE SUB-BOSQUE EM FLORESTAS
AMAZÔNICAS: UMA CONTRIBUIÇÃO EM ESCALA REGIONAL

ORIENTADORA: Dr^a. FLÁVIA REGINA CAPELLOTTO COSTA

Co-Orientador: Dr. Camilo Daleles Rennó

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

Manaus, Amazona

Agosto, 2012

RELAÇÃO DAS BANCAS JULGADORAS:

Dissertação de Mestrado:

- Thomas Kursar (Universidade do Utah) – Aprovado com correções
- Silvana Amaral (INPE) – Aprovado com correções
- Bruce Nelson (INPA) – Aprovado com correções

Defesa Pública:

- Bruce Nelson (INPA) – Aprovado
- Françoise Yoko (INPA/LBA) – Aprovado
- Laszlo Nagy (INPA/LBA) - Aprovado

M926 Moulatlet, Gabriel Massaine
A importância de condições hidrológicas na distribuição e conservação de plantas herbáceas de sub-bosque em florestas amazônicas: uma contribuição em escala regional. / Gabriel Massaine Moulatlet. ---
Manaus : [s.n.], 2012.
xii, 55 f. : il.

Dissertação (mestrado) --- INPA, Manaus, 2012
Orientador : Flávia Regina Capellotto Costa
Co-orientador : Camilo Daleles Rennó
Área de concentração : Ecologia

1. Herbáceas. 2. Condições hidrológicas. 3. Gradientes ambientais.
4. Zingiberales. 6. Pteridófita. 7. Fertilidade do solo. I. Título.

CDD 19. ed. 582.12045

Sinopse:

Estudou-se a distribuição de ervas de sub-bosque ao longo de gradientes hidrológicos locais e regionais em 88 parcelas numa floresta de terra-firme na Amazônia Central. O uso de preditores ambientais locais da distribuição de espécies que possam ser utilizados em escala regional e o efeito de mudanças climáticas sobre a comunidade de ervas de sub-bosque foram abordados.

Palavras-chave: Gradientes ambientais, Zingiberales, Pteridófita, Fertilidade do solo, Distância vertical à drenagem mais próxima.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família pelo suporte, amizade, por todo carinho, pelo apoio incondicional às minhas escolhas (mesmo que isso signifique morar longe e voltar poucas vezes para visita-los) e por terem feito tudo que estava ao alcance para facilitar minha estadia em Manaus.

À Flávia Costa pela orientação nesses dois anos, pela amizade, paciência (muita) e, sobretudo, pela confiança depositada em mim.

Ao Camilo Rennó pela orientação, amizade, dedicação e paciência, às vezes à distância, às vezes aqui por perto.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ecologia do INPA pelo esforço e dedicação no ensino e pelos ensinamentos compartilhados durante o curso.

À Thaise Emilio pela amizade, pelos valiosos conselhos e por me ensinar a resolver problemas que muitas vezes pareciam impossíveis de resolver.

Ao Demétrius Kuxilo pelos longos anos de parceria caminhando pela mesma estrada.

Aos meus companheiros de casa pela convivência sempre agradável, pelo respeito e por terem me proporcionado um ambiente de moradia familiar (Fê, você está incluída aqui também).

À Família Vegetal pela união, pelo aprendizado e outras questões gastronômicas mais.

Ao Nando pela amizade e pelas conversas que muito ajudaram durante a elaboração dessa dissertação.

Aos meus companheiros de turma da ecologia 2010 cuja amizade tornou a estadia em Manaus mais fácil e divertida.

À Gabi por ter me ajudado a organizar o banco de dados das samambaias e pelas importantes conversas que me ajudaram a manter o pé no chão sempre. Axé!

Ao Nando, Gabi, Flávia e Leléu por terem me ajudado na identificação das plantas.

Aos amigos de graduação e aos ex-companheiros da saudosa Caverna do Dragão (incluindo a manézinha da ilha) cuja amizade não mede distâncias e por me ajudarem a matar um pouco da saudade ao me visitar em Manaus ou proporcionando agradáveis encontros em minhas visitas a São Paulo.

À Kuma, Cypra e Marina pelo carinho e por terem me tratado como um membro da família Cypriano durante minha estadia em São José dos Campos.

À todos que contribuíram para a execução desse trabalho, desde a ajuda no campo até o ponto final que eu havia esquecido de colocar: Flávia, Thaise, Ju Schiatti, Nando, Gabi, Camilo, Zeca, Frida, Seu Sabá, Seu Antônio, Mael, Joãozinho, Gilson, Samuel, Erivan, Omar, Jaílson, Seu Zé, Quinha, Seu Pedro Anta, Ferreira, Quinderé, Thainá, Ju Menezes, Deborah, Loris, Lívia, Rosi, Leleu, Marco, Kuxilo, Fê, Dona Lidia, Dona Conceição, Andresa, Juruna, Jonas, Orlando e Marcelinho.

Aos revisores anônimos do meu plano de mestrado.

À coordenação do PPBio/Cenbam pelo apoio logístico durante o trabalho de campo.

À Coordenação e à secretaria do PPG-Eco pelo esforço na resolução de problemas e pelo auxílio com as questões burocráticas.

À FAPESP, FAPEAM e CNPq pelo financiamento no trabalho de campo e pela bolsa concedida.

Ao INPA e ao PPG-Eco pela infra-estrutura e pelo curso em si.

À Néia e ao pessoal da tapioca da feira do coroadado, por estarem sempre no lugar certo na hora certa.

A importância de condições hidrológicas na distribuição e conservação de plantas herbáceas de sub-bosque em florestas amazônicas: uma contribuição em escala regional.

Resumo: Embora seja conhecido que condições hidrológicas são importantes determinantes da composição de espécies em florestas tropicais, as relações entre hidrologia e vegetação são frequentemente acessadas de maneira indireta através de outros preditores ambientais, como a topografia. Nós investigamos a relação entre ervas de sub-bosque e condições hídricas locais e regionais em 88 parcelas de 250 x 2m ao longo de uma área de aproximadamente 600 km de extensão em florestas de “terra-firme” na Amazônia Central. O Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) foi utilizado para ordenar as parcelas por suas dissimilaridades florísticas e regressões múltiplas foram usadas para identificar quais os melhores preditores da composição de espécies. Condições hídricas locais, representadas pela distância vertical à água, seja abaixo ou acima do solo foram melhores preditores da composição de espécies que as condições climáticas regionais. O somatório de bases trocáveis foi um preditor menos importante do que as condições hídricas locais. A maior parte do efeito da distância vertical à drenagem foi devido à inclusão de parcelas sazonalmente alagadas. Quando apenas parcelas que não alagam foram analisadas, a distância vertical à drenagem teve efeito fraco (dados quantitativos) ou não teve efeito detectável (dados qualitativos) na composição de espécie. Diferentes grupos de plantas herbáceas respondem diferentemente ao gradiente hidrológico. Zingiberales foi o grupo que apresentou o padrão de associação mais forte com as condições hídricas. Como a condição hídrica local foi o melhor preditor das condições que afetam a ocupação das espécies, nossos resultados tem grande aplicabilidade. Particularmente, o preditor pode ser usado para testar através a eficiência das unidades de conservação atuais como refúgios para as ervas frente às mudanças climáticas.

The importance of water conditions in distribution and conservation of understory herbs in Amazonian forests: one contribution in regional scale

Abstract: Although it is known that water conditions are important determinants of species composition in tropical forests, the relationship between hydrology and vegetation is often assessed indirectly through other environmental predictors, such as topography. We investigated the relationship between understory herbs and local and regional hydrological conditions in eighty-eight 250 x 2 m plots over a linear extent of approximately 600 km long in “terra-firme” forests in the Central Amazon. Nonmetric Multidimensional Scaling was used to order the plots by their floristic dissimilarities and multiple regressions were used to identify the best predictor of species composition. Local hydrological conditions represented by height above the water, either below or above ground, were better predictors of species composition than regional climatic conditions. Soil fertility was consistently low and was a less important predictor than local hydrological conditions. Most of the effect of height above water was due to the inclusion of seasonally flooding sites. When only non-flooding sites were analyzed, the height above water had only a weak effect (quantitative data) or no effect (qualitative data) on species composition. Different taxonomic groups in the herb community respond differently to the hydrological gradient. The Zingiberales showed the strongest association with hydrological conditions. Because local hydrological conditions were the best predictor of species composition in tropical forests, our results have broad applicability. In particular, this predictor can be used to test the efficacy of existing conservation units as refuges for herbs under climate changes.

Sumário

1. Lista de figuras.....	x
2. Apresentação.....	xi
3. Objetivos.....	xi
4. Capítulo 1 (Manuscrito formatado conforme as normas da revista <i>Acta Amazonica</i>).....	xii
Resumo.....	13
Abstract.....	14
Introdução.....	15
Métodos.....	17
Área de estudo.....	17
Delineamento amostral.....	18
Amostragem da comunidade de herbáceas.....	18
Variáveis ambientais.....	19
Análise de dados.....	22
Resultados.....	24
Discussão.....	34
Conclusão.....	37
Agradecimentos.....	38
Referências bibliográficas.....	38
5. Conclusões.....	45
6. Apêndices.....	46

Lista de Figuras

- Figura 1.** Localização dos módulos do PRONEX que fazem parte da rede do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) ao longo do interflúvio Purus-Madeira, com destaque para o delineamento amostral, no qual 10 parcelas estão sistematicamente organizadas em 2 trilhas paralelas em cada módulo de amostragem. Os módulos M04 e M05 não foram amostrados neste estudo. A imagem ao fundo apresenta a variação altimétrica estimada a partir dos dados da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM).....17
- Figura 2.** Relações entre os eixos de ordenação de NMDS em uma dimensão e o gradiente de condições hídricas locais, para dados quantitativos (3A e 3C) e qualitativos (3B e 3D). Todo o gradiente de condições hídricas locais é considerado em A e B. Apenas a porção não alagável desse gradiente é considerada em C e D. As linhas tracejadas separam ambientes alagáveis de ambientes não alagáveis.....26
- Figura 3.** Regressões simples entre composição e o gradiente de condições hídricas locais para os diferentes grupos taxonômicos de herbáceas. A e B Pteridófitas, C e D Zingiberales. D mostra a relação da composição de Zingiberales com a parte não alagável do gradiente (considerando apenas a distância vertical à drenagem). Todas as outras relações são para o gradiente de condições hídricas locais completo. As linhas tracejadas separam ambientes alagáveis de ambientes não alagáveis.....27
- Figura 4.** Abundância relativa de espécies ordenadas ao longo do gradiente hidrológico em 88 parcelas ao longo da BR-319, no interflúvio Purus-Madeira. O gráfico A é referente à Pteridófitas, B à Zingiberales e C às demais espécies. As abundâncias relativas foram transformadas em raiz quadrada para melhor visualização gráfica. A linha tracejada nos gráficos separa as parcelas alagáveis das parcelas não-alagáveis.....28
- Figura 5.** Mudança da composição de ervas de sub-bosque ao longo do Interflúvio Purus-Madeira e a disposição das Unidades de Conservação Estaduais e Federais atuais (A). As variações de tonalidade de cores representam diferentes padrões de composição de ervas em relação às condições hídricas locais e regionais. A incerteza associada ao modelo preditivo da distribuição de herbáceas é mostrada em (B).....33

Apresentação

A presente dissertação intitulada “*A importância de condições hidrológicas na distribuição e conservação de plantas herbáceas de sub-bosque em florestas amazônicas: uma contribuição em escala regional*” foi elaborada como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Biologia (Ecologia) pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. A dissertação é composta por um capítulo estruturado no formato de artigo, obedecendo às normas de formatação da revista *Acta Amazonica*.

Neste trabalho foram amostradas espécies herbáceas de sub-bosque em 88 parcelas nos módulos do PRONEX instalados ao longo da BR-319, no interflúvio dos rios Purus e Madeira. O interflúvio está inserido em gradientes hidrológicos-climáticos, que foram relacionados com a composição de plantas herbáceas a fim de detectar padrões de distribuição dessas espécies. A distribuição de plantas herbáceas ao longo de gradientes ambientais na Amazônia é um tema pouco explorado na literatura, mesmo esse grupo tendo um importante papel ecológico no sub-bosque de florestas tropicais. A relação entre plantas herbáceas e gradientes hidrológico-climáticos assume um papel de destaque diante dos potenciais efeitos de mudanças climáticas sobre a diminuição da precipitação e, conseqüentemente, sobre a composição e distribuição das espécies desse grupo na Amazônia.

Objetivos

Objetivo geral:

Determinar qual o padrão de distribuição de plantas herbáceas de sub-bosque em gradientes hidrológicos e climáticos em escala regional.

Objetivos específicos:

- Determinar o padrão de resposta de herbáceas em relação às variáveis ambientais disponibilidade hídrica, fertilidade e textura do solo e precipitação regional.
- Criar um modelo preditivo da distribuição de plantas herbáceas para escala regional, a partir do efeito das relações hídricas locais e regionais sobre a composição e abundância de indivíduos de ervas de sub-bosque.
- Avaliar o efeito de potenciais mudanças climáticas sobre a conservação desse grupo de plantas na área de estudo.

Moulatlet, G.M., Costa, F.R.C., Rennó, C.D., Emilio, T. Schietti, J. 2012. A importância de condições hidrológicas na distribuição e conservação de plantas herbáceas de sub-bosque em florestas amazônicas: uma contribuição em escala regional. Manuscrito formatado para a *Acta Amazonica*.

1
2 **A importância de condições hidrológicas na distribuição e conservação de plantas herbáceas de**
3 **sub-bosque em florestas amazônicas: uma contribuição em escala regional.**

4
5 Gabriel Massaine MOULATLET ^{1 3}, Flávia Regina Capellotto COSTA¹ e Camilo Daleles RENNÓ,
6 Thaise EMILIO¹

7
8 ¹ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Avenida André Araújo, 2936, Aleixo. Coordenação de
9 Pesquisas em Biodiversidade. CP 478, CEP 69011-970, Manaus, AM, Brasil. E-mail:

10 mandaprogabriel@gmail.com; flaviacosta001@gmail.com

11 ² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Avenida dos Astronautas, 1758, CEP 12227-010, São José
12 dos Campos, SP, Brasil. E-mail: camilo@dpi.inpe.br

13
14
15 **Resumo:** Embora seja conhecido que condições hidrológicas são importantes determinantes da
16 composição de espécies em florestas tropicais, as relações entre hidrologia e vegetação são
17 frequentemente acessadas de maneira indireta através de outros preditores ambientais, como a
18 topografia. Nós investigamos a relação entre ervas de sub-bosque e condições hídricas locais e
19 regionais em 88 parcelas de 250 x 2m ao longo de uma área de aproximadamente 600 km de extensão
20 em florestas de “terra-firme” na Amazônia Central. O Escalonamento Multidimensional Não-Métrico
21 (NMDS) foi utilizado para ordenar as parcelas por suas dissimilaridades florísticas e regressões
22 múltiplas foram usadas para identificar quais os melhores preditores da composição de espécies.
23 Condições hídricas locais, representadas pela distância vertical à água, seja abaixo ou acima do solo
24 foram melhores preditores da composição de espécies que as condições climáticas regionais. O
25 somatório de bases trocáveis foi um preditor menos importante do que as condições hídricas locais. A
26 maior parte do efeito da distância vertical à drenagem foi devido à inclusão de parcelas sazonalmente
27 alagadas. Quando apenas parcelas que não alagam foram analisadas, a distância vertical à drenagem
28 teve efeito fraco (dados quantitativos) ou não teve efeito detectável (dados qualitativos) na
29 composição de espécie. Diferentes grupos de plantas herbáceas respondem diferentemente ao
30 gradiente hidrológico. Zingiberales foi o grupo que apresentou o padrão de associação mais forte com
31 as condições hídricas. Como a condição hídrica local foi o melhor preditor das condições que afetam a
32 ocupação das espécies, nossos resultados tem grande aplicabilidade. Particularmente, o preditor pode
33 ser usado para testar através a eficiência das unidades de conservação atuais como refúgios para as
34 ervas frente às mudanças climáticas.

