

ÍNDICE

5.2.2 -	Zooplâncton	1/38
5.2.2.1 -	Riqueza de espécies e composição taxonômica	1/38
5.2.2.2 -	Densidade numérica	5/38
5.2.2.3 -	Dominância	10/38
5.2.2.4 -	Equidade	12/38
5.2.2.5 -	Diversidade	15/38
5.2.2.6 -	Biomassa.....	18/38
5.2.2.7 -	Diversidade alfa, beta e gama	22/38
5.2.2.8 -	Análise de ordenação.....	24/38
5.2.2.9 -	Análises Consolidadas do Monitoramento Limnológico.....	25/38
5.2.2.9.1 -	Riqueza total de espécies e composição taxonômica.....	25/38
5.2.2.9.2 -	Análises dos padrões gerais da comunidade zooplanctônica	26/38
5.2.2.9.3 -	CCA	29/38
5.2.2.9.4 -	Estimativas de riqueza	30/38
5.2.2.9.5 -	Curva de rarefação.....	34/38
5.2.2.9.6 -	NMDS	34/38
5.2.2.10 -	Discussão	35/38
5.2.2.11 -	Conclusões	37/38

ANEXOS

Anexo 5.2.2-1	Anexos da Comunidade Zooplanctônica
---------------	-------------------------------------

5.2.2 - Zooplâncton

5.2.2.1 - Riqueza de espécies e composição taxonômica

No inventário taxonômico da comunidade zooplanctônica do rio Madeira, tributários e lago Cuniã, realizado durante o segundo ano de operação (outubro/2013, janeiro, abril, julho e outubro/2014), o zooplâncton teve como principais componentes as espécies pertencentes aos filos Rotifera, Protozoa e Arthropoda. Os representantes deste último filo foram principalmente microcrustáceos das Ordens Cladocera e Copepoda. Ocorreram ainda, em menor abundância, os microcrustáceos da Ordem Ostracoda, as ninfas de Insecta das Ordens Ephemeroptera e Plecoptera, larvas de insetos da Família Chironomidae, além dos anelídeos da Classe Oligochaeta, entre outros.

Uma elevada riqueza de espécies foi registrada nos pontos MON.01 (17 de julho de 2014) e MON.04 (17 táxons em janeiro/2014 e 19 táxons em abril/2014), e a menor riqueza foi registrada no ponto JUS.02, onde se registraram apenas 3 espécies na comunidade zooplanctônica, em outubro de 2013 (Figura 5.2.2-1).

Pode ser observada uma tendência a maiores valores de riqueza nas estações do reservatório se comparadas as de jusante. Temporalmente, não é possível identificar um padrão claro de variação na riqueza zooplanctônica do rio Madeira, tendo os valores máximos e mínimos mantido relativa homogeneidade nas campanhas ao longo do período avaliado.

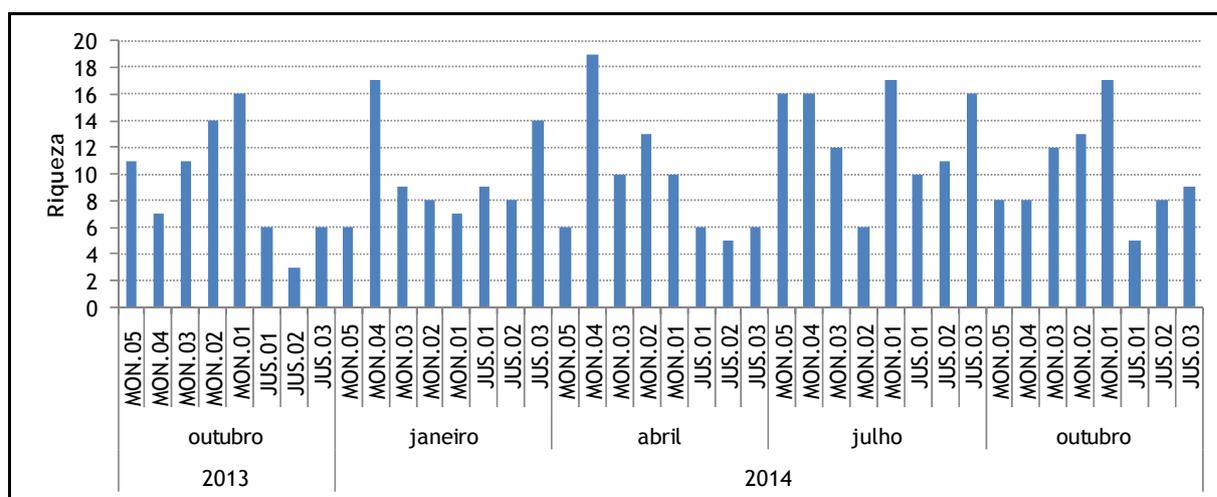


Figura 5.2.2-1 - Riqueza de espécies da comunidade zooplanctônica nas estações de coleta do rio Madeira durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

Nos tributários foi registrada uma elevada riqueza na comunidade zooplanctônica, quando comparada àquela obtida no rio Madeira. Os maiores valores de riqueza foram registrados na superfície do ponto JAT I.01, principalmente em outubro de 2014 (26 táxons). Verificou-se que a riqueza foi menor em janeiro de 2014 nos pontos CAR-fundo e JAC 02-fundo com ocorrência de três táxons cada um (Figura 5.2.2-2).

Espacialmente, pode ser observada uma tendência ao registro de menores valores de riqueza no fundo das estações dos tributários. Também, em cada campanha ao longo do período avaliado, os menores valores de riqueza da comunidade zooplanctônica foram registradas em estações de jusante (JAT II, BEL e/ou JAM), à exceção de janeiro de 2014 (período de enchente), no qual as estações CAR-F e JAC.02-F registraram os menores valores. Temporalmente, não é possível identificar um padrão claro de variação na riqueza zooplanctônica dos tributários.

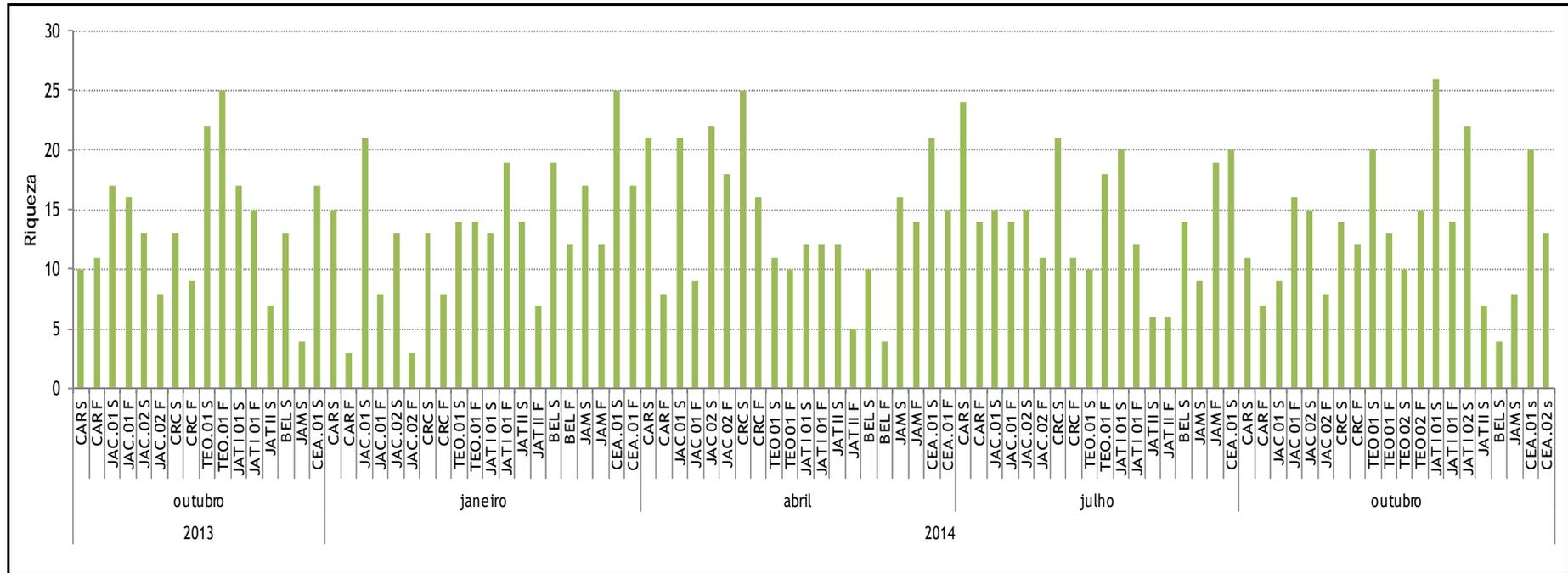


Figura 5.2.2-2 - Riqueza de espécies da comunidade zooplânctônica nos tributários do rio Madeira durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

No lago Cuniã (LC.01) a riqueza total de espécies registrada foi relativamente alta, quando comparada com aquela registrada no Rio Madeira. O maior valor foi registrado na superfície do Lago em abril de 2014 (31 táxons). A menor riqueza foi registrada na amostragem realizada no fundo do Lago Cuniã em julho de 2014 (7 táxons) (Figura 5.2.2-2; Quadro 1 do Anexo 5.2.2-1).

Pode ser observada uma tendência ao registro de menores valores de riqueza no fundo da estação LC.01. Temporalmente, é possível observar maiores valores de riqueza durante abril/2014 (período de águas altas).

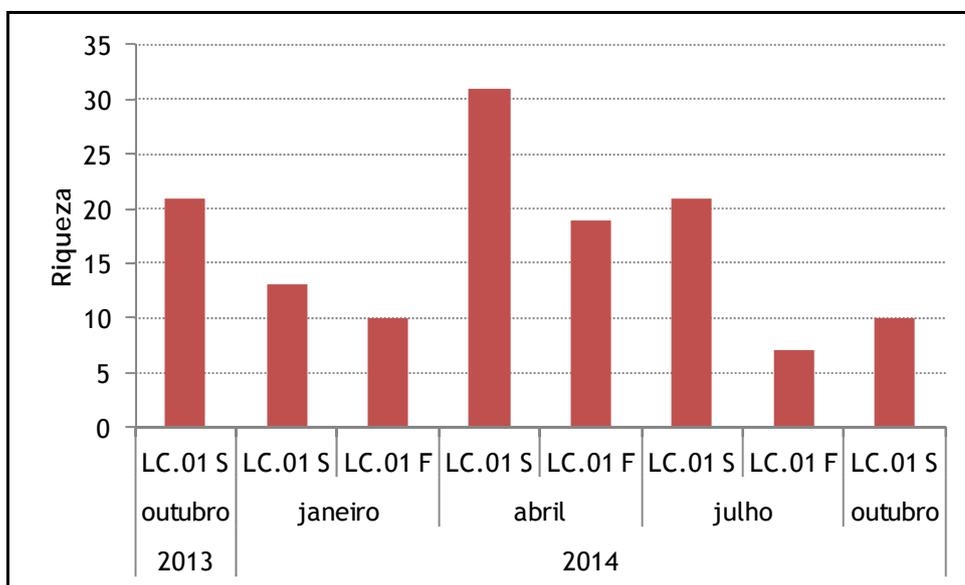


Figura 5.2.2-3 - Riqueza de espécies da comunidade zooplânctônica nas estações de coleta do Lago Cuniã durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

Em relação a composição dos diferentes grupos taxonômicos para a riqueza da comunidade zooplânctônica, no rio Madeira, tributários e no lago Cuniã houve maior contribuição de espécies do grupo Rotifera. As menores contribuições entre os grupos para os 3 sistemas foram as do grupo Meroplâncton (Figura 5.2.2-4).

