

ÍNDICE

5.2.5 -	Macrófitas aquáticas	1/43
5.2.5.1 -	Composição	1/43
5.2.5.2 -	Riqueza taxonômica	1/43
5.2.5.3 -	Cobertura de macrófitas	4/43
5.2.5.4 -	Densidade numérica absoluta e relativa	4/43
5.2.5.5 -	Equitabilidade e Diversidade Específica	8/43
5.2.5.6 -	Biomassa absoluta e relativa	10/43
5.2.5.7 -	Dominância das populações de macrófitas	13/43
5.2.5.8 -	Diversidade beta e gama	14/43
5.2.5.9 -	Análises estatísticas	16/43
5.2.5.10 -	Curvas de riqueza observada e estimadores de riqueza Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem	19/43
5.2.5.11 -	Curva de rarefação das espécies de macrófitas	21/43
5.2.5.12 -	Dissimilaridade (<i>Bray-Curtis</i>)	22/43
5.2.5.13 -	Ordenação da composição (NMDS)	23/43
5.2.5.14 -	Avaliação das tendências com relação à densidade, à riqueza, à diversidade e à biomassa das macrófitas	25/43
5.2.5.15 -	Composição química	29/43
5.2.5.16 -	Discussão	40/43

5.2.5 - Macrófitas aquáticas

5.2.5.1 - Composição

A análise das comunidades de macrófitas aquáticas em outubro de 2013, período de águas baixas, evidenciou uma composição taxonômica com poucas espécies, para as quais foram registrados oito táxons no total, pertencentes a seis diferentes famílias de plantas. Destas, seis foram identificadas em nível de espécie e duas em nível de gênero (Quadro 5.2.5-1).

Em outubro de 2013 não foi registrada a ocorrência de macrófitas no lago Cuniã (estação LC.01).

Quadro 5.2.5-1 - Composição taxonômica e riqueza total de macrófitas aquáticas no rio Madeira e nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013. Não houve ocorrência de macrófitas no lago Cuniã.

Família	Gênero/Espécie
Cyperaceae	<i>Cyperus digitatus</i>
Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp
Onagraceae	<i>Ludwigia affinis</i>
Poaceae	<i>Hymenachne amplexicaulis</i> <i>Paspalum repens</i>
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i> <i>Pontederia</i> sp
Salviniaceae	<i>Salvinia minima</i>
TOTAL	8

5.2.5.2 - Riqueza taxonômica

Rio Madeira

Nas estações do rio Madeira foram registradas 4 espécies ao todo, estando representadas as famílias Pontederiaceae, Poaceae e Salvinaceae em outubro de 2013. Na Figura 5.2.5-1 observa-se que a família Pontederiaceae contribuiu com 50% para a riqueza total da comunidade de macrófitas no rio Madeira. As demais famílias contribuíram com 25% cada uma, para a riqueza total.

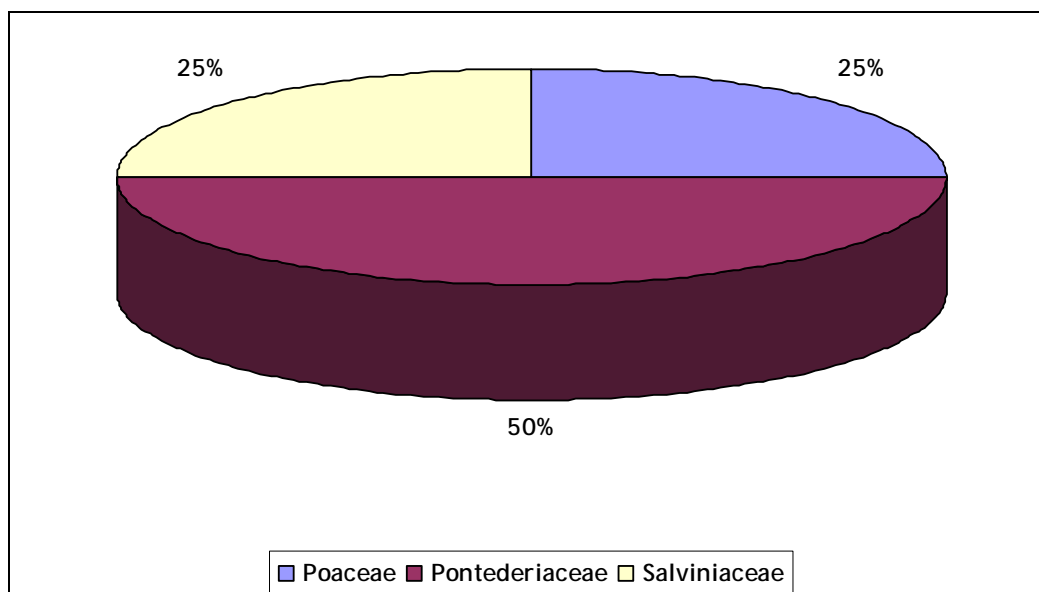


Figura 5.2.5-1 - Representatividade do número de táxons por família, expressa em porcentagem, na riqueza de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

O Quadro 5.2.5-2 apresenta a composição taxonômica de macrófitas nas estações do rio Madeira em outubro de 2013. A estação MON.01 apresentou a maior riqueza, totalizando quatro táxons. A estação MON.02 apresentou três táxons, enquanto que as estações MON.03 e MON.04 apresentaram um táxon cada uma. Não foi registrado nenhum táxon para as estações de jusante (JUS.01, JUS.02 e JUS.03) e MON.05.

Quadro 5.2.5-2 - Composição taxonômica (presença ou ausência) das macrófitas no rio Madeira em outubro de 2013.

Composição Taxonômica	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Poaceae				
<i>Paspalum repens</i>		x	x	x
Pontederiaceae				
<i>Eichhornia crassipes</i>			x	x
<i>Pontederia</i> sp	x			x
Salviniaceae				
<i>Salvinia minima</i>			x	x
TOTAL	1	1	3	4

Tributários

Nas estações dos tributários foram registradas 4 espécies ao todo, estando representadas as famílias Cyperaceae, Lamiaceae, Onagraceae e Poaceae em outubro de 2013. Na Figura 5.2.5-2 observa-se que todas as famílias contribuíram igualmente para a riqueza total da comunidade de macrófitas nos tributários. Cada família foi representada por um único táxon.

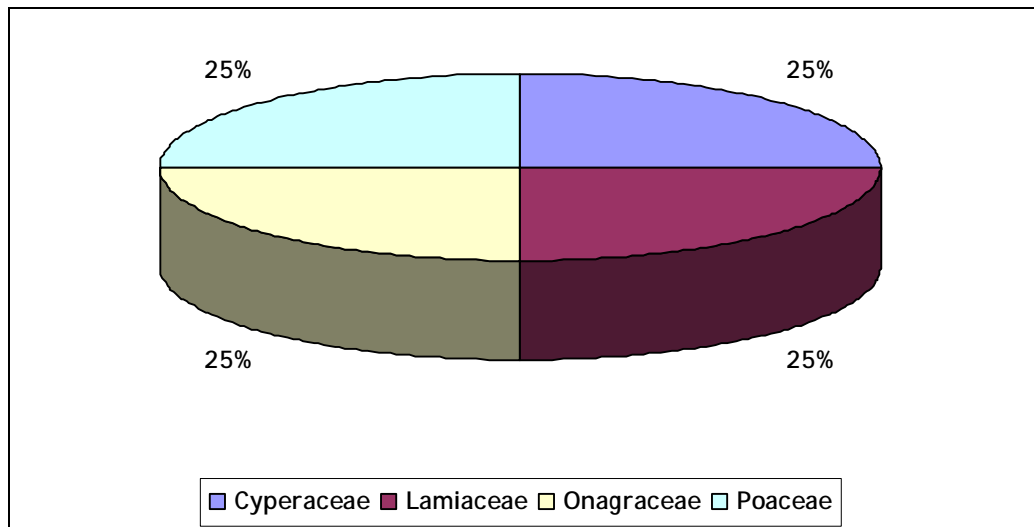


Figura 5.2.5-2 - Representatividade do número de táxons por família, expressa em porcentagem, na riqueza de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

Apenas a estação CEA.01 nos tributários registrou a ocorrência de macrófitas aquáticas em outubro de 2013. O Quadro 5.2.5-3 apresenta a composição taxonômica de macrófitas nesta estação, que apresentou uma riqueza de quatro táxons, sendo que a espécie *Ludwigia affinis* foi registrada pela primeira vez.

Quadro 5.2.5-3 - Composição taxonômica (presença ou ausência) das macrófitas nos tributários em outubro de 2013.

Composição Taxonômica	CEA.01
Cyperaceae	
<i>Cyperus digitatus</i>	x
Lamiaceae	
<i>Hyptis</i> sp	x
Onagraceae	
<i>Ludwigia affinis</i>	x
Poaceae	
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	x
TOTAL	4

5.2.5.3 - Cobertura de macrófitas

Os bancos de macrófitas com ocorrência nas diferentes estações amostradas na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, para outubro de 2013, estão apresentados no Quadro 5.2.5-4. A classificação quanto à dominância foi obtida com base em avaliação da extensão e identificação dos táxons, realizada visualmente.

Quadro 5.2.5-4 - Áreas dos bancos de macrófitas e as respectivas espécies dominantes para cada estação de amostragem no rio Madeira e nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, avaliadas em outubro de 2013. Não houve ocorrência de macrófitas para o lago Cuniã.

	Outubro de 2013	
	Área do banco (m ²)	Dominância
Rio Madeira		
MON.04	200	<i>Pontederia</i> sp
MON.03	> 500	<i>Paspalum repens</i>
MON.02	> 500	<i>Paspalum repens</i>
MON.01	> 500	<i>Paspalum repens</i>
Tributários		
CEA.01	40	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>

5.2.5.4 - Densidade numérica absoluta e relativa

Rio Madeira

Em outubro de 2013, a maior densidade absoluta foi registrada na estação MON.01 (90 ind m⁻²) e a menor foi registrada nas estações MON.03 e MON.04, com uma densidade de 8 ind m⁻² cada uma (Figura 5.2.5-3). A espécie *Salvinia minima*, com ocorrência nas estações de amostragem MON.01 e MON.02, foi a mais abundante, sendo as densidades absolutas de 72 e 28 ind m⁻², respectivamente (Quadro 5.2.5-5).

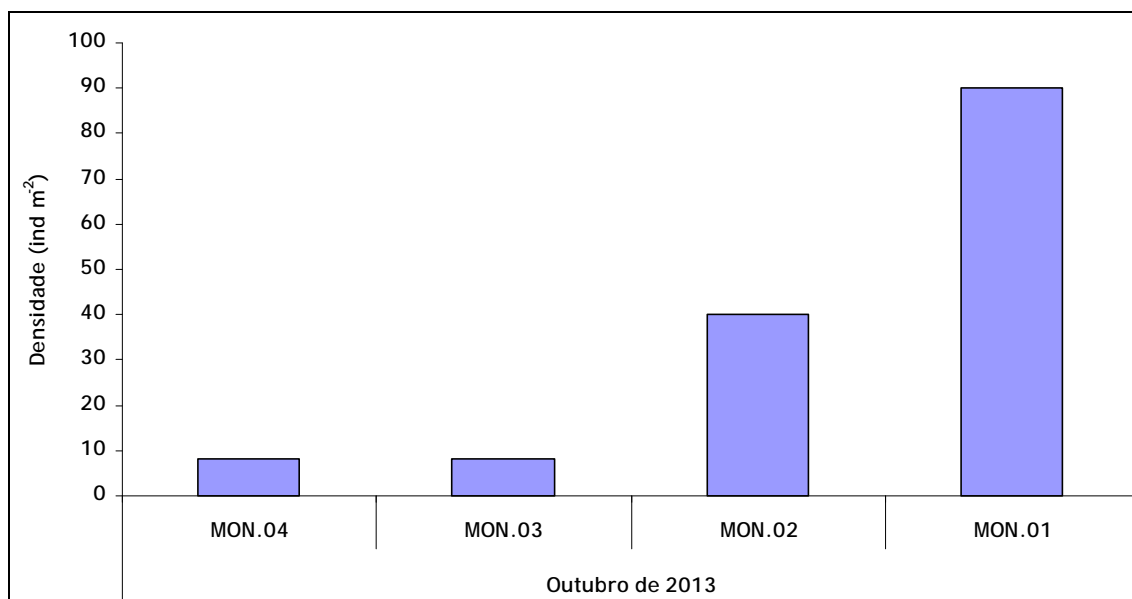


Figura 5.2.5-3 - Densidade numérica absoluta (ind m⁻²) dos táxons de macrófitas registrados no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

Quadro 5.2.5-5 - Densidade absoluta (ind m⁻²) das macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

Composição Taxonômica	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Poaceae				
<i>Paspalum repens</i>		8	4	8
Pontederiaceae				
<i>Eichhornia crassipes</i>			8	4
<i>Pontederia</i> sp	8			6
Salviniaceae				
<i>Salvinia minima</i>			28	72
TOTAL	8	8	40	90

Em outubro de 2013, a maior contribuição em abundância relativa nas estações MON.01 e MON.02 foi dada pela família Salviniaceae. Já para as estações MON.03 e MON.04, 100% da abundância relativa foi dada pela família Poaceae e Pontederiaceae, respectivamente (Figura 5.2.5-4).

UHE Santo Antônio no Rio Madeira

Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas -
Relatório 5 / Fase de Operação

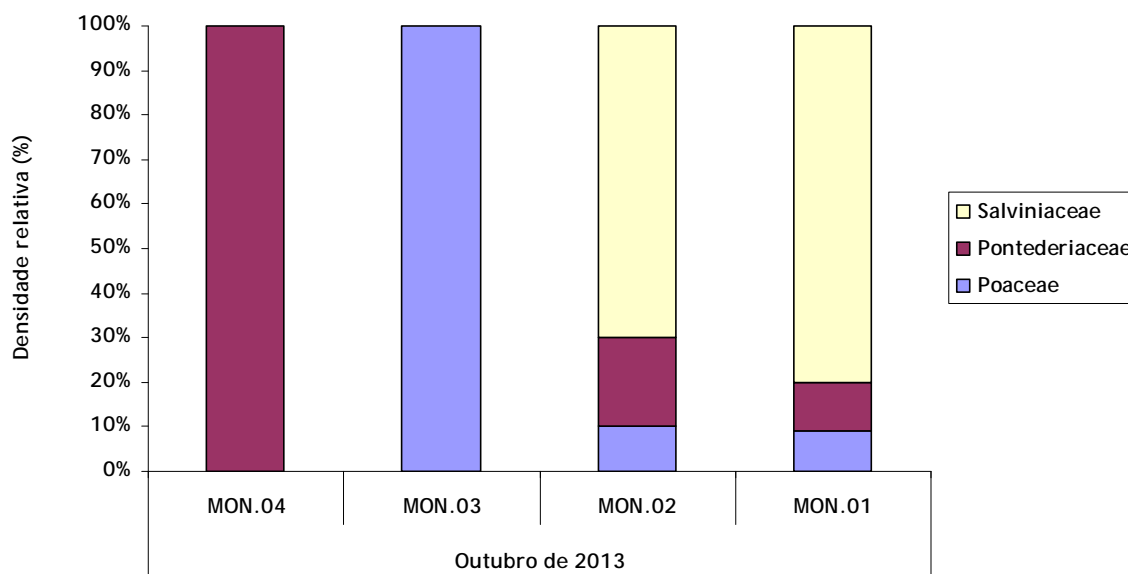


Figura 5.2.5-4 - Densidade relativa (%) dos representantes das diferentes famílias de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013

Tributários

Em outubro de 2013 (Figura 5.2.5-5), a densidade absoluta registrada na estação CEA.01 foi de 20 ind m⁻². A espécie *Hyptis* sp foi a mais abundante, tendo uma densidade absoluta de 8 ind m⁻² (Quadro 5.2.5-6).