35
36 **Palavras-chave:** Gradientes ambientais, Zingiberales, Pteridófita, Fertilidade do solo, Distância
37 vertical à drenagem mais próxima.

38

39 **The importance of water conditions in distribution and conservation of understory herbs in**
40 **Amazonian forests: one contribution in regional scale**

41

42

43 **Abstract:** Although it is known that water conditions are important determinants of species
44 composition in tropical forests, the relationship between hydrology and vegetation is often assessed
45 indirectly through other environmental predictors, such as topography. We investigated the
46 relationship between understory herbs and local and regional hydrological conditions in eighty-eight
47 250 x 2 m plots over a linear extent of approximately 600 km long in “terra-firme” forests in the
48 Central Amazon. Nonmetric Multidimensional Scaling was used to order the plots by their floristic
49 dissimilarities and multiple regressions were used to identify the best predictor of species composition.
50 Local hydrological conditions represented by height above the water, either below or above
51 ground, were better predictors of species composition than regional climatic conditions. Soil fertility
52 was consistently low and was a less important predictor than local hydrological conditions. Most of
53 the effect of height above water was due to the inclusion of seasonally flooding sites. When only non-
54 flooding sites were analyzed, the height above water had only a weak effect (quantitative data) or no
55 effect (qualitative data) on species composition. Different taxonomic groups in the herb community
56 respond differently to the hydrological gradient. The Zingiberales showed the strongest association
57 with hydrological conditions. Because local hydrological conditions were the best predictor of species
58 composition in tropical forests, our results have broad applicability. In particular, this predictor can be
59 used to test the efficacy of existing conservation units as refuges for herbs under climate changes.

60

61 **Keywords:** Environmental gradients, Zingiberales, Pteridophyte, Soil fertility, Height above the
62 nearest drainage.

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76 **Introdução**

77

78 Muitas pesquisas sobre padrões de distribuição de plantas herbáceas nas florestas tropicais têm
79 focado na importância da fertilidade do solo como principal determinante desses padrões (Gentry &
80 Emmons 1987, Vormisto *et al.* 2000, Tuomisto *et al.* 2002, Tuomisto *et al.* 2003, Costa *et al.* 2005,
81 Ruokolainen *et al.* 2007). Embora a fertilidade seja um importante preditor da composição de espécies
82 herbáceas ao longo de grandes regiões da bacia Amazônica, a importância dada à fertilidade tem
83 deixado inexplorados os gradientes hídricos em larga escala sendo estes importantes para a
84 compreensão da resposta das ervas diante de potenciais efeitos de mudanças climáticas. Apenas em
85 mesoescala ou em escala local há indícios de que gradientes associados à disponibilidade hídrica
86 sejam importantes para a distribuição de ervas, dada a relação entre composição de ervas e topografia,
87 e considerando que topografia é um preditor das condições hídricas no solo (Clark *et al.* 1998, Sollins
88 1998, Daws *et al.* 2002, Drucker *et al.* 2008 Balvanera *et al.* 2010). Neste trabalho, investigamos pela
89 primeira vez padrões de distribuição de ervas ao longo de gradientes hidrológicos em escala regional
90 (~600 km de extensão) na região central amazônica.

91 Estudos hidrológicos em florestas tropicais assumiram grande destaque nos últimos anos
92 devido às mudanças nos padrões de precipitação causadas pelo aumento de frequência de fenômenos
93 de El Niño e atividades antropogênicas (Timmermann *et al.* 1999, Lewis *et al.* 2011, Marengo *et al.*
94 2011, Davidson *et al.* 2012). A diminuição da precipitação provavelmente afetaria a vegetação
95 principalmente durante a estação seca do ano, aumentando a mortalidade de plantas pela diminuição
96 da disponibilidade hídrica no solo a níveis abaixo dos tolerados por muitas espécies. Elevadas taxas de
97 mortalidade podem alterar a composição de espécies em longo prazo através de mudanças substanciais
98 na dinâmica vegetal em florestas tropicais (Condit 1998, Laurance *et al.* 2001, Malhi *et al.* 2009). Por
99 esse motivo, investigar como a vegetação responde a gradientes hidrológicos pode auxiliar na
100 compreensão do impacto das alterações climáticas globais sobre as florestas tropicais. Muito dos
101 estudos sobre os efeitos de mudanças climáticas sobre plantas na Amazônia investigam quase sempre
102 plantas lenhosas e no caso de estudos de modelagem, estão restritos a dados de ocorrência de espécies.
103 Dados de ocorrência podem mascarar a modelagem das respostas das espécies (Ferrier *et al.* 2002) às
104 mudanças climáticas pois englobam localidades que são marginalmente ocupadas pelas espécies e não
105 contribuem efetivamente para a manutenção da espécie. Plantas herbáceas raramente são investigadas
106 no contexto de mudanças climáticas em florestas tropicais, mas podem ser fortemente afetadas por
107 secas mais prolongadas, pois não possuem raízes profundas para acessar as camadas mais profundas e
108 úmidas do solo nos períodos mais secos do ano.

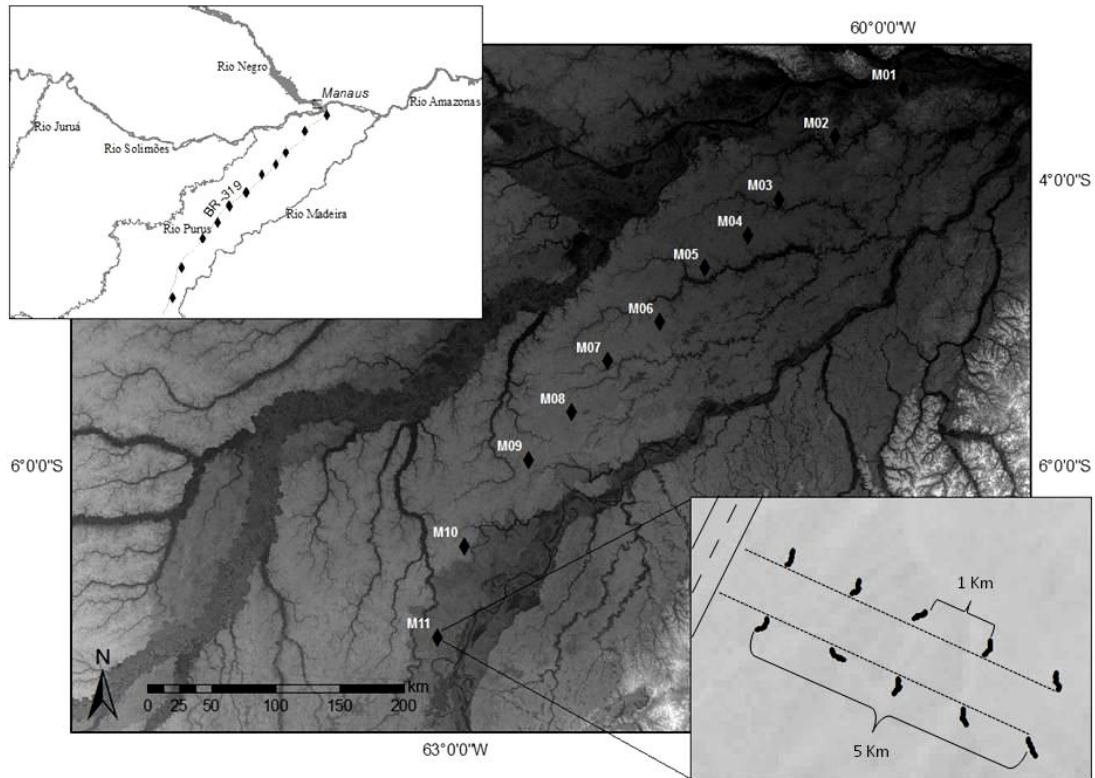
109 Inundações sazonais são conhecidos determinantes da composição florística de florestas
110 alagáveis em florestas tropicais (Wittmann *et al.* 2006, Parolin *et al.* 2010). Nesses ambientes, as
111 plantas estão adaptadas ao estresse hídrico causado pelo pulso de inundação de grandes rios através de

112 adaptações morfológicas e/ou fisiológicas que permitem suportar a anoxia do solo durante meses de
113 alagamento consecutivos. Diferentemente de florestas alagáveis, os efeitos da dinâmica hídrica em
114 florestas não alagáveis parecem estar mais associadas com a disponibilidade hídrica no solo em alguns
115 meses do ano do que com o excesso de água disponível para as plantas. Em florestas tropicais na
116 América Central, a distribuição e riqueza de espécies de plântulas de árvores, arbustos e lianas estão
117 associadas ao tempo de duração da estação seca e à resistência das plantas ao ressecamento num
118 gradiente de precipitação e disponibilidade hídrica no solo (Engelbrecht *et al.* 2003, Bunker & Carson
119 2005, Balvanera *et al.* 2010). O tempo de duração da estação seca é importante por ter efeitos diretos
120 sobre a vegetação, determinando nichos fundamentais (Silvertown *et al.* 1999) e interações biológicas
121 entre espécies (Brenes-Arguedas *et al.* 2011).

122 A topografia parece ser um bom preditor da composição de espécies (Tuomisto *et al.* 1994,
123 Costa *et al.* 2005, Drucker *et al.*, 2008, Costa *et al.* 2009), e muitos autores sugerem que esta relação
124 reflete a resposta das plantas aos gradientes edáfico e hidrico locais. Entretanto, esta é uma abordagem
125 indireta, que não permite analisar em conjunto áreas situadas em diferentes paisagens, pois as relações
126 entre topografia, solo e hidrologia estão restritas à escala local. Recentemente, uma nova ferramenta
127 de análise tornou possível inferir propriedades hidrológicas locais através do cálculo da distância
128 vertical de qualquer ponto do terreno até a drenagem mais próxima (Rennó *et al.* 2008). Este novo
129 atributo fornece uma medida direta, embora não completa, da condição hídrica local para as plantas, e
130 pode ser utilizado como preditor da distribuição de espécies. Schietti *et al.* (2012) mostraram que a
131 distância vertical à drenagem mais próxima tem grande potencial para prever a composição de
132 espécies porque consegue traduzir variações topográficas em variações hidrológicas. No entanto, em
133 grandes extensões amazônicas as variações topográficas são pequenas e preditores hidrológicos podem
134 ser menos efetivos na detecção de padrões de distribuição de espécies.

135 Neste estudo, plantas herbáceas foram amostradas em uma área de ~ 600 km de extensão. As
136 relações ecológicas de plantas herbáceas de sub-bosque são pouco conhecidas em florestas tropicais
137 (Poulsen & Balslev 1991, Tuomisto *et al.* 1994, Costa 2004 e 2006, Costa *et al.* 2005, Zuquim *et al.*
138 2009, Drucker *et al.* 2008, Cárdenas *et al.* 2008), mas esse grupo de plantas pode ser um grupo chave
139 para o estudo de padrões de disponibilidade hídrica do solo por serem tão ou mais sensíveis do que
140 outros grupos de plantas a variações hídricas locais e regionais (Gentry & Emmons 1987, Schleuning
141 *et al.* 2008). Como plantas herbáceas possuem raízes pouco profundas e mecanismos de regulação
142 homeostática diferentes de plantas com outros hábitos, testamos a hipótese de que a comunidade de
143 ervas de sub-bosque é estruturada principalmente por um gradiente de disponibilidade hídrica, quando
144 não há variações extremas na fertilidade do solo. A partir disso, os objetivos desse estudo foram (i)
145 determinar o padrão de resposta da assembleia de ervas de sub-bosque em relação à disponibilidade
146 hídrica, à fertilidade e textura do solo e à precipitação regional, (ii) testar o desempenho da distância
147 vertical à drenagem como variável preditora da distribuição de espécies para grandes escalas e (iii)
148 criar um modelo preditivo da distribuição de espécies de ervas de sub-bosque para avaliar o efeito de

149 potenciais mudanças climáticas sobre a conservação desse grupo, a partir dos padrões de resposta às
 150 condições hídricas locais e regionais.
 151
 152



153
 154

155 **Figura 1.** Localização dos módulos do PRONEX que fazem parte da rede do Programa de Pesquisa
 156 em Biodiversidade (PPBio) ao longo do interflúvio Purus-Madeira, com destaque para o delineamento
 157 amostral, no qual 10 parcelas estão sistematicamente organizadas em 2 trilhas paralelas em cada
 158 módulo de amostragem. Os módulos M04 e M05 não foram amostrados neste estudo. A imagem ao
 159 fundo apresenta a variação altimétrica estimada a partir dos dados da Shuttle Radar Topography
 160 Mission (SRTM).

161

162 Métodos

163

164 Área de estudo

165

166 O estudo foi conduzido em uma área de aproximadamente 600 km de extensão ao longo da
 167 rodovia BR-319, que atravessa o interflúvio entre os rios Purus e Madeira, na Amazônia central
 168 (Figura 1). A vegetação dominante no entorno da BR-319 é Floresta Topical Densa e em menor grau,
 169 Florestas Abertas com predominância de palmeiras babaçu (*Orbygnia martiana* Barb.) e patauí

170 (*Oenocarpus bataua* Mart.), além de algumas manchas de savana e de Campos (Brasil 1978). A
171 fisionomia de Floresta Tropical Densa compreende outras formações florestais como as Florestas
172 Aluviais, que são ambientes sazonalmente inundados (Brasil 1978). Em toda a área de interflúvio com
173 dominância de Floresta Tropical Densa ocorrem as herbáceas pertencentes às famílias Marantaceae,
174 Heliconiaceae, Strelitziaceae e Zingiberaceae (Brasil 1978).

175 O clima dominante é o equatorial quente e úmido com temperaturas médias do mês mais frio
176 superiores a 18°C e regime pluviométrico com uma amplitude de variação entre 2.000 e 2.700 mm
177 anuais (Brasil 1978). O número de meses considerados secos, com precipitação abaixo de 100 mm,
178 varia entre um e cinco (Sombroek 2001). A geomorfologia da região é caracterizada por topografia
179 plana com interflúvios tabulares e colinados, que se estendem pelo Planalto Rebaixado da Amazônia
180 Ocidental (Brasil 1978). A parte Norte do Interflúvio encontra-se em uma páleo-várzea relativamente
181 jovem depositada pelo Rio Madeira, com idade entre 7.000 e 27.000 anos (Rosseti *et al.* 2005). O solo
182 é principalmente do tipo Laterita Hidromórfica (Plinthosols, segundo o IUSS Working Group WRB
183 2006) e nos terraços e planícies aluviais ocorrem solos hidromórficos Gleizados e Aluviais Eutróficos
184 ou Álicos (Fluvisols, segundo o IUSS Working Group WRB 2006) (Quesada *et al.* 2011).