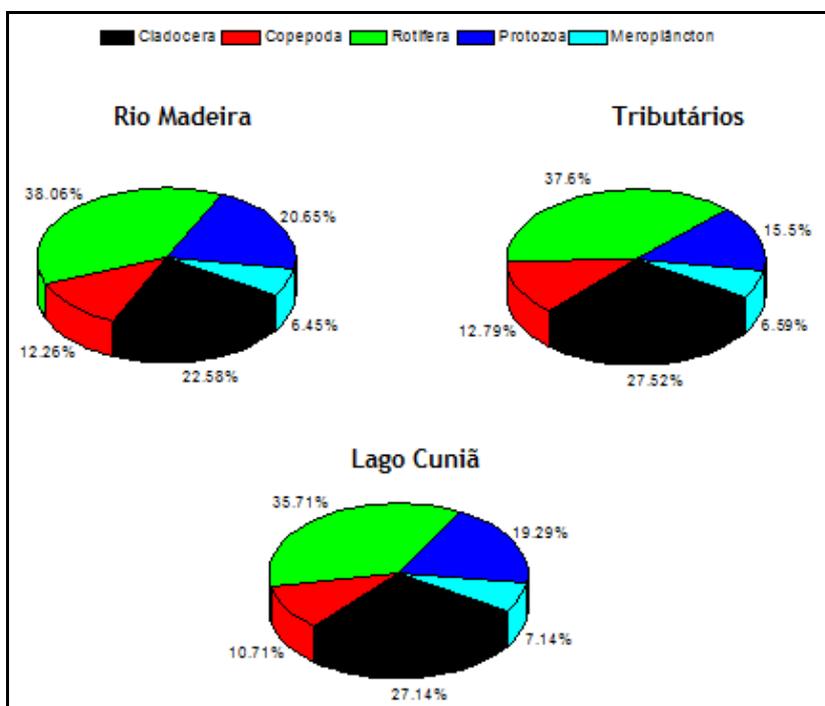


Figura 5.2.2-4 - Contribuição relativa (em porcentagem) de táxons por grupo da comunidade zooplânctônica no rio Madeira, tributários e no lago Cuniã, segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

5.2.2.2 - Densidade numérica

As variações nos valores de densidade numérica (ind. L⁻¹) da comunidade zooplânctônica do rio Madeira, tributários e lago Cuniã estão apresentadas na Figura 5.2.2-5 e Figura 5.2.2-7, respectivamente, e no Anexo 5.2.2-1 (Quadros 5, 6 e 7).

No rio Madeira a densidade total do zooplâncton variou entre 1,46 ind. L⁻¹ a 132,05 ind. L⁻¹ registrada nos pontos MON.02 em julho de 2014 e MON.04 em janeiro de 2014, respectivamente (Quadro 5 do Anexo 5.2.2-1; Figura 5.2.2-5). Os grupos Copepoda e Rotifera contribuíram com maiores valores de densidade na maioria dos pontos amostrados. Para esse sistema, entre os Cladocera, os maiores valores foram registrados para a espécie *Diaphanosoma brevireme* (1,64 ind. L⁻¹ em abril de 2014). Para o grupo Copepoda os náuplios da Ordem Cyclopoida apresentaram as maiores densidades (2,64 ind.L⁻¹ em janeiro de 2013). Entre os rotíferos, o maior valor de densidade foi registrado para a espécie *Brachionus mirus* (1,75 ind. L⁻¹ em janeiro de 2014) e entre os protozoários, para a espécie *Arcella vulgaris* (1,76 ind.L-1 em janeiro de 2014). Já para o grupo Meroplâncton a maior densidade foi registrada para Ostracoda (0,25 ind.L-1 em outubro de 2013).

Pode ser observada uma tendência ao registro de maiores densidade zooplanctônicas nas estações do reservatório, principalmente MON.01, mais próximo a barragem. Temporalmente, não é possível identificar um padrão claro de variação nos valores de densidade zooplanctônica do rio Madeira.

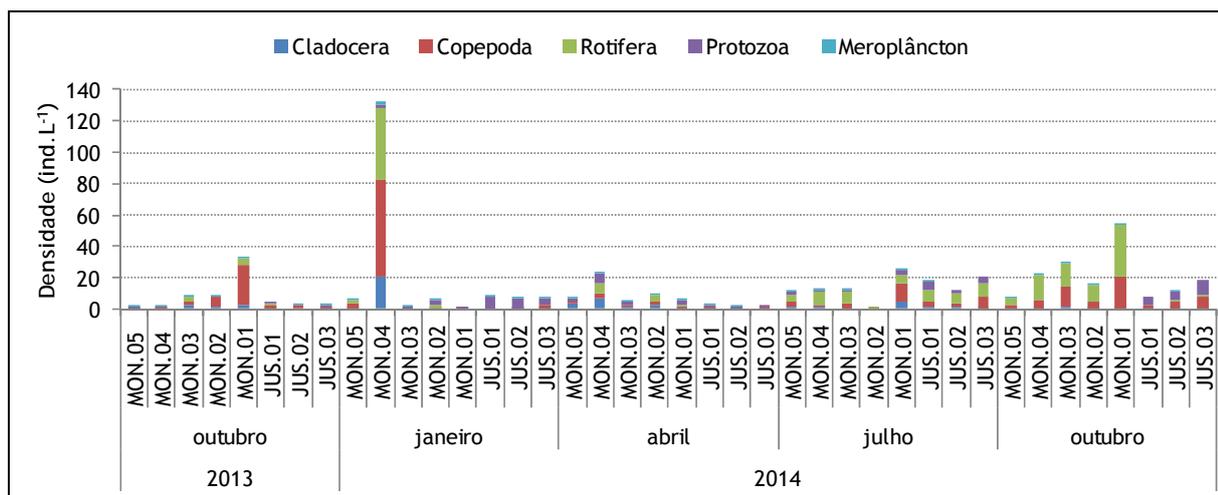


Figura 5.2.2-5 - Valores de densidade total (ind. L⁻¹) da comunidade zooplanctônica nas estações de coleta no rio Madeira durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

Nos tributários do rio Madeira os valores de densidade total dos organismos zooplanctônicos variaram de 1,2 ind.L⁻¹ a 703,45 ind.L⁻¹, sendo que o menor valor foi registrado no fundo do ponto JAT II em abril de 2014 e o maior foi registrado na superfície do JAT I.01 em outubro de 2013 (Quadro 6 do Anexo 5.2.2-1; Figura 5.2.2-7).

As maiores contribuições relativas médias em termos de densidade numérica foram registradas para os grupos Copepoda e Rotifera na maioria destes pontos. No geral, entre os Cladocera, a espécie *Moina minuta* foi o táxon com maior densidade (1,79 ind. L⁻¹ em outubro de 2013). Entre os Copépodos, os náuplios da ordem Cyclopoida representaram as mais elevadas densidades (19,49 ind. L⁻¹ em outubro de 2013). A espécie de Rotifera *Brachionus gessneri* atingiu alta densidade média dentro do grupo, com 34,32 ind.L⁻¹, registrada em outubro de 2013. Para os protozoários, a maior densidade foi registrada para a espécie *Diffflugia corona* (1,08 ind.L⁻¹ em outubro de 2013) e para os organismos do meroplâncton, o maiores valores foram registrados para Ostracoda (0,97 ind.L⁻¹ em outubro de 2013).

Não é possível identificar um padrão consistente de variação nos valores de densidade zooplanctônica dos tributários, embora as estações no igarapé Teotônio e Jatuarana I tendam a estar entre as com maior densidade ao longo do período avaliado. Temporalmente, é possível constatar que as maiores densidades foram registradas em outubro de 2013 e 2014 (período de águas baixas). Esse é o período de menor vazão nos tributários, condição que favorece o crescimento e proliferação desta comunidade.

UHE Santo Antônio

2541-00-MLM-RL-0009-00

Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas -
Relatório 9 / Consolidado das Fases de Instalação e Operação

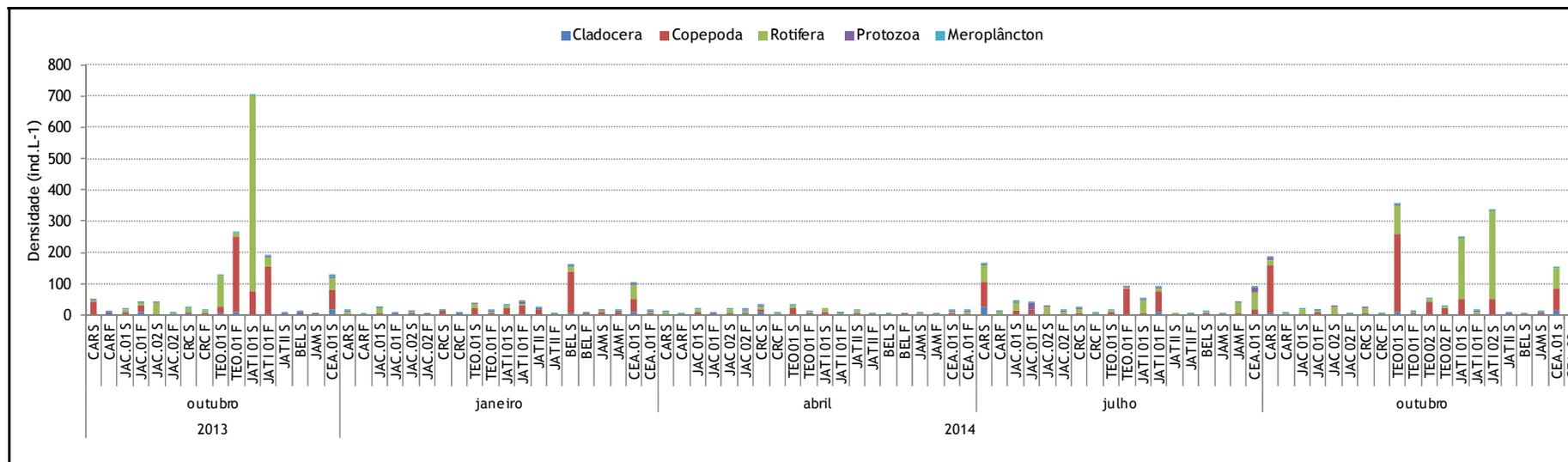


Figura 5.2.2-6 - Valores da densidade total (em log ind. L⁻¹) da comunidade zooplancônica nos tributários do rio Madeira durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

No lago Cuniã (LC.01) o valor de densidade numérica total dos organismos zooplanctônicos foi de 8,07 ind.L⁻¹ na amostragem do fundo (janeiro/2014) e de 180,73 ind.L⁻¹ na superfície (julho/2014; Quadro 7 do Anexo 5.2.2-1; Figura 5.2.2-6). Os grupos mais representativos foram Cladocera e Rotifera, com valores entre 3,66 ind.L⁻¹ na amostragem realizada no fundo, em janeiro de 2014, e 180,73 ind.L⁻¹ na superfície deste ponto, em julho de 2014.

Em média, entre os Cladocera, a espécie *Bosmina haggmani* ocorreu em maior densidade, com 30,99 ind.L⁻¹. Entre os Copépodos, os copepoditos da ordem Calanoida contribuíram com as mais altas densidades, com 8,06 ind.L⁻¹, em julho de 2014. Para o grupo Rotifera, o maior valor foi registrado para a espécie *Brachionus zahniseri* (34,45 ind.L⁻¹ - julho de 2014); entre os protozoários, a espécie *Arcella costata angulosa*, com 3,00 ind. L⁻¹, apresentou maior valor em outubro de 2013. E para o grupo Meroplâncton, *Chaoborus* sp. com 0,40 ind.L⁻¹, também em outubro de 2013.

Pode ser observada uma tendência ao registro de menores valores de densidade no fundo da estação LC.01, padrão semelhante ao registrado para riqueza desta comunidade no lago Cuniã. Temporalmente, não é possível identificar um padrão consistente de variação nos valores de densidade zooplanctônica nesta estação.