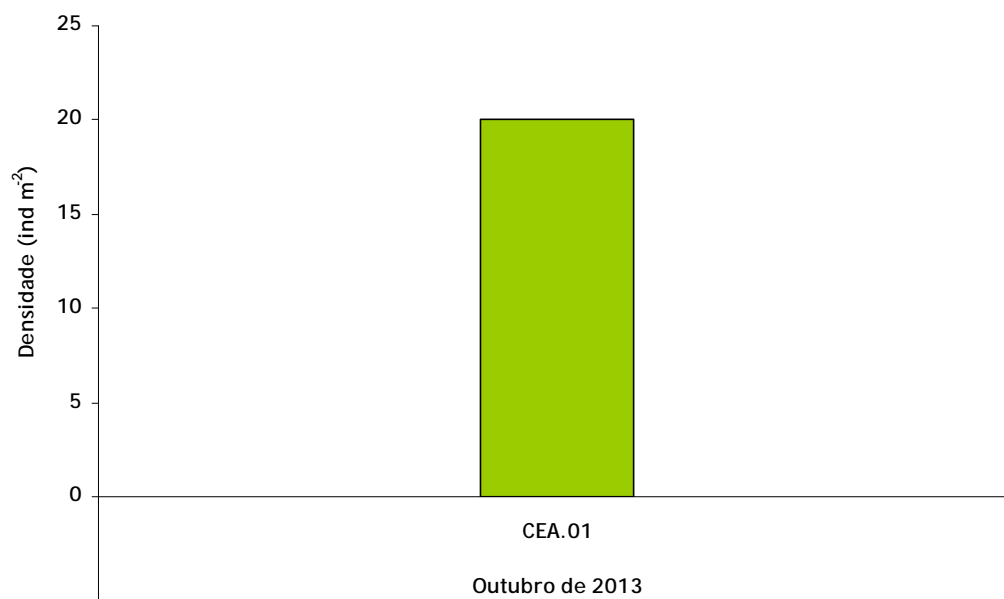


Figura 5.2.5-5 - Densidade numérica absoluta (ind m⁻²) dos táxons de macrófitas registrados nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

Quadro 5.2.5-6 - Densidade absoluta (ind m⁻²) das macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

Composição Taxonômica	CEA.01
Cyperaceae	
<i>Cyperus digitatus</i>	4
Lamiaceae	
<i>Hyptis</i> sp	8
Onagraceae	
<i>Ludwigia affinis</i>	4
Poaceae	
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	4
TOTAL	20

Em outubro de 2013, a maior contribuição em abundância relativa na estação CEA.01 foi dada pela família Lamiaceae, seguida pelas famílias Poaceae, Onagraceae e Cyperaceae (Figura 5.2.5-6).

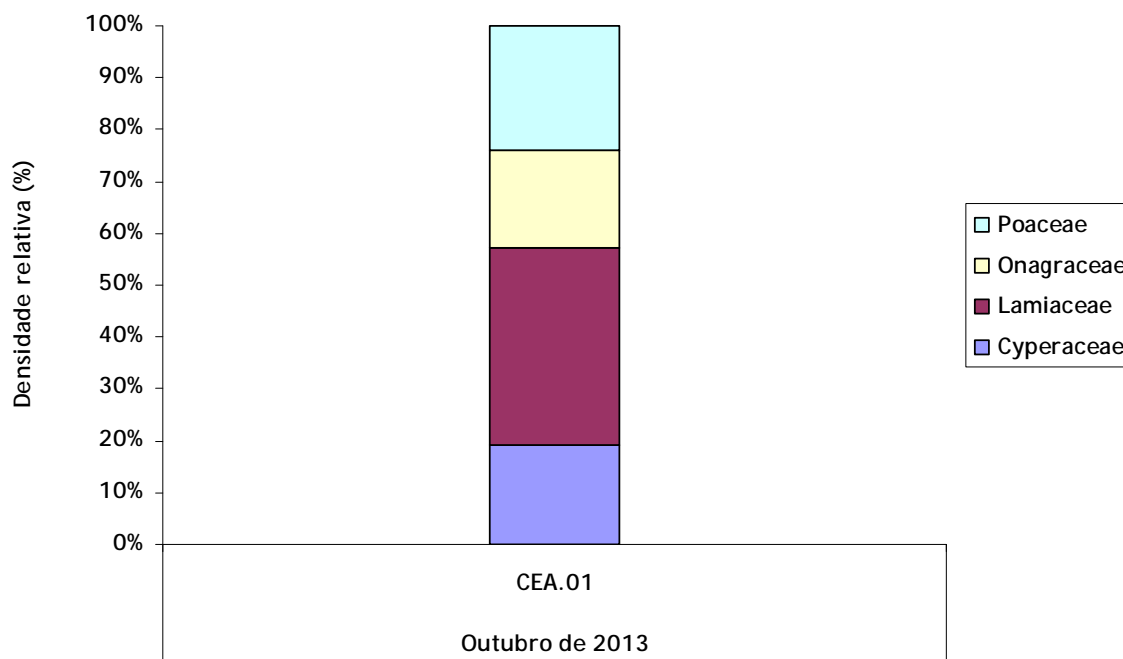


Figura 5.2.5-6 - Densidade relativa (%) dos representantes das diferentes famílias de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

5.2.5.5 - Equitabilidade e Diversidade Específica

Rio Madeira

Em outubro de 2013, a diversidade específica, avaliada pelo índice de diversidade de Shannon-Wiener, foi maior na estação MON.02 (0,80 bits ind⁻¹) e menor nas estações MON.03 e MON.04, onde foram registradas apenas uma espécie (Figura 5.2.5-7). Por sua vez, a equitabilidade também foi maior na estação MON.02 (0,73) e menor nas estações MON.03 e MON.04 (Figura 5.2.5-8).

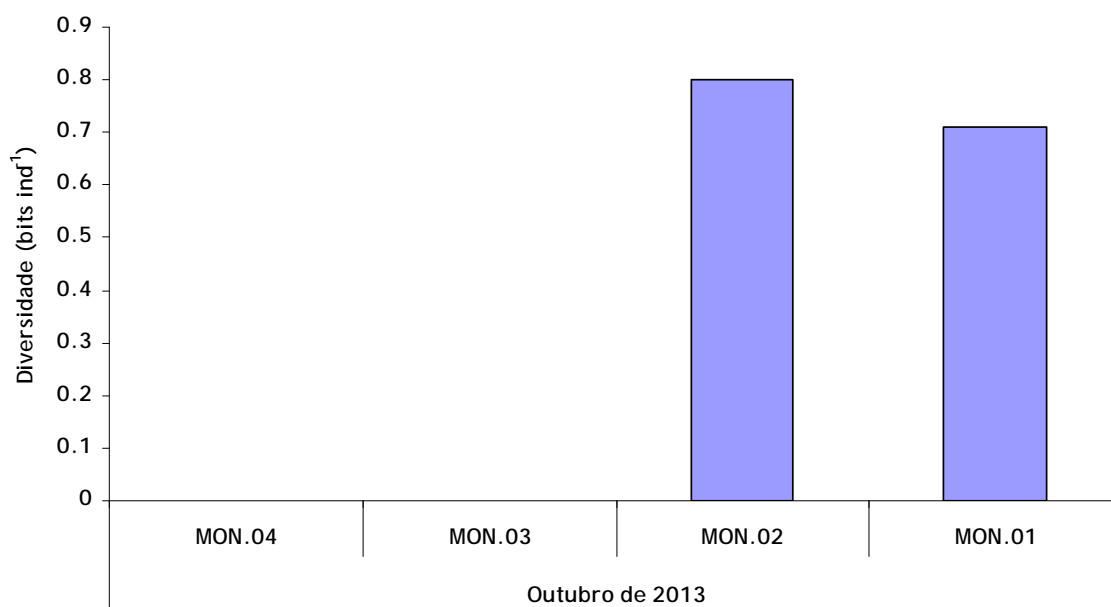


Figura 5.2.5-7 - Valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener para as espécies da comunidade de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

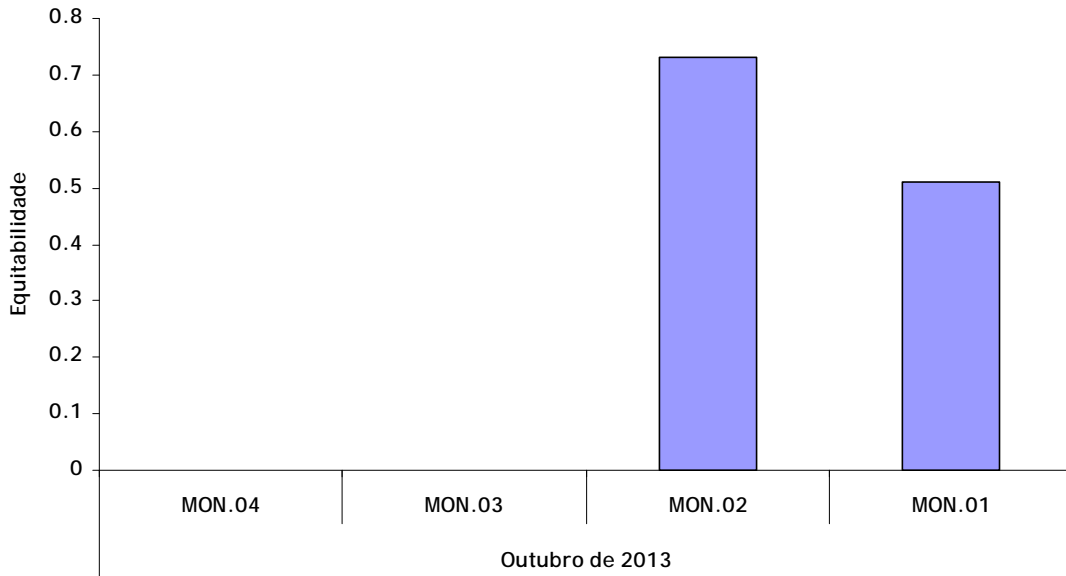


Figura 5.2.5-8 - Valores de equitabilidade para as espécies da comunidade de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

Tributários

Em outubro de 2013, a diversidade específica na estação CEA.01, avaliada pelo índice de diversidade de Shannon-Wiener, foi 1,34 bits ind⁻¹ (Figura 5.2.5-9), enquanto que a equitabilidade foi 0,97 (Figura 5.2.5-10).

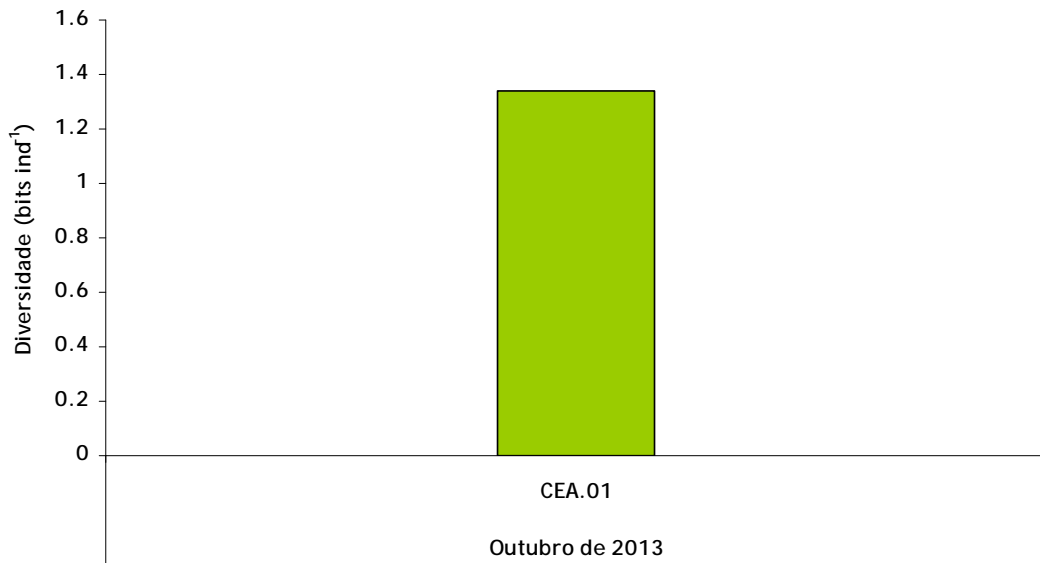


Figura 5.2.5-9 - Valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener para as espécies da comunidade de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

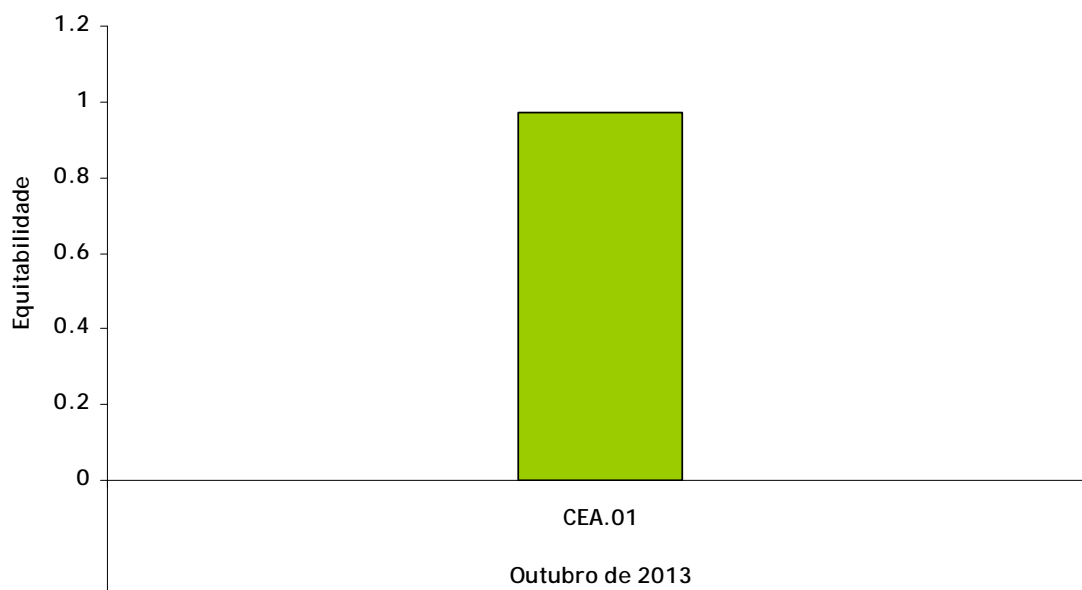


Figura 5.2.5-10 - Valores de equitabilidade para as espécies da comunidade de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

5.2.5.6 - Biomassa absoluta e relativa

Rio Madeira

Em outubro de 2013, o maior valor de biomassa absoluta no rio Madeira foi 356,4 g PS m⁻² (MON.04) e o menor valor foi 171,2 g PS m⁻² (MON.03) (Figura 5.2.5-11 e Quadro 5.2.5-7).

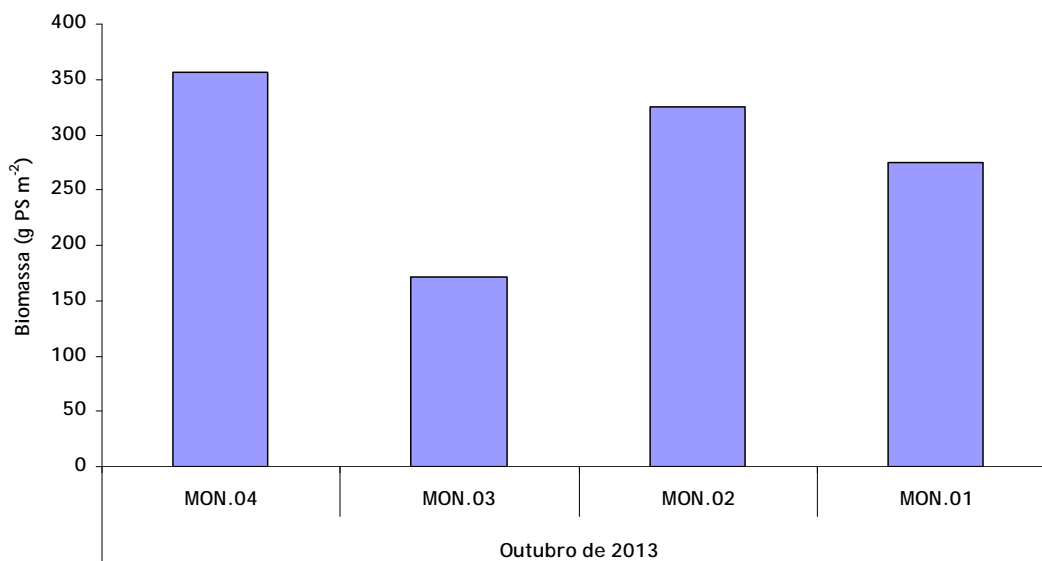


Figura 5.2.5-11 - Biomassa absoluta (g PS m⁻²) dos táxons de macrófitas registrados no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira em outubro de 2013.

Quadro 5.2.5-7 - Biomassa absoluta (g PS m⁻²) dos táxons de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

Composição Taxonômica	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Poaceae				
<i>Paspalum repens</i>		171,2	107,6	188
Pontederiaceae				
<i>Eichhornia crassipes</i>			216,8	10,3
<i>Pontederia</i> sp	356,4			72
Salviniaceae				
<i>Salvinia minima</i>			0,76	5,2
TOTAL	356,4	171,2	325,2	275,5

Em outubro de 2013, a maior contribuição em biomassa relativa nas estações de amostragem MON.03 e MON.01 foi dada pela família Poaceae. Já nas estações de amostragem MON.04 e MON.02, a maior contribuição em biomassa relativa foi dada pela família Pontederiaceae (Figura 5.2.5-12).