185

186 **Delineamento amostral**

187

188 As plantas herbáceas foram amostrada em 88 parcelas distribuídas em 9 dos 11 módulos do
189 PRONEX dispostos ao longo da BR-319. Cada módulo possui dez parcelas distribuídas em intervalos
190 regulares de 1 km em duas trilhas paralelas de 5 km de extensão, distantes 1 km entre si, segundo o
191 sistema RAPELD de amostragem (Magnusson *et al.* 2005). Cada parcela possui 250 m de
192 comprimento e a linha central segue a curva de nível do terreno para minimizar variações de solo e
193 altitude. Na Amazônia Central, propriedades de solo geralmente estão correlacionadas com topografia
194 (Luizão *et al.* 2004). Portanto, variações nas propriedades químicas e físicas do solo tendem a ser
195 mínimas dentro de parcelas orientadas ao longo da curva de nível do terreno. Para as ervas terrestres a
196 parcela amostrada foi de 250 x 2 m. Duas parcelas não foram amostradas, sendo que uma delas, do
197 M01, estava alagada na época do inventário florístico e a outra, do M06, não havia sido instalada até a
198 data da amostragem.

199

200 **Amostragem da comunidade de herbáceas**

201

202 O trabalho de campo foi realizado entre agosto e dezembro de 2010, durante a estação seca na
203 região central da Amazônia, quando é possível acessar as áreas que ficam alagadas durante a época de
204 chuvas. Duas parcelas do M01 foram amostradas em março de 2011, já na época de chuvas. As
205 assembleias de herbáceas amostradas nesse estudo foram compostas apenas pelas ervas de sub-bosque
206 obrigatoriamente terrestres (Poulsen 1996), das ordens Zingiberales, Poales, Asparagales e

207 Pandanales, e Pteridófitas. Epífitas caídas no solo e hemiepífitas não foram consideradas na
 208 amostragem. Todos os indivíduos maiores que 5 cm de altura enraizados dentro da parcela foram
 209 contados e identificados. Muitas espécies de ervas de sub-bosque possuem reprodução clonal, portanto
 210 foram considerados como indivíduos diferentes os grupos de caules ou folhas que estavam a uma
 211 distância superior a 20 cm do grupo adjacente. Para os gêneros *Selaginella* e *Trichomanes* cada haste
 212 foi considerada como indivíduo diferente, mesmo estando numa distância inferior a 20 cm um do
 213 outro.

214 As identificações em campo foram baseadas no Guia de Marantáceas dos Sítios PPBio na
 215 Amazônia Ocidental Brasileira (Costa *et al.* 2011) e no Guia de Samambaias e Licófitas da REBIO
 216 Uatumã (Zuquim *et al.* 2008). Além disso, exemplares de cada espécie e morfotipo foram coletados
 217 para comparação com exsicatas do herbário do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA),
 218 com monografias específicas (Hagberg 1990, Andersson 1977, Judziewicz *et al.* 1999, Prado 2005a,
 219 2005b) e para consulta a especialistas de cada grupo. Todo material fértil foi depositado no herbário
 220 do INPA.

221

222 **Variáveis ambientais**

223

224 Para construir uma representação das condições hídricas locais, as medidas de distância
 225 vertical à drenagem mais próxima foram combinadas com dados de profundidade do lençol freático e
 226 profundidade do alagamento acima do solo para cada parcela. Essas fontes de dados permitiram
 227 mensurar tanto a altura da coluna d'água acima do solo como o potencial de drenagem que está
 228 relacionado com a profundidade do lençol freático, criando um gradiente que vai de ambientes
 229 sazonalmente alagados até ambientes em que o lençol freático nunca chega à superfície. O
 230 procedimento para a construção deste gradiente de condições hídricas é descrito abaixo.

231

232 *Distância vertical à drenagem mais próxima*

233

234 As condições hídricas de um local são determinadas pela quantidade de água que chega ao
 235 solo (precipitação) e pelas condições de drenagem local, dadas pela topografia e tipo de solo. Grande
 236 parte da variação nas condições hídricas locais é determinada pela diferença de altura entre um ponto e
 237 o ponto mais baixo para onde a água pode escoar pela superfície, o que gera o potencial de drenagem.
 238 Embora em escala local a altitude medida sobre o nível do mar possa representar bem o potencial de
 239 drenagem de um ponto, isso geralmente não é verdadeiro na escala da paisagem. Isto acontece quando
 240 a altitude média varia ao longo da paisagem, o que faz com que pontos com diferentes altitudes
 241 tenham o mesmo potencial de drenagem. Desta forma, a altitude medida com relação ao nível do mar
 242 não é uma boa indicadora do potencial de drenagem para diferentes pontos sobre uma paisagem. Para
 243 representar melhor o potencial de drenagem de qualquer ponto numa paisagem, Rennó *et al.* (2008)

244 desenvolveram um algoritmo que calcula a distância vertical de qualquer ponto até a drenagem mais
245 próxima.

246 O algoritmo utiliza o modelo digital de elevação SRTM (Farr *et al.* 2007) para gerar uma rede
247 de drenagem hidrológicamente consistente com a topografia local. A distância vertical de um ponto à
248 drenagem representa a proximidade que a zona saturada está da superfície. Valores próximos a zero
249 indicam áreas cujo lençol freático está próximo à superfície (áreas saturadas) e valores maiores
250 indicam que o lençol freático é profundo (áreas bem drenadas). Rennó *et al.* (2008) apresentam esta
251 relação mas, ressaltam que a distância vertical não pode ser traduzida como a profundidade local do
252 lençol freático uma vez que a relação entre a topografia local e a profundidade do lençol freático pode
253 ser bastante complexa (Haitjema & Mitchell-Bruker 2005). A rede de drenagem foi gerada
254 automaticamente adotando-se um valor de limiar de área de contribuição igual a 50, o que indica que
255 são necessárias pelo menos 50 pontos da grade para iniciar uma drenagem (ver detalhes em Rennó *et*
256 *al.* 2008).

257 Para estimar os valores da distância vertical à drenagem representativa de cada parcela, as
258 coordenadas geográficas foram anotadas a cada 10 metros ao longo do comprimento da parcela com o
259 uso de GPS Garmim 60X. As coordenadas geográficas ficaram restritas ao ponto inicial de duas
260 parcelas do M01 e a cada 50 metros em uma terceira parcela do mesmo módulo. O valor da distância
261 vertical à drenagem foi extraído para cada um desses pontos, calculando-se a média de valores dos
262 pontos para cada parcela. Para Rennó *et al.* (2008), o algoritmo possibilita a identificação de
263 ambientes hidrológicamente semelhantes através da definição de classes de valores de distância
264 vertical à drenagem. Porém, nós utilizamos a variável distância vertical à drenagem com valores
265 contínuos de 0 (áreas de afloramento do lençol freático) a 15 metros (lençol freático profundo) acima
266 da drenagem mais próxima, considerando 15 como o valor relativo máximo da variável. Essa variável
267 foi obtida com a utilização do programa implementado em IDL/ENVI (versão 4.7) disponível em
268 http://www.dpi.inpe.br/~camilo/hand/hand_grid.sav.

269

270 *Medidas de alagamento e profundidade do lençol freático*

271

272 Para parcelas em ambientes suscetíveis a alagamentos, a altura máxima da coluna d'água
273 traduz melhor as relações hidrológicas em escala local do que a distância vertical à drenagem, já que
274 esta variável não é capaz de expressar a variação do nível da água acima ou abaixo do solo e não
275 detecta alagamento por chuva empoçada em terrenos altos. Para medir a altura da coluna d'água acima
276 do solo foram instalados level loggers (LT Levelogger Junior M10/F30 - Solinst) no fundo de
277 piezômetros. Level loggers possibilitam mensurar a altura da coluna d'água através da pressão exercida
278 pela coluna sobre o aparelho. As informações sobre altura da coluna d'água acima do solo registradas
279 pelos level loggers foram coletadas entre Junho e Julho de 2011 e foram usadas para medir o
280 alagamento das parcelas inventariadas. Em nove das parcelas que não possuem level loggers

281 instalados, nós inferimos a altura da coluna d'água sobre o solo através da marca de alagamentos no
282 tronco das árvores no ano anterior. Em quatro parcelas onde o alagamento é superficial e não foi
283 possível visualizar a marca de alagamento nas árvores, nós utilizamos os dados de piezômetros
284 instalados no início de cada parcela registrados quinzenalmente em dezembro de 2010 e março e julho
285 de 2011. Em parcelas onde obtivemos mais de uma medida de alagamento nós consideramos o valor
286 máximo da coluna d'água acima do solo para compor o gradiente hidrológico. Medidas de alagamento
287 obtidas pelos piezômetros, level loggers e marca d'água nas árvores foram combinadas aos valores da
288 distância vertical à drenagem mais próxima para obter o gradiente de condições hídricas locais. Os
289 valores positivos desse gradiente representam a distância vertical à drenagem e os valores negativos
290 representam a altura máxima de alagamento.

291

292 *Fertilidade e textura do solo*

293

294 Os dados de fertilidade e textura do solo foram obtidos de 75 das 88 parcelas amostradas. As
295 amostras de solo foram coletadas a uma profundidade de 5 cm a cada 50 m ao longo das parcelas (6
296 pontos). As amostras foram secas ao ar, passadas em peneira com malha de 2 mm e depois foram
297 homogeneizadas a partir de um volume conhecido de solo seco para as amostras de cada um dos seis
298 pontos criando uma única amostra composta por parcela. As análises de textura do solo incluíram a
299 determinação dos teores relativos de argila, areia e silte, expressos em porcentagem. Os teores das
300 partículas de menor granulometria (silte e argila) estavam altamente correlacionados com os teores de
301 areia ($r = -0,92$, $p = 0,0001$) e nós consideramos apenas os teores de areia em nossas análises. A
302 quantificação da fertilidade do solo pelo somatório de bases trocáveis. As bases trocáveis Ca^{+2} e Mg^{+2}
303 foram extraídas por KCl 1M e K^{+} foi extraído com solução extratora de Mehlich I. A quantidade de
304 cada um dos nutrientes foi determinada por Espectrofotometria de Absorção Atômica. Na^{+} não foi
305 incluído na somatória de bases trocáveis por estar presente nas amostras em quantidades que não são
306 detectadas pelo espectrofotômetro. Todas as análises foram realizadas no Laboratório Temático de
307 Solos e Plantas do INPA.

308

309 *Precipitação nos meses mais secos*

310

311 Florestas tropicais com quantidades equivalentes de precipitação anual distinguem-se umas
312 das outras pelo número de meses secos (com precipitação abaixo de 100 mm), o que indica a
313 amplitude da sazonalidade pluvial e traduz padrões climáticos regionais (Sombroek 2001, Butt *et al.*
314 2008). Leigh (2004) propõe como medida da sazonalidade de chuvas a média do total de chuva nos
315 três meses mais secos do ano ao longo de uma série histórica. Esta variável climática, aqui
316 denominada “precipitação nos meses mais secos” foi obtida para a área de estudo a partir do banco de
317 dados Worldclim com resolução espacial de cerca de 1km (Hijmans *et al.* 2005).

318

319 **Análises de dados**

320

321 As parcelas foram ordenadas pelas dissimilaridades na composição de espécies usando
 322 Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) para reduzir a dimensionalidade e permitir a
 323 visualização do maior padrão que estrutura as assembleias de herbáceas. As ordenações foram feitas
 324 em uma e duas dimensões e a porcentagem de variação nas distâncias originais capturada entre as
 325 parcelas pela configuração produzida pelo NMDS em uma regressão linear foi utilizada como critério
 326 para escolher o número de dimensões a serem consideradas. Todo o conjunto de parcelas (n=88) foi
 327 ordenado para detectar padrões de composição de ervas ao longo do gradiente de condições hídricas
 328 locais, e separadamente ordenamos o conjunto de parcelas não alagáveis (n=71) para entender os
 329 padrões de composição nessa parte do gradiente. Duas parcelas do M01 e uma parcela do M06 foram
 330 retiradas da ordenação das parcelas não alagáveis. As duas parcelas do M01 foram perturbadas pela
 331 passagem de fogo e a parcela do M06 foi desmatada anteriormente, sendo atualmente uma capoeira.

332 As ordenações foram feitas para dados quantitativos (abundância de indivíduos de cada
 333 espécie ou morfotipo) e para dados qualitativos (presença ou ausência de espécies ou morfotipos).
 334 Ordenações de dados quantitativos são usadas para captar o padrão das espécies mais abundantes, que
 335 são as que mais contribuem na diferenciação entre parcelas. Ordenações com dados qualitativos
 336 buscam captar padrões associados com espécies raras, pois essas espécies tendem a ocorrer em menos
 337 parcelas e, conseqüentemente, contribuem pouco na detecção de diferenças entre parcelas quando são
 338 usados dados quantitativos (Legendre & Legendre 1998). Dados quantitativos foram padronizados
 339 pelo número de indivíduos em cada unidade amostral. A padronização foi feita pela divisão da
 340 abundância de cada espécie ou morfotipo pelo somatório das abundâncias em cada parcela,
 341 transformando as abundâncias em abundâncias relativas.

342 Tanto para as ordenações de dados qualitativos como para as ordenações de dados
 343 quantitativos usamos a distância Kulczynski. Para dados quantitativos essa distância é calculada por:
 344 $d(x_1, x_2) = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{W}{A} + \frac{W}{B} \right)$, onde W é a soma das abundâncias mínimas do conjunto das espécies e
 345 esse mínimo é definido pela abundância na parcela onde a espécie é menos abundante. A e B são a
 346 soma total das abundâncias das espécies em cada parcela (Legendre & Legendre 1998). Para dados de
 347 qualitativos: $d(x_1, x_2) = 1 - \left(\frac{a}{b} + \frac{a}{c} \right) / 2$, onde x_1 e x_2 são as parcelas comparados; a é o número de
 348 espécies comuns às duas parcelas; b e c são o número de espécies presentes exclusivamente em cada
 349 uma das parcelas. As ordenações também foram feitas para subgrupos de herbáceas. Pteridófito foi
 350 selecionado para tornar esse estudo comparável com outros estudos com o mesmo grupo na Amazônia
 351 e por espécies desse grupo possuírem estratégias diferentes de regulação homeostática do que
 352 angiospermas (McAdam & Brodribb 2011). Zingiberales apresentam alta abundância de espécies e
 353 indivíduos em florestas tropicais, sendo um grupo potencial para estudo de padrões de composição em

354 grandes escalas, e também já avaliado em outros estudos na Amazônia Central. O terceiro grupo foi
 355 composto pelas demais espécies e morfotipos pertencentes às ordens Poales, Pandanales e Asparagales
 356 e referiremos a esse grupo como “demais espécies”.

357 Os eixos de ordenação que representam a composição de espécies foram utilizados como
 358 variáveis dependentes em regressões simples e em regressões múltiplas para avaliar o efeito da
 359 distância vertical à drenagem combinada ao nível do alagamento, da precipitação nos meses secos e da
 360 soma de bases trocáveis e teores de areia e argila no solo. Nas regressões simples usamos ordenações
 361 em apenas uma dimensão, enquanto que em regressões múltiplas usamos ordenações em duas
 362 dimensões. Nas regressões simples, quando a relação entre as ordenações e o gradiente hidrológico
 363 apresentou uma distribuição não linear nós adotamos as equações $y = y_0 + a^{(-b*x)}$ ou $y = y_0 +$
 364 $\frac{ax}{1+bx}$, onde y representa a ordenação, x o gradiente hidrológico, e y_0 , a e b são parâmetros a serem
 365 estimados a partir das amostras. Nas regressões múltiplas, para obter a linearidade nas relações e para
 366 a obtenção dos coeficientes b padronizados das regressões múltiplas parciais, nós transformamos os
 367 valores das variáveis independentes segundo apresentado na Tabela 1.