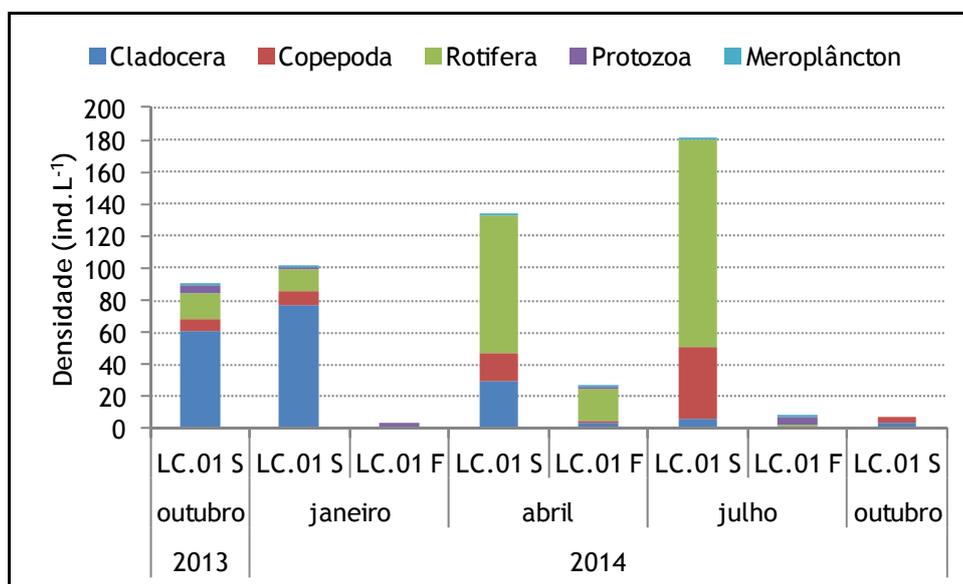


Figura 5.2.2-7 - Valores da densidade total (em log ind. L⁻¹) da comunidade zooplanctônica nos tributários do rio Madeira e no lago Cuniã durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

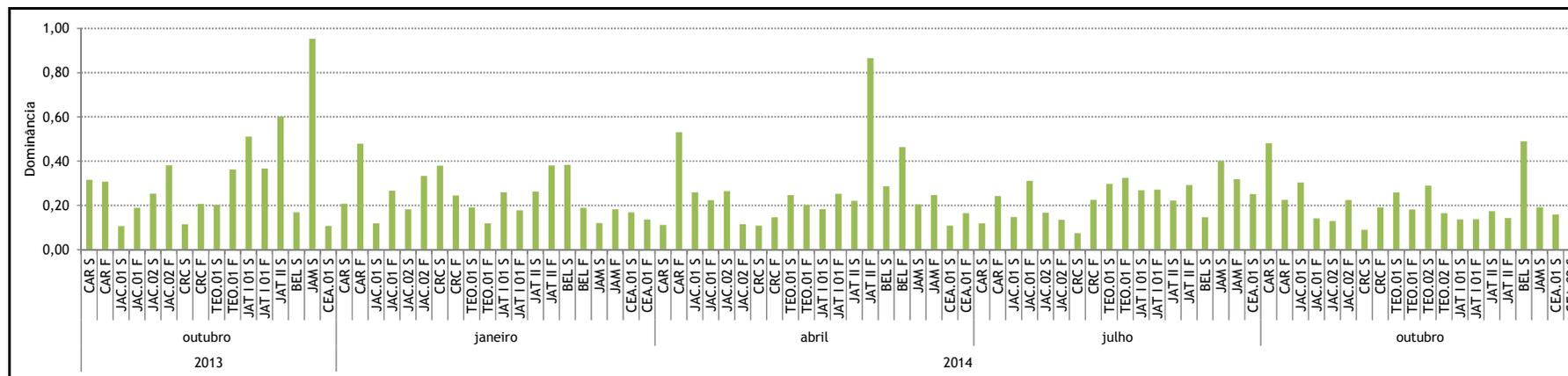


Figura 5.2.2-9 - Valores do Índice de dominância para a comunidade zooplancônica nos tributários do rio Madeira durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

No lago Cuniã a dominância na comunidade zooplantônica foi inferior às dos demais sistemas. Em todos os pontos, os valores desse parâmetro não ultrapassaram 0,4. O maior valor de dominância foi registrado no ponto LC.01-Superfície em janeiro de 2014 (0,40) e o menor valor (0,08) no ponto LC.01-Superfície em julho de 2014 (Figura 5.2.2-10).

Não é possível identificar um padrão consistente de variação espaço-temporal na dominância dos táxons da comunidade zooplantônica no lago Cuniã, ao longo do período avaliado.

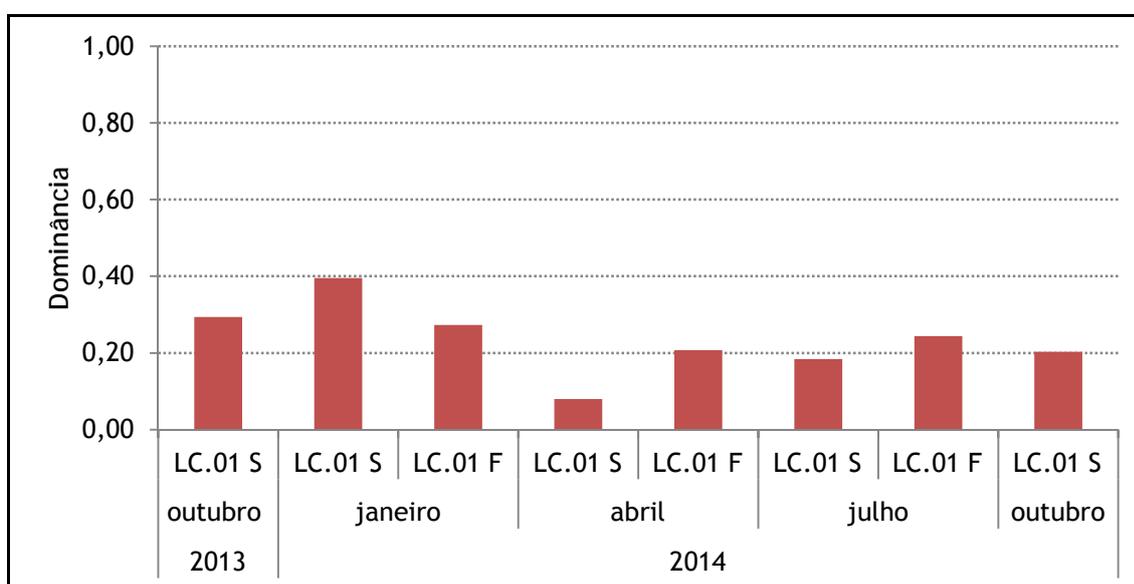


Figura 5.2.2-10 - Valores do Índice de dominância para a comunidade zooplantônica no lago Cuniã durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

5.2.2.4 - Equidade

No rio Madeira os valores do índice de equidade foram altos. Na maioria dos pontos o valor registrado esteve acima de 0,6, indicando razoável distribuição da abundância da comunidade entre os táxons presentes. O maior valor para a equidade foi registrado no ponto JUS.01 (0,87) em outubro de 2013 e o menor valor foi registrado em janeiro de 2014 no ponto MON.01 (0,31) (Figura 5.2.2-11).

Não é possível identificar um padrão consistente de variação espaço-temporal na equidade da comunidade zooplantônica no rio Madeira, ao longo do período avaliado.

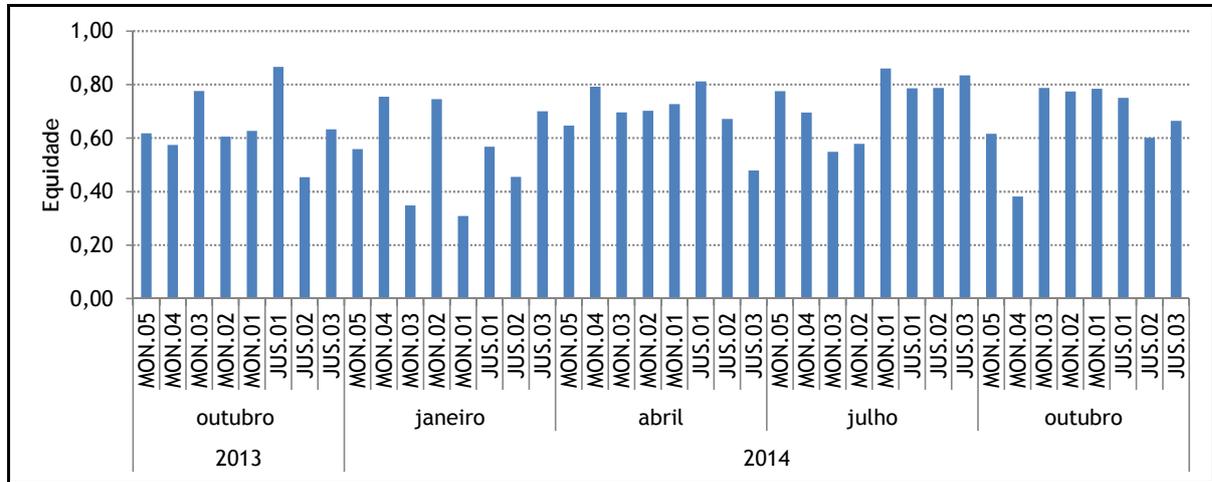


Figura 5.2.2-11 - Valores do Índice de Equidade para a comunidade zooplanctônica no rio Madeira durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

Nos tributários, o padrão registrado para a equidade da comunidade zooplanctônica foram similares àqueles observados para o rio Madeira, com valores predominantemente superiores a 0,5, o que indica razoável distribuição da abundância da comunidade entre os táxons presentes. O maior valor (1,0) foi registrado no ponto JAC.02 fundo em janeiro de 2014 e o menor valor (0,10) foi registrado no ponto JAM superfície em outubro de 2013 (Figura 5.2.2-12). Não é possível identificar um padrão consistente de variação espaço-temporal na equidade da comunidade zooplanctônica nos tributários, ao longo do período avaliado.

UHE Santo Antônio

2541-00-MLM-RL-0009-00

Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas -
Relatório 9 / Consolidado das Fases de Instalação e Operação

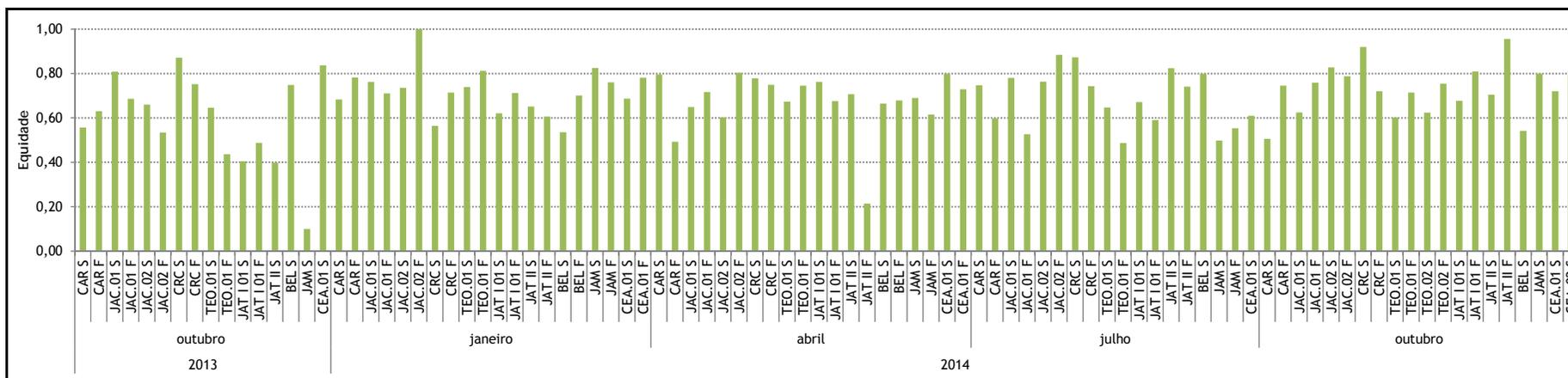


Figura 5.2.2-12 - Valores do Índice de Equidade para a comunidade zooplânctônica nos tributários do rio Madeira e no lago Cuniã durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

No lago Cuniã, os valores do índice de equidade estiveram acima de 0,5 na maioria das amostragens, indicando razoável distribuição da abundância da comunidade entre os táxons presentes. O maior valor foi registrado em abril de 2014 na superfície do lago Cuniã (0,83) e o menor valor (0,53) também na superfície em janeiro de 2014 (Figura 5.2.2-13).

Não é possível identificar um padrão consistente de variação espaço-temporal na equidade da comunidade zooplanctônica no lago Cuniã, ao longo do período avaliado.

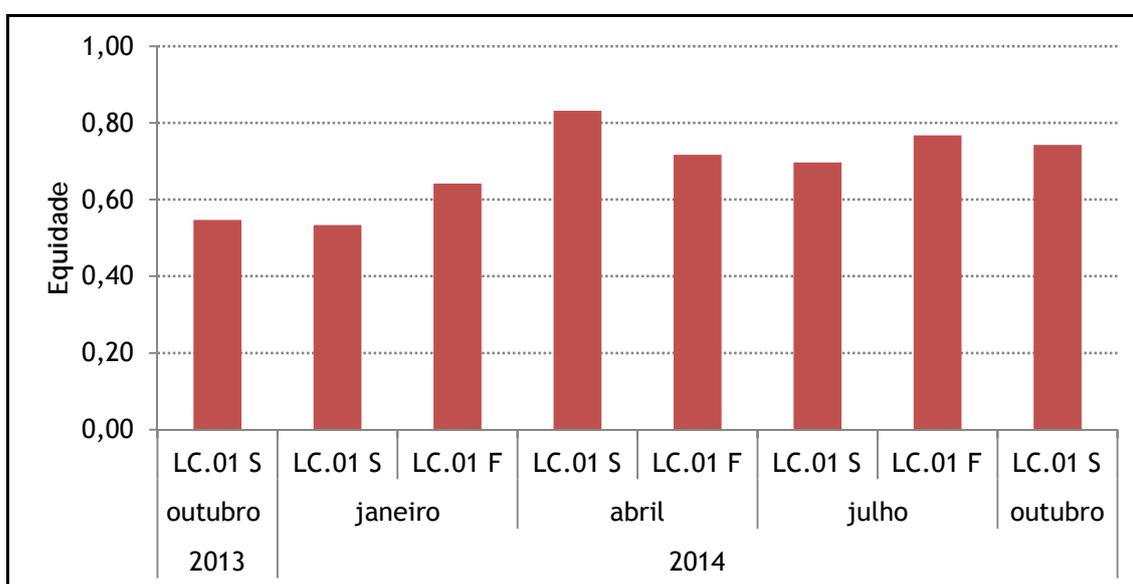


Figura 5.2.2-13 - Valores do Índice de Equidade para a comunidade zooplanctônica no lago Cuniã durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

5.2.2.5 - Diversidade

No rio Madeira, os maiores valores de diversidade de Shannon-Wiener para a comunidade zooplanctônica foram registrados nos pontos MON.01 (2,62) e JUS.03 (2,41) ambos, em julho de 2014 e MON.04 (2,41) em abril de 2014. O menor valor do índice de diversidade foi registrado no ponto MON.01 (0,60) em janeiro de 2014 (Figura 5.2.2-14). De maneira geral, os valores de diversidade registrados para a comunidade zooplanctônica do rio Madeira podem ser considerados variando de intermediários a muito baixos (Margalef, 1972).