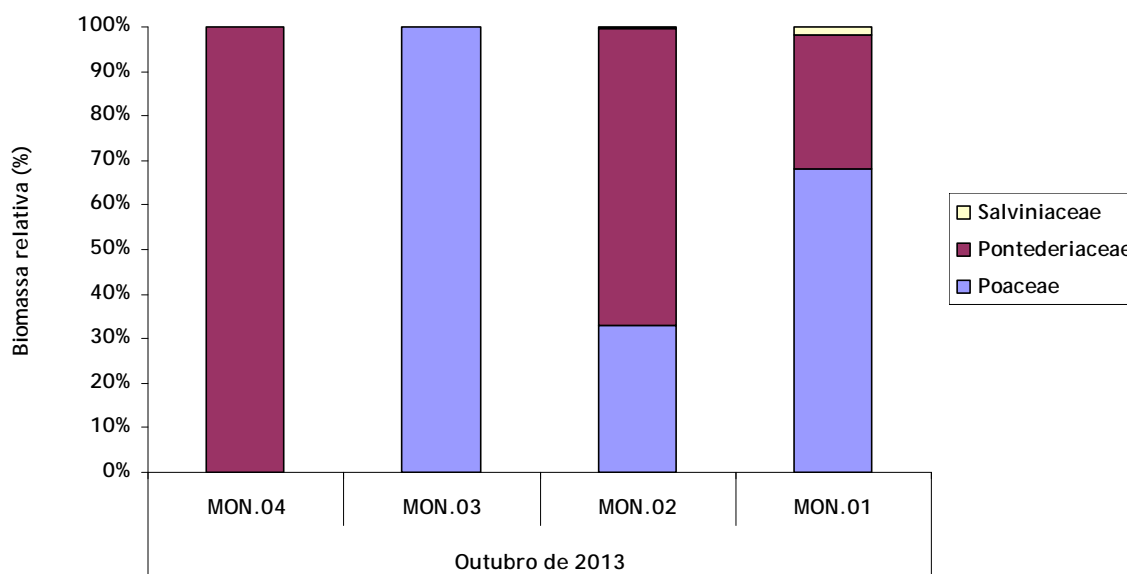


Figura 5.2.5-12 - Biomassa relativa (%) dos representantes das diferentes famílias de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

Tributários

Em outubro de 2013, o valor de biomassa absoluta na estação CEA.01 foi 412,4 g PS m⁻² (Figura 5.2.5-14 e Quadro 5.2.5-8).

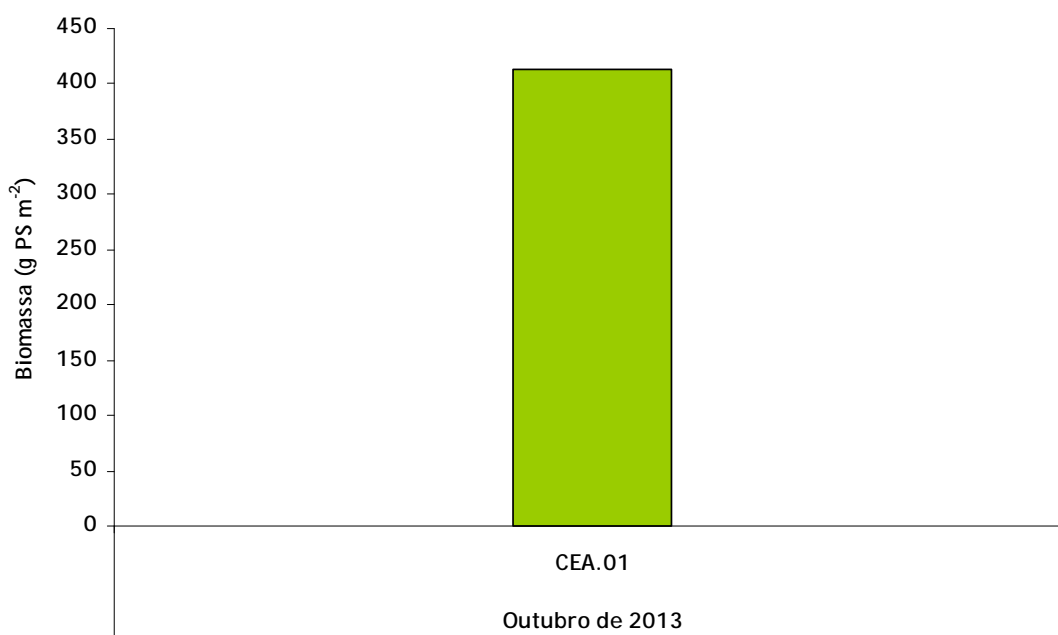


Figura 5.2.5-13 - Biomassa absoluta (g PS m⁻²) dos táxons de macrófitas registrados nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

Quadro 5.2.5-8 - Biomassa absoluta (g PS m⁻²) dos táxons de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	CEA.01
Cyperaceae	
<i>Cyperus digitatus</i>	13,1
Lamiaceae	
<i>Hyptis</i> sp	115,2
Onagraceae	
<i>Ludwigia affinis</i>	15,7
Poaceae	
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	268,3
TOTAL	412,4

Em outubro de 2013, a maior contribuição em biomassa relativa na estação CEA.01 foi dada pela família Poaceae e as menores contribuições foram dadas pelas famílias Onagraceae e Cyperaceae (Figura 5.2.5-14).

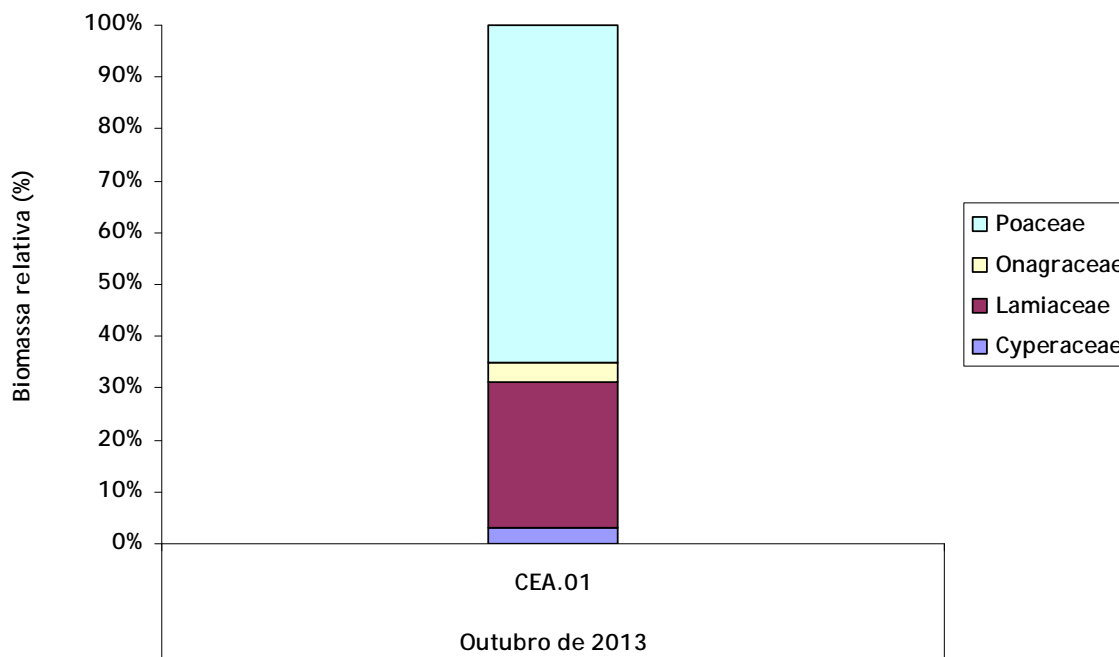


Figura 5.2.5-14 - Biomassa relativa (%) dos representantes das diferentes famílias de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

5.2.5.7 - Dominância das populações de macrófitas

Rio Madeira

Em outubro de 2013, com base na abundância relativa estimada a partir dos valores de biomassa, a espécie *Paspalum repens* foi classificada como abundante, enquanto que as espécies *Eichhornia crassipes* e *Pontederia* sp foram classificadas como pouco abundante. A espécie *Salvinia minima* foi classificada como rara (Quadro 5.2.5-9).

Quadro 5.2.5-9 - Valores de abundância relativa e classificação com relação à dominância (com base na biomassa) das espécies de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

Composição Taxonômica	Abund rel (%)	Dominância
Poaceae		
<i>Paspalum repens</i>	41,4	Abundante
Pontederiaceae		
<i>Eichhornia crassipes</i>	20,1	Pouco Abundante
<i>Pontederia</i> sp	38,0	Pouco Abundante
Salviniaceae		
<i>Salvinia minima</i>	0,5	Rara

Tributários

Em outubro de 2013, com base na abundância relativa estimada a partir dos valores de biomassa, a espécie *Hymenachne amplexicaulis* foi classificada como abundante, enquanto que a espécie *Hyptis* sp foi classificada como pouco abundante. As espécies *Cyperus digitatus* e *Ludwigia affinis* foram classificadas como raras (Quadro 5.2.5-10).

Quadro 5.2.5-10 - Valores de abundância relativa e classificação com relação à dominância (com base na biomassa) das espécies de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

Composição Taxonômica	Abund rel (%)	Dominância
Cyperaceae		
<i>Cyperus digitatus</i>	3,2	Rara
Lamiaceae		
<i>Hyptis</i> sp	27,9	Pouco Abundante
Onagraceae		
<i>Ludwigia affinis</i>	3,8	Rara
Poaceae		
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	65,1	Abundante

5.2.5.8 - Diversidade beta e gama

5.2.5.8.1 - Diversidade beta espacial

A beta diversidade, que expressa uma estimativa do grau de intercâmbio das espécies entre habitats e que varia de 1% (alto intercâmbio e homogeneidade na composição de espécies) a 100% (baixo intercâmbio e total heterogeneidade na composição de espécies), foi calculada levando-se em conta o intercâmbio entre os sistemas.

Em outubro de 2013, a diversidade beta da comunidade de macrófitas entre o rio Madeira e os tributários foi de 100% (Figura 5.2.5-15), evidenciando nenhum intercâmbio de espécies e total heterogeneidade na composição das espécies.

Não foi registrada a ocorrência de macrófitas para o lago Cuniã (estação LC.01), em outubro de 2013.

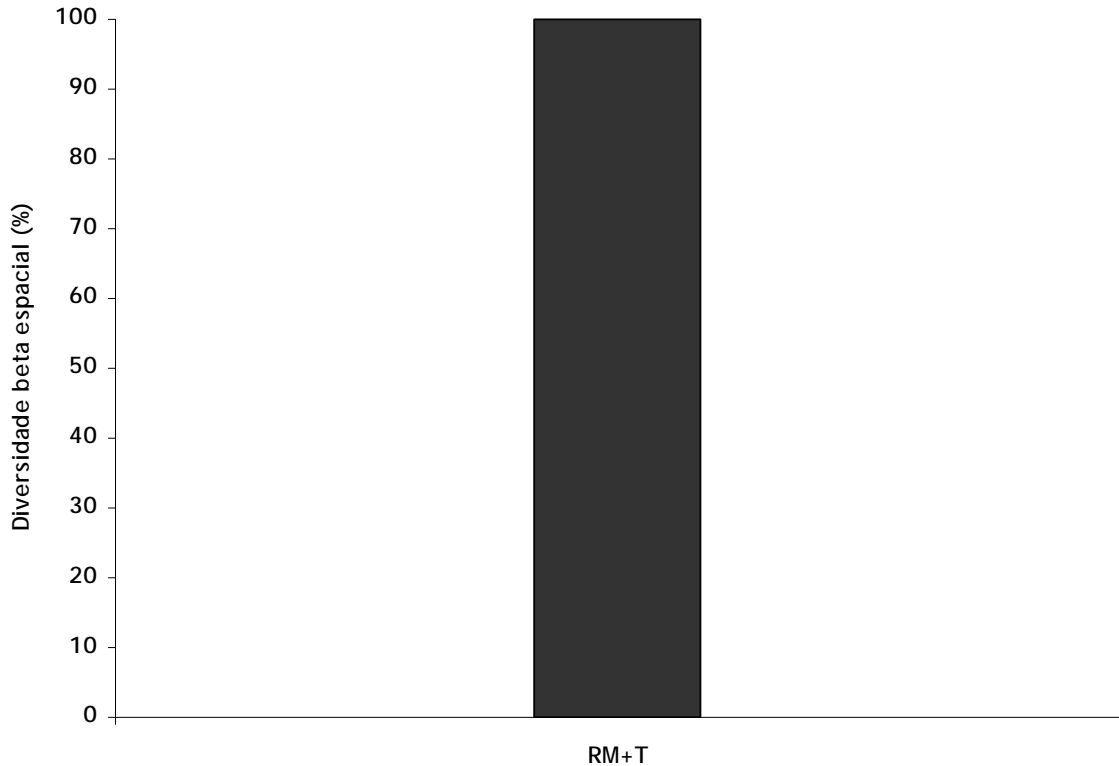


Figura 5.2.5-15 - Diversidade beta espacial (%) entre as comunidades de macrófitas dos sistemas monitorados na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013. RM - Rio Madeira; T - Tributários.

5.2.5.8.2 - Diversidade gama

Em outubro de 2013, a diversidade gama espacial de macrófitas em todos os sistemas avaliados no trecho médio da sub-bacia do rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, foi de oito espécies (Figura 5.2.5-16).

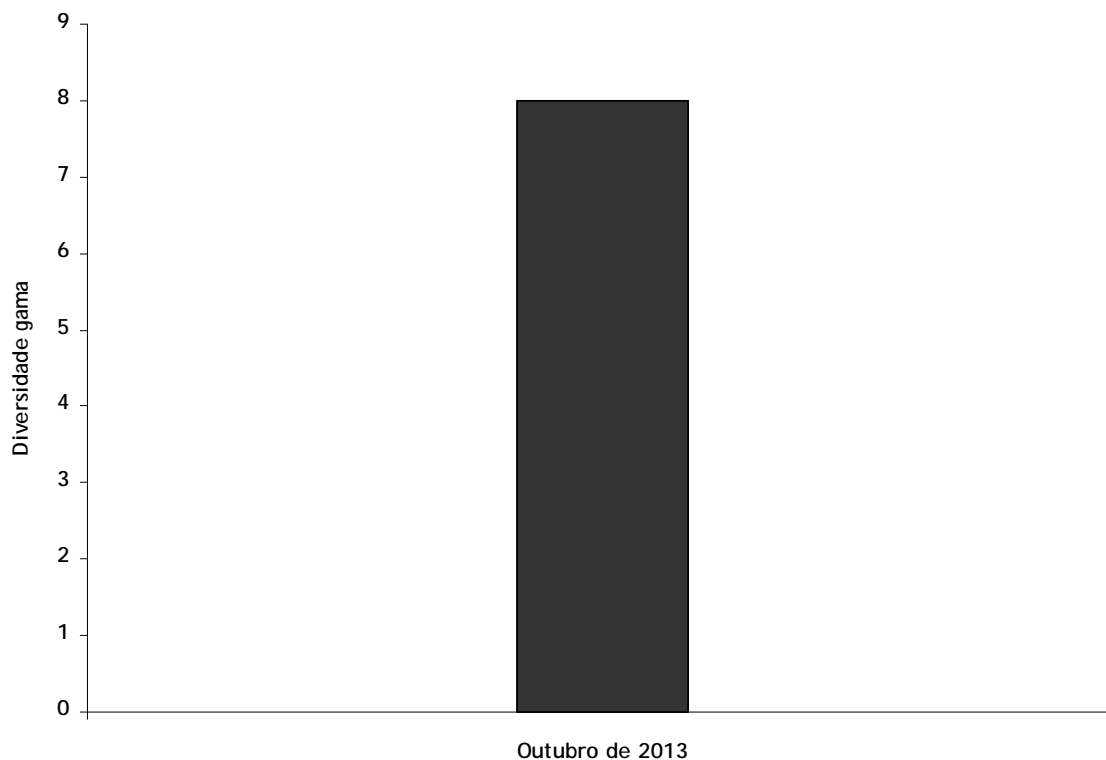


Figura 5.2.5-16 - Diversidade gama das comunidades de macrófitas dos sistemas monitorados na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira em outubro de 2013.