368 Todas as ordenações e análises estatísticas foram feitas utilizando o pacote estatístico R versão 2.13.0
 369 (R Development core Team 2010), com funções adicionais do pacote vegan (Oksanen *et al.* 2007).

370

371

372 **Tabela 1.** Modelos utilizados em regressões múltiplas com as respectivas variáveis e transformações.

373 E=eixo de ordenação de espécies, CHL=condição hídrica local, PMS=precipitação nos meses secos,

374 SBT=somatório de bases trocáveis, TAre=teores de areia; Al=alagável, NAl=não alagável

375

Equação	Modelo múltiplo e Variáveis	n	Ambientes	Transformação
1	$E = a + CHL * b_1 + PMS * b_2$	88	Al e NAl	Ln (6 + CHL)
2	$E = a + CHL * b_1 + PMS * b_2$	71	NAl	Ln (6 + CHL)
3	$E = a + CHL * b_1 + TAre * b_2 + SBT * b_3 + PMS * b_4$	75	Al e NAl	Ln(SBT)
4	$E = a + CHL * b_1 + TAre * b_2 + SBT * b_3 + PMS * b_4$	64	NAl	Ln (SBT)

376

377

378

379

380 *Modelo preditivo da composição de plantas herbáceas*

381

382 O modelo múltiplo preditivo para dados quantitativos, com base no primeiro eixo de
 383 ordenação por NMDS em duas dimensões, foi utilizado para espacializar os valores estimados da
 384 ordenação de ervas de sub-bosque para o Interflúvio Purus-Madeira. O modelo (Tabela 1, Equação 4)
 385 foi alimentado com os valores padronizados do dado de distância vertical à drenagem (resolução
 386 espacial de ~90 m) e com os valores da média histórica do dado de precipitação no trimestre mais seco
 387 (resolução espacial de ~1km). Os pixels da variável precipitação no trimestre mais seco foram re-
 388 amostrados usando um interpolador bilinear para que os dados fossem compatíveis com o dado de
 389 distância vertical à drenagem mais próxima. O desvio padrão das estimativas do modelo de regressão
 390 múltipla foram também espacializados para avaliar a incerteza associada ao modelo preditivo das
 391 diferenças de composição de plantas herbáceas.

392

393 **Resultados**

394

395 *As ervas de sub-bosque da BR-319*

396

397 Encontramos 149 espécies e morfotipos, pertencentes à Pteridófitas e às ordens Zingiberales,
 398 Poales, Asparagales e Pandanales. Foram encontrados 31.362 indivíduos, dos quais 3.432 (10,9%) não
 399 foram incluídos nas análises por problemas de identificação e morfotipagem em campo. Dos 27.930
 400 indivíduos restantes, 22.959 (82,2%) foram identificados ao nível de espécie, resultando em 32
 401 espécies de Pteridófitas, 32 da família Marantaceae, 5 de Heliconiaceae, 7 de Poaceae e 18 espécies de
 402 outras famílias. Trinta e oito espécies e morfotipos foram registrados uma única vez, representando
 403 25,5 % do total de entidades registradas. O número total de espécies e morfotipos registrados nas
 404 parcelas variou entre 3 e 31, sendo que o número mínimo foi registrado em uma parcela do módulo
 405 M03 e o máximo em uma parcela do módulo M10. Considerando os 9 módulos de amostragem, o
 406 módulo com menor número de espécies e morfotipos foi o M07 (37) e o maior foi o M10 (64). As
 407 espécies *Ischnosiphon puberulus* Loes., *Heliconia acuminata* A. Rich., *Calathea altissima* Horan. e
 408 *Trichomanes pinnatum* Hedw. foram as mais frequentes, tendo sido registradas em mais de 70% das
 409 parcelas amostradas. As variedades das espécies *Lindsaea lancea* (L.) Bedd. e *Ischnosiphon puberulus*
 410 Loes. não foram consideradas como entidades taxonômicas distintas por possíveis equívocos nas
 411 identificações em campo.

412

413 *Distribuição de ervas de sub-bosque e o gradiente hidrológico.*

414

415 A composição de espécies reduzida a uma dimensão (que capturou 31% de variação nas
 416 distâncias originais entre as parcelas para dados quantitativos e 74% para dados qualitativos) está

417 fortemente relacionada ao gradiente de condições hídricas locais. Este gradiente previu uma grande
418 proporção das diferenças no padrão de composição das espécies (60%), para os dois tipos de dados
419 utilizados. A relação entre composição e condições hídricas não foi linear para dados quantitativos ou
420 para dados qualitativos, sendo o melhor ajuste uma função exponencial. (Figura 3A e 3B). A
421 distribuição não linear dos pontos evidencia uma distinção abrupta da composição de parcelas
422 suscetíveis a alagamentos e parcelas não alagáveis. A separação entre parcelas que alagam e parcelas
423 não alagáveis ocorre no valor zero do gradiente hidrológico, que é o ponto de inflexão da curva de
424 ajuste da regressão não-linear.

425 Os gráficos sugerem que não há diferenças de composição entre as parcelas que não alagam,
426 embora estas englobem uma grande faixa de variação da profundidade do lençol freático. A aparente
427 ausência de diferenciação composicional é, entretanto, apenas uma consequência da extrema
428 dominância de algumas espécies nas parcelas alagáveis. Essa característica biológica acentua as
429 diferenças entre parcelas na matriz de dissimilaridades da ordenação por NMDS, ocultando diferenças
430 mais sutis entre ela ao longo do gradiente hidrológico. As parcelas não alagáveis (n=71), quando
431 analisadas separadamente, apresentam uma relação linear fraca ($R^2 = 0,21$) com as condições hídricas
432 locais para dados quantitativos (Figura 3C), e nenhuma relação significativa para dados qualitativos
433 (Figura 3D).

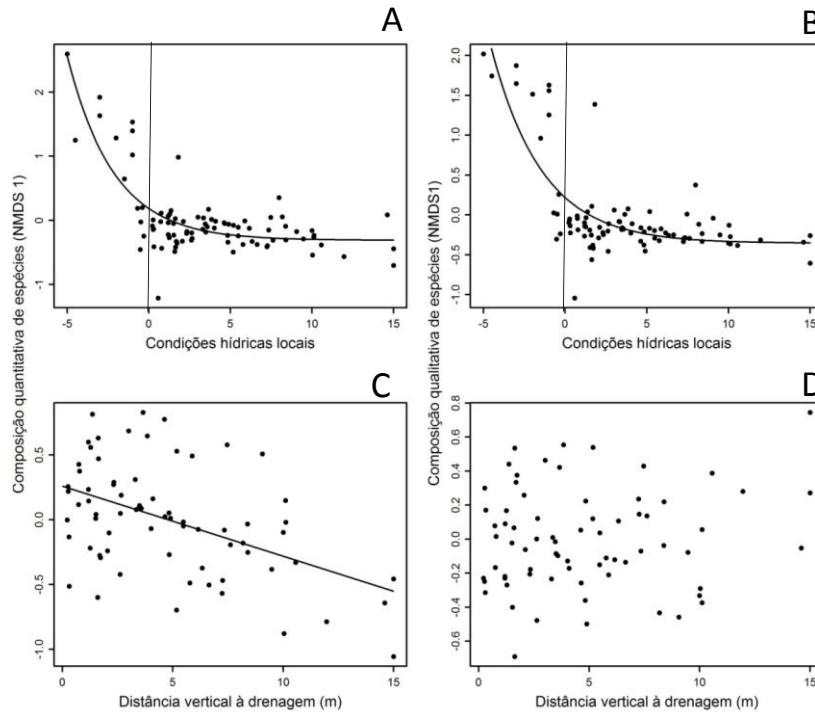
434

435 *A resposta de diferentes grupos taxonômicos às condições hídricas locais*

436

437 As respostas dos grupos de ervas de sub-bosque ao gradiente de condições hídricas locais
438 foram diferentes entre si quando analisadas separadamente (Tabela 2). O padrão de distribuição de
439 Pteridófitas apresentou uma forte tendência não linear em relação ao gradiente para dados qualitativos e
440 quantitativos (Figura 3A e 4B), da mesma forma que o comportamento observado para todo o
441 conjunto de espécies. Zingiberales apresentou um padrão não linear para dados qualitativos (Figura
442 3C), mas nenhum padrão óbvio para dados quantitativos. Entretanto, a composição das demais
443 espécies teve uma relação fraca e não linear com o gradiente hidrológico para dados quantitativos e
444 qualitativos.

445 Como a diferença de composição entre parcelas alagáveis e não alagáveis impede que
446 diferenças sutis entre os pontos ao longo de todo o gradiente possam ser reveladas, a análise foi
447 repetida para o conjunto de parcelas não alagáveis. Pteridófitas e as demais espécies não apresentaram
448 qualquer padrão detectável em relação a essa parte do gradiente, enquanto que a composição de
449 Zingiberales baseada nos dados quantitativos apresentou um padrão linear semelhante ao encontrado
450 para toda as ervas (Figura 3D), indicando que a abundância relativa de espécies e morfotipos desse
451 grupo pode ser a principal contribuinte para o padrão encontrado para todas as ervas nessa parte do
452 gradiente. Foi possível prever 21% do padrão de variação na composição de Zingiberales apenas pelos
453 dados de distância vertical à drenagem mais próxima.



454

455

456 **Figura 2.** Relações entre os eixos de ordenação de NMDS em uma dimensão e o gradiente de
 457 condições hídricas locais, para dados quantitativos (3A e 3C) e qualitativos (3B e 3D). Todo o
 458 gradiente de condições hídricas locais é considerado em A e B. Apenas a porção não alagável desse
 459 gradiente é considerada em C e D. As linhas tracejadas separam ambientes alagáveis de ambientes não
 460 alagáveis.

461

462 *A substituição das espécies ao longo do gradiente hidrológico.*

463

464 Ao longo de todo o gradiente hidrológico há espécies cuja distribuição é restrita às áreas
 465 alagáveis, mas a maioria das espécies é mais abundante nas áreas não alagáveis. A substituição
 466 gradual de espécies é mais evidente ao longo da porção não alagável do gradiente, sugerindo uma
 467 estrutura de substituição de espécies hierárquica. A maioria das espécies, porém, está confinada a parte
 468 intermediária do gradiente e poucas espécies ocupam os extremos do mesmo (Figura 4).

469

470

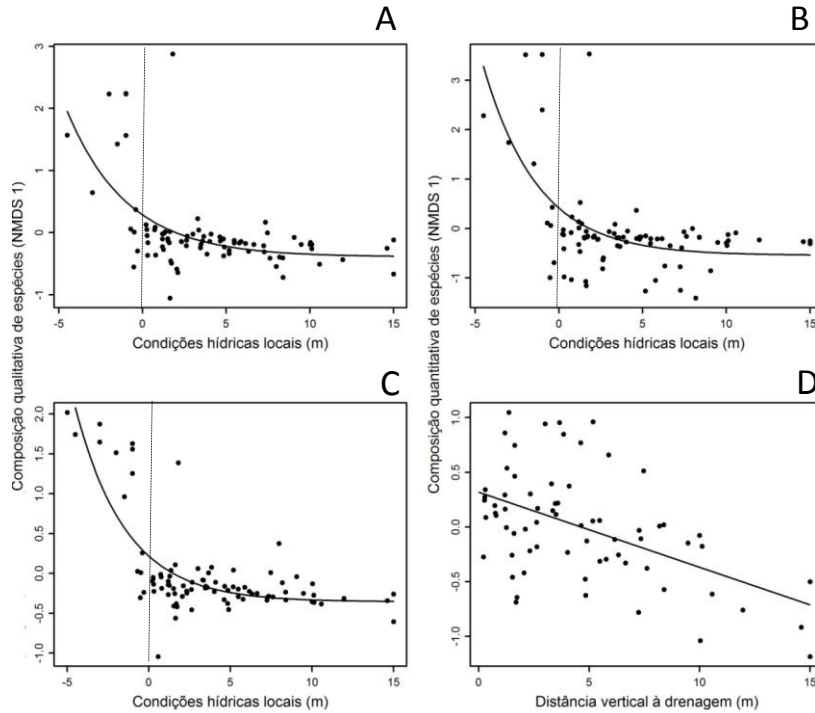
471

472

473

474

A substituição de espécies ao longo do gradiente hidrológico não é homogênea para os três
 grupos taxonômicos de ervas. A maioria das espécies de Pteridófitas ocorre ao longo da porção não
 alagável do gradiente, com poucas espécies restritas aos extremos do gradiente. Para Zingiberales,
 muitas espécies ocupam a maior parte do gradiente e poucas ocupam os extremos. Não há substituição
 de espécies ao longo da parte não alagável do gradiente para as demais espécies.



475

476

477 **Figura 3.** Regressões simples entre composição e o gradiente de condições hídricas locais para os
 478 diferentes grupos taxonômicos de herbáceas. A e B Pteridófitas, C e D Zingiberales. D mostra a relação
 479 da composição de Zingiberales com a parte não alagável do gradiente (considerando apenas a distância
 480 vertical à drenagem). Todas as outras relações são para o gradiente de condições hídricas locais
 481 completo. As linhas tracejadas separam ambientes alagáveis de ambientes não alagáveis.

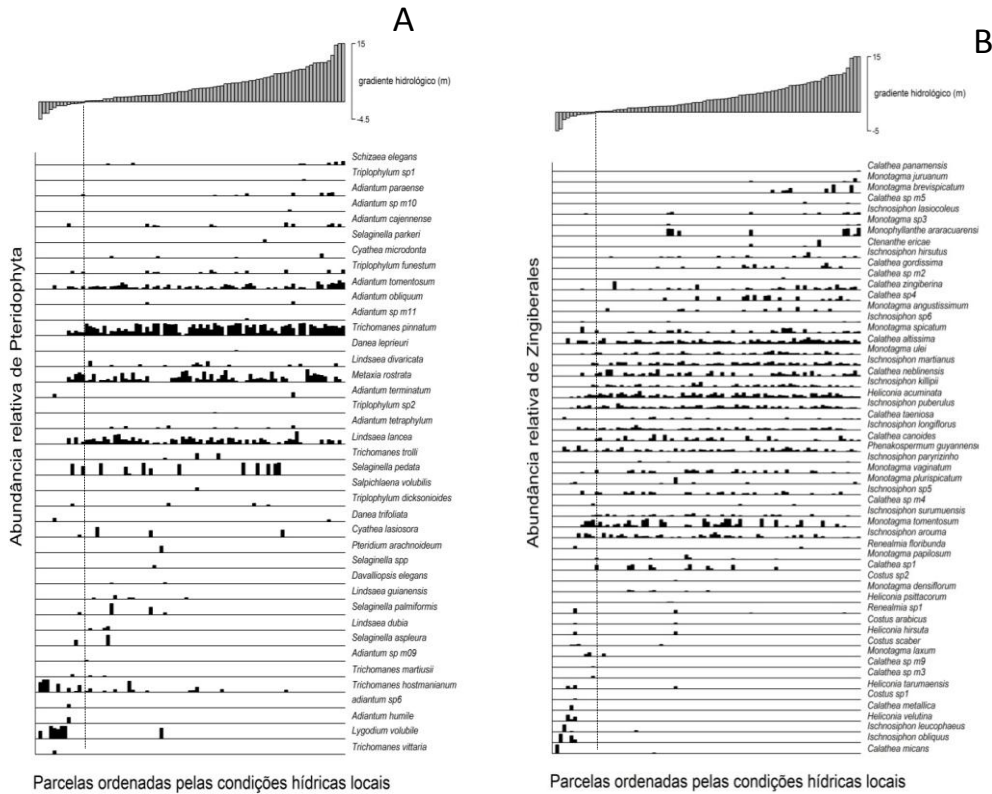
482

483 **Tabela 2.** Valores de R^2 e b padronizados da relação entre a composição das assembleias de espécies de
 484 ervas de sub-bosque e o gradiente completo de condições hídricas locais e apenas com a parte não
 485 alagável do mesmo. As probabilidades associadas ao coeficiente são mostradas entre parênteses. *** P
 486 ≤ 0.05

487

Grupo de Herbáceas	Tipo de dado	Gradiente completo		Parte não alagável	
		b	R^2	b	R^2
Todas as ervas	Quantitativo	0,35***	0,60	0,05***	0,21
	Qualitativo	0,32***	0,60	0,001	0,001
Pteridófitas	Quantitativo	0,31***	0,32	-0,005	-0,01
	Qualitativo	0,28***	0,32	-0,01	0,001
Zingiberales	Quantitativo	0,19***	0,48	-0,07***	0,24
	Qualitativo	0,32***	0,69	0,01	-0,01
Demais espécies	Quantitativo	0,50***	0,14	-0,002	-0,01
	Qualitativo	0,16***	0,12	0,01	-0,01

488



489

Parcelas ordenadas pelas condições hídricas locais

Parcelas ordenadas pelas condições hídricas locais

490

491

492

Figura 4. Abundância relativa de espécies ordenadas ao longo do gradiente hidrológico em 88
 493 parcelas ao longo da BR-319, no interflúvio Purus-Madeira. O gráfico A é referente à Pteridófitas, B à
 494 Zingiberales e C às demais espécies. As abundâncias relativas foram transformadas em raiz quadrada
 495 para melhor visualização gráfica. A linha tracejada nos gráficos separa as parcelas alagáveis das
 496 parcelas não-alagáveis.

