

Influência das condições do habitat sobre a estrutura de herbáceas aquáticas na região do Lago Catalão, Manaus, AM

Monica Elisa BLEICH¹*, Maria Teresa Fernandez PIEDADE¹, Patrícia Bianco KNOPKI¹,
Nathália Góes Duarte de CASTRO¹, Sewbert Rodrigues JATI², Rodrigo Nunes de SOUSA¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Av. André Araujo, 2936, Aleixo, CEP: 69060-001, Manaus, Amazonas, Brasil.

² Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior. Av. André Araujo, 2936, Aleixo, CEP: 69060-001, Manaus, Amazonas, Brasil.

* Autor correspondente: mebleich@yahoo.com.br

RESUMO

Na Amazônia, as herbáceas aquáticas são encontradas em todas as tipologias de água, mas sua abundância pode ser influenciada pelas condições limnológicas de cada ambiente. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência das condições do habitat sobre a estrutura de herbáceas aquáticas na região do Lago Catalão, Manaus, AM. Foram avaliadas sete transecções em ambientes de água branca (AB), nove em água decantada (AD) e sete em água mista (AM). Em cada transecção foram identificadas as herbáceas aquáticas, estimada a área de cobertura relativa, calculada a frequência de ocorrência e avaliadas as variáveis turbidez, condutividade elétrica, pH e profundidade. A variação na profundidade indicou que os ambientes de AD e AM eram mais profundos do que AB, já águas mais ácidas e com menor condutividade foram registradas na AM. Foram registrados 32 táxons de herbáceas aquáticas sendo as espécies mais frequentes *Paspalum repens*, *Salvinia auriculata*, *Pistia stratiotes* e *Lemna valdiviana*. Entre as espécies levantadas, 50% foram comuns aos três ambientes. Por outro lado, algumas espécies ocorreram exclusivamente em ambientes de AB, em AD e em AM. Na AB foram mais frequentes as formas flutuantes, que também apresentaram a maior cobertura neste ambiente; na AD e na AM as emersas apresentaram maior frequência e cobertura. A AM apresentou maior riqueza de herbáceas aquáticas em relação aos demais ambientes. As variações registradas indicam que as condições limnológicas dos rios de água branca e preta podem determinar a estrutura da comunidade de herbáceas aquáticas, mesmo em pequenas escalas espaciais.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia Central, áreas alagáveis, biodiversidade, macrófitas, heterogeneidade do habitat.

Influence of the habitat conditions on the structure of aquatic herbaceous in the Catalão Lake region, Manaus, AM

ABSTRACT

In the Amazon, aquatic herbaceous are found in all types of water, but its abundance can be influenced by the limnological conditions of each environment. This study aimed to evaluate the influence of habitat conditions on the structure of aquatic herbaceous in the Catalão Lake region, Manaus, AM. We evaluated seven transects in white water environments (AB), nine in decanted water (AD), and seven in mixed water (AM). In each transect, aquatic herbaceous were identified, relative coverage and frequency of occurrence were measured, and turbidity, conductivity, pH and depth variables were evaluated. Variation in depth indicated that the environments of AD and AM were deeper than AB, yet lower conductivity and more acidic waters were recorded in AM. We recorded 32 taxa of aquatic herbaceous, being the most frequent *Paspalum repens*, *Salvinia auriculata*, *Pistia stratiotes* and *Lemna valdiviana*. Among the species recorded, 50% were common to all three environments. On the other hand, some species occurred exclusively in AB, in AD or AM environments. In AB, floating forms were more frequent, and this environment had the highest coverage; in AD and AM environments, emerged forms showed higher frequency and coverage. AM had greater richness of aquatic herbaceous compared to other environments. Variations recorded indicate that limnological conditions of white and black water rivers can determine the structure of aquatic herbaceous community, even at small spatial scales.

KEYWORDS: Central Amazon, wetlands, biodiversity, macrophytes, habitat heterogeneity.

INTRODUÇÃO

Os rios componentes da bacia Amazônica podem ser classificados de acordo com a formação geológica da região drenada por suas nascentes e cursos, composição físico-química, e diferenças na coloração das águas, sendo divididos em rios de água branca, rios de água preta e rios de água clara (Sioli 1968; Sioli 1991). Os rios de água branca são de origem andina, apresentam águas férteis, com pH relativamente neutro e elevada condutividade elétrica devido à alta concentração de íons dissolvidos. Já os rios de água preta apresentam águas com pH ácido, devido as altas concentrações de substâncias orgânicas dissolvidas, principalmente sob a forma de ácidos húmicos e fúlvicos provenientes da decomposição da matéria orgânica da floresta. Os rios de água clara percorrem áreas antigas lixiviadas, são transparentes ou esverdeados, pobres em nutrientes e partículas em suspensão (Sioli 1968). Essas diferenças nas características dos rios podem influenciar o estabelecimento e crescimento das comunidades de plantas presentes nesses ambientes (Junk e Piedade 1997).

Associadas aos grandes rios da Amazônia estão as planícies inundáveis, que apresentam como principais características as florestas alagáveis, os lagos e os bancos flutuantes de plantas herbáceas (Goulding 1989; Junk *et al.* 2011). Entretanto, a ocorrência da vegetação herbácea está fortemente relacionada com a capacidade de suporte nutricional das planícies inundáveis (Piedade e Junk 2000). Por outro lado, a composição e distribuição das diferentes formas de vida das herbáceas aquáticas que ocorrem na Amazônia resultam em parte da grande diversidade de habitats que são influenciados pelo pulso de inundação que altera o nível da água e aumenta a turbidez (Junk e Piedade 1993).