Não é possível identificar um padrão consistente de variação espaço-temporal na diversidade da comunidade zooplanctônica no rio Madeira, ao longo do período avaliado.

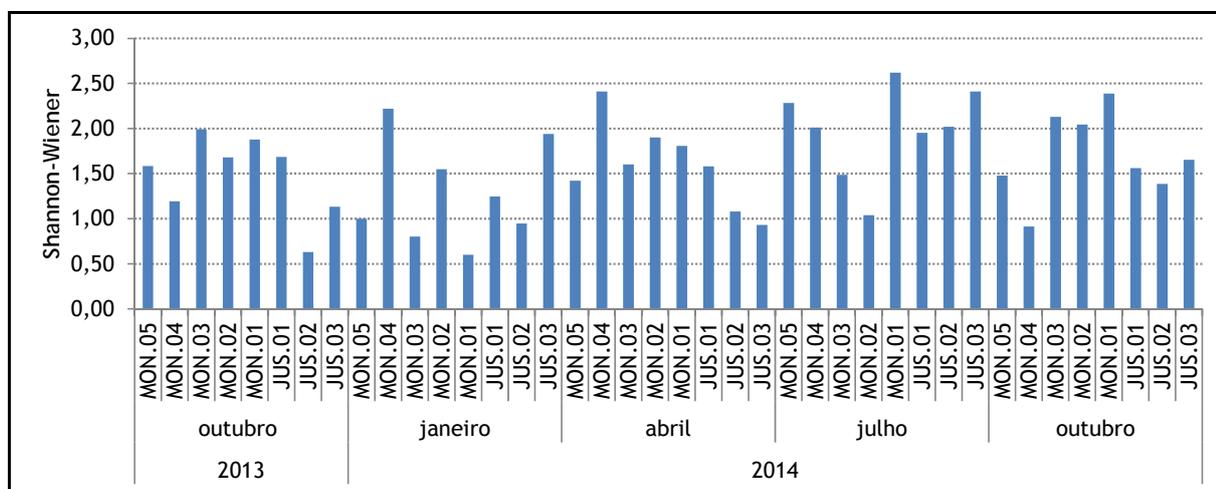


Figura 5.2.2-14 - Valores do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener para a comunidade zooplânctônica do rio Madeira durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

Nos tributários os valores de diversidade da comunidade zooplânctônica foram bastante dissimilares entre os pontos, variando de 0,14 (JAM-Superfície - outubro de 2013) a 2,77 (CRC-Superfície - julho de 2014; Figura 5.2.2-15).

Entre a maioria dos pontos, a maior diversidade foi registrada na superfície. Esse padrão é semelhante ao registrado para a riqueza, e pode ser esperado uma vez que este parâmetro é o principal determinante da diversidade estimada pelo índice de Shannon. Também, em cada campanha ao longo do período avaliado, os menores valores de diversidade da comunidade zooplânctônica foram registradas em estações de jusante (JAT II, BEL e/ou JAM), à exceção de janeiro de 2014 (período de enchente), no qual as estações CAR-F e JAC.02-F registraram os menores valores. Temporalmente, não é possível identificar um padrão claro de variação na diversidade da comunidade zooplânctônica dos tributários.

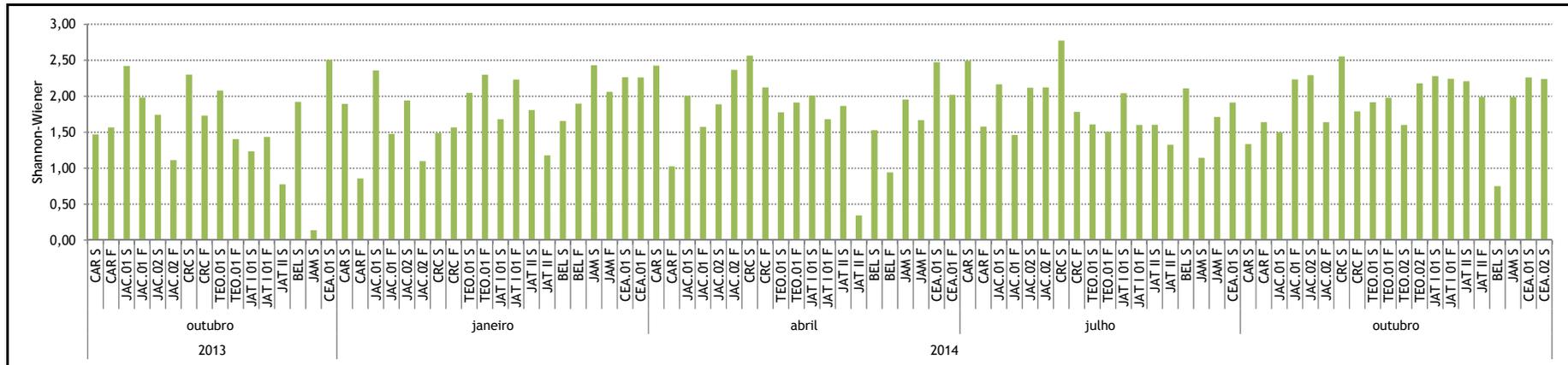


Figura 5.2.2-15 - Valores do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener para a comunidade zooplânctônica dos tributários do rio Madeira durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

Na estação LC.01 o maior valor do índice de Shannon-Wiener foi registrado na superfície (2,88) em abril de 2014 e o menor (1,48) nas amostragens realizadas em janeiro de 2014, tanto na superfície quanto no fundo (Figura 5.2.2-16).

Não é possível identificar um padrão consistente de variação espaço-temporal na diversidade da comunidade zooplancônica no lago Cuniã, ao longo do período avaliado.

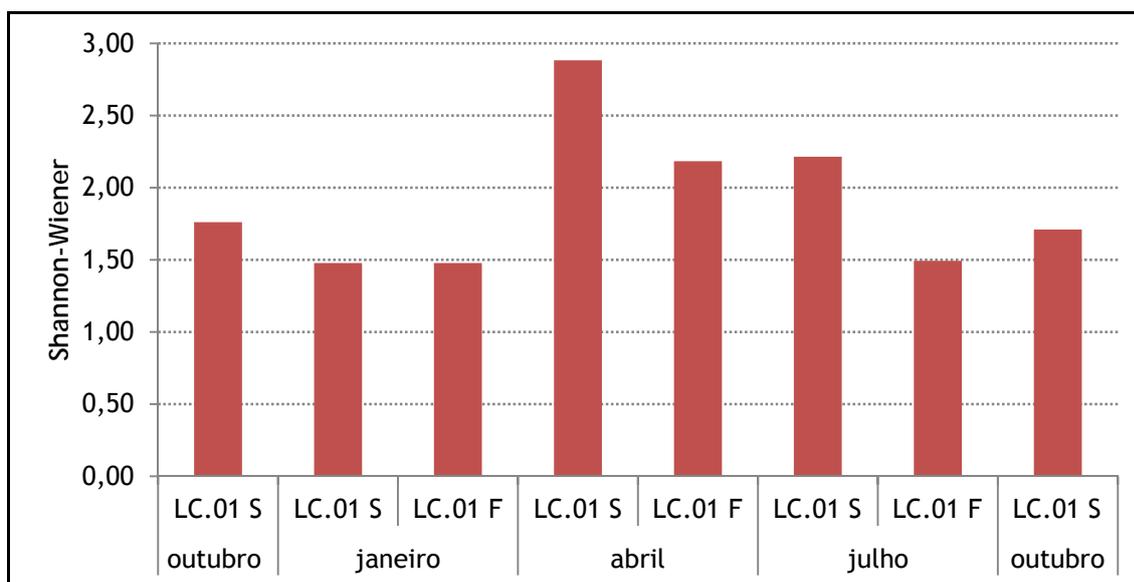


Figura 5.2.2-16 - Valores do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener para a comunidade zooplancônica no lago Cuniã durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

5.2.2.6 - Biomassa

Durante o segundo ano de operação o maior valor de biomassa total da comunidade zooplancônica no rio Madeira foi de 29,08 mg PS.L⁻¹ registrado para o ponto MON.01 em outubro de 2013 (águas baixas). Além deste, um alto valor de biomassa também foi registrado para o ponto MON.01 em outubro de 2014 (águas baixas, 27,83 mg PS.L⁻¹). O menor valor de biomassa total foi registrado no ponto JUS.03 em abril de 2014 (águas altas) com 0,32 mg PS.L⁻¹. (Figura 5.2.2-17; Quadro 8 do Anexo 5.2.2-1).

De uma maneira geral, maiores valores de biomassa foram registrados para os pontos amostrados a montante do reservatório da UHE Santo Antônio e menores valores nos pontos localizados a jusante. Em relação aos períodos hidrológicos, os maiores valores de biomassa zooplancônica foram registrados durante as águas baixas (outubro). Esse padrão sugere que, tanto as condições

hidrodinâmicas determinadas pela sazonalidade no clima assim como as alterações hidrodinâmicas à partir da implantação do reservatório são determinantes na dinâmica da comunidade zooplanctônica, o que pode ser esperado.

Entre os grupos da comunidade zooplanctônica os maiores valores de biomassa foram registrados para os copépodes para a maioria dos pontos amostrados no rio Madeira, seguidos pelos cladóceros (Figura 5.2.2-17). Para os grupos Rotifera e Protozoa os valores de biomassa registrados foram baixos.

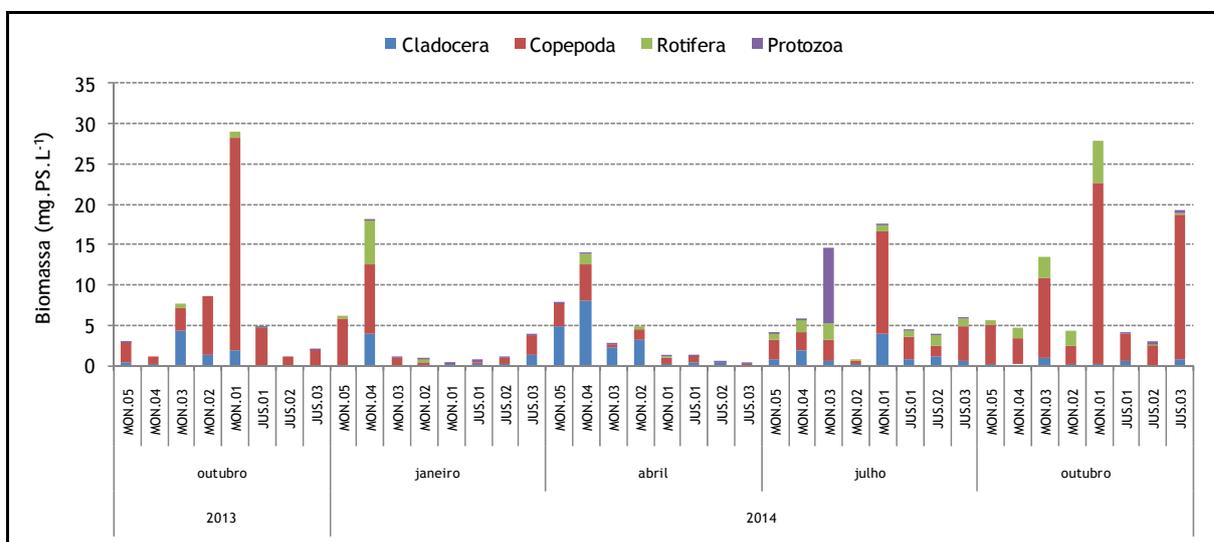


Figura 5.2.2-17 - Biomassa total (mg PS. L⁻¹) e a contribuição relativa dos principais grupos da comunidade zooplanctônica no rio Madeira durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

Em geral, nos tributários, os valores de biomassa foram superiores aos registrados para o rio Madeira. O maior valor total registrado foi de 153,02 mg PS.L⁻¹ na superfície do ponto CAR. Os menores valores de biomassa foram registrados no fundo do ponto JAT II (0,14 mg PS.L⁻¹) em abril de 2014 (águas altas) e na superfície do ponto BEL (0,13 mg PS.L⁻¹) em outubro de 2014 (águas baixas; Figura 5.2.2-18; Quadro 9 do Anexo 5.2.2-1).