497

498 *Qual o melhor preditor da distribuição de ervas de sub-bosque?*

499

500 As condições hídricas locais, representadas pelo conjunto da distância vertical à drenagem
501 mais a altura do alagamento e a fertilidade do solo foram melhores preditores da distribuição das
502 espécies herbáceas do que os teores de areia e a precipitação no trimestre mais seco do ano. Os
503 parâmetros das regressões múltiplas (Tabela 3) mostram que, quando incluídos ambientes alagáveis e
504 não alagáveis no mesmo modelo, a soma de bases trocáveis foi um preditor mais forte da composição
505 quantitativa de espécies do que as condições hídricas locais. Para dados qualitativos a soma de bases
506 trocáveis também foi a variável que melhor previu a composição de espécies, enquanto a precipitação
507 no trimestre mais seco e as condições hídricas locais foram preditores mais fracos da composição
508 florística de ervas.. (Tabela 3).

509 A variação na soma de bases trocáveis foi de 0,084 a 2,648 cmol.kg⁻¹, sendo que as parcelas
510 com solos relativamente mais férteis foram encontradas nas áreas de deposição sedimentar recente do
511 Rio Madeira e sujeitas a alagamentos, chamadas de Paleovárzeas. Quando analisados apenas
512 ambientes não alagáveis, inseridos nos terrenos de formação geológica mais antiga do que as
513 paleovárzeas, os teores de somatório de bases trocáveis nas parcelas variaram entre 0,084 e 0,650
514 cmol.kg⁻¹, o que diminuiu a amplitude do gradiente. Nessa situação, as condições hídricas locais
515 foram melhores preditores da composição quantitativa de ervas ($b_{std} = -0,428$) do que as demais
516 variáveis (Tabela 3). Na análise do conjunto de dados qualitativos para essa mesma parte do gradiente,
517 a precipitação no trimestre mais seco aparece como melhor preditor da composição de herbáceas,
518 enquanto que as condições hídricas locais estiveram associadas ao segundo eixo de ordenação de
519 espécie.

520

521

522 **Tabela 3.** Relações entre a composição de espécies herbáceas e os gradientes ambientais
523 representados pela precipitação no trimestre mais seco, condições hídricas locais e somatório de bases
524 trocáveis e teores de areia no solo. Os coeficientes de regressão padronizados (b_{std}) da relação entre
525 cada eixo de ordenação e cada variável independente são mostrados com as respectivas
526 probabilidades. A estatística Pillai-Trace avalia o efeito dos preditores sobre o conjunto dos dois eixos
527 de ordenação. *** $P \leq 0,05$

Todas as parcelas							
Tipo de dado	Eixos	n	Condições hídricas locais	Teor de Areia	Somatório de bases trocáveis	Precipitação no trimestre mais seco	R ²
Quantitativo	NMDS 1	75	0.242***	-0.167	-0.561***	0.063	0.46
	NMDS 2	75	0.256	0.048	0.115	0.087	0.005
	Pillai-Trace		0.418***	0.008	0.240 ***	0.013	
Qualitativo	NMDS 1	75	0.361***	0.008	-0.436***	0.178***	0.49
	NMDS 2	75	-0.129	0.061	0.302***	0.283***	0.22
	Pillai-Trace		0.597***	0.005	0.322***	0.092***	
Parte não alagável do gradiente							
Tipo de dado	Eixos	n	Condições hídricas locais	Teor de Areia	Somatório de bases trocáveis	Precipitação no trimestre mais seco	R ²
Quantitativo	NMDS 1	64	-0.428***	0.154	0.039	-0.017	0.13
	NMDS 2	64	0.069	0.097	0.037	-0.612***	0.37
	Pillai-Trace		0.17***	0.168 ***	0.050	0.312***	
Qualitativo	NMDS 1	64	-0.042	0.045	0.051	0.649***	0.39
	NMDS 2	64	-0.314***	0.027	0.315***	0.017	0.21
	Pillai-Trace		0.197***	0.076	0.229***	0.363***	

529 *Modelo preditivo da distribuição da comunidade de plantas herbáceas da BR-319*

530

531 A ordenação de dados para toda a comunidade capturou 46% da variação das distâncias
532 originais quantitativas em duas dimensões e 83% da variação dos dados qualitativos. O primeiro eixo
533 de ordenação foi relacionado à condição hídrica local, que foi capaz de prever 44 % do padrão de
534 variação quantitativa e 46 % do padrão de variação qualitativa. Já o segundo eixo de ordenação esteve
535 relacionado apenas à variável climática, que foi capaz de prever apenas 7% do padrão de variação
536 quantitativa e 13 % do padrão de variação qualitativa (Tabela 4). Como o primeiro eixo de ordenação
537 capta a maior parte das distâncias de composição, a relação entre o segundo eixo e clima indica que o
538 efeito da variável climática sobre a composição de ervas de sub-bosque é bem menor do que o efeito
539 local da distância vertical das parcelas à drenagem, tanto para dados qualitativos como para dados
540 quantitativos (Tabela 4).

541 Considerando apenas as parcelas de áreas não alagáveis, a ordenação dos dados quantitativos
542 dessa parte da comunidade capturou 51% do padrão de variação das distâncias originais em duas
543 dimensões. Os padrões foram os mesmos obtidos para o gradiente completo, com o primeiro eixo da
544 ordenação relacionado com as condições hídricas locais e o segundo eixo com a variável climática
545 (Tabela 4). A ordenação de dados qualitativos para parcelas não alagáveis capturou 57% do padrão
546 variação das distâncias originais em duas dimensões. Ao contrário do resultado para dados
547 quantitativos, o primeiro eixo de ordenação foi mais fortemente relacionado com a precipitação no
548 trimestre mais seco e o segundo eixo de ordenação com as condições hídricas locais. Esses resultados
549 indicam que o modelo pode prever a distribuição de plantas herbáceas mesmo para uma parte do
550 gradiente, e que conjuntos de dados com diferentes medidas de abundância (abundância relativa e
551 presença e ausência de espécies) apresentam relações mais fortes com as diferentes variáveis do
552 modelo (Tabela 4).

553

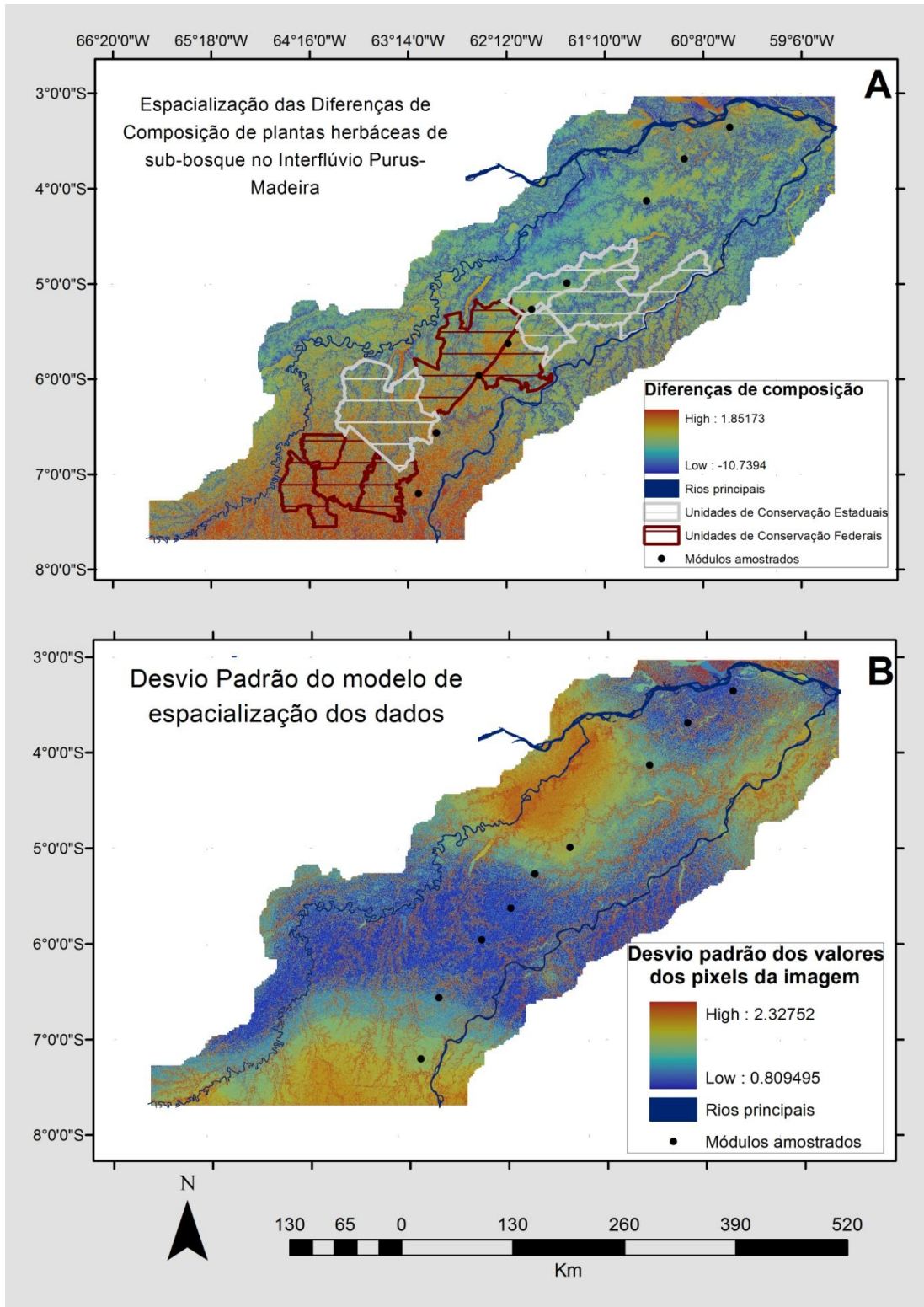
554 *Espacialização das diferenças de composição de herbáceas para o Interflúvio Purus-Madeira.*

555

556 Com a espacialização dos dados para áreas não amostradas do Interflúvio Purus-Madeira, nós
557 obtivemos o padrão de mudança das diferenças de composição de espécies em relação às condições
558 hídricas locais e regionais (Figura 5). Há uma grande diferença de composição entre as áreas próximas
559 aos grandes rios e as demais áreas. Próximo aos grandes rios as variações altimétricas são mais
560 acentuadas e essa variação reflete em elevados valores de distância vertical à drenagem. Nós não
561 amostramos áreas com essas características e por isso a composição de herbáceas dessas regiões é
562 potencialmente diferente da composição amostrada nas áreas distantes dos grandes cursos d'água
563 (Figura 5 A). A composição também diferiu entre as regiões Norte e Sul, mas conforme o mapa de
564 incertezas do modelo (Figura 5 B), os valores do desvio padrão estimado para os pixels da parte Sul
565 são maiores do que para as demais regiões, com exceção da porção Noroeste.

566
 567 **Tabela 4.** Relações entre a composição de espécies herbáceas e os gradientes hidrológicos representados pelo clima e condições hídricas locais. Os
 568 coeficientes de regressão padronizados (b_{std}) da relação entre cada eixo de ordenação e cada variável independente são mostrados com as respectivas
 569 probabilidades. A estatística Pillai-trace avalia o efeito dos preditores sobre o conjunto dos eixos de ordenação. *** $P \leq 0,05$
 570

Todas as parcelas					
Tipo de dado	Eixos	n	Condições hídricas locais	Precipitação no trimestre mais seco	R ²
Quantitativo	NMDS 1	88	0.645***	-0.193***	0.44
	NMDS 2	88	0.177	0.245***	0.07
	Pillai-Trace		0.455***	0.109***	
Qualitativo	NMDS 1	88	0.685***	-0.033	0.46
	NMDS 2	88	-0.195	0.328***	0.13
	Pillai-Trace		0.516***	0.124***	
Parte não alagável do gradiente					
Quantitativo	NMDS 1	71	-0.346***	-0.150	0.13
	NMDS 2	71	-0.092	0.651***	0.40
	Pillai-Trace		0.305***	0.384***	
Qualitativo	NMDS 1	71	0.177	-0.648***	0.41
	NMDS 2	71	0.494***	0.248***	0.32
	Pillai-Trace		0.280***	0.530***	



571
572
573
574
575
576
577

Figura 5. Mudança da composição de ervas de sub-bosque ao longo do Interflúvio Purus-Madeira e a disposição das Unidades de Conservação Estaduais e Federais atuais (A). As variações de tonalidade de cores representam diferentes padrões de composição de ervas em relação às condições hídricas locais e regionais. A incerteza associada ao modelo preditivo da distribuição de herbáceas é mostrada em (B).

578

579 **Discussão**

580

581 *A distribuição de plantas herbáceas em relação ao gradiente hidrológico*

582

583 O gradiente de condições hídricas do solo, representado pela altura acima da drenagem
584 combinada com medidas de alagamento, foi capaz de prever uma grande parte da variação na
585 composição de espécies herbáceas para o conjunto de dados quantitativos e qualitativos. Há indícios
586 prévios de que a distribuição herbácea em escala local seria condicionada pelas condições hídricas,
587 embora isto tenha geralmente sido concluído indiretamente, a partir da relação com a topografia
588 (Tuomisto & Ruokolainen 1994, Costa *et al.* 2005, Drucker *et al.* 2008). A disponibilidade de dados
589 de distância vertical à drenagem para toda a área do interflúvio permitiu mostrar que esta relação é
590 geral e não fruto de condições específicas de cada localidade.