As herbáceas aquáticas são encontradas tanto em rios de água branca e água clara, como em rios de água preta onde sua frequência de ocorrência é menor (Junk e Piedade 1997; Piedade *et al.* 2010). No entanto, devido às suas características fisiológicas e limites de tolerância às variações no ambiente, as herbáceas aquáticas podem ter o seu estabelecimento, crescimento e área de cobertura determinados pela concentração de nutrientes e pH das águas (Pompêo e Moschini-Carlos 2003), como também por sua profundidade (Santos e Thomaz 2007). Dessa forma, as condições limnológicas influenciam a diversidade local das espécies de herbáceas aquáticas, e podem também influenciar na capacidade de distribuição desse grupo de plantas em diferentes habitats com condições mais favoráveis (Junk e Piedade 1997). Na região do Lago Catalão, Manaus, AM, na confluência do rio Negro com o rio Solimões, são encontrados ambientes de água branca, água branca decantada, e água mista. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência das condições do habitat sobre a estrutura de herbáceas aquáticas na região do Lago Catalão, Manaus, AM.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O Lago Catalão é um sistema flúvio-lacustre, situado na área de confluência dos rios Solimões e Negro, entre as coordenadas S 3° 12' 87" - S 3° 8' 71" e W 59° 54' 19" - W 59° 54' 19", Manaus-AM. O Lago Catalão é, na verdade, um complexo de lagos interconectados, e conectados aos rios Solimões e Negro. Devido a essa conectividade e ao pulso de inundação anual desses rios (Junk *et al.* 1989), o nível da água dos lagos da região do Catalão sofre variação de profundidade. Nesse conjunto de lagos, embora o rio Solimões contribua para maior entrada de água ao longo do ano (Leite *et al.* 2006) e a coloração das águas seja predominante branca (Sioli 1968), alterações na coloração da água são observadas, devido a diferenças de correnteza, pela decantação e misturas de águas dos rios Solimões (águas brancas) e Negro (águas pretas). Para a realização deste estudo foram selecionados ambientes visualmente caracterizados como água branca (AB), os quais apresentaram água barrenta de coloração branca, ambientes com água branca decantada (AD), onde as águas apresentaram-se menos barrentas e mais claras, e ambientes de águas mistas (AM), onde há mistura de água branca e água preta na confluência dos rios Solimões e Negro, e a água apresentava-se transparente com coloração escura (Figura 1).

Amostragem

A amostragem foi realizada no mês de agosto do ano de 2011, período de início da vazante, quando um maior número de diferentes formas de vida de herbáceas aquáticas é encontrado (Junk e Piedade 1993). As herbáceas aquáticas foram amostradas pelo método de transecção contínua perpendicular a margem (Pott *et al.* 1989). Foram avaliadas 23 transecções, uma em cada banco distinto de herbáceas aquáticas, sendo sete transecções em AB, nove em AD e sete

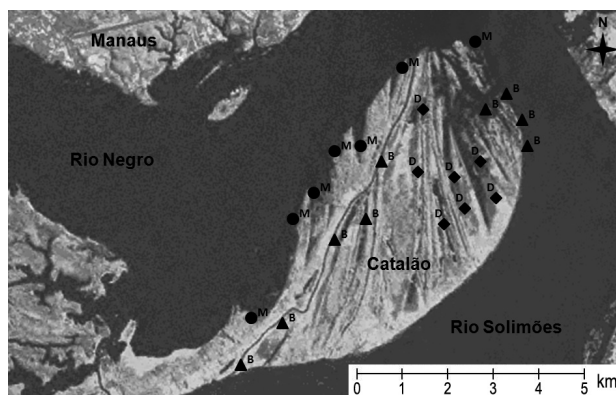


Figura 1. Imagem Landsat (2007) com a localização das transecções nos bancos de herbáceas aquáticas amostrados nos ambientes de água branca (B), água decantada (D) e água mista (M) na região do Lago Catalão, Manaus, AM.

em AM. As transecções foram marcadas com um barco e tiveram início na borda do banco de herbáceas aquáticas e término ao atingir a vegetação arbórea inundada ou solo, ou ao atingir 30 m, e largura de 0,5 m. Em cada transecção foram feitas avaliações com intervalo de 0,5 m utilizando-se um quadrado de tubo de PVC medindo 0,5 x 0,5m. Dentro da área do quadrado foram identificadas as espécies de herbáceas aquáticas e estimada a área de cobertura relativa (%) de cada espécie excluindo-se o espaço com água na área do quadrado. As herbáceas aquáticas foram identificadas com o auxílio de especialistas e guias de identificação (Pott e Pott 2000), e classificadas de acordo com as formas biológicas em flutuante, emersa e submersa (Cook 1996).

No início de cada transecção foram avaliados a turbidez da água por meio de turbidímetro (HI 93703, Hanna Instruments, São Paulo, Brasil), a condutividade elétrica e pH com auxílio de medidores portáteis (Orion Star Plus, Thermo Scientific, Fort Collins, USA) e a profundidade da coluna de água por meio de profundímetro, construído utilizando um prumo com corda graduada.

Análise dos Dados

Foi calculada a média e desvio padrão para as variáveis limnológicas de cada ambiente utilizando os dados medidos nas respectivas transecções. As diferenças nas características limnológicas entre os tipos de água foram testadas por meio de análise de variância multivariada não paramétrica (NPMANOVA) com 999 permutações (função Adonis, pacote Vegan) usando distância de Gower (função Gowdis, pacote FD) e de análise de variância (ANOVA) e Tukey a 5% de significância utilizando os valores obtidos em cada transecção.