Em geral, os menores valores de biomassa da comunidade zooplanctônica foram registrados em estações de jusante (JAT II, BEL e/ou JAM) ao longo do período avaliado. Temporalmente, os maiores valores de biomassa zooplanctônica tenderam a ser registrados durante os períodos de águas baixas (outubro). Assim como para o rio Madeira, esse padrão sugere que, tanto as condições hidrodinâmicas quanto as alterações à partir da implantação do reservatório são determinantes na dinâmica da comunidade zooplanctônica dos tributários.

Em relação aos grupos da comunidade zooplanctônica os Copepoda contribuíram com maiores valores de biomassa na maioria das amostragens realizadas nos tributários, seguidos pelo grupo Rotifera e Cladocera. Em geral, os valores de biomassa para o grupo Protozoa foram os mais baixos (Figura 5.2.2-18). Os Rotifera, embora numerosos em muitas estações, representaram uma parcela relativamente menor da biomassa, o que pode ser explicado pelo pequeno tamanho corporal desses organismos.

O valor de biomassa total registrada para a comunidade zooplanctônica no lago Cuniã foi elevada em relação aos valores observados nas amostragens realizadas no rio Madeira. O maior valor registrado foi de 102,40 mg PS.L⁻¹ na superfície do ponto LC.01 em janeiro de 2014 (enchente). No fundo desse mesmo ponto foi registrado o menor valor (0,73 mg PS.L⁻¹) em janeiro (enchente) e julho (vazante) de 2014. Os grupos Cladocera, Copepoda e Rotifera contribuíram com maiores valores de biomassa, sendo Cladocera dominante nos primeiros meses amostrados e Rotifera e Copepoda nos últimos meses (Figura 5.2.2-19; Quadro 10 do Anexo 5.2.2-1).

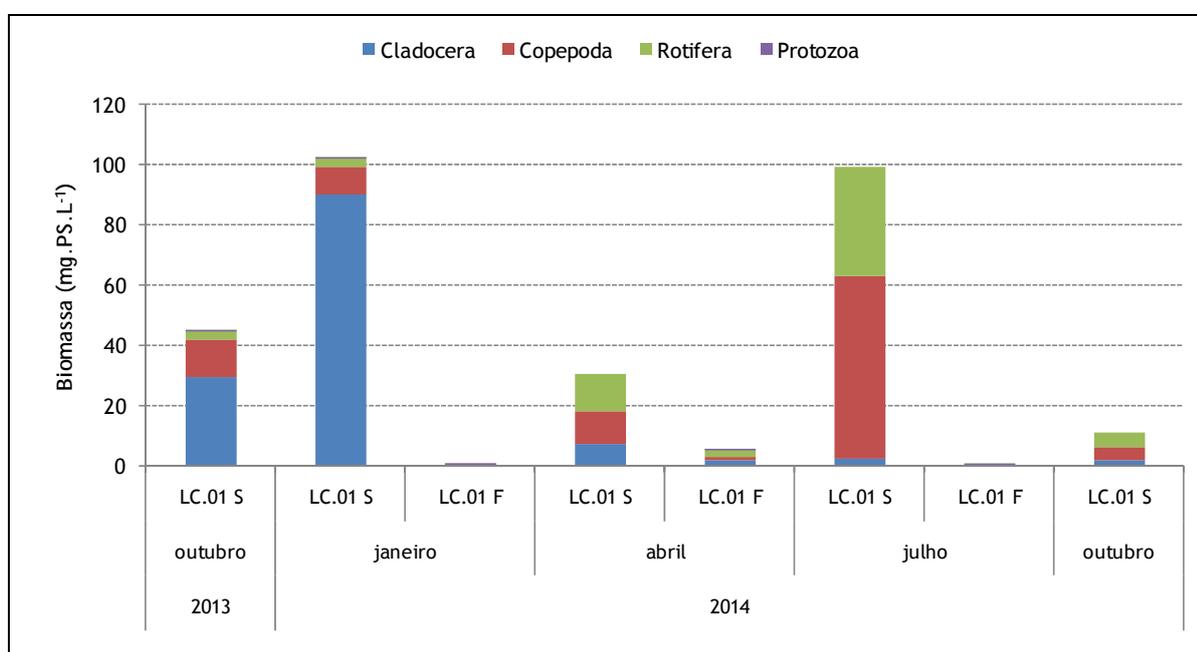


Figura 5.2.2-19 - Biomassa (mg PS. L⁻¹) total e a contribuição dos principais grupos da comunidade zooplanctônica no Lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

5.2.2.7 - Diversidade alfa, beta e gama

Considerando as amostras quantitativas da comunidade zooplanctônica coletadas durante o segundo ano de operação a maior diversidade gama dos três sistemas (rio Madeira, tributários e lago Cuniã) foi registrada em abril de 2014 (águas altas) com 92 táxons e a menor em outubro de 2014 (águas baixas) com 72 táxons. Para os demais meses amostrados os valores foram: 75 táxons em outubro de 2013 (águas baixas); 89 em janeiro de 2014 (enchente) e 79 táxons em julho de 2014 (vazante).

A diversidade alfa ou riqueza total de espécies para os sistemas do rio Madeira, tributários e lago Cuniã, durante o segundo ano de operação variou de 7 táxons (Lago Cuniã em outubro de 2014 - águas baixas) a 82 táxons (tributários em janeiro/2014 - enchente) e rio Madeira em abril/2014 - Águas altas. Para todos os períodos amostrados, a diversidade alfa foi mais baixa para o lago Cuniã e mais alta para os tributários, o que pode estar associado não apenas a características intrínsecas as populações desses sistemas, mas ao esforço amostral empregado, que é menor no lago Cuniã.

A beta diversidade, que expressa a semelhança na composição da comunidade entre os sistemas e denota uma estimativa do grau de intercâmbio das espécies entre habitats ou entre pontos de amostragem, é uma medida que varia de 1% (alto intercâmbio e homogeneidade na composição de espécies) a 100% (baixo intercâmbio e total heterogeneidade na composição de espécies). Os valores de diversidade beta obtidos evidenciaram que os sistemas rio Madeira e tributários foram mais homogêneos entre si durante a maioria dos meses amostrados do segundo ano de operação, já que os valores registrados para a diversidade beta entre eles foram menores (42% em janeiro - enchente; 37% em julho - vazante; 48% em outubro de 2014 - águas baixas). Entre o rio Madeira e o lago Cuniã a diversidade beta registrada foi mais alta para a maioria dos meses amostrados, demonstrando maior heterogeneidade entre estes sistemas (64% em outubro de 2013 - águas baixas; 60% em abril - águas altas; 57% em julho - vazante). A diversidade beta entre os três sistemas considerados conjuntamente evidencia uma heterogeneidade baixa, em média de 45%, já que esta variou entre 38% em julho a 53% em outubro de 2014.

Quadro 5.2.2-1 - Diversidade alfa, beta e gama por período hidrológico avaliado no segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

		2013	2014			
		outubro (AB)	janeiro (E)	abril (AA)	julho (V)	outubro (AB)
Gama (táxons)	3 sistemas	75	89	92	70	72
Alfa (táxons)	Rio Madeira	30	44	82	42	28
	Tributários	68	82	30	70	69
	Lago Cuniã	21	23	35	23	7
Beta (%)	Rio Madeira e Tributários	55	42	55	37	48
	Rio Madeira e Lago Cuniã	64	55	60	57	71
	Tributários e Lago Cuniã	52	60	53	50	81
	3 sistemas	44	39	43	38	53

5.2.2.8 - Análise de ordenação

Considerando o padrão de similaridade baseado na análise de ordenação NMDS verifica-se uma considerável dissimilaridade entre os três sistemas, havendo maior agrupamento dos períodos hidrológicos em cada sistema do que entre eles. No rio Madeira, durante o segundo ano da fase de operação verifica-se maior similaridade entre os períodos de águas baixas (outubro/2013), águas altas (abril/2014) e vazante (julho/2014). Entre os três sistemas os tributários apresentaram as maiores similaridades entre os períodos hidrológicos e o lago Cuniã a maior dissimilaridade.

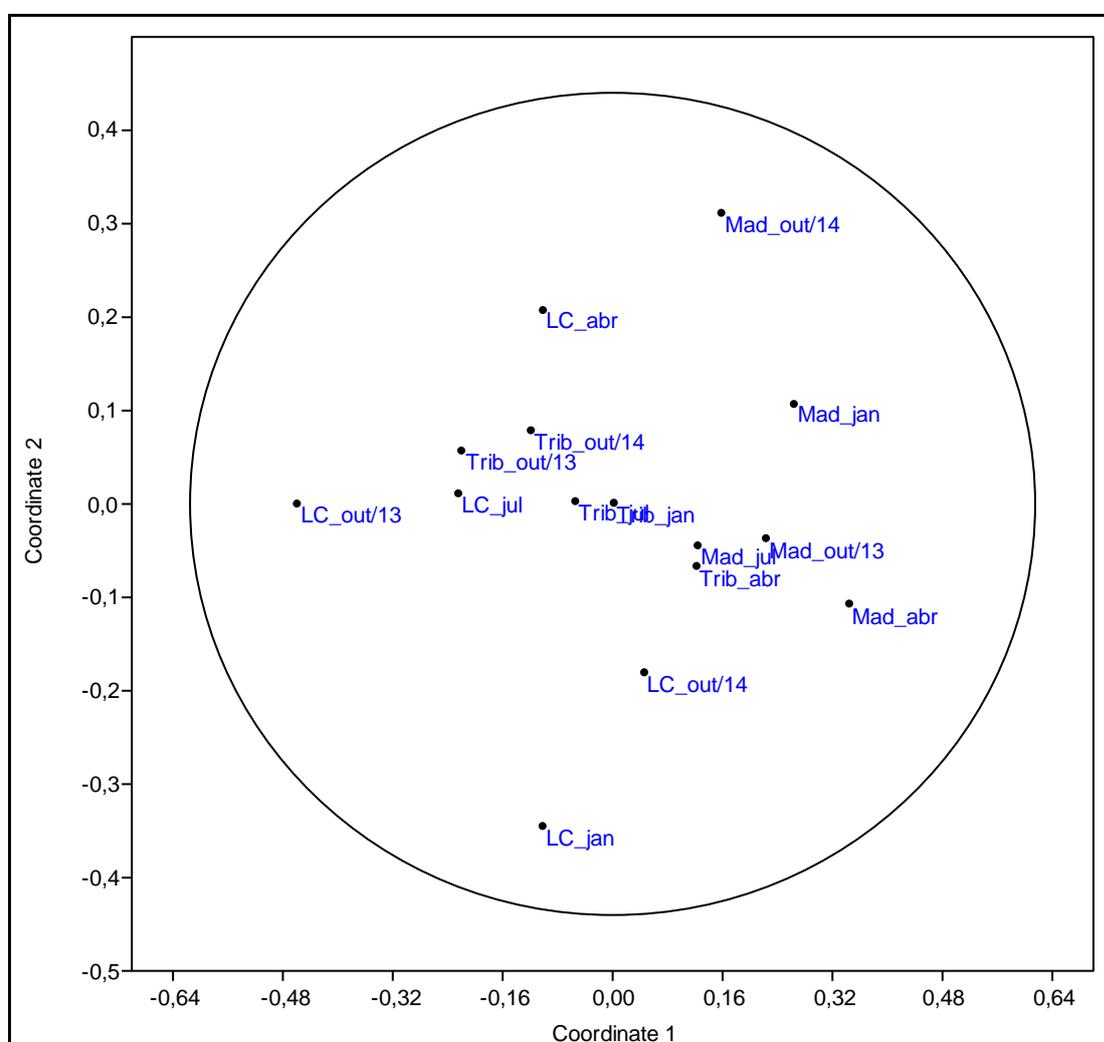


Figura 5.2.2-20 - Diagrama de ordenação (NMDS) da composição da comunidade zooplânctônica no rio Madeira (Mad) e seus tributários (Trib) e do lago Cuniã (LC) durante o segundo ano de operação da UHE Santo Antônio (outubro de 2013 a outubro de 2014).