591

592 A relação geral entre a composição da comunidade herbáceas e o gradiente de condições
593 hídricas não foi linear, tanto para dados de ocorrência como de abundância de espécies. Esta relação
594 tem uma forma assintótica, e a inflexão está exatamente no ponto que separa as áreas alagáveis e não
595 alagáveis. Como esperado, áreas alagáveis selecionam uma comunidade muito distinta da encontrada
596 em áreas não alagáveis, mesmo quando o nível d'água acima do solo em condições de alagamento é de
597 apenas 0,3 m. Considerando apenas as áreas não alagáveis, encontramos uma relação linear mais fraca
598 entre a composição de espécies e as condições hídricas para dados quantitativos, indicando que as
599 espécies encontradas na comunidade possuem suas abundâncias associadas à distância vertical à
600 drenagem. Esta relação só é visível quando os pontos extremos do gradiente de condições hídricas (os
601 pontos alagados) são eliminados, pois estas áreas contêm um conjunto florístico tão distinto que faz
602 com que as outras áreas sejam consideradas menos distintas pelas medidas de dissimilaridade.

603

604 Muitos autores apontam a fertilidade do solo como principal determinante da distribuição de
605 espécies herbáceas na Amazônia. Entretanto, esta associação depende de quanta variação na fertilidade
606 do solo está incluída na área de estudo, como mostrado por Pansonato (2012). Vastas áreas da
607 Amazônia central apresentam pouca variação na fertilidade do solo, como é o caso Interflúvio Purus-
608 Madeira, onde o somatório de bases trocáveis varia de 0,084 a 2,648 cmol kg⁻¹ em uma extensão linear
609 de 600 km. Isto representa apenas pouco mais de 1 % da variação encontrada na Amazônia ocidental
610 nos gradientes estudados por Tuomisto *et al.* (2002), Tuomisto *et al.* (2003), Ruokolainen *et al.*
611 (2007), que indicaram fertilidade como o maior preditor das distribuições de ervas. Na ausência desta
612 variação, o gradiente de condições hídricas foi o mais importante preditor da composição de espécies.

613

614

615

614 *O padrão de distribuição dos diferentes grupos de ervas de sub-bosque em relação às condições*
615 *hídricas locais.*

616

617 Os diferentes grupos de plantas herbáceas apresentaram padrões próprios de ocorrência e
618 abundância de espécies ao longo do gradiente hidrológico. Pteridófitas e Zingiberales apresentaram o
619 mesmo padrão de distribuição não linear observado para a comunidade como um todo. As demais
620 espécies não estiveram relacionadas ao gradiente de condições hídricas. A relação não linear para
621 esses grupos mostra uma clara separação entre áreas não alagáveis e áreas alagáveis, assim como o
622 encontrado para toda a comunidade, pois há uma grande substituição de espécies dentro de uma
623 pequena faixa de valores do gradiente e menos substituição na maior faixa de valores do gradiente.
624 Considerando a parte não alagável do gradiente, apenas dados quantitativos de Zingiberales
625 apresentaram um padrão significativo e linear de resposta em relação ao gradiente, indicando que o
626 padrão encontrado para toda a comunidade pode ser dado principalmente por esse grupo.

627 A ausência de resposta das pteridófitas ao gradiente de condições hídricas restringido às áreas
628 não alagáveis é inesperada, visto que muitos estudos anteriores mostraram padrões de associação deste
629 grupo com a topografia, que se sugere representar as condições hídricas (Costa *et al.* 2005, Costa
630 2006, Drucker *et al.* 2008, Zuquim *et al.* 2009). O gradiente estudado não inclui áreas muito secas,
631 bastante distantes do lençol freático, mas isso não parece ser a causa deste resultado porque os padrões
632 de distribuição observados em outras localidades mostram uma divisão de nichos bem estreita mesmo
633 na parte menos seca do gradiente. Isso pode ser explicado pela limitação de luz, dada pelo denso sub-
634 bosque dominado por pequenas palmeiras (essencialmente *Leptocaryum tenue* Mart., conhecida
635 popularmente como caranaí) ou por ervas de grande porte, deixando pouco espaço para as pteridófitas
636 e isso seleciona as espécies generalistas. Somente 5 espécies estão presentes em grande abundância
637 para influenciar a estrutura desta assembleia, e estas foram generalistas. Todas as outras 34 espécies e
638 morfotipos foram pouco frequentes, de modo que não foi possível capturar seus padrões de
639 distribuição.

640

641

642 *A condição hídrica local como preditor da distribuição de espécies para grandes escalas*

643

644 Nossos resultados mostraram que as condições hídricas locais são mais importantes para
645 determinar a composição de espécies herbáceas do que a precipitação no trimestre mais seco, apesar
646 do gradiente de precipitação ser relativamente amplo na área estudada, variando entre 2.000 a 2.700
647 mm anuais. Estes resultados contrastam com os encontrados por Blach-Overgaard *et al.* (2010), que
648 mostraram que, para grandes escalas, variáveis climáticas foram os mais importantes fatores
649 determinantes da distribuição de palmeiras, enquanto que variáveis preditoras locais tiveram menor
650 importância nos modelos. Porém, para esses mesmos autores, as condições hidrológicas locais foram

651 melhores preditores de espécies de palmeiras associadas a locais mais secos do que variáveis
652 climáticas. A área de estudo deste trabalho não abrange locais muito secos, mas para plantas menores
653 e com raízes mais superficiais como as ervas de sub-bosque, pequenas variações na disponibilidade
654 hídrica local podem ser importantes preditores da distribuição dessas espécies. Para Pearson &
655 Dawson (2003), variáveis climáticas apontam nichos fundamentais, enquanto que condições hídricas
656 locais podem determinar o nicho realizado das espécies.

657 A grande limitação dos modelos preditivos da distribuição de espécies ou comunidades em
658 grandes escalas sempre foi a dificuldade de incluir preditores de condições ambientais locais, que
659 reconhecidamente afetam a ocupação dos sítios (Ferrier *et al.* 2002, Pearson & Dawson 2003), pois
660 geralmente não existem camadas completas destes preditores para as escalas requeridas. Preditores
661 hidrológicos locais da distribuição de espécies que possam ser utilizados em escalas regionais como o
662 desenvolvido por Rennó *et al.* (2008) são boas opções para detectar mudanças sutis de composição. A
663 camada de dados de altura acima da drenagem mais próxima pode ser extraída para qualquer escala,
664 através de técnicas de geoprocessamento, desde que uma validação em campo da posição da drenagem
665 seja conduzida. Os resultados deste estudo ampliam as conclusões de Schiatti *et al.* (submetido), que
666 mostraram a boa performance deste preditor em mesoescala, para diferentes grupos de plantas.

667 Mesmo sendo eficaz na detecção das condições hídricas locais, o algoritmo utilizado capta a
668 distância vertical dos pontos à drenagem mais próxima, sendo que para áreas que alagam e que podem
669 permanecer meses nessa condição, o algoritmo foi mais eficaz como preditor da composição de
670 espécies quando combinado com a altura do alagamento acima do solo. Para melhorar o poder de
671 predição de espécies em gradientes hidrológicos, os estudos que buscam incorporar medidas de
672 alagamento a algoritmos como o de Rennó *et al.* (2008) podem aumentar o poder de detecção de
673 condições hidrológicas locais, além de estender sua utilização a áreas compostas por formações
674 florestais com diferentes relações hidrológicas.

675

676

677 *Implicações: mudanças climáticas e conservação de plantas herbáceas de sub-bosque.*

678

679 Mudanças climáticas são um tópico complexo e ainda em desenvolvimento na literatura
680 científica (Bellard *et al.* 2012), entretanto, muitos autores apontam uma tendência no aumento de secas
681 prolongadas na bacia amazônica e mudanças na composição de espécies em curto prazo (Condit 1998,
682 Malhi *et al.* 2009). Efeitos locais de secas prolongadas em florestas tropicais já foram registrados para
683 arbustos (Condit *et al.* 1995), árvores e lianas (Nepstad *et al.* 2007) e plântulas (Bunker and Carson
684 2005), mas nós não temos conhecimento de estudos que tenham avaliado a resposta de plantas
685 herbáceas à secas severas. Porém, alguns autores registraram que em anos com estações secas mais
686 longas populações inteiras podem morrer ou diminuir (Freiberg and Turton 2007, Schleuning *et al.*
687 2008). Se o clima ficar mais seco e as estações secas mais longas e severas, a disponibilidade hídrica

688 no solo diminuirá. Para espécies que ocupam ambientes mais próximos ao lençol freático, como a
689 maioria das espécies que encontramos, a diminuição na disponibilidade hídrica no solo pode elevar os
690 custos de regulação metabólica em curto prazo, levando a uma perda rápida de água pelos estômatos.
691 Embora essa seja uma tendência geral, as respostas metabólicas dos diferentes grupos de herbáceas ao
692 ressecamento podem diferir em tempo e intensidade (McAdam *et al.* 2011) dependendo da tolerância
693 de cada espécie (Engelbrecht and Kursar 2003). Por esse motivo, estudos que levem em consideração
694 as características fisiológicas das espécies em função de diminuição da disponibilidade hídrica a longo
695 prazo devem ser fortemente incentivados.

696 Como os cenários de mudanças climáticas não apontam tendências claras de diminuição da
697 precipitação e aumento de secas prolongadas (Bellard *et al.* 2012), torna-se complexo indicar quais são
698 as áreas que serão mais atingidas por essas mudanças e devem ser, prioritariamente, protegidas. Nesse
699 caso, modelos preditivos da composição e abundância de espécies em função da disponibilidade
700 hídrica local para grandes escalas podem ser ferramentas eficientes no planejamento de políticas
701 conservacionistas. Ao longo da área de estudo, o elevado número de Unidades de Conservação (5
702 Estaduais e 6 Federais) abriga a maior parte da composição de espécies, mesmo com as Unidades
703 concentradas na parte Centro-Sul do Interflúvio. A parte da composição de espécies não incluída em
704 áreas protegidas, a Noroeste, está representada em uma Unidade de Conservação (não representada na
705 figura) localizada na margem esquerda do rio Purus. Como as condições hídricas locais que suportam
706 diferentes conjuntos de espécies não estão homogeneamente distribuídas na paisagem, a conservação
707 de áreas com potencial para suportar a diversidade de plantas de sub-bosque caso as condições
708 ambientais se tornem mais secas deve, então, incluir a representação de unidades fisiográficas com
709 condições mais úmidas, para onde as espécies poderiam gradualmente se deslocar.

710

711

712 **Conclusão**

713

714 Esse estudo mostra que a composição de plantas herbáceas difere entre ambientes alagáveis e
715 não alagáveis dentro do gradiente hidrológico. Como a diferença entre esses dois ambientes é bem
716 conhecida, exploramos a relação entre a composição de espécies e condições hídricas em ambientes
717 não alagáveis, onde se encontram a maioria dos nossos pontos de amostragem. A assembléia de
718 plantas que ocupa a parte não alagável do gradiente responde às condições hídricas locais, mostrando
719 que a capacidade de predição do modelo também é válida para essa parte do gradiente. A resposta da
720 comunidade ao gradiente diferiu entre os grupos de plantas herbáceas, indicando que alguns grupos
721 podem apresentar respostas mais associadas com outros fatores abióticos e com características
722 autoecológicas do que com a hidrologia propriamente. A composição de espécies está mais associada
723 com as condições hidrológicas locais (distância vertical à drenagem mais próxima) do que com as
724 condições hidrológicas regionais (precipitação no trimestre mais seco do ano), revelando padrões

725 locais de distribuição que podem ser utilizados em modelos preditivos em grandes escalas. Embora a
726 fertilidade do solo seja um conhecido preditor da composição de plantas herbáceas, as variações
727 hídricas locais foram melhores preditores quando a fertilidade é pouco variável. Mudanças no regime
728 de chuvas associadas a mudanças climáticas podem causar mudanças na composição de plantas
729 herbáceas de sub-bosque pela alteração de condições hídricas locais, favorecendo espécies mais
730 resistentes a períodos prolongados de secas. Por essa razão, investigações mais detalhadas de
731 restrições fisiológicas de diferentes grupos de plantas herbáceas são necessárias para compreender as
732 possíveis alterações que esse importante grupo estará sujeito em decorrência de alterações hídricas
733 locais e globais.

734

735

736 **Agradecimentos**

737

738 Esse trabalho foi financiado pelo convênio FAPESP/FAPEAM n° 006/2009 e pelo PRONEX,
739 edital FAPEAM/CNPq n° 16/2006. Fernando Figueiredo, Flávia Costa, Gabriela Zuquim, Jefferson
740 Prado e Carlos Boelter ajudaram na identificação das espécies. Thaise Emilio elaborou a Figura 8
741 desse trabalho. Os códigos para os gráficos de ordenação direta para o programa R foram criados por
742 C. S. Dambros. Esse trabalho foi realizado a partir da dissertação de mestrado de G.M. Moulatlet no
743 Programa de Pós-Graduação em Ecologia do INPA. G.M. Moulatlet recebeu bolsa de estudos do
744 CNPq durante a realização desse estudo. A BR-319 é um dos sítios de estudos do Programa de
745 Pesquisas em Biodiversidade (PPBio) do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil.

746

747

748 **Referências bibliográficas**

749

750 Andersson, L. 1977. The genus *Ischinosiphon* (Marantaceae). *Opera Botanica*, 43: 1-114.

751

752 Blach-Overgaard, A., Svenning, J.C., Dransfield, J., Greve, M. and Balslev, H. 2010. Determinants of
753 palm species distributions across Africa: the relative roles of climate, non-climatic environmental
754 factors, and spatial constraints. *Ecography*, 33: 380–391. doi: 10.1111/j.1600-0587.2010.06273.x

755

756 Balvanera, P., Quijas, S., Pérez-Jiménez, A. 2010. Distribution Patterns of Tropical Dry Forest Trees
757 Along a Mesoscale Water Availability Gradient. *Biotropica*, 1-9.

758

759 Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. and Courchamp, F. 2012. Impacts of climate
760 change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x.