O cálculo da cobertura relativa e frequência absoluta de ocorrência de cada espécie, na região do Lago Catalão e em cada ambiente (AB, AD e AM), foi feito utilizando os valores médios obtidos das medidas tomadas nos quadrados em cada transecção, sendo as transecções consideradas como repetições. A similaridade da composição de espécies de herbáceas aquáticas entre os ambientes (AB, AD e AM) foi avaliada pelo coeficiente de similaridade de Jaccard de acordo com a fórmula $S_j = a / (a + b + c)$, onde a é o número de espécies encontradas em ambos os ambientes, A e B , b é o número de espécies no local B , mas não em A , c é o número de espécies no local A , mas não em B . Foram elaborados gráficos compostos para verificar a existência padrões na cobertura relativa das herbáceas aquáticas em relação às condições de pH, condutividade elétrica, turbidez e profundidade dos ambientes. NPMANOVA, com 999 permutações usando distância de Gower, foi utilizada para testar se a variação na área de cobertura e frequência de ocorrência das espécies difere entre os ambientes de AB, AD e AM. Os dados foram analisados no programa R versão 2.12.2 (R Development Core Team 2011).

RESULTADOS

Na região do Lago Catalão, as condições limnológicas avaliadas confirmaram a separação visual feita para os ambientes de AB, AD e AM (NPMANOVA, $F_{2,23} = 37,96$; $p < 0,001$). A variação na profundidade entre os ambientes (ANOVA, $F_{2,23} = 16,7$; $p < 0,001$) indicou que os ambientes de AD e AM eram mais profundos do que AB ($p < 0,001$, Figura 2A). Por outro lado, a variação no pH (ANOVA, $F_{2,23} = 32,11$; $p < 0,001$) e condutividade elétrica da água (ANOVA, $F_{2,23} = 32,14$; $p < 0,001$) indicaram que AM apresentou águas mais ácidas e com menor condutividade em relação as AB e AD (Tukey, $p < 0,0001$, Figura 2B e 2C). Já as variações na turbidez da água (ANOVA, $F_{2,23} = 36,24$; $p < 0,0001$) indicaram que há diferença entre todos os ambientes avaliados (Tukey, $p < 0,01$, Figura 2D).

Foram registrados na região do Lago Catalão 32 táxons de herbáceas aquáticas, 31 identificados em nível específico e um em nível de família, pertencentes a 22 famílias (Tabela 1). Foi registrada relação positiva entre o número de transecções e a ocorrência de espécies (Figura 3), sendo que na AB e na AD foram registradas 22 espécies, e na AM 27 espécies. Entre as espécies registradas, 50% foram comuns aos três ambientes. Por outro lado, algumas espécies ocorreram exclusivamente em ambientes de AB (*Ipomea aquatica*, *Papalum fasciculatum*, *Ritidostylis* sp.), em AD (*Marsilea quadrifolia*) e em AM (*Oryza grandiglumis*, Passifloraceae, *Polygonum ferrugineum*, *Spirodela intermédia* e *Utricularia foliosa*). As espécies *Ceratopteris pteridoides*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Ludwigia leptocarpa* e *Oxycaryum cubense* não foram registradas na AB, assim como *Echinochloa polystachya* e *Mikania cordifolia* na AD e *Vigna lasiocarpa* na AM (Tabela 1). De acordo com o coeficiente de similaridade de Jaccard, a composição de espécies de herbáceas aquáticas da AD é mais semelhante à AM ($S_j = 0,69$), do que com a AB ($S_j = 0,63$). A menor similaridade foi registrada entre a AB e a AM ($S_j = 0,57$).

Considerando as formas biológicas das herbáceas aquáticas registradas (Tabela 1), 15 espécies são emergentes, 14 são flutuantes e três são submersas. Na AB foram mais frequentes as formas flutuantes, que também apresentaram a maior cobertura neste ambiente, em seguida o grupo das emersas. Na AD e na AM ocorreu o inverso, as emersas apresentaram maior frequência e cobertura, vindo em seguida as formas flutuantes. Entretanto, a contribuição das espécies diferiu nos dois ambientes. *Neptunia plena* é um exemplo, pois a espécie apresentou alta frequência (77,78%) e a segunda maior cobertura na AD, ao contrário do que foi registrado na AB e AM (Tabela 1).

Na região do Lago Catalão, as herbáceas aquáticas mais frequentes foram a emersa *P. repens*, e as flutuantes *Salvinia auriculata*, *Pistia stratiotes* e *Lemna valdiviana*. As espécies que apresentaram frequência superior a 80% na AB foram *P.*