5.2.5.9 - Análises estatísticas

5.2.5.9.1 - Análise de ordenação

Rio Madeira

Em outubro de 2013, a análise de correspondência canônica dos fatores abióticos evidenciou que a variável nitrogênio inorgânico dissolvido foi significativa ($p < 0,05$) e esteve correlacionada positivamente com a família Poaceae e negativamente com a família Salviniaceae (Figura 5.2.5-17). Na análise de ordenação canônica dos elementos presentes na água, as concentrações de silício (Si) e sódio (Na) foram significativas ($p < 0,05$) e estiveram associados com as famílias Pontederiaceae e Salviniaceae, respectivamente (Figura 5.2.5-17). Na análise de ordenação canônica dos metais contidos nas macrófitas foram observadas associações significativas ($p < 0,05$) entre as espécies *Pontederia* sp. e *Paspalum repens* e os elementos cálcio e o sódio, respectivamente (Figura 5.2.5-17).

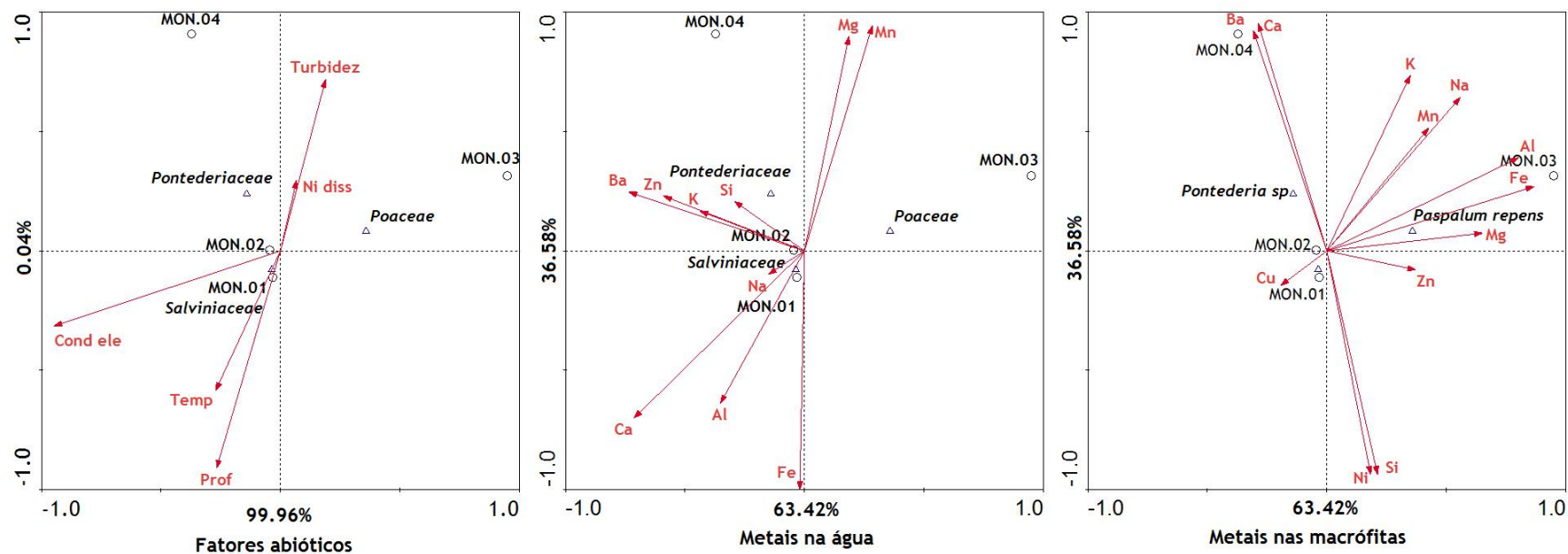


Figura 5.2.5-17 - Posição das estações de coleta do rio Madeira de acordo com os fatores abióticos, metais contidos na água e metais contidos nas macrófitas em outubro de 2013. A explicabilidade dos dois primeiros eixos dos fatores abióticos foi de 100% (Eixo 1: 99,96%; Eixo 2: 0,04%), dos metais contidos na água foi de 100% (Eixo 1: 63,42%; Eixo 2: 36,58%) e dos metais contidos nas macrófitas foi de 100% (Eixo 1: 63,42% e Eixo 2: 36,58%).

Tributários

Em outubro de 2013, as análises de correspondência canônica dos fatores abióticos, dos metais contidos na água e dos metais contidos nas macrófitas não puderam ser obtidas para os tributários, dada a ocorrência de macrófitas em apenas uma estação de amostragem (CEA.01).

5.2.5.9.2 - Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem da riqueza de espécies

Rio Madeira

No rio Madeira, as riquezas máximas de espécies estimadas pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem foram de quatro espécies (Figura 5.2.5-18). Ambos os estimadores tendem a superestimar a riqueza esperada nos ambientes aquáticos. No entanto, o valor encontrado corresponde ao registrado nas estações do rio Madeira, o que se deve a baixa riqueza registrada nessa campanha.

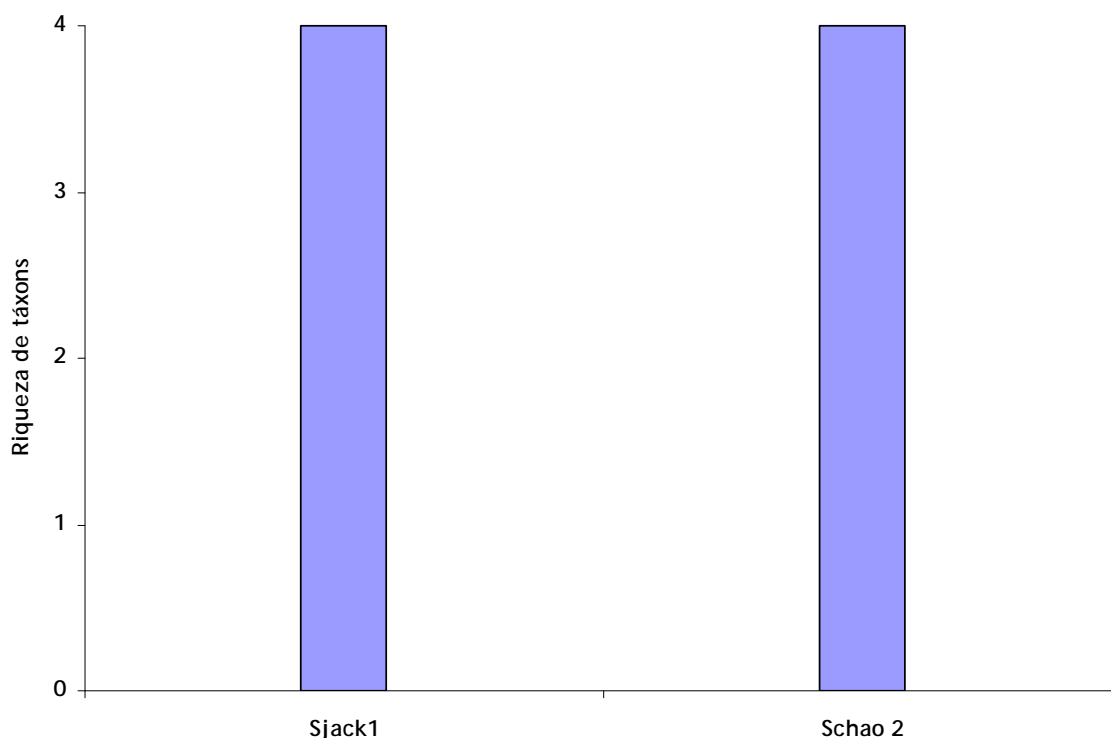


Figura 5.2.5-18 - Estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem para a riqueza de espécies no rio Madeira na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira em outubro de 2013.

Tributários

Nos tributários, as riquezas máximas de espécies estimadas pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem não puderam ser obtidas, dada a ocorrência de macrófitas em apenas uma estação de amostragem (CEA.01).

5.2.5.10 - Curvas de riqueza observada e estimadores de riqueza Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem

Rio Madeira

A riqueza de táxons de macrófitas aquáticas acumulada para o rio Madeira após a realização das campanhas entre junho de 2009 e outubro de 2013 é de 32. O valor obtido é inferior aos valores de riqueza previstos pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem, que são da ordem de 64 e 53 táxons, respectivamente (Figura 5.2.5-19).

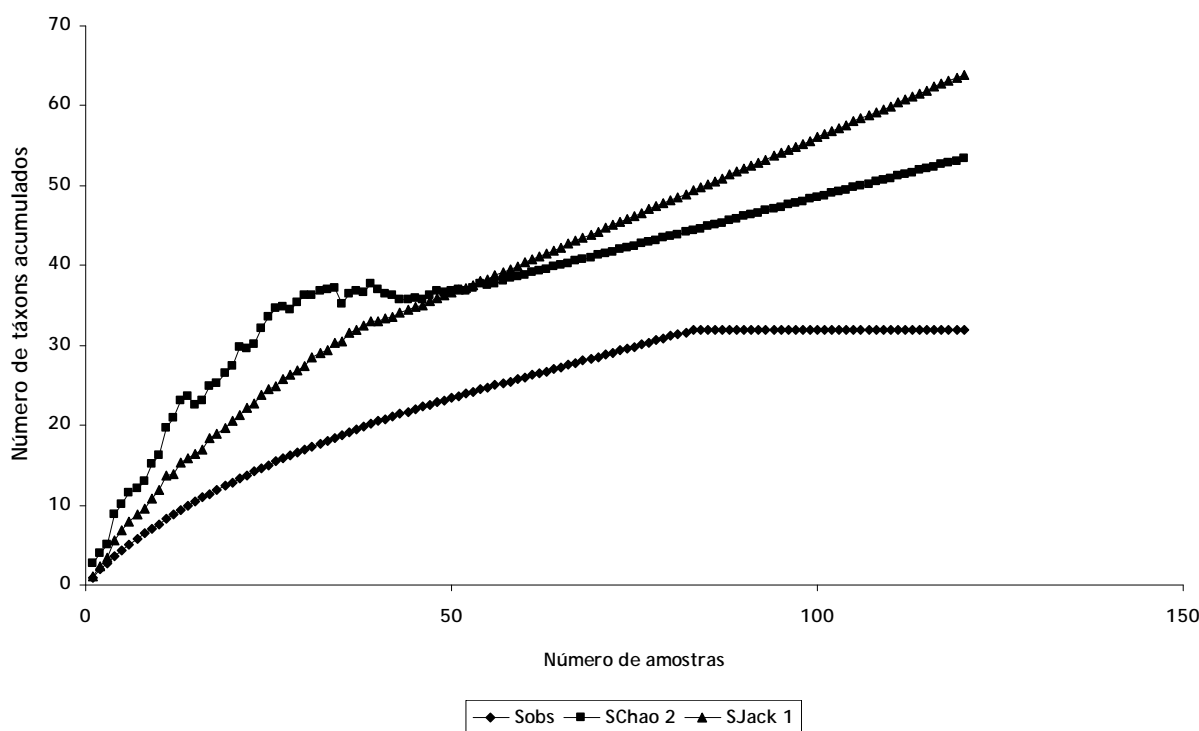


Figura 5.2.5-19 - Curvas de riqueza obtidas por meio do acúmulo de táxons de macrófitas observados e aqueles previstos pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem para o rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio. O número de amostras corresponde às coletas realizadas entre junho de 2009 e outubro de 2013.

Tributários

A riqueza de táxons de macrófitas aquáticas acumulada para os tributários após a realização das campanhas entre junho de 2009 e outubro de 2013 é de 50. O valor obtido é inferior aos valores de riqueza previstos pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem que são da ordem de 79 e 87 táxons, respectivamente (Figura 5.2.5-20).

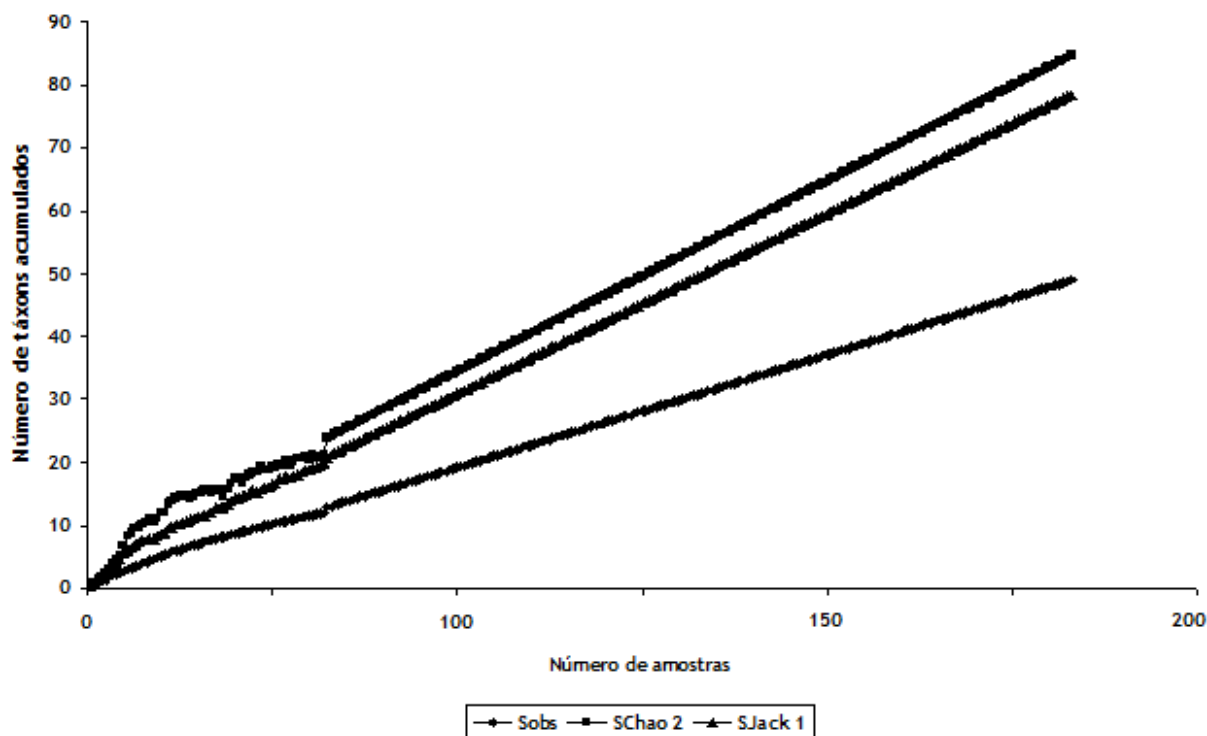


Figura 5.2.5-20 - Curvas de riqueza obtidas por meio do acúmulo de táxons de macrófitas observados e aqueles previstos pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem para os tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio. O número de amostras corresponde às coletas realizadas entre junho de 2009 e outubro de 2013.

Lagos e Canais

A riqueza de táxons de macrófitas aquáticas acumulada para os lagos e canais após a realização das campanhas entre junho de 2009 e outubro de 2013 é de 65. O valor obtido é inferior aos valores de riqueza previstos pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem, que são da ordem de 110 e 97 táxons, respectivamente (Figura 5.2.5-21).

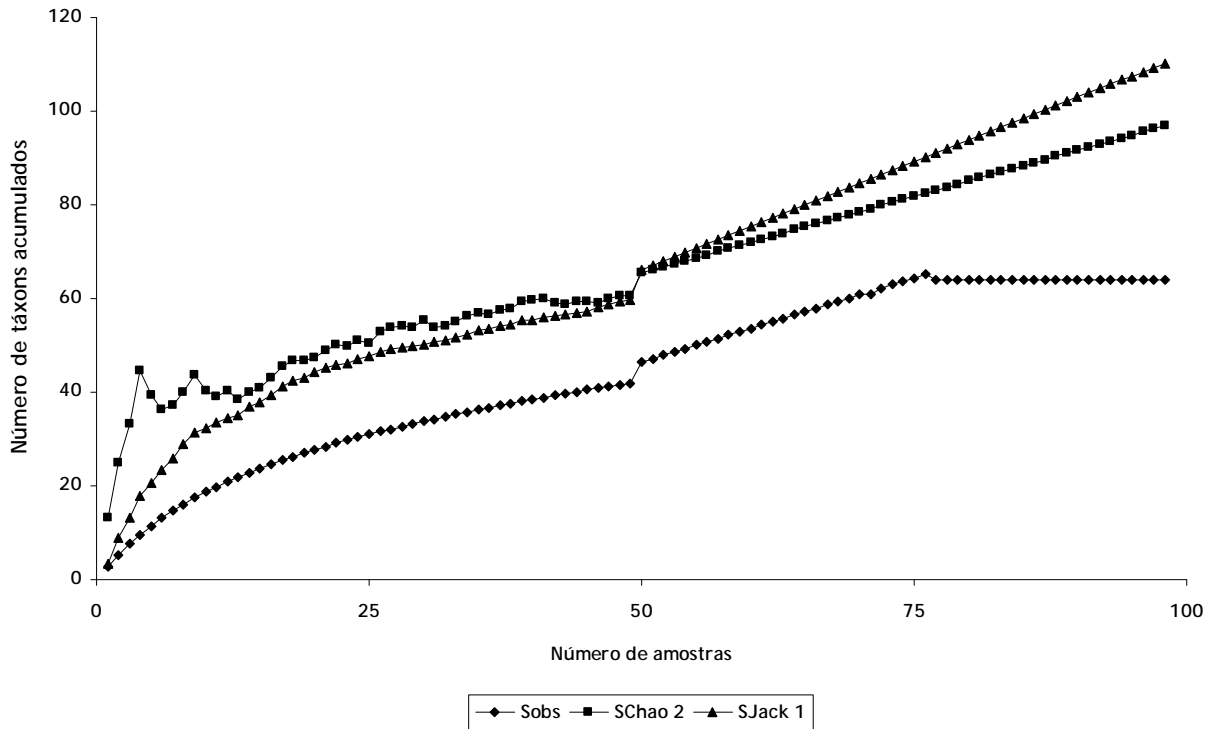


Figura 5.2.5-21 - Curvas de riqueza obtidas por meio do acúmulo de táxons de macrófitas observados e aqueles previstos pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem para os lagos e canais, na área de influência da UHE Santo Antônio. O número de amostras corresponde às coletas realizadas entre junho de 2009 e outubro de 2013.