761

- 762 Brasil. 1978. Projeto RADAMBRASIL. Folha SB.20 Purus; geologia, geomorfologia, pedologia,
763 vegetação e uso potencial da terra (Ed. Mineral, D.N.P.), Vol. 17. 566pp.
764
- 765 Brenes-Arguedas, T., Roddy, A.B., Coley, P.D., Kursar, T.A. 2011. Do differences in understorey
766 light contribute to species distributions along a tropical rainfall gradient? *Oecologia*, 166:443–456.
767 DOI 10.1007/s00442-010-1832-9.
768
- 769 Bunker, D.E. & Carson, W.P. 2005. Drought stress and tropical forest woody seedlings: effect on
770 community structure and composition. *Journal of Ecology*, 93: 794–806.
771
- 772 Butt, N., Malhi, Y., Phillips, O.L., New M. 2008. Floristic and functional affiliations of woody plants
773 with climate in western Amazonia. *Journal of Biogeography*, 35: 939–950.
774
- 775 Cárdenas, G.G., Halme, K.J., Tuomisto, H. 2007. Riqueza y Distribución Ecológica de Especies de
776 Pteridofitas en la Zona del Río Yavarí-Mirín, Amazonía Peruana. *Biotropica*, 39: 637–646.
777 doi: 10.1111/j.1744-7429.2007.00308.x.
778
- 779 Clark, D.B., Clark, D.A., Read, J.M. 1998. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree
780 species in a neotropical rain forest. *Journal of Ecology*, 86: 101–11.
781
- 782 Condit, R. 1998. Ecological implications of changes in drought patterns: shifts in forest composition in
783 Panama. *Climate Change*, 39: 413–427.
784
- 785 Costa, F.R.C. 2004. Structure and composition of the groundherb community in a terra-firme Central
786 Amazonian forest. *Acta Amazonica*, 34: 53–59.
787
- 788 Costa, F.R.C., Magnusson, W.E., Luizão, R.C. 2005. Mesoscale distribution patterns of Amazonian
789 understory herbs in relation to topography, soil and watersheds. *Journal of Ecology*, 93: 863–878.
790
- 791 Costa, F.R.C. 2006. Mesoscale gradients of herb richness and abundance in central amazonia.
792 *Biotropica*, 23: 171-177.
793
- 794 Costa, F.R.C., Guillaumet, J., Lima, A.P. & Pereira, O.S. 2009. Gradients within gradients: The
795 mesoscale distribution patterns of palms in a central Amazonian forest. *Journal of Vegetation Science*,
796 20: 69-78.
797

- 798 Costa, F.R.C., Espinelli, F.P. & Figueiredo, F.O.G. 2011. *Guia de Zingiberales dos sítios PPBio na*
799 *Amazônia Ocidental Brasileira*. Átema Design Editorial, Manaus. 284pp.
800
- 801 Damasco, G., Vicentini, A., Castilho, C.V., Pimentel, T.P., Nascimento, H.E.M. 2012. Disentangling
802 the role of edaphic variability, flooding regimes and topography of an Amazonian white-sand forests.
803 *Journal of Vegetation Science*. (In Press).
804
- 805 Daws, M.I., Mullins, C.E., Burslem, D.F.R.P., Paton, S.R., & Dalling, J.W. 2002. Topographic
806 position affects the water regime in a semideciduous tropical forest in Panamá. *Plant and Soil*, 238:
807 79–90.
808
- 809 Drucker, D.P., Costa, F.R.C., Magnusson, W.E. 2008. How wide is the riparian zone of small streams
810 in tropical forests? A test with terrestrial herbs. *Journal of Tropical Ecology*, 24: 65-74.
811
- 812 Engelbrecht, B.M.J., Kursar, T. A. 2003. Comparative drought-resistance of seedlings of 28 species of
813 co-occurring tropical woody plants. *Oecologia*, 136: 383–393.
814
- 815 Farr, T.G., Rosen, P.A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M.,
816 Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M.,
817 Burbank, D. and Alsdorf, D. 2007. The shuttle radar topography mission. *Reviews of Geophysics*, 45,
818 RG2004, doi:10.1029/2005RG000183.
819
- 820 Ferrier S, Drielsma M, Manion G, Watson G. 2002. Extended statistical approaches to modelling
821 spatial pattern in biodiversity in northeast New SouthWales. II. Community-level modeling.
822 *Biodiversity and Conservation*, 11:2309–2338. doi:10.1023/A:1021374009951.
823
- 824 Freiberg, M. and Turton, S. M. 2007. Importance of drought on the distribution of the birds nest
825 fern, *Asplenium nidus*, in the canopy of a lowland tropical rainforest in north-eastern Australia. *Austral*
826 *Ecology*, 32: 70–76. doi: 10.1111/j.1442-9993.2007.01732.x
827
- 828 Gentry, A.H. & Emmons, L.H. 1987. Geographical variation in fertility, phenology, and composition
829 of the understory of neotropical forests. *Biotropica*, 19: 216–22.
830
- 831 Hagberg, M. 1990. The genus *Monotagma* (Marantaceae). Department of Systematic Botany,
832 University of Goteborg. Sweden. Ph.D. Dissertation. 90pp.
833

- 834 Haitjema, H.M., and Mitchell-Bruker, S. 2005. Are water tables a subdued replica of the
835 topography? *Ground Water*, 43, 6:781–786.
836
- 837 Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A. 2005. Very high resolution
838 interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25: 1965-
839 1978.
840
- 841 IUSS (International Union of Soil Science) Working Group WRB. 2006. World reference base for soil
842 resources 2006: A framework for international classification, correlation and communication. World
843 Soil Resources Report 103. FAO, Rome.
844
- 845 Judziewicz, E.J., Clark, L.G., Londoño, X., Stern, M.J. 1999. *American Bamboos*. Washington, D.C.:
846 Smithsonian Institution Press.
847
- 848 Laurance, W.F., Williamson, G.B., Delamonica, P., Olivera, A., Gascon, C, Lovejoy, T.E., Pohl, L.,
849 2001. Effects of a strong drought on Amazonian forest fragments and edges. *Journal of Tropical*
850 *Ecology*, 17: 771-785.
851
- 852 Legendre P. & Legendre L. 1998. *Numerical Ecology*. 2nd English edition. Elsevier Science,
853 Amsterdam. 853pp.
854
- 855 Lewis, S.L., Brando, P.M., Phillips, O.L., van der Heijden, G.M.F., Nepstad, D. 2011. The 2010
856 Amazon drought. *Science*, 331: 554.
857
- 858 Leigh Jr, E.B. 2004. How wet are the wet tropics? *In*: Losos, E.C., & Leigh Jr, E.B. (Eds). *Tropical*
859 *forest diversity and dynamism: findings from a large-scale plot network*. University of Chicago Press,
860 Chicago, Illinois, USA. p. 43-55.
861
- 862 Luizão, R.C.C., Luizão, F.J., Paiva, R.Q., Monteiro, T.F., Sousa, L.S. & Kruij, B. 2004. Variation of
863 carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian forest.
864 *Global Change Biology*, 10: 592–600.
865
- 866 McAdam, S.A.M. & Brodribb, T.J. 2012. Stomatal innovation and the rise of seed plants. *Ecology*
867 *Letters*, 15: 1–8. doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01700.x
868

- 869 Magnusson, W. E., Lima, A. P., Luizão, R., Luizão, F., Costa, F. R. C., Castilho, C. V., Kinupp, V. F.
870 2005. RAPELD: a modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological
871 research sites. *Biota Neotropica*, 5(2): 1-6.
872
- 873 Malhi, Y., Aragão, L.E.O.C., Galbraith, D., Huntingford, C., Fisher, R., Zelazowski, P., Sitch, S.,
874 McSweeney, C. and Meir, P. 2009. Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-
875 induced dieback of the Amazon rainforest. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*:
876 [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073_pnas.0804619106](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0804619106)
877
- 878 Marengo, J.A., Tomasella, J., Alves, L.M., Soares, W.R. and Rodriguez, D.A. 2011, The drought of
879 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical Research Letters*, 38:
880 L12703, doi:10.1029/2011GL047436.
881
- 882 Nepstad, D.C., Tohver, I.M., Ray, D., Moutinho, P., Cardinot, G. 2007. Mortality of large trees and
883 lianas following experimental drought in an Amazon forest. *Ecology*. 88: 2259–2269.
884
- 885 Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P.,
886 Stevens, M.H.H., Wagner H. 2011. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 1.17-11.
887 <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
888
- 889 Pansonato, M. P., Costa, F. R. C., de Castilho, C. V. and Zuquim, G. 2012. Spatial Scale or Amplitude
890 of Predictors as Determinants of the Relative Importance of Environmental Factors to Plant
891 Community Structure. *Biotropica*. doi: 10.1111/btp.12008
892
- 893 Parolin, P., Lucas, C., Piedade, M.T.F., Wittmann, F. 2010. Drought response of flood tolerant-trees in
894 Amazonian Floodplains. *Annals of Botany*, 105: 129-139.
895
- 896 Pearson, R.G. & Dawson, T.P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of
897 species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, 12: 361–371.
898
- 899 Poulsen, A.D. & Balslev, H. 1991. Abundance and cover of ground herbs in an Amazonian rain forest.
900 *Journal of Vegetation Science*, 2: 315–322. doi: 10.2307/3235922
901
- 902 Poulsen, A.D. 1996. Species richness and diversity of ground herbs within a plot of lowland rainforest
903 in northwest Borneo. *Journal of Tropical Ecology*, 12: 177–190.
904

- 905 Prado, J., Freitas, C.A.A. 2005a. Flora da Reserva Ducke, Amazônia, Brasil: Pteridófitas-
906 Selaginellaceae. *Rodriguésia*, 56(86): 98-102.
- 907
- 908 Prado, J. 2005b. Flora da Reserva Ducke, Amazônia, Brasil: Pteridófitas-Tectariaceae. *Rodriguésia*,
909 56(86): 103-104.
- 910
- 911 Quesada, C.A., Lloyd, J., Anderson, L.O., Fyllas, N.M., Schwarz, M., and Czimczik, C.I. 2011. Soils
912 of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, 8: 1415–1440.
913 doi:10.5194/bg-8-1415-2011.
- 914
- 915 R Development Core Team. 2005. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R
916 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051- 07-0. URL: [http://www.R-](http://www.R-project.org)
917 [project.org](http://www.R-project.org).
- 918
- 919 Rennó, C.D., Nobre, A.D., Cuartas, L.A., Soares, J.V., Hodnett, M.G., Tomasella, J., Waterloo, M.,
920 2008. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM; mapping terra-firme rainforest
921 environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, 112: 3469–3481.
- 922
- 923 Rossetti, D. F., Toledo, P. M. de & Góes, A. M. 2005. New geological framework for Western
924 Amazonia (Brazil) and implications for biogeography and evolution. *Quaternary Research*, 63: 78-89.
- 925
- 926 Ruokolainen, K., Tuomisto, H., Macia, M., Higgins, M., And Yli-Halla, M. 2007. Are floristic and
927 edaphic patterns in Amazonian rain forests congruent for trees, pteridophytes and Melastomataceae?
928 *Journal of Tropical Ecology*, 23: 13–25.
- 929
- 930 Schleuning, M., Huamán, V., Matthies, D. 2008. Flooding and canopy dynamics shape the
931 demography of a clonal Amazon understory herb. *Journal of Ecology*, 96(5): 1045-1055.
- 932
- 933 Silvertown, J., Dodd, M.E., Gowing, D.J.G., Mountford, J.O. 1999 Hydrologically defined niches
934 reveal a basis for species richness in plant communities. *Nature*, 400. 61-63.
- 935
- 936 Sollins, P. 1998. Factors influencing species composition in tropical lowland rain forest: does soil
937 matter? *Ecology*, 79, 23-30.
- 938
- 939 Sombroek, W. 2001. Spatial and temporal patterns of Amazon rainfall - Consequences for the
940 planning of agricultural occupation and the protection of primary forests. *Ambio*, 30: 388-396.
- 941

- 942 Timmermann, A., Oberhuber, J., Bacher, A., Esch, M., Latif, M. & Roeckner, E. 1999. Increased El
943 Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. *Nature*, 398: 694–697.
944
- 945 Tuomisto, H. & Ruokolainen, K. 1994. Distribution of Pteridófitas and Melastomataceae along an
946 edaphic gradient in an Amazonian rain forest. *Journal of Vegetation Science*, 5:25–34.
947
- 948 Tuomisto, H., Ruokolainen, K., Poulsen, A.D., Moran, R.C., Quintana, C., Canãs, G. & Celi, J. 2002.
949 Distribution and Diversity of Pteridophytes and Melastomataceae along Edaphic Gradients in Yasuní
950 National Park, Ecuadorian Amazônia. *Biotropica*, 34(4):516–533.
951
- 952 Tuomisto, H., Ruokolainen, K., Aguilar, M. & Sarmiento, A. 2003. Floristic patterns along a 43-km
953 long transect in an Amazonian rain forest. *Journal of Ecology*, 91, 743–756.
954
- 955 Vormisto, J., Phillips, O.L., Ruokolainen, K. & Vásquez, R. 2000. A comparison of fine-scale
956 distribution patterns of four plant groups in an Amazonia rain forest. *Ecography*, 23: 349–359.
957
- 958 Webster, P. J., Palmer, T. N. 1997. The past and the future of El Niño. *Nature*, 390: 562–564.
959
- 960 Willinghöfer, S., Cicuzza, D., Kessler, M. 2011. Elevational diversity of terrestrial rainforest herbs:
961 when the whole is less than the sum of its parts. *Plant Ecology*, DOI 10.1007/s11258-011-9986-z.
962
- 963 Wittmann, F., Schöngart, J., Montero, J.C., Motzer, T., Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Queiroz, H. L.
964 and Worbes, M. 2006. Tree species composition and diversity gradients in white-water forests across
965 the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*, 33: 1334–1347.
966
- 967 Worldclim, 2005. <http://www.worldclim.org/>, acessado em março de 2011.
968
- 969 Zuquim, G., Costa, F.R.C., Prado, J., Tuomisto, H. 2008. *Guia de identificação das samambaias e*
970 *licófitas da REBIO Uatumã, Amazônia Central*. Áttema Design Editorial, Manaus. 321 pp.
971
- 972 Zuquim, G., Costa, F.R.C., Prado, J., Braga-Neto, R. 2009. Distribution of pteridophyte communities
973 along environmental gradients in Central Amazonia, Brazil. *Biodiversity & Conservation*, 10: 241-
974 246.
975

Conclusões

Esse estudo mostra que a composição de plantas herbáceas difere entre ambientes alagáveis e não alagáveis dentro do gradiente hidrológico. Como a diferença entre esses dois ambientes é bem conhecida, exploramos a relação entre a composição de espécies e condições hídricas em ambientes não alagáveis, onde se encontram a maioria dos nossos pontos de amostragem. A assembléia de plantas que ocupa a parte não alagável do gradiente responde às condições hídricas locais mostrando que a capacidade de predição do modelo também é válida para essa parte do gradiente. A resposta da assembléia ao gradiente diferiu entre os grupos de plantas herbáceas, indicando que alguns grupos podem apresentar respostas mais associadas com outros fatores abióticos e com características autoecológicas do que com a hidrologia propriamente. A composição de espécies está mais associada com a dinâmica hidrológica local (distância vertical à drenagem mais próxima) do que com a dinâmica hidrológica regional (precipitação nos três meses mais secos do ano), revelando padrões locais de distribuição que podem ser utilizados em modelos preditivos em grandes escalas. Embora a fertilidade do solo seja um conhecido preditor da composição de plantas herbáceas, as variações hídricas locais foram melhores preditores quando a fertilidade é pouco variável. Mudanças no regime de chuvas associadas a mudanças climáticas podem causar mudanças na composição de plantas herbáceas de sub-bosque pela alteração de condições hídricas locais, favorecendo espécies mais resistentes a períodos prolongados de secas. Por essa razão, investigações mais detalhadas de restrições fisiológicas de diferentes grupos de plantas herbáceas são necessárias para compreender as possíveis alterações que esse importante grupo estará sujeito em decorrência de alterações hídricas locais e globais.

Apêndices

A - Lista de espécies e morfotipos identificados e as famílias botânicas a que pertencem e as respectivas abundâncias de indivíduos registradas para a área de estudo.