5.2.2.9 - Análises Consolidadas do Monitoramento Limnológico

5.2.2.9.1 - Riqueza total de espécies e composição taxonômica

No inventário taxonômico da comunidade zooplanctônica do rio Madeira, tributários e lago Cuniã, realizado até o presente momento (de julho de 2009 a outubro de 2014), o zooplâncton teve como principais componentes as espécies pertencentes aos filos Rotifera, Protozoa e Arthropoda. Os representantes deste último filo foram principalmente microcrustáceos das Ordens Cladocera e Copepoda. Ocorreram ainda, em menor abundância, os microcrustáceos da Ordem Ostracoda, as ninfas de Insecta da Ordem Ephemeroptera, larvas de insetos da Família Chironomidae, além dos anelídeos da classe Oligochaeta, entre outros.

Desde junho de 2009 até outubro de 2014 a riqueza total da comunidade zooplanctônica amostrada no rio Madeira, tributários e lago Cuniã foi de 312 táxons.

No rio Madeira foram registrados 155 táxons, sendo: 35 espécies de Cladocera, 19 de Copepoda, 59 de Rotifera, 32 de Protozoa e 10 táxons do Meroplâncton (Quadro 11 do Anexo 5.2.2-1).

Nos tributários foram registrados 258 táxons para a comunidade zooplanctônica, correspondendo a uma elevada riqueza, quando comparada àquela obtida no rio Madeira. Os Rotifera foram representados pelo maior número de espécies (97). Os Cladocera também estiveram bem representados, contendo 71 espécies. Para o grupo Protozoa foram registrados 40 táxons, para o grupo Copepoda 33 e para o Meroplâncton 17 táxons (Quadro 11 do Anexo 5.2.2-1).

No lago Cuniã (LC.01) a riqueza total de espécies registrada foi de 140 táxons. Os Rotifera foram representados pelo maior número de táxons (50), seguido pelos Cladocera (38). Os demais grupos foram representados por um menor número de táxons, sendo Protozoa com 27, Copepoda com 15 e Meroplâncton com 10 táxons (Quadro 11 do Anexo 5.2.2-1).

Nota-se que o grupo Rotifera contribuiu com maior número de espécies nos três sistemas amostrados. As menores contribuições de riqueza foram verificadas para os grupos Copepoda e Meroplâncton (Figura 5.2.2-21).

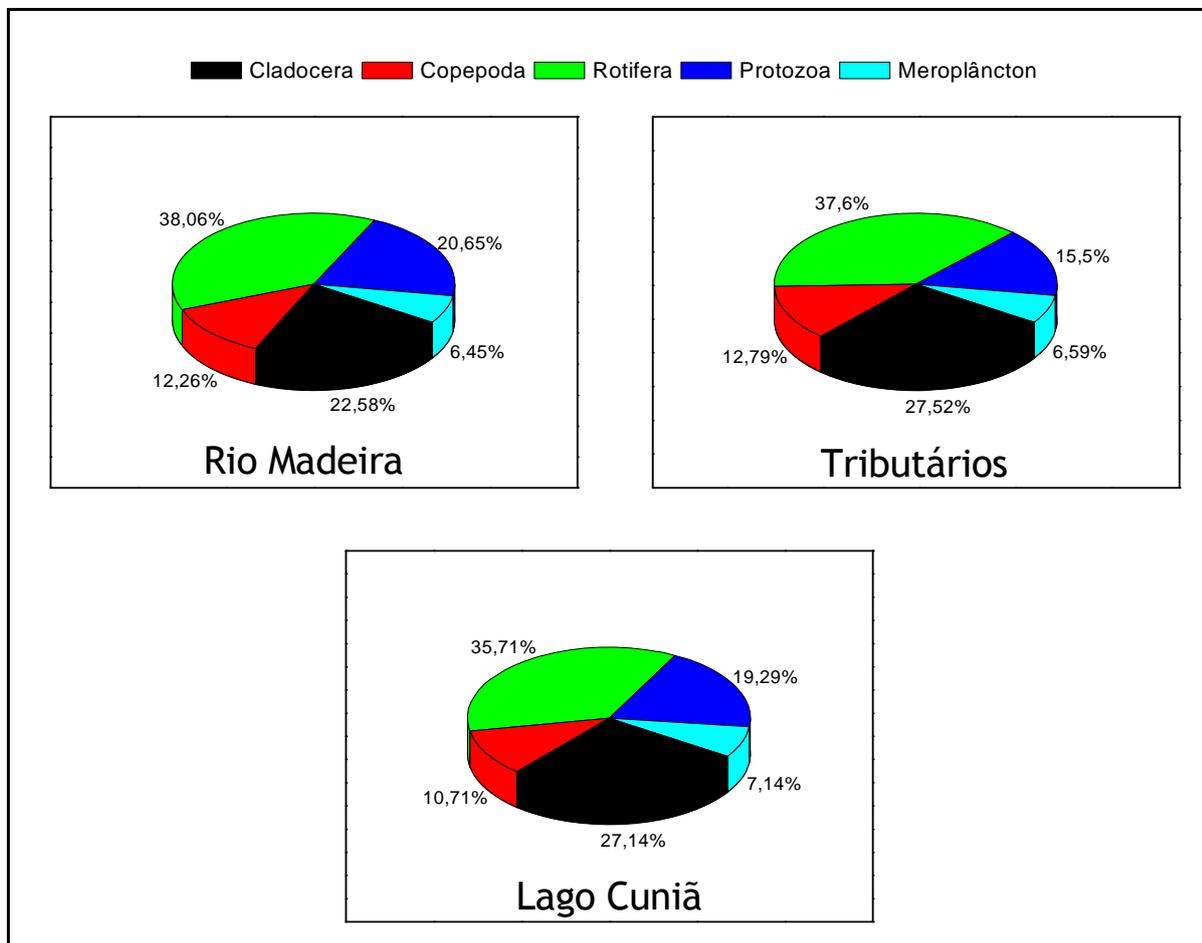


Figura 5.2.2-21 - Contribuição relativa (em porcentagem) de táxons por grupo da comunidade zooplânctônica no rio Madeira, tributários e no lago Cuniã de junho de 2009 a outubro de 2014.

5.2.2.9.2 - Análises dos padrões gerais da comunidade zooplânctônica

Com o objetivo de avaliar possíveis mudanças na riqueza, diversidade e densidade total (org L^{-1}) da comunidade zooplânctônica compararam-se, através de testes estatísticos (Teste de Mann-Whitney, nível de significância de 5%), as campanhas referentes às fases de pré e pós-enchimento, que abrangeram todo o período de monitoramento (junho de 2009 a outubro de 2014) para os sistemas rio Madeira, seus tributários e lago Cuniã. Compuseram a análise, os dados de todas as campanhas realizadas até setembro/2011 para a fase de pré-enchimento, ao passo que, para a fase de pós-enchimento, foram consideradas as campanhas após essa data.

Os resultados da comunidade zooplanctônica referentes à riqueza de espécies, diversidade e densidade total entre as fases de pré-enchimento e de pós-enchimento no rio Madeira não apresentaram diferenças significativas ($p \geq 0,05$). No entanto, quando se comparam os períodos hidrológicos, em cada fase e entre as fases, verifica-se que ocorreram diferenças significativas, em todos os parâmetros avaliados. No geral, os períodos hidrológicos após o enchimento mostraram uma homogeneidade para todos os parâmetros avaliados. No pré-enchimento, o período de vazante foi diferente dos demais, apresentando maiores valores de riqueza e diversidade e menores valores de densidade do zooplâncton. Na comunidade zooplanctônica dos tributários não ocorreram diferenças significativas na riqueza de espécies e na diversidade entre as diferentes fases do empreendimento, no entanto, houve diferença significativa entre a densidade total na fase de pré-enchimento e na de pós-enchimento ($p \leq 0,05$) (Figura 5.2.2-22). À partir do enchimento, menores densidades foram registradas nos períodos de águas altas e os maiores no de águas baixas, sendo vazante e enchente intermediários. Já a riqueza passou a ser maior na enchente, sem distinções claras entre os demais períodos.

Quando se analisam os resultados referentes à riqueza de espécies, diversidade e densidade total da comunidade zooplanctônica no lago Cuniã, verifica-se que para todos os parâmetros ocorrem diferenças significativas entre as fases do empreendimento. No entanto, analisando-se os períodos hidrológicos em cada fase, verifica-se que apenas na fase de pós-enchimento, no período de enchente, a riqueza de espécies foi estatisticamente maior daquela verificada no período de vazante ($p \leq 0,05$).

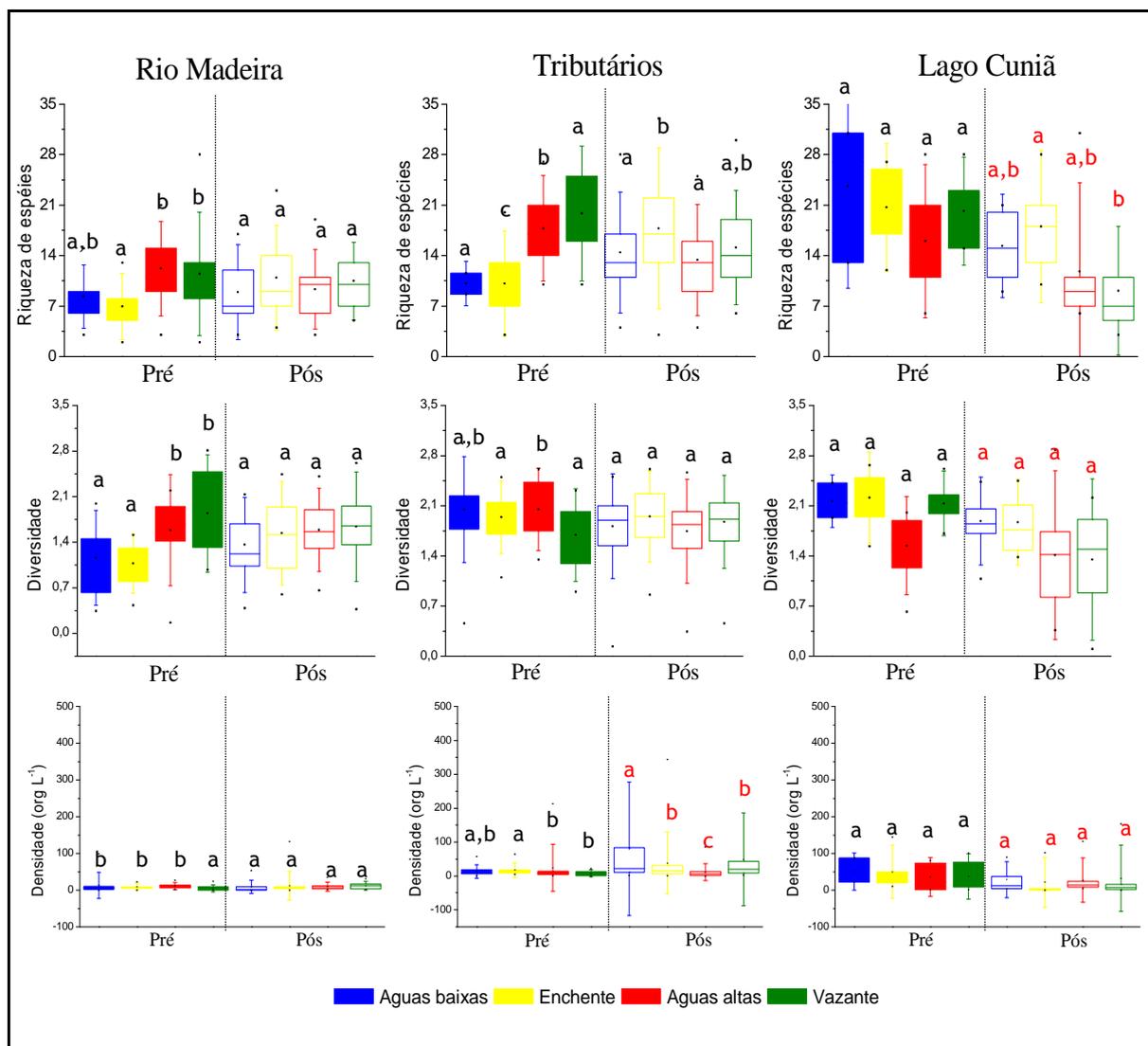


Figura 5.2.2-22 - "Box-plot" da diversidade, riqueza de espécies e densidade (org L⁻¹) da comunidade zooplantônica no referentes às fases de pré e pós enchimento que abrangem todo o período de monitoramento, junho de 2009 a outubro de 2014, no rio Madeira; nos tributários e no lago Cuniã. A linha dentro das caixas representa a mediana, o limite das caixas abrange 25 a 75% dos dados e as barras verticais representam o desvio padrão. As letras acima das caixas, quando diferentes, indicam diferença estatística significativa (teste de Mann-Whitney, $p < 0.05$). Letras com cores diferentes indicam diferenças significativas entre as fases de pré e pós-enchimento.