5.2.5.11 - Curva de rarefação das espécies de macrófitas

A rarefação é uma técnica que permite a comparação de riqueza de espécies de comunidades diferentes, pois equivale os dados amostrais das comunidades, permitindo estimar o esforço para amostrar um mesmo número de indivíduos em cada uma (Magurran, 2004). A curva de rarefação gera o número de espécies encontrado numa comunidade à medida que se amostra. Ela é estimada a partir de uma curva de acumulação correspondente, que é a curva confeccionada com o total de espécies reveladas durante a coleta dos dados (Gotelli & Colwell, 2001). A curva de rarefação é gerada a partir de permutações envolvendo todas as espécies, aleatoriamente. Cada ponto da curva representa a média dessas permutações (1000).

Considerando-se uma mesma unidade de esforço amostral (aproximadamente 5000 espécimes, valor máximo registrado no rio Madeira), a riqueza de espécies esperada nas campanhas realizadas entre junho de 2009 a outubro de 2013 foi maior nos tributários (cerca de 40 táxons), ao passo que o rio Madeira e os lagos e canais se equivalem (aproximadamente 30 táxons). A riqueza máxima esperada, até o momento, é maior nos lagos e canais (58 táxons), seguida dos tributários (49 táxons) e, por fim,

do rio Madeira (32 táxons) (Figura 5.2.5-22). Nas campanhas entre junho de 2009 e outubro de 2013, a curva de abundância de espécies nos lagos e canais indicou uma tendência à estabilização, ao passo que as curvas de abundância dos tributários e do rio Madeira não apresentaram esta tendência.

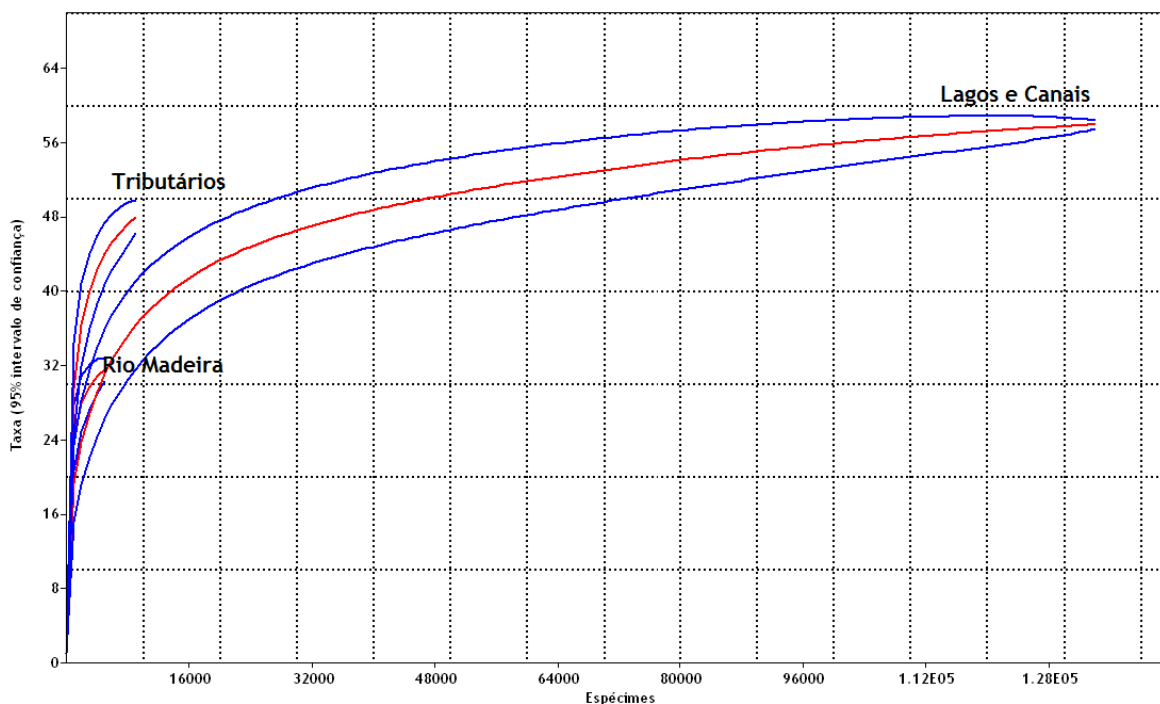


Figura 5.2.5-22 - Curva de rarefação das espécies de macrófitas para o rio Madeira, os tributários e os lagos e canais adjacentes, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, entre junho de 2009 e outubro de 2013. A linha vermelha indica a tendência no número acumulado de espécies a medida que se aumenta o esforço de amostragem; a linha azul corresponde ao intervalo de confiança.

5.2.5.12 - Dissimilaridade (*Bray-Curtis*)

Em outubro de 2013, pode-se observar que as estações mais similares foram MON.01 e MON.02, com cerca de 55,4% de similaridade. A estação mais dissimilar com as demais foi a estação CEA.01, única estação nos tributários que registrou a presença de macrófitas e com uma composição inteiramente distinta (100% dissimilar) das estações do rio Madeira (Figura 5.2.5-23).

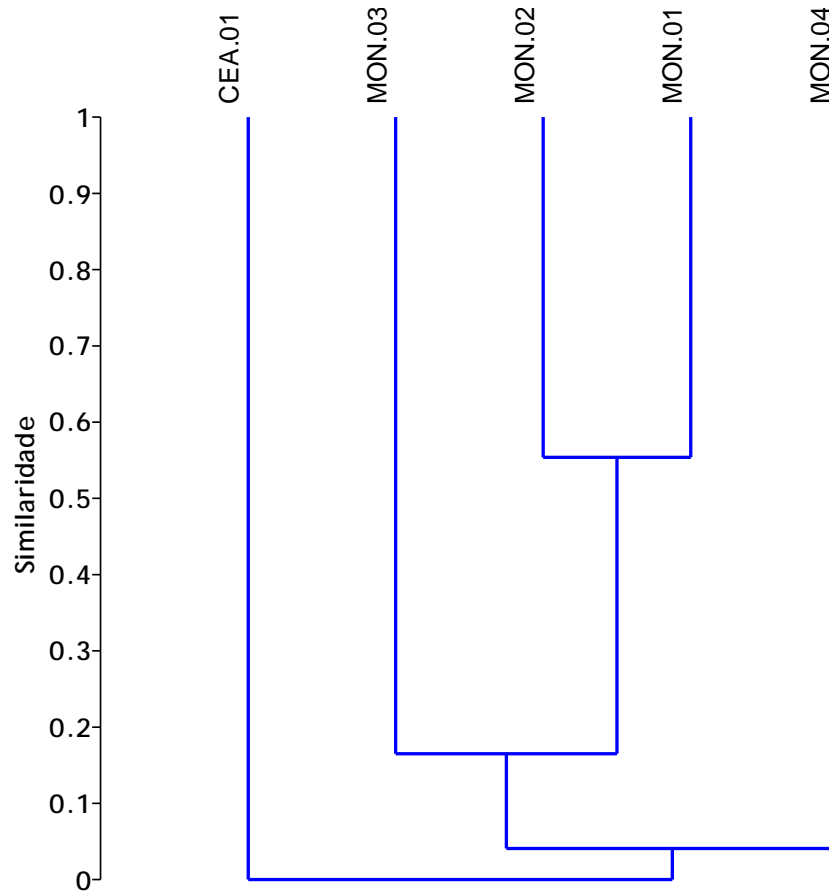


Figura 5.2.5-23 - Dendrograma de similaridade/dissimilaridade entre as comunidades de macrófitas amostradas na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira em outubro de 2013 (coeficiente cofenético = 0,9816).

5.2.5.13 - Ordenação da composição (NMDS)

Os resultados da NDMS (stress = 0,16) mostraram que a composição e abundância das macrófitas aquáticas registradas nos três sistemas amostrados (rio Madeira, seus tributários e os lagos e canais) no período hidrológico das águas baixas entre 2009 a 2013 são distintas em cada ano, e sem uma tendência temporal (progressiva) clara. O padrão mais notável em relação aos sistemas avaliados é a grande semelhança na composição entre os sistemas nas águas baixas de 2012. Nenhum sistema apresentou-se semelhante ao longo das fases (anos) considerados na análise, o que sugere que a comunidade de macrófitas aquáticas apresenta um dinamismo considerável. O baixo valor do "stress" reflete bem as distâncias originais (Figura 5.2.5-24).

O dendograma gerado pela análise de agrupamento Cluster (Coph.corr = 0,96) também demonstra a semelhança na composição dos sistemas amostrados, tanto no rio Madeira, nos seus tributários e nos lagos e canais, ao longo do período de águas baixas nos quatro anos considerados (Figura 5.2.5-24). As estações de amostragem mais dissimilares foram as localizadas nos tributários nos anos de 2009 e 2013, devido à presença das espécies raramente registradas (*Cyperus digitatus*, *Hyptis* sp, *Ludwigia affinis*, *L. elegans*, *L. rigida* e *Sphenoclea zeylanica*).

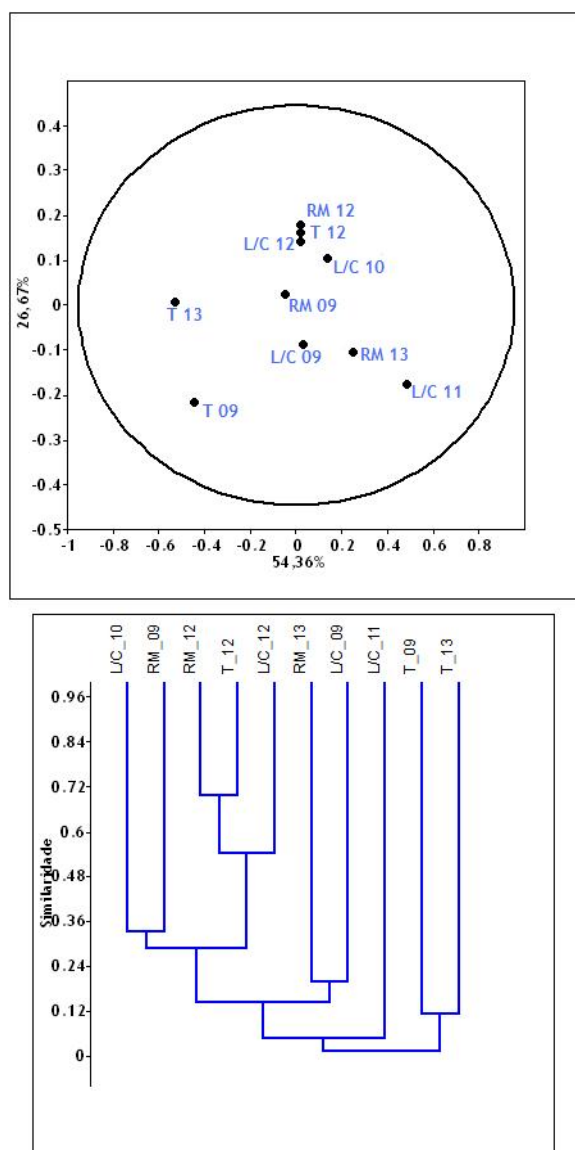


Figura 5.2.5-24 - Diagrama de Ordenação da similaridade NMS e dendrograma de similaridade, índice de Bray-Curtis da composição de macrófitas aquáticas no rio Madeira (RM), seus tributários (T) e lagos e canais (L/C) no período hidrológico das águas baixas entre 2009 a 2013 para as três fases do empreendimento: Pré-enchimento (outubro de 2009 e setembro de 2010), Enchimento e estabilização (outubro de 2011) e Operação (novembro de 2012 e outubro de 2013).

5.2.5.14 - Avaliação das tendências com relação à densidade, à riqueza, à diversidade e à biomassa das macrófitas

Com o objetivo de avaliar possíveis mudanças na densidade, na riqueza, na diversidade de espécies e na biomassa das macrófitas durante o período de águas baixas entre 2009 e 2013 nos sistemas rio Madeira, tributários e lagos e canais, foram comparadas as três diferentes fases do empreendimento (Fase 1 - pré-enchimento; Fase 2 - enchimento e estabilização; Fase 3 - operação) por meio do teste estatístico ANOVA. Quando os dados tiveram uma distribuição normal e variâncias homogêneas, o teste de significância aplicado foi o teste de Tukey ($p < 0,05$). Por outro lado, quando os dados não tiveram distribuição normal e/ou variâncias não homogêneas, o teste de significância aplicado foi o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Rio Madeira

O rio Madeira (Figura 5.2.5-25) apresentou uma diferença significativa em relação à densidade ($H = 4,45$, $p = 0,0035$) quando os períodos de águas baixas das fases 1 e 3 do empreendimento foram comparadas. Em relação à riqueza de espécies ($F_{1,14} = 0,52$, $p = 0,48$), à diversidade específica ($F_{1,9} = 0,99$, $p = 0,35$) e à biomassa ($H = 2,14$, $p = 0,14$), diferenças significativas não foram encontradas quando as fases 1 e 3 do empreendimento foram comparadas. Não houve ocorrência de macrófitas no período de águas baixas da fase 2 do empreendimento.

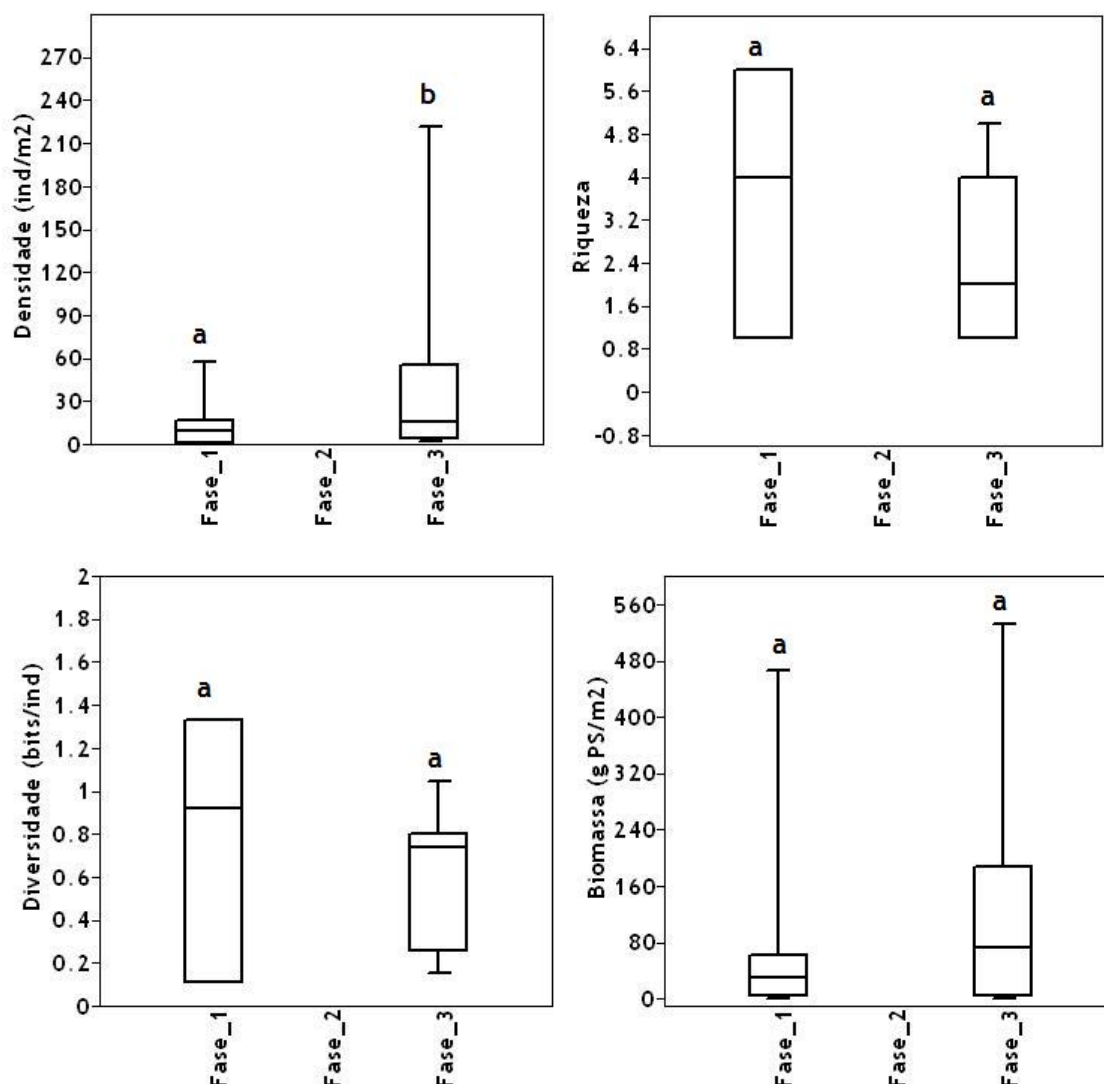


Figura 5.2.5-25 - "Box-plot" da densidade (ind m⁻²), riqueza (número de táxons), diversidade (bits ind⁻¹) e biomassa (g PS m⁻²) no rio Madeira. A linha no interior das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. As letras acima das caixas, quando diferentes, indicam a ocorrência de diferenças significativas ($p < 0,05$).