Identificação	Autor	Família	Abundâncias
<i>Adiantum cajennense</i>	Willd.	Pteridaceae	33
<i>Adiantum humile</i>	Kunze	Pteridaceae	6
<i>Adiantum obliquum</i>	Willd.	Pteridaceae	3
<i>Adiantum paraense</i>	Hieron.	Pteridaceae	14
<i>Adiantum sp m9</i>		Pteridaceae	1
<i>Adiantum sp m10</i>		Pteridaceae	1
<i>Adiantum sp m11</i>		Pteridaceae	2
<i>Adiantum sp6</i>		Pteridaceae	2
<i>Adiantum terminatum</i>	Kunze ex Miq.	Pteridaceae	4
<i>Adiantum tetraphyllum</i>	Humb. & Bonpl. ex Willd.	Pteridaceae	16
<i>Adiantum tomentosum</i>	Klotzsch	Pteridaceae	178
<i>Bromelia sp1</i>		Bromeliaceae	57
<i>Bromelia sp2</i>		Bromeliaceae	52
<i>Bromelia sp3</i>		Bromeliaceae	2
<i>Bromelia sp4</i>		Bromeliaceae	1
<i>Calathea altissima</i>	Horan.	Marantaceae	1065
<i>Calathea canoides</i>	(Nicolson, Steyerl. & Sivad.) H. Kenn.	Marantaceae	370
<i>Calathea sp m2</i>		Marantaceae	1
<i>Calathea sp m3</i>		Marantaceae	7
<i>Calathea sp m4</i>		Marantaceae	11
<i>Calathea sp m5</i>		Marantaceae	10
<i>Calathea sp m9</i>		Marantaceae	1
<i>Calathea sp9</i>		Marantaceae	52
<i>Calathea metallica</i>	Planch. & Linden	Marantaceae	57
<i>Calathea micans</i>	(L. Mathieu) Körn.	Marantaceae	135
<i>Calathea neblinensis</i>	H. Kenn.	Marantaceae	810
<i>Calathea panamensis</i>	Rowlee ex Standl.	Marantaceae	1
<i>Calathea sp1</i>		Marantaceae	568
<i>Calathea sp4</i>		Marantaceae	136

<i>Calathea taeniosa</i>	Joriss.	Marantaceae	69
<i>Calathea zingiberina</i>	Körn	Marantaceae	308
<i>Calyptracarya glomerulata</i>	(Brongn.) Urb.	Cyperaceae	170
<i>Calyptracarya poeppigiana</i>	Kunth	Cyperaceae	23
<i>Calyptracarya sp1</i>		Cyperaceae	36
<i>Costus arabicus</i>	L.	Costaceae	4
<i>Costus scaber</i>	Ruiz & Pav.	Costaceae	7
<i>Costus sp1</i>		Costaceae	1
<i>Costus sp2</i>		Costaceae	1
<i>Ctenanthe ericae</i>	L. Andersson	Marantaceae	334
<i>Cyathea lasiosora</i>	(Kuhn) Domin	Cyatheaceae	21
<i>Cyathea microdonta</i>	(Desv.) Domin	Cyatheaceae	12
<i>Cyclanthus bipartitus</i>	Poit. ex A. Rich.	Cyclanthaceae	8
<i>Cyclanthus sp1</i>		Cyclanthaceae	124
<i>Danea leprieuri</i>	(L.) Sm.	Marattiaceae	1
<i>Danea trifoliata</i>	Reichenb.	Marattiaceae	2
<i>Davalliopsis elegans</i>	(Rich.) Copel.	Hymenophyllaceae	2
<i>Diplasia karataefolia</i>	Rich. ex Pers.	Cyperaceae	53
<i>Guadua sp1</i>		Poaceae	1
<i>Heliconia acuminata</i>	A. Rich.	Heliconiaceae	602
<i>Heliconia hirsuta</i>	L. F.	Heliconiaceae	44
<i>Heliconia psittacorum</i>	L. F.	Heliconiaceae	2
<i>Heliconia tarumaensis</i>	Barreiros	Heliconiaceae	37
<i>Heliconia velutina</i>	L. Andersson	Heliconiaceae	52
<i>Hypolytrum cf longifolium</i>		Cyperaceae	17
<i>Hypolytrum cf spongiosum</i>		Cyperaceae	38
<i>Hypolytrum sp1</i>		Cyperaceae	1
<i>Hypolytrum sp2</i>		Cyperaceae	138
<i>Ichnanthus panicoides</i>	P. Beauv.	Poaceae	61
<i>Ischnosiphon arouma</i>	(Aubl.) Körn	Marantaceae	428
<i>Ischnosiphon hirsutus</i>	Petersen	Marantaceae	41
<i>Ischnosiphon killipii</i>	J. F. Macbr.	Marantaceae	112
<i>Ischnosiphon lasiocoleus</i>	K. Schum. ex Loes.	Marantaceae	171
<i>Ischnosiphon leucophaeus</i>	(Poepp. & Endl.) Körn. ssp. leucophaeus	Marantaceae	17

<i>Ischnosiphon longiflorus</i>	K. Schum. ssp. angustifolius L. Andersson	Marantaceae	176
<i>Ischnosiphon martianus</i>	Eichler ex Petersen	Marantaceae	333
<i>Ischnosiphon obliquus</i>	(Rudge) Körn.	Marantaceae	136
<i>Ischnosiphon paryrizinho</i>	L. Andersson	Marantaceae	4
<i>Ischnosiphon puberulus</i>	Loes.	Marantaceae	246
<i>Ischnosiphon sp5</i>		Marantaceae	224
<i>Ischnosiphon sp6</i>		Marantaceae	8
<i>Ischnosiphon surumuensis</i>	Loes.	Marantaceae	73
<i>Lasiacis cf sorghoidea</i>		Cyperaceae	34
<i>Lasiacis ligulata</i>	Hitchc. & Chase	Cyperaceae	10
<i>Lindsaea divaricata</i>	Klotzsch	Lindsaeaceae	91
<i>Lindsaea dubia</i>	Spreng.	Lindsaeaceae	19
<i>Lindsaea guianensis</i>	(Aubl.) Dryand.	Lindsaeaceae	9
<i>Lindsaea lancea</i>	(L.) Bedd.	Lindsaeaceae	489
<i>Lygodium volubile</i>	Sw.	Lygodiaceae	69
<i>Mapania pycnostachia</i>	(Benth.) T. Koyama	Cyperaceae	165
<i>Merostachys multiramea</i>	Hack.	Cyperaceae	91
<i>Merostachys sp1</i>		Poaceae	8
<i>Metaxya rostrata</i>	(Kunth) C. Presl.	Metaxyaceae	487
<i>Monophyllanthe araracuarensis</i>	S. Suárez, Galeano & H. Kenn.	Marantaceae	2355
<i>Monotagma angustissimum</i>	Loes.	Marantaceae	49
<i>Monotagma brevispicatum</i>		Marantaceae	365
<i>Monotagma densiflorum</i>	K. Schum	Marantaceae	20
<i>Monotagma juruanum</i>	Loes.	Marantaceae	50
<i>Monotagma laxum</i>	K. Schum	Marantaceae	51
<i>Monotagma papillosum</i>		Marantaceae	70
<i>Monotagma plurispicatum</i>	(Koern.) K. Schum	Marantaceae	131
<i>Monotagma sp3</i>		Marantaceae	13
<i>Monotagma spicatum</i>	(Aubl.) J. F. Macbr.	Marantaceae	439
<i>Monotagma tomentosum</i>	K. Schum. ex Loes.	Marantaceae	3366
<i>Monotagma ulei</i>	K. Schum. ex Loes.	Marantaceae	141
<i>Monotagma vaginatum</i>	Hagberg	Marantaceae	244
<i>Olyra loretensis</i>	Mez	Poaceae	22
<i>Olyra latifolia</i>	L.	Poaceae	12

<i>Olyra sp1</i>		Poaceae	1
<i>Panicum decumbens</i>	(Sw.) Roem. & Schult.	Cyperaceae	7
<i>Panicum polygonatum</i>	Schrad.	Cyperaceae	1
<i>Panicum sect. stolonifera</i>		Cyperaceae	32
<i>Pariana radicyflora</i>	Sagot ex Döll	Poaceae	323
<i>Pariana sp1</i>		Poaceae	31
<i>Pariana sp2</i>		Poaceae	15
<i>Pariana sp3</i>		Poaceae	193
<i>Pariana sp4</i>		Poaceae	202
<i>Pariana sp5</i>		Poaceae	132
<i>Pariana sp6</i>		Poaceae	4
<i>Pariana sp7</i>		Poaceae	73
<i>Pariana sp8</i>		Poaceae	1129
<i>Pariana sp9</i>		Poaceae	20
<i>Pariana sp10</i>		Poaceae	275
<i>Pariana sp11</i>		Poaceae	128
<i>Phenakospermum</i>	(Rich.) Endl.	Strelitziaceae	347
<i>guyannense</i>			
<i>Piresia goeldii</i>	Swallen	Poaceae	2053
<i>Piresia leptophylla</i>	Soderstr.	Poaceae	13
<i>Piresia sympodica</i>	(Döll) Swallen	Poaceae	392
<i>Pteridium arachnoideum</i>	(Kaulf.) Maxon	Dennstaedtiaceae	5
<i>Rapatea paludosa</i>	Aubl.	Rapateaceae	17
<i>Rapatea ulei</i>	Pilg.	Rapateaceae	3
<i>Renalmia floribunda</i>	K. Schum.	Zingiberaceae	13
<i>Renalmia sp1</i>		Zingiberaceae	68
<i>Rhynchospora amazonica</i>	Poepp. & Kunth	Cyperaceae	322
<i>Rhynchospora sp1</i>		Cyperaceae	63
<i>Salpichlaena volubilis</i>	J. Sm.	Blechnaceae	2
<i>Saxofridericia aculeata</i>	Kornicke	Rapateaceae	62
<i>Schizaea elegans</i>	(Vahl) Sw.	Schizaeaceae	8
<i>Scleria secans</i>	(L.) Urb.	Cyperaceae	3
<i>Scleria sp1</i>		Cyperaceae	152
<i>Scleria sp2</i>		Cyperaceae	50
<i>Scleria sp3</i>		Cyperaceae	4
<i>Selaginella aspleura</i>		Selaginellaceae	112

<i>Selaginella palmiformis</i>	Alston ex Crabbe & Jermy	Selaginellaceae	253
<i>Selaginella parkeri</i>	(Hook. & Grev.) Spring	Selaginellaceae	1
<i>Selaginella pedata</i>	Klotzsch	Selaginellaceae	780
<i>Selaginella sp1</i>		Selaginellaceae	13
<i>Sobralia fragans</i>	Lindl.	Orchidaceae	1
<i>Sobralia stenophylla</i>	Lindl.	Orchidaceae	4
<i>Spathanthus unilateralis</i>	(Rudge) Desv.	Rapateaceae	207
<i>Trichomanes</i>	(Klotzsch) Kunze	Hymenophyllaceae	498
<i>hostmannianum</i>			
<i>Trichomanes martiusii</i>	C. Presl.	Hymenophyllaceae	4
<i>Trichomanes pinnatum</i>	Hedw.	Hymenophyllaceae	3305
<i>Trichomanes trolli</i>	Bergdolt	Hymenophyllaceae	25
<i>Trichomanes vittaria</i>	DC. ex Poir.	Hymenophyllaceae	1
<i>Triplophyllum</i>	(Fée) Holttum	Tectariaceae	5
<i>dicksonioides</i>			
<i>Triplophyllum funestum</i>	(Kunze) Holttum	Tectariaceae	42
<i>Triplophyllum sp1</i>		Tectariaceae	1
<i>Triplophyllum sp2</i>		Tectariaceae	1

Apêndice B – Ata da aula de Qualificação



AULA DE QUALIFICAÇÃO

PARECER

Aluno(a): GABRIEL MASSAINE MOULATLET
 Curso: ECOLOGIA
 Nível: MESTRADO
 Orientador(a): FLÁVIA COSTA
 Co-orientador(a): CAMILO RENNÓ

Título

"Distribuição de ervas de sub-bosque da BR-319 através de gradientes hidrológicos-climáticos".

BANCA JULGADORA

TITULARES:

Carlos A. Quesada (INPA)
 Marcelo Menin (UFAM)
 Françoise Yoko Ishida (INPA)

SUPLENTES:

Bruce Forsberg (INPA)
 José L. Camargo (INPA)

	PARECER	ASSINATURA
Carlos A. Quesada (INPA)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado <i>Carlos A. Quesada</i>
Marcelo Menin (UFAM)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado <i>Marcelo Menin</i>
Françoise Yoko Ishida (INPA)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado <i>Françoise Yoko Ishida</i>
Bruce Forsberg (INPA)	<input type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado _____
José L. Camargo (INPA)	<input type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado _____

Manaus(AM), 08 de abril de 2011

OBS: A BANCA RECOMENDA AO ALUNO REVER OS CONCEITOS de Hidrologia do solo. Também revisar quais nutrientes serão utilizados para indicar fertilidade do solo.

Apêndice C – Parecer do Avaliador do Trabalho Escrito Bruce Nelson (INPA)



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



Avaliação de dissertação de mestrado

Título: Como plantas herbáceas de sub-bosque respondem a condições hidrológicas em florestas amazônicas e como isso afeta a sua conservação em cenários de mudanças climáticas?

Aluno: GABRIEL MASSAINE MOULATLET

Orientador: Flávia R. C. Costa

Co-orientador: Camilo D. Rennó

Avaliador: BRUCE WALKER NELSON

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)

Manaus,
Local

23 de abril de 2012,
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 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 D – Parecer do Avaliador do Trabalho Escrito Silvana Amaral (INPE)



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



Avaliação de dissertação de mestrado

Título: Como plantas herbáceas de sub-bosque respondem a condições hidrológicas em florestas amazônicas e como isso afeta a sua conservação em cenários de mudanças climáticas?

Aluno: GABRIEL MASSAINE MOULATLET

Orientador: Flávia R. C. Costa

Co-orientador: Camilo D. Rennó

Avaliador: Silvana Amaral (INPE)

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)

São José dos Campos
Local

23/04/2012
Data

Silvana Amaral
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 E – Parecer do Avaliador do Trabalho Escrito Thomas Kursar (Universidade de Utah)



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



Avaliação de dissertação de mestrado

Título: Como plantas herbáceas de sub-bosque respondem a condições hidrológicas em florestas amazônicas e como isso afeta a sua conservação em cenários de mudanças climáticas?

Aluno: GABRIEL MASSAINE MOULATLET

Orientador: Flávia R. C. Costa

Co-orientador: Camilo D. Rennó

Avaliador: Thomas A. Kursar

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	()	()	()	()
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)

University of Utah, Salt Lake City, Utah, USA, _18 April,
2012,

Local

Data

Assinatura

Comentários e sugestões podem ser enviados como uma continuação desta folha, como arquivo separado ou como anotações no texto impresso ou digital da tese. Por favor, envie a folha assinada, bem como a cópia anotada da tese e/ou arquivo de comentários por e-mail para pgeologia@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/CEC/INPA
CP 478
69011-870 Manaus AM
Brazil

Apêndice F – Ata da Defesa Presencial



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

Aos 14 dias do mês de setembro do ano de 2012, às 09:30 horas, na sala de aula do Programa de Pós Graduação em Ciências de Florestas Tropicais PPG CFT/INPA, reuniu-se a Comissão Examinadora de Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: o(a) Prof(a). Dr(a). **Bruce Walker Nelson**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, o(a) Prof(a). Dr(a). **Françoise Yoko Ishida**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA/LBA e o(a) Prof(a). Dr(a). **Laszlo Nagy**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA/LBA tendo como suplentes o(a) Prof(a). Dr(a). William Ernest Magnusson, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e o(a) Prof(a). Dr(a). Carlos Alberto Nobre Quesada, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, sob a presidência do(a) primeiro(a), a fim de proceder a arguição pública do trabalho de **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO** de **GABRIEL MASSAINE MOULATLET**, intitulado "A importância de condições hidrológicas na distribuição e conservação de plantas herbáceas de sub-bosque em florestas amazônicas: uma contribuição em escala regional", orientado pelo(a) Prof(a). Dr(a). Flávia Regina Capelotto Costa, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA e co-orientado pelo(a) Prof(a). Dr(a). Camilo Daleles Rennó, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

Após a exposição, o(a) discente foi arguido(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). Bruce Walker Nelson

Prof(a).Dr(a). Françoise Yoko Ishida

Prof(a).Dr(a). Laszlo Nagy


 Coordenação PPG-ECO/INPA