5.2.2.9.3 - CCA

Os resultados relativos à análise de correspondência canônica (CCA), relacionando a abundância dos grupos zooplancônicos e as variáveis ambientais no rio Madeira, tributários e no lago Cuniã, para os meses de junho de 2009 a outubro de 2014 estão apresentados na Figura 5.2.2-23.

Os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica explicaram 90,0% da variabilidade dos dados. As variáveis pH e a concentração de oxigênio dissolvido da água apresentaram correlações estatisticamente significativas ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Monte Carlo. A variação da condutividade elétrica parece ter sido a variável que apresentou maior correlação com as flutuações das densidades no rio Madeira e no lago Cuniã, principalmente de Rotifera e Protozoa. Nos tributários, as variáveis concentração de clorofila *a*, pH e oxigênio dissolvido parecem ter influenciado as populações do grupo Cladocera. O grupo Copepoda parece ter sofrido a menor influência entre as variáveis analisadas, apresentando elevadas densidades em todos os locais de amostragem.

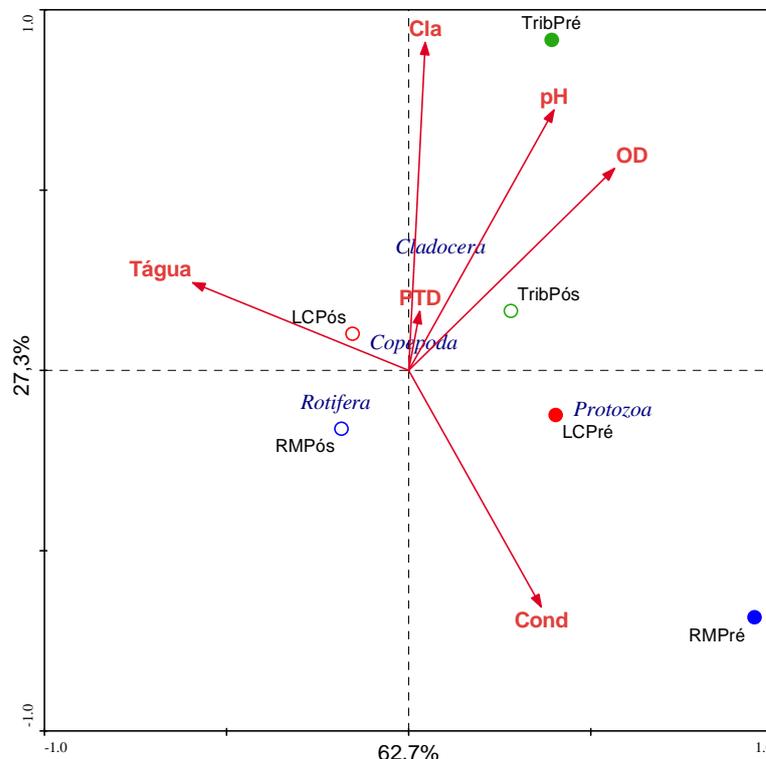


Figura 5.2.2-23 - Análise de correspondência canônica (CCA) entre os grupos componentes da comunidade zooplancônica e as variáveis ambientais, na área de influência da UHE Santo Antônio (rio Madeira - círculos azuis, tributários - círculos verdes e lago Cuniã - círculos vermelhas) (Cond. = Condutividade elétrica; OD = Oxigênio dissolvido; Tágua = Temperatura da água; Cla = Clorofila-*a*; PTD = fósforo total dissolvido) de junho de 2009 a outubro de 2014.

5.2.2.9.4 - Estimativas de riqueza

A estimativa da riqueza de espécies do rio Madeira obtida pelo estimador Jack1 foi de 190 espécies enquanto que para os estimadores Chao2 e *Bootstrap*, as riquezas esperadas foram menores, em torno de 170 espécies, respectivamente, sendo estes valores superiores ao valor observado para o sistema, (155 espécies; Figura 5.2.2-24).

A estimativa da riqueza de espécies dos tributários obtida pelo estimador Jack1 (270) também foi superior à estimativa obtida para Chao2 e *Bootstrap* (250). Os valores esperados foram próximos ao valor de riqueza total observado para o sistema (258 espécies; Figura 5.2.2-25).

Para o Lago Cuniã a estimativa da riqueza de espécies obtida pelo estimador Jack1 foi de 180 espécies, sendo este valor superior aos valores estimados por Chao2 (150) e *Bootstrap* (160). Todos os valores estimados foram superiores ao valor de riqueza observado para o Lago Cuniã, o qual foi de 140 espécies (Figura 5.2.2-26).

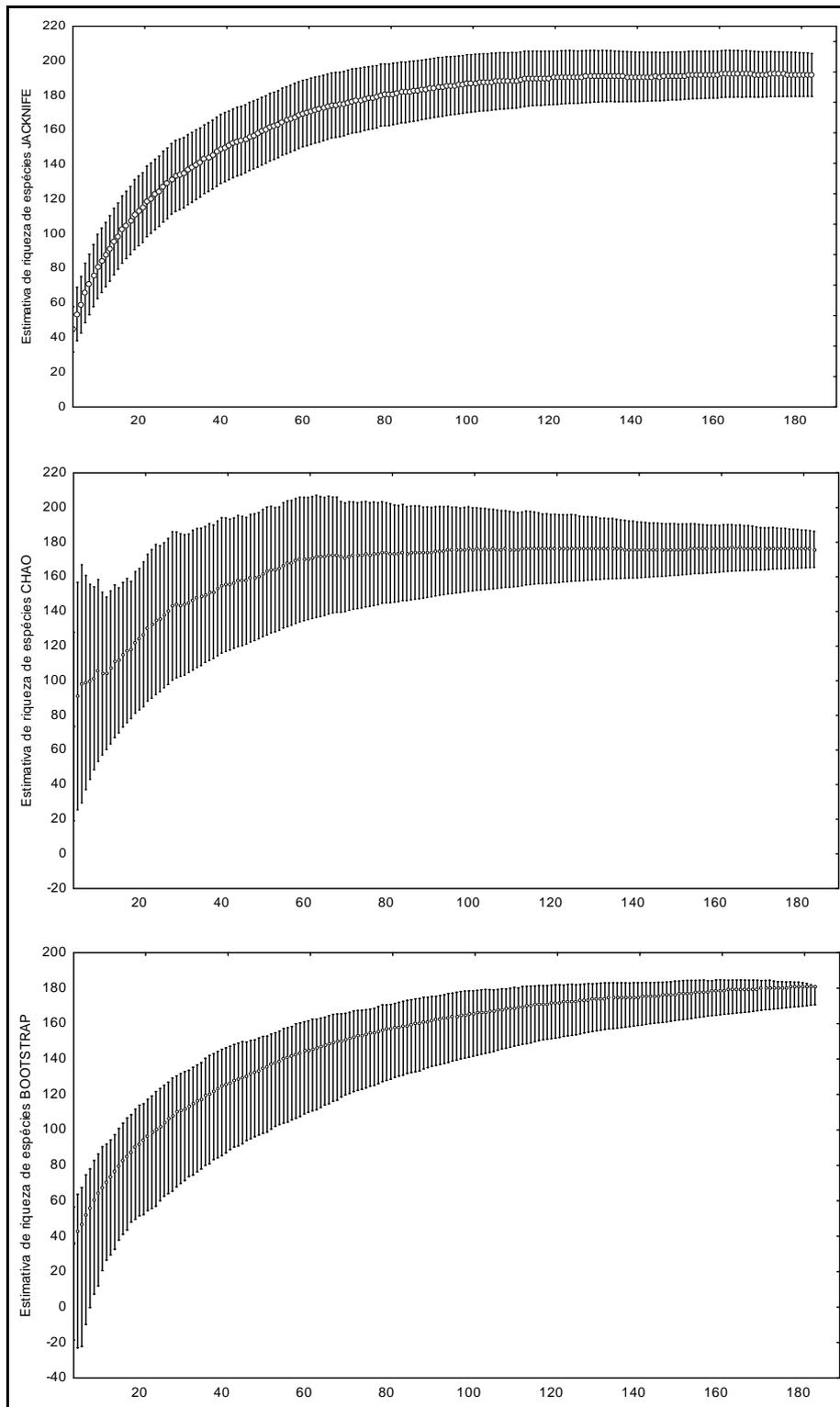


Figura 5.2.2-24 - Estimativa de riqueza de espécies da comunidade zooplancônica do rio Madeira com base no número cumulativo de amostras analisadas de junho de 2009 a outubro de 2014.

UHE Santo Antônio

2541-00-MLM-RL-0009-00

Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas -
Relatório 9 / Consolidado das Fases de Instalação e Operação

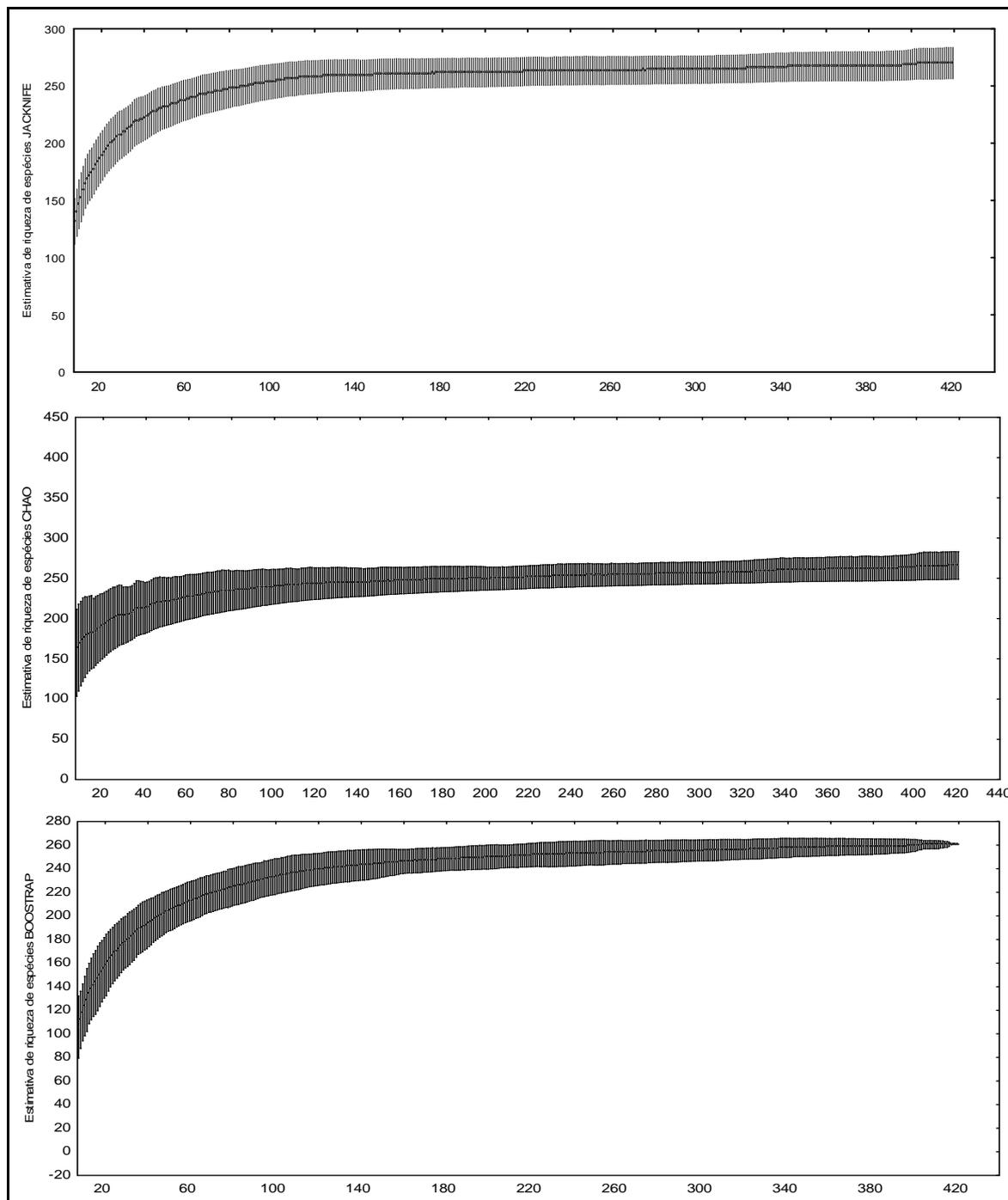


Figura 5.2.2-25 - Estimativa de riqueza de espécies da comunidade zooplanctônica dos tributários com base no número cumulativo de amostras analisadas de junho de 2009 a outubro de 2014.