Tributários

Os tributários (Figura 5.2.5-26) apresentaram uma diferença significativa em relação à riqueza ($F_{1,7} = 12,52$, $p = 0,012$) quando as fases 1 e 3 do empreendimento foram comparadas. Em relação à densidade ($H = 1,32$, $p = 0,25$), à diversidade específica ($F_{1,6} = 0,04$, $p = 0,84$) e à biomassa ($H = 0,50$, $p = 0,48$), diferenças significativas não foram encontradas quando as fases 1 e 3 do empreendimento foram comparadas. Não houve ocorrência de macrófitas no período de águas baixas da fase 2 do empreendimento.

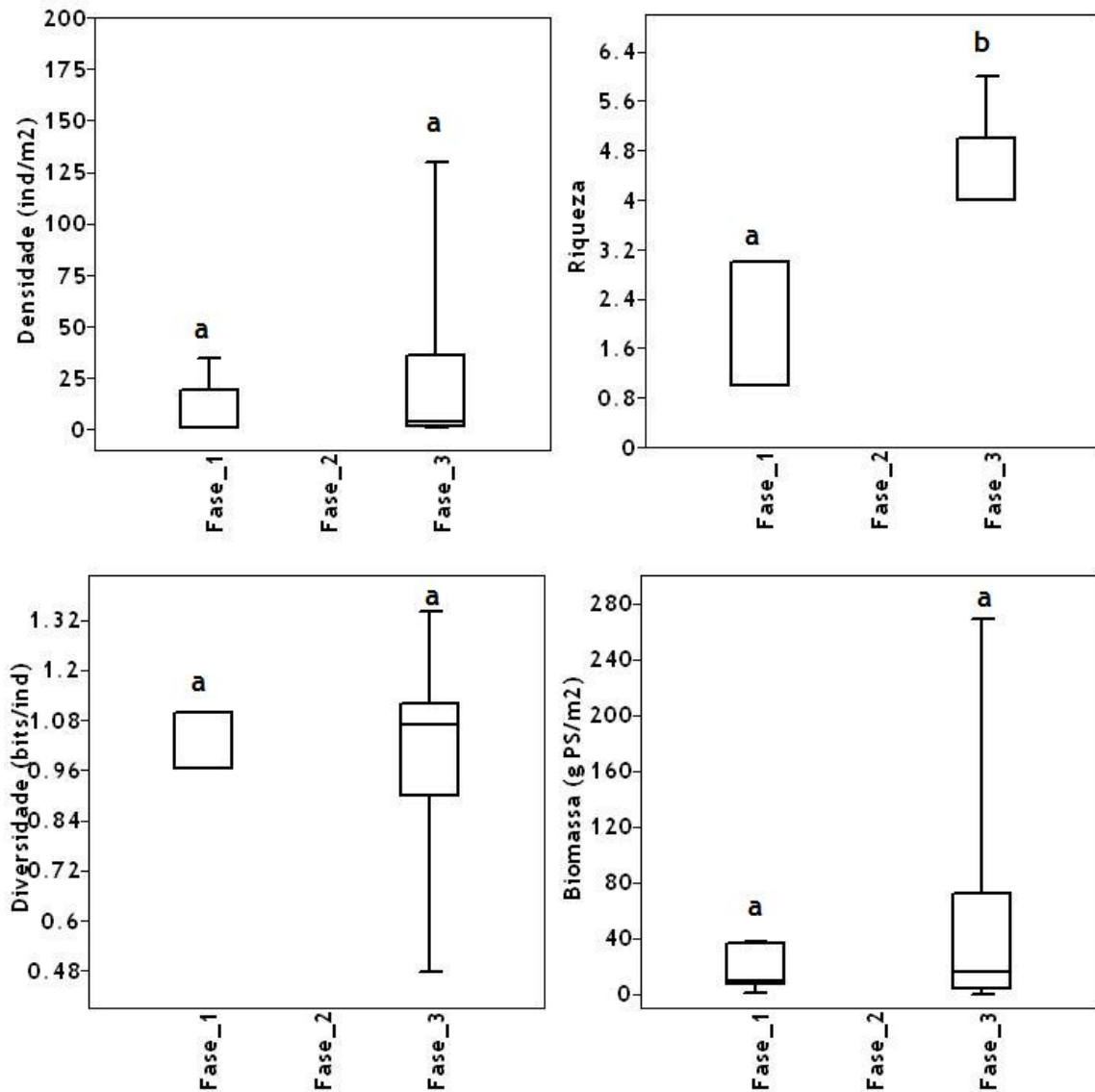


Figura 5.2.5-26 - "Box-plot" da densidade (ind m⁻²), riqueza (número de táxons), diversidade (bits ind⁻¹) e biomassa (g PS m⁻²) nos tributários. A linha no interior das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. As letras acima das caixas, quando diferentes, indicam a ocorrência de diferenças significativas ($p < 0,05$).

Lagos e Canais

Os lagos e canais (Figura 5.2.5-27) não apresentaram diferenças significativas em relação à densidade ($H = 6,30$, $p = 0,06$), à riqueza ($H = 0,83$, $p = 0,66$), à diversidade específica ($F_{2,13} = 3,53$, $p = 0,07$) e à biomassa ($H = 0,48$, $p = 0,79$) quando as diferentes fases do empreendimento foram comparadas.

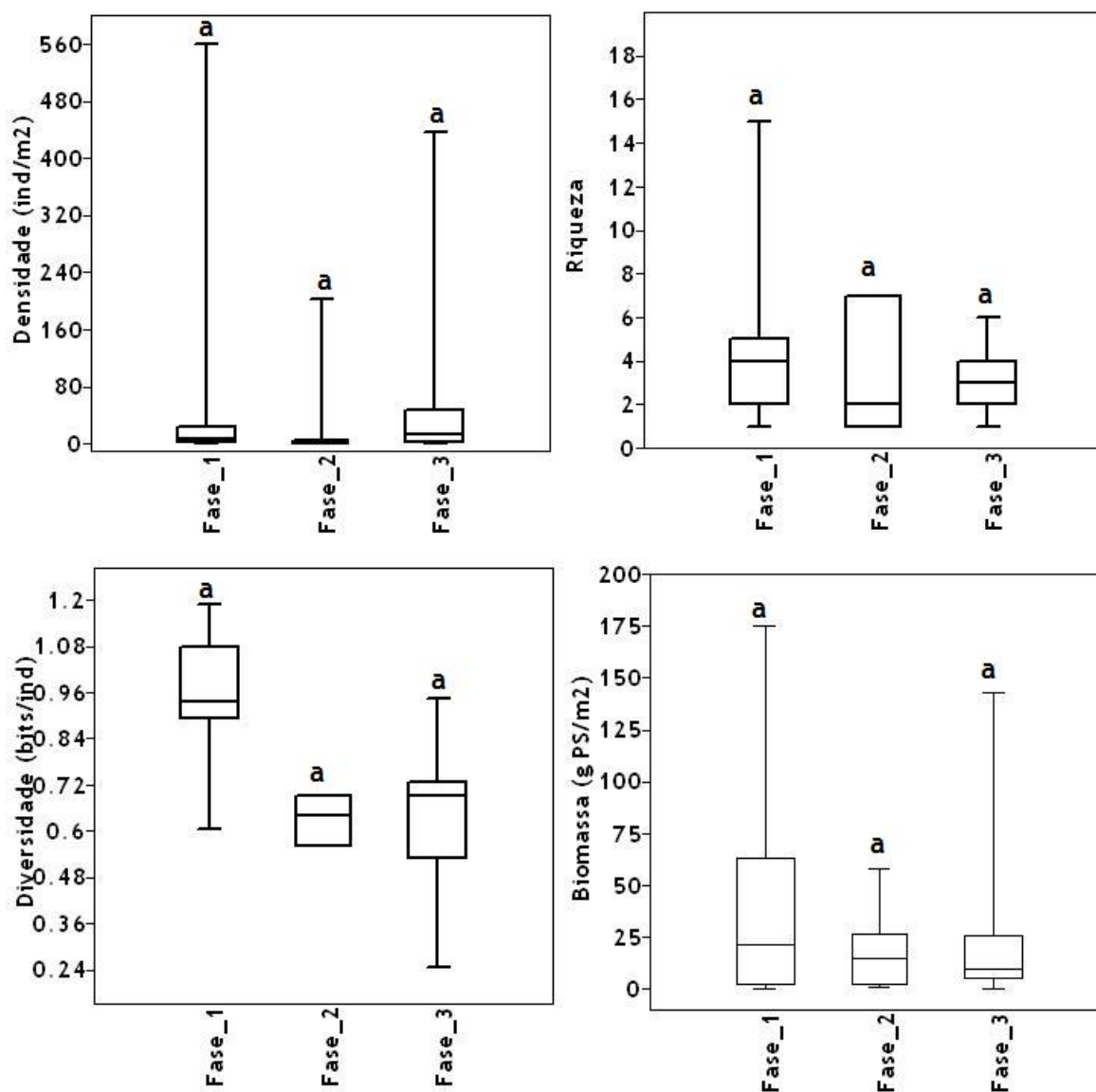


Figura 5.2.5-27 - "Box-plot" da densidade (ind m⁻²), riqueza (número de táxons), diversidade (bits ind⁻¹) e biomassa (g PS m⁻²) nos lagos e canais. A linha no interior das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. As letras acima das caixas, quando diferentes, indicam a ocorrência de diferenças significativas ($p < 0,05$).

5.2.5.15 - Composição química

O termo macrófitas aquáticas caracteriza ecologicamente os vegetais que habitam desde brejos até ambientes totalmente submersos (ESTEVES, 1998). Ainda segundo o autor, na escalada evolutiva, estas retornaram do ambiente terrestre para o aquático por apresentarem adaptações morfológicas como cutículas finas e estômatos muitas vezes não funcionais. A maioria das macrófitas pode suportar longos períodos de seca, sofrendo assim grandes modificações morfológicas e fisiológicas.

Diversos estudos sobre macrófitas aquáticas enfatizam sua elevada produtividade e importância na ciclagem de nutrientes (MENEZES, 1984). Ainda com relação à sua fisiologia, como resposta a exposição a ambientes poluídos, algumas macrófitas aquáticas podem apresentar alterações na sua composição química, podendo ser utilizadas como bioindicadores da qualidade da água.

Segundo Pescod (1992), o aguapé é utilizado em vários países como agente fitodepurador, sendo umas das alternativas ecológicas mais utilizadas no tratamento primário da água. Este fato se deve a grande velocidade de desenvolvimento desta espécie em águas poluídas, à alta capacidade de absorver metais pesados, grande eficiência na redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e à alta demanda por nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo (MANFRINATO, 1989).

Nas estações de monitoramentos do rio Madeira no mês de outubro de 2013, foi observada a presença de macrófitas nas estações situadas dentro do reservatório (MON.04, MON.03, MON.02 e MON.01), além da estação CEA.01, tributário localizado na margem esquerda da UHE Santo Antônio. As análises químicas foram realizadas nas espécies mais representativas de cada banco de macrófitas, sendo elas: *Eichornia azurea* na estação de monitoramento MON.04; *Paspallum repens*, nas estações MON.03, MON.02 e MON.01 e *Hymenachne amplexicaulis* na estação CEA.01.

Por apresentar grande variabilidade de ocorrência entre os sistemas amostrados, períodos do ciclo hidrológico e diferenças entre anos, além de sua composição química estar relacionada com a espécie dominante, uma análise estatística não se torna válida com apenas uma campanha de amostragem. Por esta razão, nos resultados aqui tratados serão apresentados somente com médias, desvio padrão e valores máximos e mínimos.

5.2.5.15.1 - Matéria orgânica, carbono orgânico total e teores de cinzas.

Em respostas aos diversos estímulos do meio ambiente, as macrófitas desenvolveram diferentes estratégias de sobrevivência. Como resultado, a composição química de cada espécie difere em função da disponibilidade e da necessidade dos elementos químicos no ambiente. De acordo com Joyce (1993), as plantas aquáticas possuem em média (em base de massa seca) 41% de carbono, 14% de cinzas, 2,26% de nitrogênio e 0,25% de fósforo.

O teor médio de matéria orgânica nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de $12,2 \pm 5,2\%$ p/p (média \pm DP). A porcentagem mínima foi registrada em MON.03 ao passo que a máxima foi registrada na estação CEA.01 (Figura 5.2.5-28).

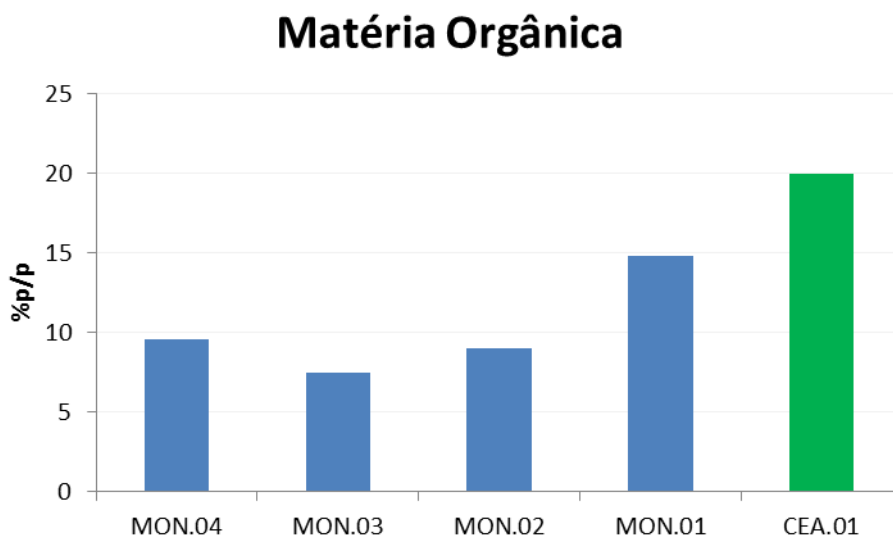


Figura 5.2.5-28 - Teores de matéria orgânica nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

O teor médio de carbono orgânico total nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de $7,1 \pm 3\%$ p/p (média \pm DP). A porcentagem mínima foi encontrada na estação MON.04, ao passo que os valores máximos foram registrados em CEA.01 (Figura 5.2.5-29).