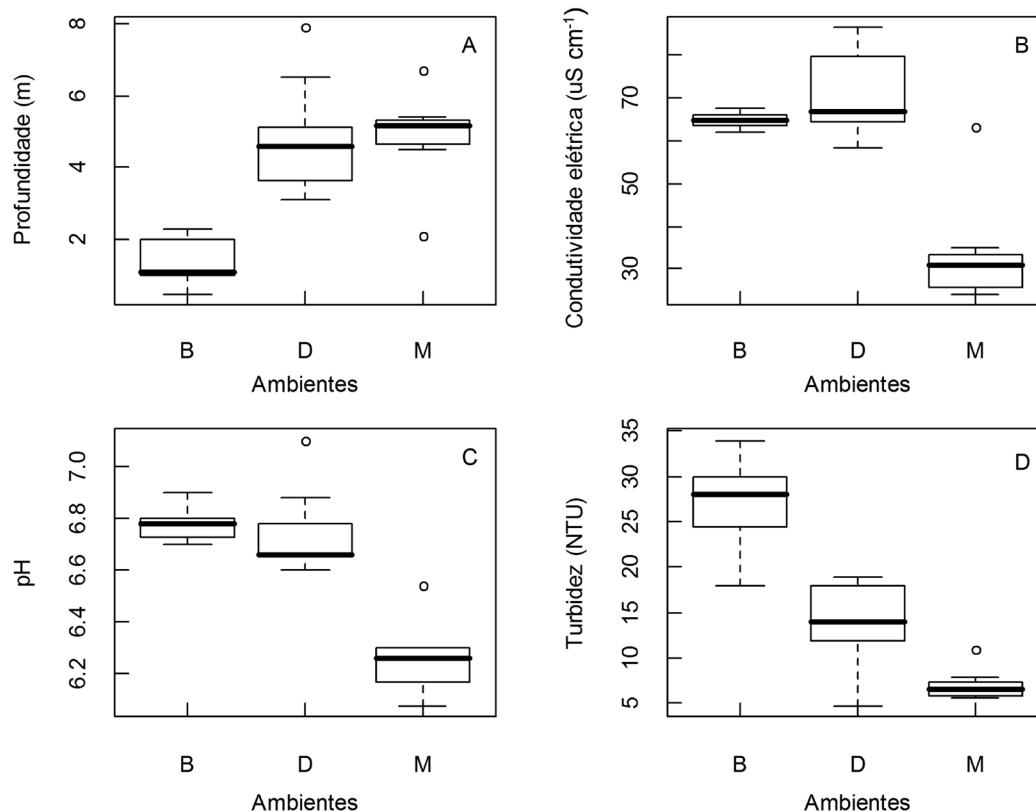


Figura 2. Condições limnológicas dos ambientes de água branca (B), água decantada (D) e água mista (M) na região do Lago Catalão, Manaus-AM.

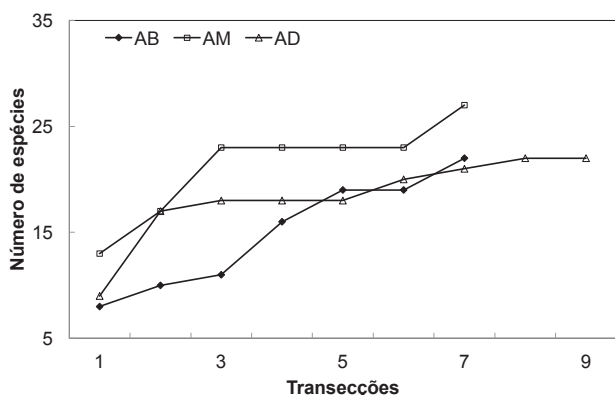


Figura 3. Relação entre o número de transecções e espécies de herbáceas aquáticas registradas na água branca (AB), água decantada (AD) e água mista (AM) na região do Lago Catalão, Manaus, AM.

stratiotes, *Eichhornia crassipes*, *P. repens* e *S. auriculata*, na AD as espécies foram *L. valdiviana*, *P. repens*, *Phyllanthus fluitans* e *S. auriculata*, e na AM as espécies mais frequentes foram *P. repens*, *L. valdiviana*, *Ludwigia helminthorriza*, *P. stratiotes*, *Ricciocarpus natans* e *S. auriculata* (Tabela 1). As espécies que apresentaram maior cobertura relativa foram *P. repens*

(33,89%), *S. auriculata* (14,17%) e *E. crassipes* (14,08%). Considerando separadamente cada ambiente avaliado, na AB as espécies que apresentaram maior cobertura foram *E. crassipes* (36,04%), *P. stratiotes* (23,12%) e *P. repens* (12,67%), na AD as espécies *P. repens* (46,50%), *Neptunia plena* (23,49%) e *S. auriculata* (8,09%), e na AM as espécies *P. repens* (38,89%), *S. auriculata* (27,53%) e *P. stratiotes* (8,53%). *E. crassipes* predominou na AB e *P. repens* em AD e AM (Tabela 1). *P. repens* foi uma espécie que apresentou alta frequência e a maior cobertura na região do Lago Catalão como um todo. Já a espécie *E. crassipes* foi muito frequente na AB e na AM, mas apresentou alta cobertura apenas na AB.

Foram detectados padrões na cobertura relativa das espécies de herbáceas aquáticas em relação às condições limnológicas (Figuras 4, 5, 6 e 7). O padrão diagonal detectado indica que as condições limnológicas dos ambientes de AB, AD e AM são fatores estruturantes da comunidade de herbáceas aquáticas na região do Lago Catalão, e isso foi confirmado pela NPMANOVA tanto para a área de cobertura das espécies (g.l.= 2; F= 3,37, R² = 0,25; p = 0,001) quanto para a frequência de ocorrência (g.l.= 2; F= 3,37, R² = 0,25; p = 0,001).

Tabela 1. Frequência absoluta de ocorrência e cobertura relativa das espécies de herbáceas aquáticas registradas na região do Lago Catalão, Manaus, AM. GE = Grupo ecológico; F = Flututante; E = Emersa; S = Submersa. N.I. = Não Identificada. Total = Área total avaliada.

Familia/Espécie	GE	Frequência de ocorrência (%)				Cobertura (%)			
		Total	AB	AD	AM	Total	AB	AD	AM
Araceae									
<i>Pistia stratiotes</i> L.	F	78,26	100,0	55,56	85,71	10,13	23,12	1,28	8,53
Asteraceae									
<i>Mikania cordifolia</i> (L.f.) Willd.	E	8,70	14,29	0,00	14,29	0,09	0,24	0,00	0,05
Azollaceae									
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	F	47,83	42,86	55,56	42,86	0,83	0,45	1,25	0,66
Ceratophyllaceae									
<i>Ceratophyllum submersum</i> (Gray) Wilmot-Dear	S	43,48	14,29	55,56	57,14	0,54	0,05	1,10	0,30
Convolvulaceae									
<i>Ipomea aquatica</i> Fork	E	4,35	14,29	0,00	0,00	0,06	0,19	0,00	0,00
Curcubitaceae									
<i>Ritidostylis</i> sp.	E	4,35	14,29	0,00	0,00	0,04	0,12	0,00	0,00
Cyperaceae									
<i>Oxycaryum cubense</i> Poepp. (Kunth) Lye	E	13,04	0,00	22,22	14,29	0,47	0,00	1,15	0,08
Euphorbiaceae									
<i>Phyllanthus fluitans</i> Muell. Arg.	F	52,17	28,57	88,89	28,57	1,49	0,18	3,24	0,56
Fabaceae									
<i>Aeschynomene</i> sp.	E	17,39	28,57	11,11	14,29	0,12	0,28	0,04	0,05
<i>Vigna lasiocarpa</i> (Mart. Ex Benth) Verdt.	E	13,04	14,29	22,22	0,00	0,46	0,24	1,00	0,00
Hydrocharitaceae									
<i>Limnobiium laevigatum</i> (Humb. & Bompl. Ex Wild.) Heine	F	21,74	14,29	11,11	42,86	0,39	0,11	0,02	1,16
Lemnaceae									
<i>Lemna valdiviana</i> Phil.	F	73,91	28,57	100,0	85,71	1,76	0,57	2,18	2,39
<i>Spirodela intermedia</i> W. Koch	F	8,70	0,00	0,00	28,57	0,04	0,00	0,00	0,12
<i>Wolffiella</i> sp.	F	60,87	42,86	77,78	57,14	1,18	0,42	1,84	1,10
Lentibulareaceae									
<i>Utricularia foliosa</i> L.	S	26,09	0,00	22,22	57,14	0,06	0,00	0,00	0,20
<i>Utricularia</i> sp.	S	34,78	14,29	33,33	57,14	1,28	0,22	1,01	2,68
Marsiliaceae									
<i>Marsilea</i> sp.	E	4,35	0,00	11,11	0,00	0,22	0,00	0,56	0,00
Mimosaceae									
<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth.	E	52,17	42,86	77,78	28,57	9,93	0,46	23,49	1,96
Onagraceae									
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) Hara	F	69,57	57,14	66,67	85,71	2,78	1,56	2,68	4,13
<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt.) Hara	F	13,04	0,00	11,11	28,57	0,24	0,00	0,11	0,65
Parkeriaceae									
<i>Ceratopteris pteridoides</i> (Hook.) Hieron	F	21,74	0,00	33,33	28,57	0,22	0,00	0,30	0,34
Passifloraceae									
N.I.	E	8,70	0,00	0,00	28,57	0,05	0,00	0,00	0,15
Poaceae									
<i>Echinochloa polystachya</i> (H.B.K.) Hitchc.	E	21,74	57,14	0,00	14,29	2,10	6,87	0,00	0,03
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees	E	13,04	0,00	11,11	28,57	0,08	0,00	0,04	0,22
<i>Oryza grandiglumis</i> (Doell) Prod	E	4,35	0,00	0,00	14,29	0,03	0,00	0,00	0,10
<i>Paspalum fasciculatum</i> Cuiild. Ex Flueg	E	8,70	28,57	0,00	0,00	0,59	1,95	0,00	0,00
<i>Paspalum repens</i> Berg	E	95,65	85,71	100,0	100,0	33,89	12,67	46,50	38,89
Polygonaceae									
<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.	E	4,35	0,00	0,00	14,29	0,02	0,00	0,00	0,05
Pontederiaceae									
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	F	56,52	85,71	22,22	71,43	14,08	36,04	2,47	7,06
<i>Pontederia rotundifolia</i> L.F.	F	26,09	14,29	44,44	14,29	2,04	5,38	0,92	0,13
Ricciaceae									
<i>Ricciocarpus natans</i> (L.) Corda	F	47,83	14,29	44,44	85,71	0,63	0,24	0,75	0,87
Salviniaceae									
<i>Salvinia auriculata</i> Aub.	F	86,96	85,71	88,89	85,71	14,17	8,63	8,09	27,53

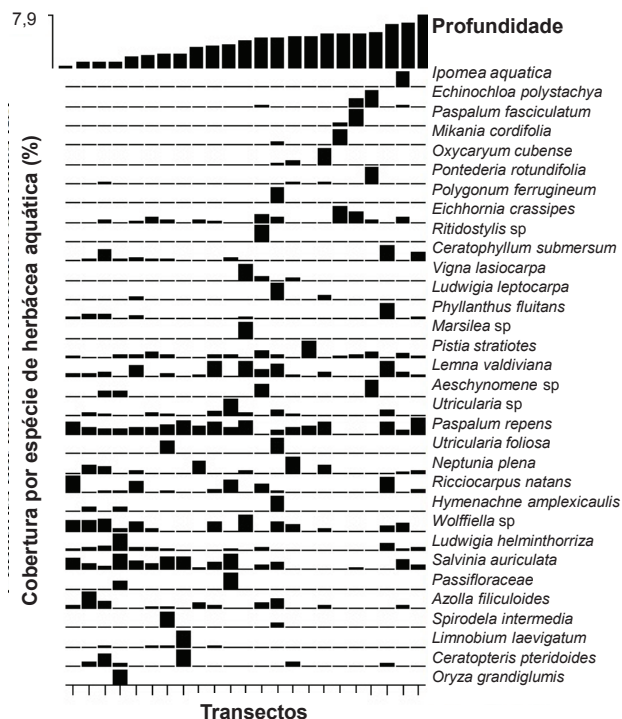


Figura 4. Cobertura relativa das espécies de herbáceas aquáticas em relação a profundidade da coluna de água (m) na região do Lago Catalão, Manaus, AM.