Carbono Orgânico

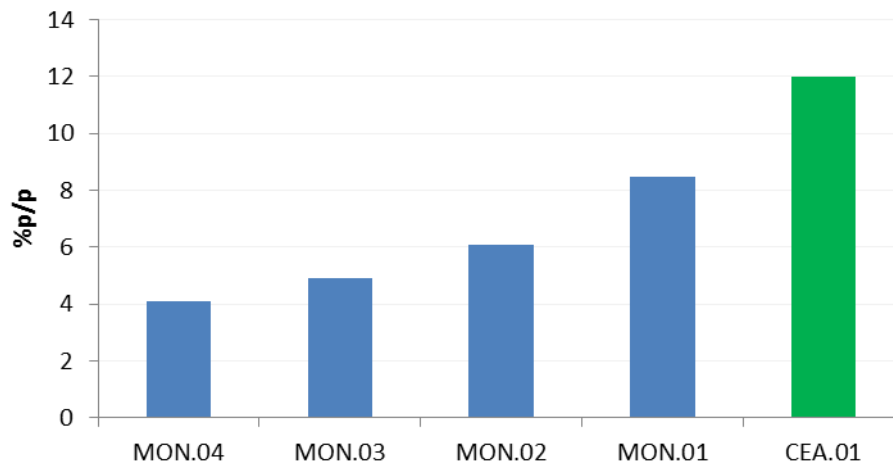


Figura 5.2.5-29 - Teores de carbono orgânico total nas macrófitas amostradas em outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

O teor médio de cinzas (base seca) nas macrófitas coletadas no rio Madeira e tributários foi de $16 \pm 6\%$ (média \pm DP). A menor porcentagem foi observada na estação CEA.01, ao passo que a maior porcentagem ocorreu nas macrófitas de MON.03 (Figura 5.2.5-30).

Cinzas (Base Seca)

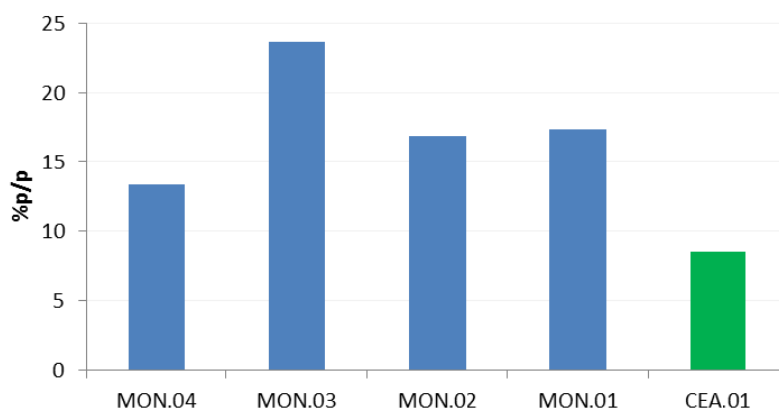


Figura 5.2.5-30 - Teor de cinzas (base seca) nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

O teor médio de cinzas (base úmida) nas macrófitas coletadas no rio Madeira e tributários foi de $2,1 \pm 0,6\% \text{p/p}$ (média \pm DP). A menor porcentagem foi observada na estação MON.04, ao passo que a porcentagem máxima ocorreu em MON.01 (Figura 5.2.5-27).

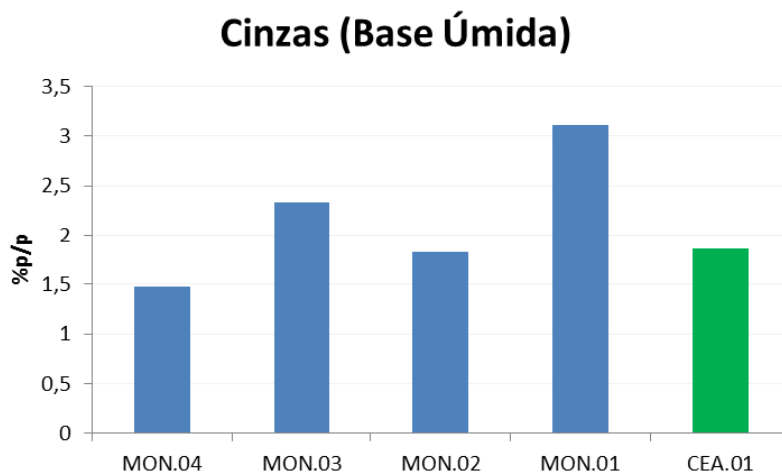


Figura 5.2.5-27 - Teor de cinzas (base úmida) nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

5.2.5.15.2 - Macronutrientes: sódio, potássio, cálcio e magnésio

As macrófitas são plantas que crescem em todos os tipos de ambientes aquáticos dulcícolas e em ambientes de transição entre sistemas aquáticos e terrestres e produzem quantidades expressivas de matéria seca, com elevado teor de nutrientes (Ferreira *et al.*, 2003; Mazzola, 2005; Mannarino *et al.*, 2006). Os elementos minerais são adquiridos pelas plantas na forma de íons inorgânicos, sendo adquiridos através da área superficial de suas raízes.

Somente certos elementos são essenciais ao crescimento e desenvolvimento do ciclo de vida das plantas. Esses elementos são classificados, de acordo com a quantidade necessária para o vegetal, em macronutrientes (N, K, Ca, Mg, P, S e Si) e micronutrientes (Cl, Fe, B, Mn, Na, Zn, Cu, Ni e Mo).

Sódio, potássio, cálcio e magnésio aparecem em maiores concentrações e podem atingir até 5% do peso seco. Por outro lado, os micronutrientes são encontrados em quantidades reduzidas dentro do corpo do vegetal, constituindo menos de 0,01% de sua massa (EPSTEIN, 1975).

O teor médio de sódio nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de $196 \pm 37 \text{ mg/kg}$ (média \pm DP). A concentração mínima foi observada na estação CEA.01 e a máxima na estação MON.03 (Figura 5.2.5-31).

Sódio

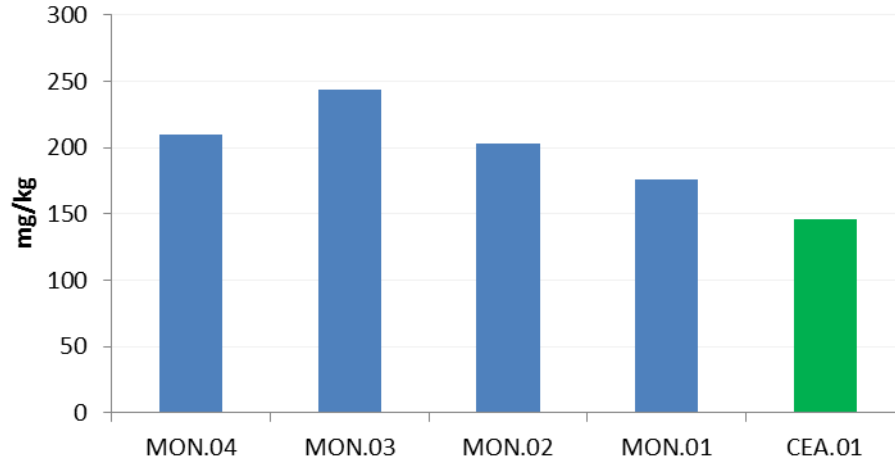


Figura 5.2.5-31 - Concentrações de sódio nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

O teor médio de potássio nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de 30409 ± 7190 mg/kg (média ± DP). A menor concentração foi observada na estação CEA.01, ao passo que a maior ocorreu em MON.03 (Figura 5.2.5-32).

Potássio

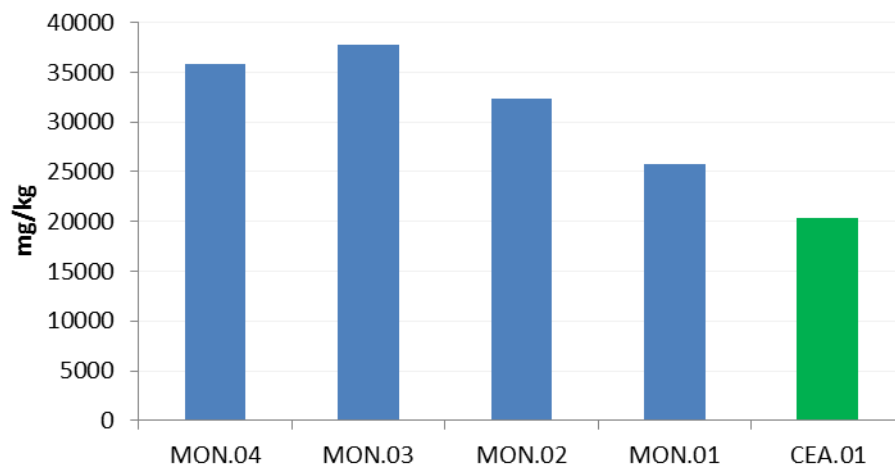


Figura 5.2.5-32 - Concentrações de potássio nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

O teor médio de cálcio nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de 5253 ± 4930 mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi observada na estação CEA.01, ao passo que a concentração máxima ocorreu na estação MON.04 (Figura 5.2.5-33). O alto valor observado em MON.04 foi responsável pelo elevado desvio padrão encontrado.

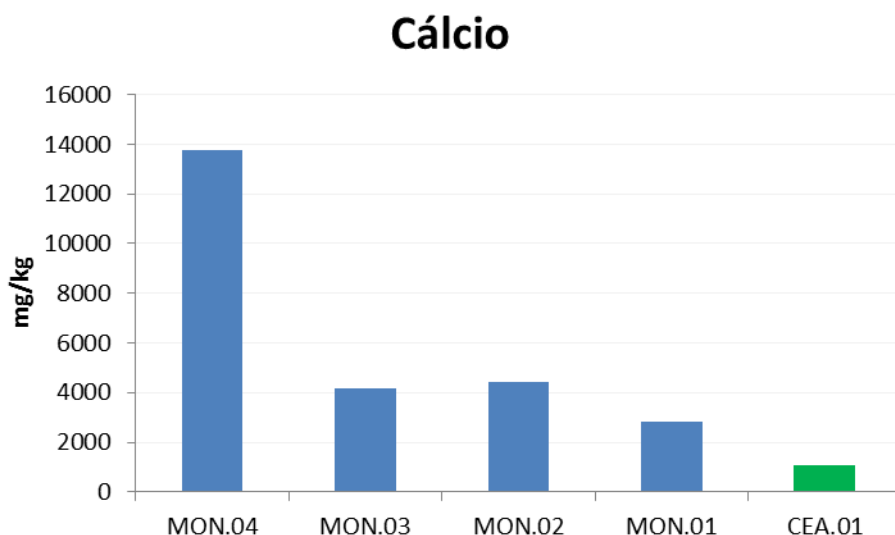


Figura 5.2.5-33 - Concentrações de cálcio nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

O teor médio de magnésio nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de 2331 ± 575 mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi registrada na estação CEA.01, ao passo que a concentração máxima foi observada na estação MON.03 (Figura 5.2.5-34).

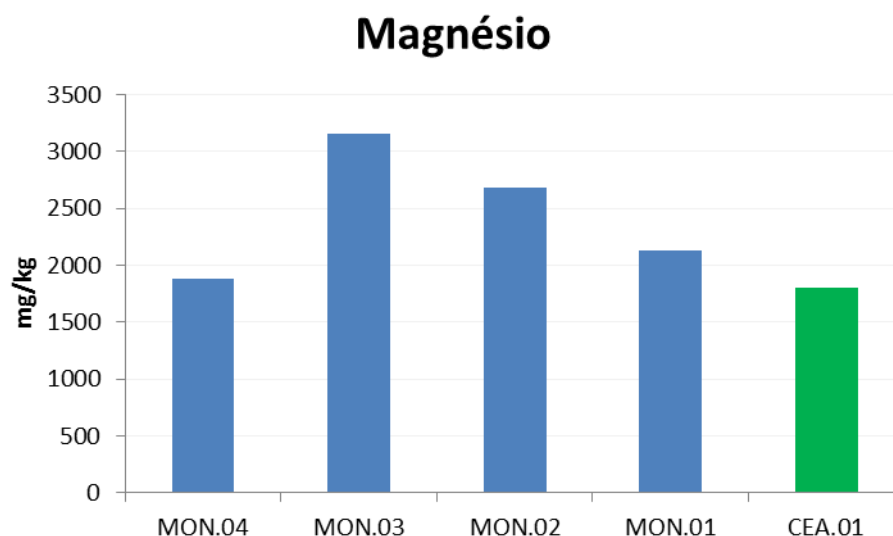


Figura 5.2.5-34 - Concentrações de magnésio nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

5.2.5.15.3 - Elementos-traço

No período hidrológico avaliado (águas baixas de 2013), as concentrações de cádmio, mercúrio, cobalto, chumbo, cromo e estanho nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários ficaram abaixo do limite de quantificação do método em todas as estações avaliadas. Estes limites são de 0,1 mg/kg para cádmio, 0,05 mg/kg para o mercúrio e de 1 mg/kg para cobalto, chumbo, cromo e estanho.

O níquel só foi detectado nas macrófitas das estações MON.03 (5,08 mg/kg), MON.02 (6,52 mg/kg) e MON.01 (6,2 mg/kg), estando abaixo do limite de quantificação (1 mg/kg) nas demais estações avaliadas. A maior concentração foi registrada na estação MON.02.

O teor médio de alumínio nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de 69 ± 48 mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi registrada na estação CEA.01, ao passo que a concentração máxima foi na estação MON.03 (Figura 5.2.5-35).

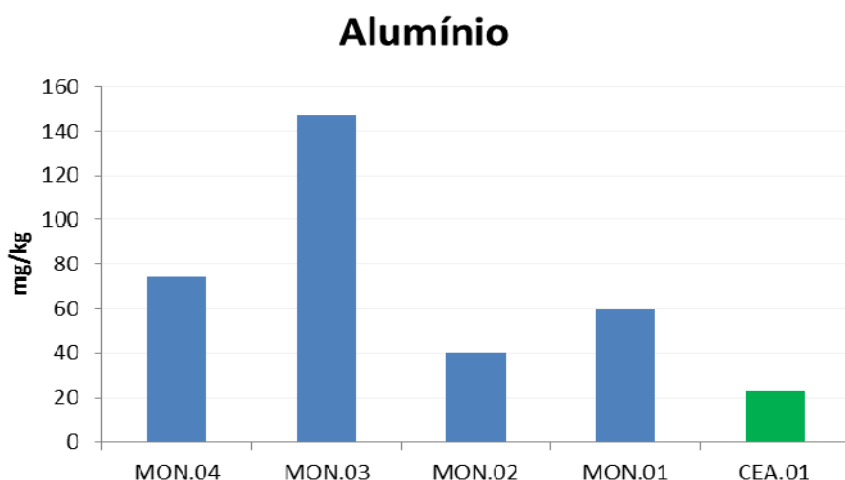


Figura 5.2.5-35 - Concentrações de alumínio nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

O teor médio de bário nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de $23 \pm 18,5$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi registrada na estação MON.01, ao passo que a concentração máxima ocorreu na estação MON.04 (Figura 5.2.5-36). O alto valor observado nas estações MON.03 e CEA.01 foi o principal responsável pelo elevado desvio padrão encontrado.

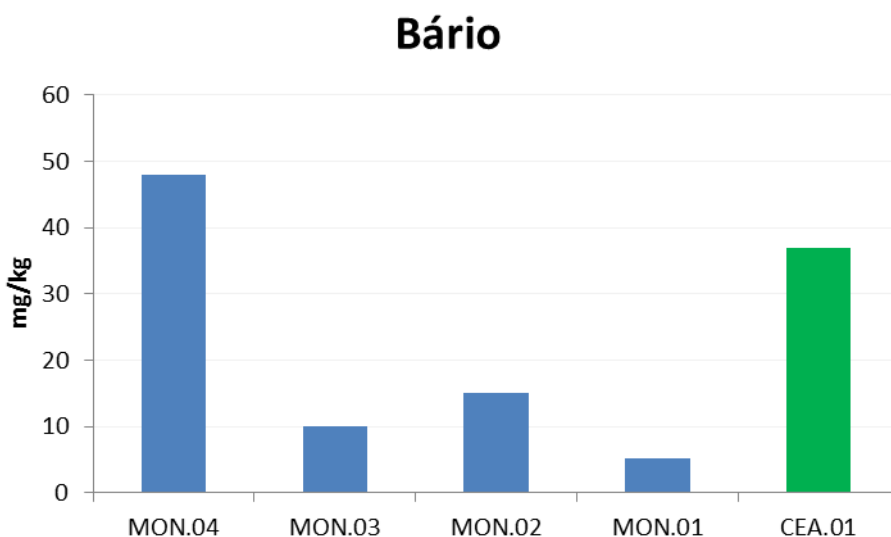


Figura 5.2.5-36 - Concentrações de bário nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

O teor médio de cobre nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de $7,2 \pm 2,4$ mg/kg (média \pm DP). A estação CEA.01 apresentou o menor resultado, ao passo que a maior concentração foi registrada na estação MON.02 (Figura 5.2.5-37).