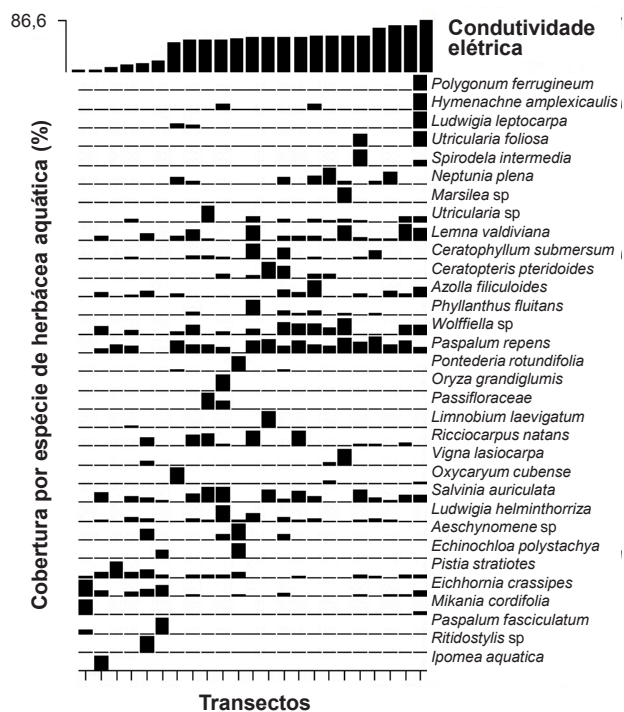


Figura 5. Cobertura relativa das espécies de herbáceas aquáticas em relação a condutividade elétrica da água ($\mu\text{S cm}^{-1}$) na região do Lago Catalão, Manaus, AM.

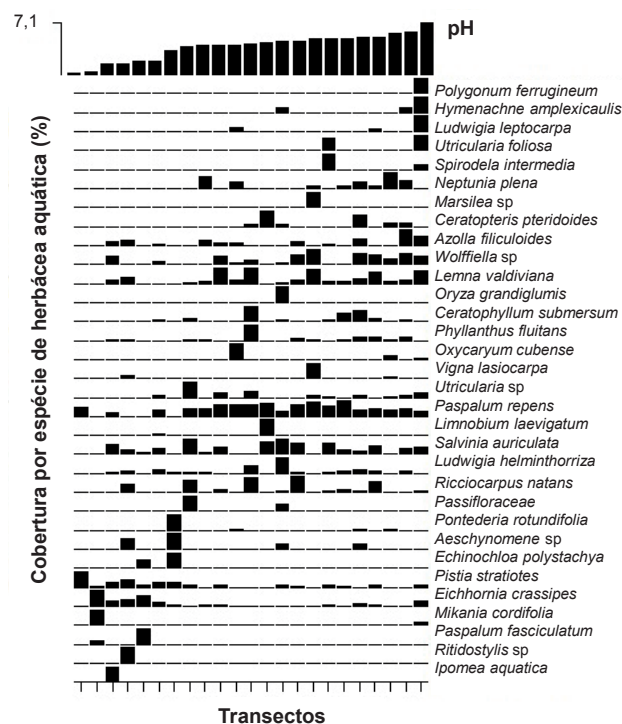


Figura 6. Cobertura relativa das espécies de herbáceas aquáticas em relação ao pH da água na região do Lago Catalão, Manaus, AM.

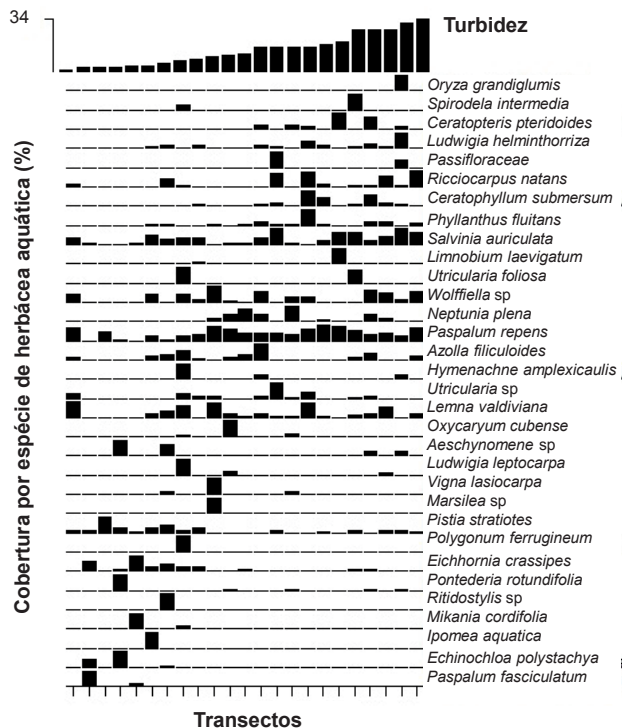


Figura 7. Cobertura relativa das espécies de herbáceas aquáticas em relação a turbidez (NTU) da água na região do Lago Catalão, Manaus, AM.

DISCUSSÃO

A diferenciação do ambiente de AM em relação aos demais ambientes, provavelmente ocorre devido à influência do Rio Negro, cujas águas são mais ácidas, mais transparentes e com menor condutividade elétrica em relação ao rio Solimões, que apresenta águas mais ricas em nutrientes (Sioli 1991). A disponibilidade de nutrientes na água e no sedimento são importantes preditores da distribuição das herbáceas aquáticas, além da condutividade elétrica da água, do pH e disponibilidade de luz na coluna de água (Bini *et al.* 1999). Embora as afirmações de Bini *et al.* (1999) abranjam uma escala espacial maior, isso também foi comprovado para a escala local de habitat no presente estudo.

O estado de fertilidade é muito importante para a composição das comunidades e biomassa de herbáceas aquáticas, visto que grande parte das espécies de várzea cresce rápido requerendo, então, elevadas concentrações de nutrientes, como ocorre com as gramíneas *Paspalum repens* Berg., *Paspalum fasciculatum* Cuild. Ex Flueg e *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchc (Piedade *et al.* 2010). Áreas de igapó em geral apresentam baixa quantidade de plantas aquáticas o que é explicado pelas baixas concentrações de nutrientes associados com a acidez típica desses ambientes (Piedade e Junk 2000). Entretanto, os ambientes de AM na região do Lago Catalão apresentaram a maior riqueza em relação aos demais ambientes. Este resultado é um importante indicativo da importância de ecótonos entre as águas brancas e pretas, bem como de sua conservação para assegurar a manutenção do número relativamente elevado de espécies de herbáceas aquáticas (388 espécies) que ocorrem na Amazônia Central (Junk e Piedade 1993).

A menor similaridade entre composição de espécies da AB e AM é uma resposta das espécies as condições limnológicas diferenciadas entre estes ambientes, principalmente a menor condutividade elétrica e turbidez na AM e menor profundidade na AB (Figura 2). A temperatura da água, os sólidos em suspensão/turbidez, o teor de nutrientes e a composição dos substratos estão entre os componentes de habitat mais importantes que influenciam diretamente os padrões de biodiversidade entre e dentro dos corpos de água de várzea (Amoros e Bornette 2002). Logo, as diferenças nas características limnológicas (Figura 2) dos ambientes em estudo na região do Lago Catalão indicam que esses fatores ligados às propriedades da água são determinantes na estruturação da comunidade de herbáceas aquáticas também em uma pequena escala espacial.

A alta frequência apresentada por *E. crassipes* na AB e na AM pode ser uma resposta a um ambiente mais rico em nutrientes (Sioli 1968). No entanto, a pequena área de cobertura na AM por esta espécie pode ser um resposta a influência da conectividade hidrológica na região do Lago

Catalão influenciada pelos rios Solimões e Negro que ao misturarem suas águas diluem a concentração de nutrientes na AM em relação a AB. Embora o Lago Catalão receba águas oriundas dos rios Solimões e Negro, a análise das características físicas e químicas da água indica que ele pode ser considerado um lago predominantemente de várzea da Amazônia Central (Brito *et al.* 2014). Isso justifica a alta frequência de *E. crassipes* que é uma espécie abundante nas férteis várzeas, mas que possivelmente chega às águas mistas e pretas adjacentes favorecida pelos ventos e correntes, mesmo que esses não sejam os ambientes ideais para seu crescimento (Lopes *et al.* 2011).

A natureza e a intensidade da conectividade hidrológica contribuem para a heterogeneidade espacial das várzeas, e também fornecem habitats complementares (Amoros e Bornette 2002), como pode ser considerada a água mista, e isso pode ter favorecido a ocupação destes ambientes por um número maior de espécies. Por outro lado, o fato de algumas espécies serem muito frequentes e apresentarem baixa cobertura é apenas uma resposta da característica morfológica dessas espécies, a exemplo de *Wolffella* sp., que atinge poucos milímetros, não sendo capaz de produzir os mesmos valores de biomassa que as espécies *P. repens* e *E. crassipes*.

As formas flutuantes predominaram na região do Lago Catalão, assim como na calha principal do rio Amazonas onde representaram 90% das espécies (Conserva *et al.* (2007). As formas flutuantes têm sua dispersão facilitada pela ação do vento, logo, podem se beneficiar de ambientes aquáticos ricos em nutrientes, como a AB, onde predominam em relação às demais formas biológicas. Por outro lado, as formas emersas, que podem retirar nutrientes do sedimento onde estão fixadas, podem ter uma vantagem na ocupação dos ambientes aquáticos mais pobres, mas com aportes sazonais de nutrientes, conforme registrado na AD e AM.

Neste estudo foram registradas herbáceas aquáticas emersas e flutuantes crescendo juntas. A presença de herbáceas aquáticas emersas pode auxiliar no estabelecimento das flutuantes, atuando como suporte para essas plantas se manterem no ambiente (Barbosa *et al.* 2008; Sousa *et al.* 2011). Fatores ambientais como a turbidez da água e o vento podem favorecer o estabelecimento conjunto de diferentes grupos ecológicos de herbáceas aquáticas (Esteves 1998; Junk e Piedade 1997; Piedade e Junk 2000).

As diferenças de composição de espécies entre AB, AD e AM possivelmente estão relacionados às adaptações das espécies às diferentes concentrações de íons e pH dos ambientes aquáticos, a exemplo de *E. azurea* que predominou em águas brancas mais ricas em nutrientes e *P. repens* em AD e na AM. A disponibilidade de nutrientes é um fator importante que afeta a distribuição de herbáceas aquáticas (Lan *et al.* 2010), assim como as condições limnológicas (Costa Neto *et al.* 2007; Thomaz *et al.* 1999). Esta diferenciação da estrutura

do habitat aquático e da comunidade de herbáceas aquáticas em relação aos tipos de água possivelmente afetará outras comunidades, principalmente a fauna associada aos bancos de herbáceas aquáticas, a exemplo de macroinvertebrados (Lopes *et al.* 2011) e peixes (Sánchez-Botero *et al.* 2008), que respondem a uma cobertura maior dessas plantas, tanto da parte aérea quanto submersa, devido à maior disponibilidade de habitats e nichos que elas propiciam.

CONCLUSÕES

As variações registradas na região do Lago Catalão indicam que as condições limnológicas dos rios de água branca e preta determinam a estrutura da comunidade de herbáceas aquáticas, mesmo em pequenas escalas espaciais. Logo, a conservação de ecótonos entre as águas brancas e pretas é imprescindível para garantir a sobrevivência de um número maior de espécies de herbáceas aquáticas que ocorrem na Amazônia Central.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA pelo apoio logístico, aos professores Jansen Zuanon e Rosseval Leite pelas críticas ao projeto; aos pescadores do Inpa Luiz e Astrogildo pelo auxílio no campo; a Aline Lopes e aos técnicos do Instituto Max Planck/INPA Valdeney Azevedo e Celso Costa pelo auxílio na identificação das herbáceas aquáticas. Ao Thiago André por revisar o Abstract. Ao Conselho Nacional de pesquisas (CNPq) pelas bolsas concedidas aos autores.