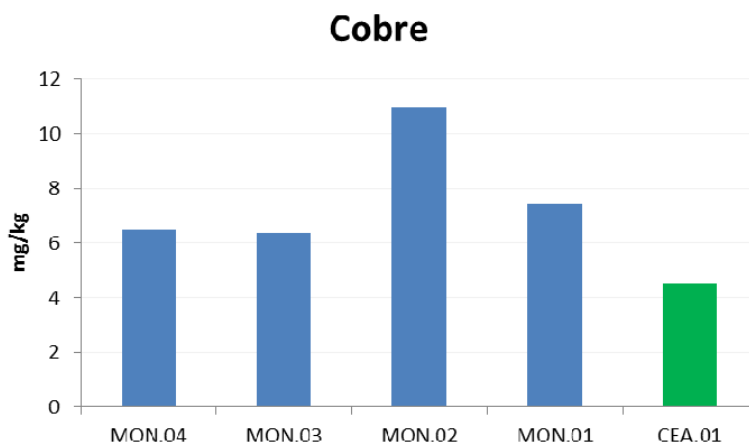


Figura 5.2.5-37 - Concentrações de cobre nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

O teor médio de ferro nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de $150 \pm 91,5$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi registrada na estação CEA.01, ao passo que a concentração máxima ocorreu na estação MON.03 (Figura 5.2.5-38).

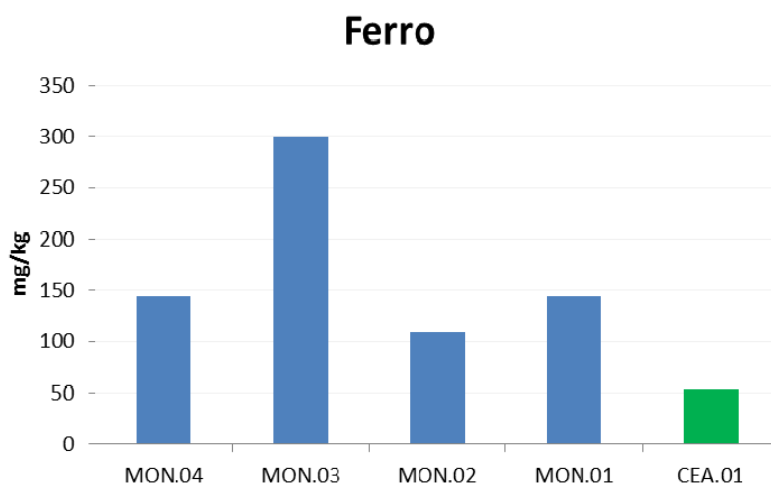


Figura 5.2.5-38 - Concentrações de ferro nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

O teor médio de manganês nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de 175 ± 152 mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi registrada na estação MON.01, ao passo que a concentração máxima ocorreu na estação CEA.01 (Figura 5.2.5-39). O alto valor observado nesta estação foi o principal responsável pelo elevado desvio padrão encontrado.

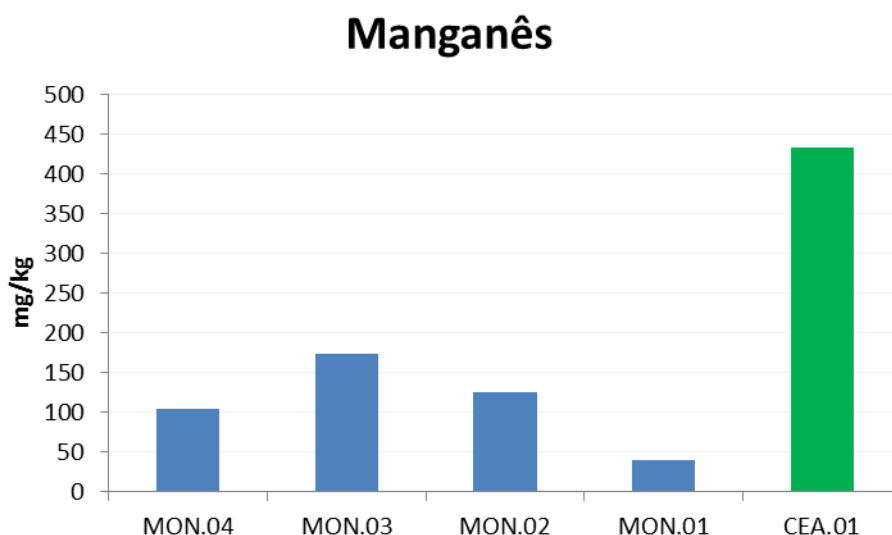


Figura 5.2.5-39 - Concentrações de manganês nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

O teor médio de silício nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de $259 \pm 79,5$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi registrada na estação MON.04, ao passo que a concentração máxima ocorreu na estação MON.01 (Figura 5.2.5-40).

Silício

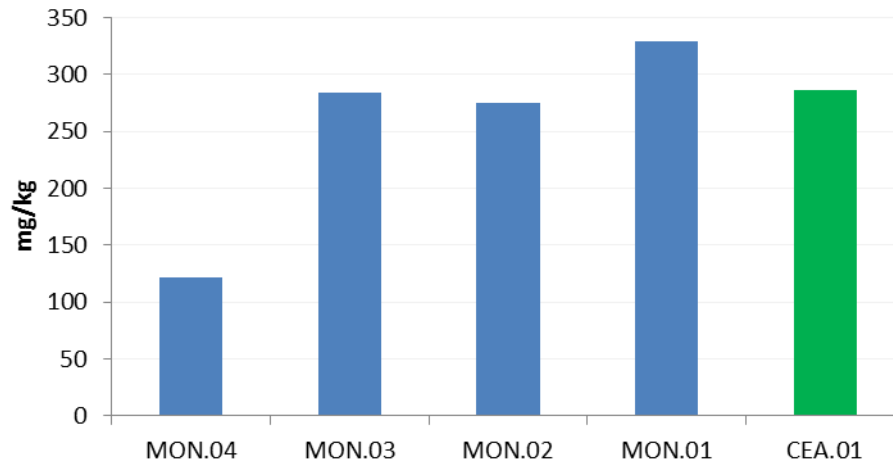


Figura 5.2.5-40 - Concentrações de silício nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

O teor médio de zinco nas macrófitas amostradas no rio Madeira e tributários foi de 35 ± 17 mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi registrada na estação MON.04, ao passo que a concentração máxima ocorreu na estação MON.02 (Figura 5.2.5-41).

Zinco

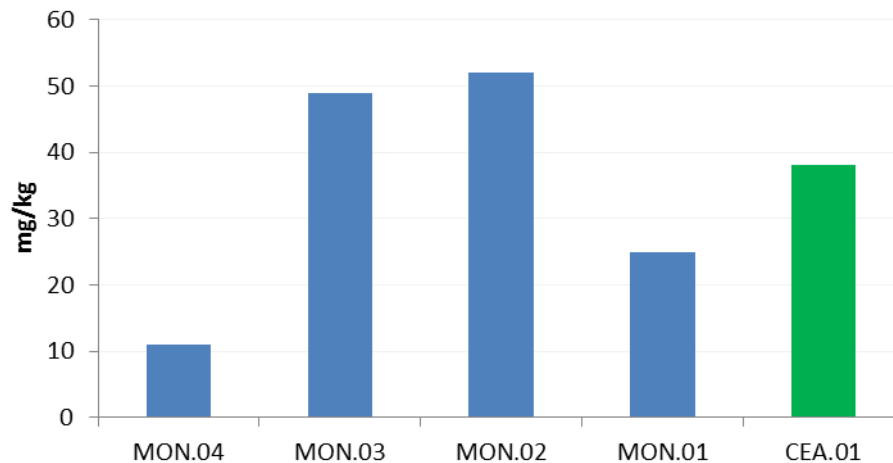


Figura 5.2.5-41 - Concentrações de zinco nas macrófitas amostradas no mês de outubro/2013 (águas baixas), somente nas estações onde foi detectada ocorrência de macrófitas. As estações situadas no rio Madeira e tributários estão representadas por colunas de cor azul e verde, respectivamente.

5.2.5.16 - Discussão

As comunidades de macrófitas aquáticas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, registrou, durante a campanha de águas baixas em outubro de 2013, um valor máximo de oito táxons. Durante esta campanha, não houve ocorrência de macrófitas no lago Cuniã.

De uma forma geral, a baixa dominância de alguns táxons como *Pontederia* sp (MON.04), *Paspalum repens* (MON.03, MON.02 e MON.01) e *Salvinia minima* (MON.02 e MON.01) contribuíram notadamente para a diminuição do valor do índice de diversidade específica, por meio da diminuição na equitabilidade, o componente que avalia o grau de uniformidade na contribuição proporcional de indivíduos ou em biomassa, das espécies de uma comunidade. Na campanha de outubro de 2013, a diversidade específica foi considerada baixa para os dois sistemas avaliados, padrão semelhante às demais campanhas realizadas em anos anteriores.

Nenhuma espécie ocorreu em altas densidades em outubro de 2013. A maior densidade foi registrada para a espécie *Salvinia minima* no rio Madeira com 72 ind m⁻², dominante na estação MON.01, o que resultou nos maiores valores de densidade próximos a barragem. Em termos de biomassa e do grau de dominância das macrófitas em outubro de 2013, pode-se concluir que, embora não seja preocupante, a biomassa das espécies *Eichhornia crassipes* (216,8 gPS m⁻²) e *Pontederia* sp (356,4 gPS m⁻²) - pertencentes à família Pontederiaceae - e das espécies *Paspalum repens* (188 gPS m⁻²) e *Hymenachne amplexicaulis* (268,3 gPS m⁻²) - pertencentes à família Poaceae - precisam continuar a ser monitoradas, uma vez que foram classificadas em termos de dominância como abundantes ou pouco abundantes. As densidades das espécies *Paspalum repens* e *Hymenachne amplexicaulis* estão associados a ocupação das margens e locais mais rasos do reservatório, o que precisa ser monitorado, pois seu crescimento gradual pode gerar condições de estabilidade para outras plantas com elevado potencial de proliferação. As densidades das espécies *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* podem ser um alerta para a possibilidade de crescimento das populações de macrófitas flutuantes, o que precisa ser monitorado, pois caso ocorra, deverá ser alvo de intervenção ainda na fase inicial da proliferação.

A *Salvinia auriculata* é uma macrófita livre e flutuante, popularmente conhecida como orelha de onça, e é uma erva aquática anual ou perene. Embora útil para purificação da água, sua decomposição diminui o oxigênio dissolvido. Ela é muito comum em água doce, sendo que, sob condições favoráveis, rapidamente é disseminada por propagação vegetativa, coloniza extensas superfícies dos corpos d'água em um tempo reduzido e apresenta ampla distribuição geográfica. As elevadas taxas de crescimento e a sensibilidade dessas plantas a diferentes agentes tóxicos

justificam a sua utilização como bioindicadores de poluição em ecossistemas aquáticos. Outras espécies com semelhante potencial são *Eichhornia crassipes* e *Pontederia* sp. A produção de grande biomassa destas espécies pode ter como consequências, problemas de caráter ambiental (como sombreamento das algas planctônicas, levando-as à morte por limitarem a realização da fotossíntese, promovendo um desequilíbrio nas relações tróficas do ecossistema como um todo, o enriquecimento das águas com nutrientes provindos da sua decomposição e a depleção do oxigênio dissolvido da água), de saúde pública (facilitação a proliferação de vetores) e de estrutura/gestão das usinas (como o entupimento de turbinas).

Com relação aos estimadores de riqueza Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem, para a campanha referente ao período de outubro de 2013, o valor da riqueza observada (4 táxons) foi igual aos valores gerados pelos dois estimadores no sistema rio Madeira. As curvas de abundância de espécies no rio Madeira, nos tributários e lagos e canais indicaram uma tendência à estabilização. Isto indicou que a inclusão de novos táxons tende a ser cada vez menor a medida que se amostra. A curva de rarefação indicou que, com base num mesmo esforço amostral, uma diversidade mais alta é esperada nos tributários, dentre os sistemas avaliados. No entanto, tendo em vista o maior número de indivíduos comumente registrado nos lagos e canais, faz dele o sistema mais rico até o momento.

Em relação à similaridade, as estações pertencentes aos sistemas rio Madeira, tributários e lagos e canais demonstraram serem similares ao longo dos quatro anos amostrados para o período de águas baixas (2009 a 2013). As estações de amostragem mais dissimilares foram as localizadas nos tributários, devido à presença das espécies pouco frequentemente registradas, como *Cyperus digitatus*, *Hyptis* sp, *Ludwigia affinis*, *L. elegans*, *L. rigida* e *Sphenoclea zeylanica*.

Comparações quando a densidade, a riqueza, a diversidade e a biomassa para as três fases do empreendimento (pré-enchimento - fase 1, enchimento e estabilização - fase 2 e operação - fase 3) em cada sistema amostrado (rio Madeira, tributários e lagos e canais) nos períodos de águas baixas compreendidos entre 2009 e 2013 indicaram que os parâmetros descritores da dinâmica da comunidade apresentou algumas tendências. Para o sistema lagos e canais, não ocorreram diferenças estatísticas em relação à densidade, à riqueza, à diversidade e à biomassa, indicando pouca influência das alterações hidrodinâmicas advindas do empreendimento na comunidade de macrófitas aquáticas. No rio Madeira, maiores densidade foram registradas na fase de operação, sem alterações expressivas na riqueza de espécies, ao passo que nos tributários, maior riqueza foi registrada na fase de operação. Essas alterações podem estar associadas ao enchimento do reservatório, criando habitats mais estáveis para o crescimento das macrófitas. No entanto,

ressalta-se que, esses resultados estão mais relacionados ao primeiro ano de formação do reservatório (2012), quando maiores riqueza e densidade foram nitidamente registradas nestes ambientes, respectivamente. A NMDS indica padrão semelhante, porém para a composição. A composição das macrófitas aquáticas foi mais semelhante entre os três sistemas (rio Madeira, seus tributários e os lagos e canais) no início da fase de operação, o que pode estar associado a: 1) aumento da estabilidade superficial do espelho água no rio Madeira e tributários a partir da formação do reservatório; 2) maior semelhança entre as condições hidrodinâmicas dos três sistemas; e 3) favorecimento a dominância de algumas espécies. No período de águas baixas de 2013, no entanto, maior dissimilaridade na composição das espécies e ausência de padrões na composição entre os sistemas e fases voltaram a ser registrados. Interessante notar que não houveram alterações significativas na biomassa e diversidade da comunidade de macrófitas aquáticas em nenhum dos sistemas, o que sugere que as alterações promovidas na hidrodinâmica pelo empreendimento não refletiram nos padrões de produtividade e dominância da comunidade, até o momento.

No que diz respeito à composição química das macrófitas aquáticas, com relação aos macronutrientes, os cátions mais abundantes foram potássio, cálcio, magnésio e sódio, respectivamente. É possível notar um padrão de variação na concentração de carbono e na proporção de cinzas, com menores valores nas estações situadas mais a montante (MON.04), comumente dominadas por espécies livre flutuantes, e maiores valores nas estações situadas mais próximas a barragem (MON.03, MON.02 e MON.01) e nos tributários, com espécies emersas e de folha flutuante. Essa distinção no conteúdo de carbono pode estar associada a estequiometria (razão C:N:P) dos grupos funcionais dominantes em cada uma dessas estações, uma vez que as espécies emersas tendem a ter uma composição muito mais rica em carbono do que as flutuantes.

A estequiometria e a composição nutricional são determinadas pelas variações na sua disponibilidade em escala local e exigências dos organismos, o que varia muito entre espécies de grupos funcionais distintos, de espécie para espécie de um mesmo grupo funcional, de indivíduo para indivíduo de uma mesma espécie ou mesmo em fases diferentes do ciclo de vida de um único indivíduo (Hessen & Anderson, 2008). Portanto, essas aproximações dificilmente podem ser exploradas de maneira complexa na escala deste estudo, sendo mais importante aqui ressaltar somente que a diversidade da vegetação aquática apresenta grande variabilidade quanto à composição nutricional.

A presença de elementos-traço em concentrações variadas nas plantas pode estar associada à disposição de suas raízes, em contato com a água ou com o sedimento, a partir de onde as plantas retêm esses elementos. Outros fatores também podem estar relacionados a esses padrões, como, por exemplo, a morfologia (determinada pelo grupo funcional a que pertencem) e fisiologia das plantas analisadas e a dinâmica desses elementos dentro dos ambientes avaliados. Em relação à quantificação de elementos-traço nas macrófitas aquáticas em outubro de 2013, os elementos cádmio, mercúrio, cobalto, chumbo, cromo e estanho ficaram abaixo do limite de quantificação do método. Para os elementos que apresentaram concentrações quantificáveis observou-se que as concentrações se dispõem, em ordem decrescente, da seguinte maneira:

Si > Mn > Fe > Al > Zn > Ba > Cu > Ni