BIBLIOGRAFIA CITADA

Amoros, C.; Bornette, B. 2002. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshwater Biology*, 47: 761-776.

Barbosa, K.M.N.; Piedade, M.T.F.; Kirchner, F.F. 2008. Estudo temporal da vegetação herbácea da várzea da Amazônia central. *Floresta*, 38: 89-96.

Bini, L.M.; Thomaz, S.M.; Murphy, K.J.; Camargo, A.F.M. 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*, 415: 147-154.

Brito, J.G.; Alves, L.F.; Espirito-Santo, H.M.V. 2014. Seasonal and spatial variations in limnological conditions of a floodplain lake (Lake Catalão) connected to both the Solimões and Negro Rivers, Central Amazonia. *Acta Amazonica*, 44: 121-133.

Conserva, A.S.; Carvalho, M.P.; Costa, C.R.; Azevedo, V.A. 2007. Macrófitas aquáticas. In: Albernaz, A.L. (Org.). *Conservação da várzea: identificação e caracterização de regiões de regiões biogeográficas*. Manaus, Ibama/Pró-Várzea, p. 65-75.

Cook, C.D.K. 1996. *Aquatic plant book*. Amsterdam/New York, SPB Academic Publishing, 1996, 228p.

Costa Neto, S.V.; Senna, C.S.F.; Tostes, L.C.L.; Silva, S.R.M. 2007. Macrófitas aquáticas das Regiões dos Lagos do Amapá, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, 2: 618-620.

Esteves, F.A. 1998. *Fundamentos de limnologia*. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Interciência, 1998, 602p.

Goulding, M. 1989. *Amazon: the flooded forest*. London, BBC Books, 1989, 208p.

Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain-systems. *Canadian Special Publications for Fisheries and Aquatic Sciences*, 106:110-127.

Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. 1997. Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants. In: Junk, W.J. (Ed.). *The central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system*. Springer-Verlag, Berlin, p. 147-185.

Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. 1993. Herbaceous plants of the Amazon floodplain near Manaus: Species diversity and adaptations to the flood pulse. *Amazoniana*, 12: 467-484.

Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Schöngart, J.; Cohn-Haft, M.; Adeney, J.M.; Wittmann, F. 2011. A Classification of major naturally-occurring amazonian lowland wetlands. *Wetlands*, 31: 623-640.

Lan, Y.; Cui, B.; Li, X.; Han, Z.; Dong, W. 2010. The determinants and control measures of the expansion of aquatic macrophytes in wetlands. *Procedia Environmental Sciences*, 2: 1643-1651.

Leite, R.G.; Silva, J.V.V.; Freitas, C.E. 2006. Abundância e distribuição das larvas de peixes no Lago Catalão e no encontro dos rios Solimões e Negro, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 36: 557-562.

Lopes, A.; Paula, J.D.; Mardegan, S.F.; Hamada, N.; Piedade, M.T.F. 2011. Influência do habitat na estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos associados às raízes de *Eichhornia crassipes* na região do Lago Catalão, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 41: 493-502.

Piedade, M.T.F.; Junk, W.; D'Ángelo, S.A.; Wittmann, F.; Schöngart, J.; Barbosa K.M.N.; Lopes, A. 2010. Aquatic herbaceous plants of the Amazon floodplains: state of the art and research needed. *Acta Limnológica Brasiliensia*, 22: 165-178.

Piedade, M.T.F.; Junk, W.J. 2000. Natural grassland and herbaceous plants in the Amazon floodplain and their use. In: Junk, W.J.; Ohly, J.J.; Piedade, M.T.F.; Soares, M.G.M. (Org.). *The central Amazon floodplain: actual use and options for a sustainable management*. Backhuys Publishers, Leiden, p. 269-290.

Pompêo, M.L.M.; Moschini-Carlos, V. 2003. *Macrófitas aquáticas e perifiton: aspectos ecológicos e metodológicos*. São Paulo, Rima, 2003, 134p.

Pott, V.J.; Pott, A. 2000. *Plantas aquáticas do Pantanal*. Corumbá, EMBRAPA/CPAP, 2000, 353p.

Pott, V.J.; Bueno, N.C.; Pereira, R.A.C.; De Salis, S.M.; Vieira, N.L. 1989. Distribuição de macrófitas aquáticas numa lagoa na fazenda Nhumirim, Nhecolândia, Pantanal, MS. *Acta Botanica Brasílica*, 3: 153-168.

R Development Core Team. 2011. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>.

- Sánchez-Botero, J.I.; Araujo-Lima, C.A.R.M.; Garcez, D.S. 2008. Effects of types of aquatic macrophyte stands and variations of dissolved oxygen and of temperature on the distribution of fishes in lakes of the amazonian floodplain. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 20: 45-54.
- Santos, A.M.; Thomaz, S.M. 2007. Aquatic macrophytes diversity in lagoons of a tropical floodplain: The role of connectivity and water level. *Austral Ecology*: 32, 177-190.
- Sioli, H. 1968. Hydrochemistry and geology in the Brazilian Amazon region. *Amazoniana*, 1: 267-277.
- Sioli, H. 1991. *Amazônia: Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais*. 3ª Ed. Petrópolis, Vozes, 1991, 71p.
- Sousa, W.T.Z.; Thomaz, S.M.; Murphy, K.J. 2011. Drivers of aquatic macrophyte community structure in a Neotropical riverine lake. *Acta Oecologica*, 37: 462-475.
- Thomaz, S.M.; Bini, L.M.; Souza, M.C.; Kita, K.K.; Camargo, A.F.M. 1999. Aquatic macrophytes of Itaipu reservoir, Brazil: survey of species and ecological considerations. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 42: 15-22.

Recebido em 02/01/2014

Aceito em 08/04/2014