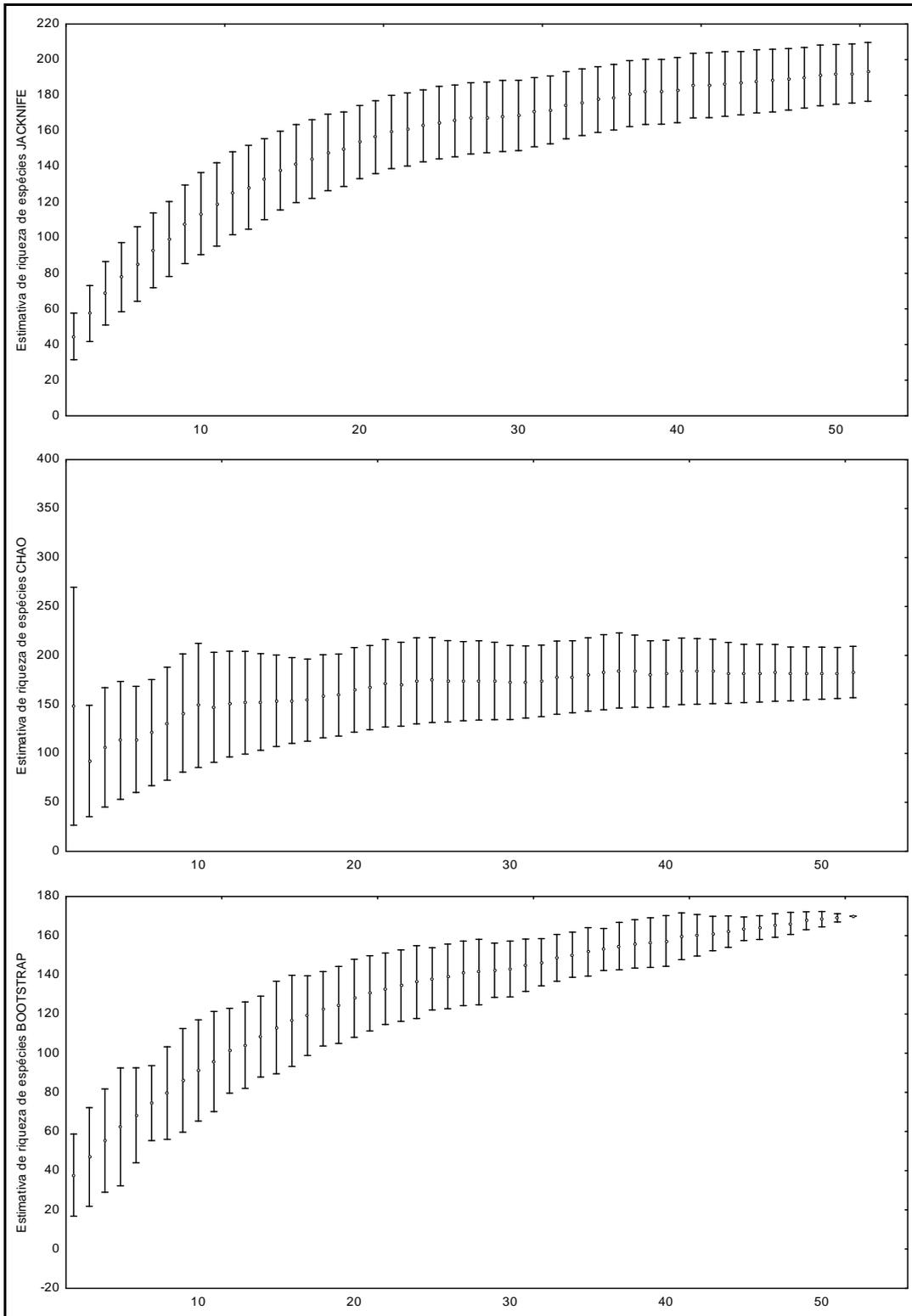


Figura 5.2.2-26- Estimativa de riqueza de espécies da comunidade zooplânctônica do Lago Cuniã com base no número cumulativo de amostras analisadas de junho de 2009 a outubro de 2014.

5.2.2.9.5 - Curva de rarefação

Para as amostragens realizadas desde junho de 2009 até outubro de 2014, somente a curva de abundância das espécies dos tributários indicou uma tendência à estabilização. Esse resultado pode ser explicado pelo esforço amostral empregado, já que nos tributários geralmente o número de estações amostradas foi maior que nos outros dois sistemas. No entanto, quando avaliamos um mesmo número de amostras nota-se que há uma menor riqueza de espécies no rio Madeira e maior nos tributários, com valores intermediários no lago Cuniã.

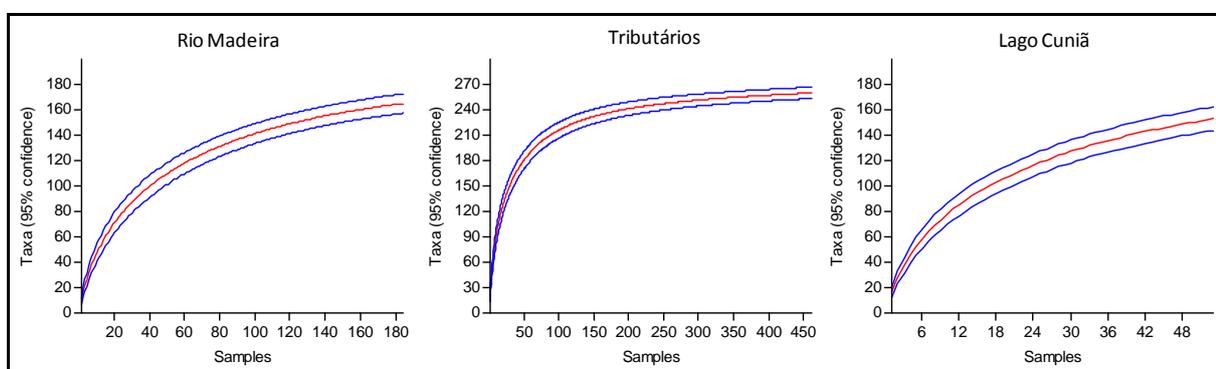


Figura 5.2.2-27 - Curva de rarefação das espécies da comunidade zooplanctônica para o rio Madeira, seus tributários e Lago Cuniã, no período de junho de 2009 a outubro de 2014.

5.2.2.9.6 - NMDS

Considerando o padrão de similaridade baseado na análise de ordenação NMDS verifica-se uma alta dissimilaridade entre as fases, para os três sistemas. Entre os três sistemas a maior similaridade na comunidade zooplanctônica entre as fases de pré e pós-enchimento é observada para o Rio Madeira, e a maior dissimilaridade entre estas fases é verificada para os tributários.

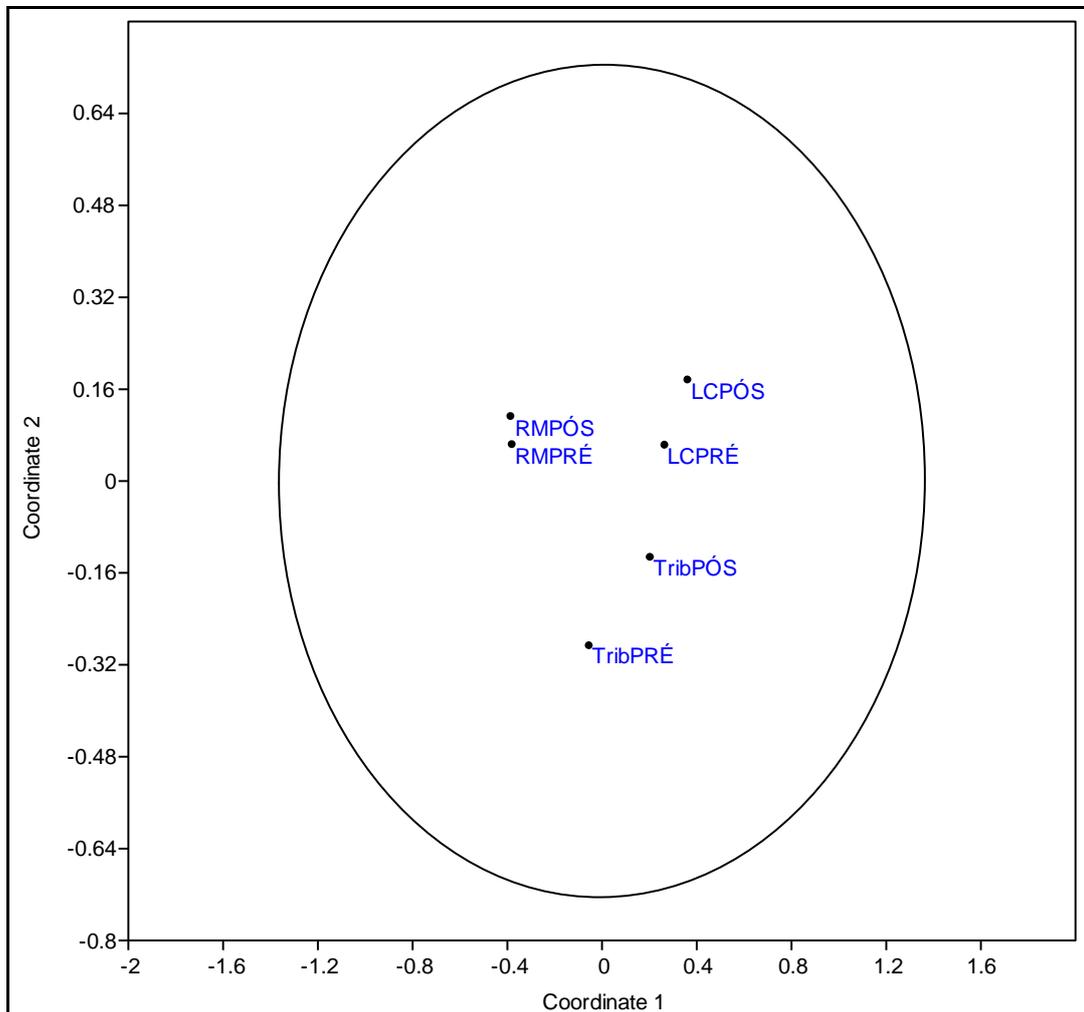


Figura 5.2.2-28 - Diagrama de ordenação (NMDS) da composição da comunidade zooplancônica no rio Madeira (Mad) e seus tributários (Trib) e do lago Cuniã (LC) de junho de 2009 a outubro de 2014.

5.2.2.10 - Discussão

A comunidade zooplancônica manteve uma composição similar em todas as campanhas realizadas na UHE de Santo Antônio. Nos três sistemas (rio Madeira, tributários e lago Cuniã), a comunidade zooplancônica foi bastante diversificada e com composição típica dos sistemas aquáticos tropicais, sendo constituída por muitas espécies de Rotifera, Protozoa, Cladocera e Copepoda, os grupos mais comumente encontrados em ecossistemas de água doce em todo o mundo (Payne, 1986; Margalef, 1983). No plâncton também foram registrados alguns táxons pertencentes ao meroplâncton.

Em geral, a análise da composição da comunidade zooplanctônica dos três sistemas revelou que Rotifera e Cladocera constituíram os grupos holoplanctônicos de maior riqueza de espécies. Os Rotifera apresentaram a mais elevada diversidade, com predominância de espécies das famílias Brachionidae e Lecanidae, padrão semelhante ao que vinha sendo registrado anteriormente a construção da barragem. Os Copepoda estiveram também bem representados, com espécies das duas ordens principais, os Calanoida e Cyclopoida.

Por se tratar de um ambiente tropical rico em nutrientes e de diversidade de habitats, as diversidades alfa e gama registradas nas análises foram altas, tanto antes aequanto depois do enchimento, chegando a um total de 312 táxons. Os sistemas rio Madeira (sistema lótico) e lago Cuniã (sistema lêntico) foram os mais heterogêneos entre si, demonstrando que suas características distintas influenciam na composição de espécies zooplanctônicas, e consequentemente na diversidade das comunidades.

Assim como ocorre em demais sistemas tropicais, os grupos Copepoda e Rotifera contribuíram com maiores valores de densidades nos três sistemas amostrados, por apresentarem altas taxas reprodutivas, além de colonizarem diversos tipos de habitats. Copepoda ainda contribuiu com maiores valores de biomassa na maioria das amostragens realizadas nos três sistemas, seguidos pelo grupo Rotifera e Cladocera. Em geral, os valores de biomassa para o grupo Protozoa foram os mais baixos, o que pode ser explicado pelo pequeno tamanho corporal desses organismos. Em geral, nos tributários os valores de biomassa foram superiores aos registrados para o rio Madeira, dadas as condições hidrodinâmicas menos lóticas adquiridas após o barramento.

Os tributários e lago Cuniã apresentaram padrão diferenciado entre as fases de pré e pós-enchimento. As maiores diferenças entre os períodos hidrológicos ocorreram na fase de pré-enchimento nos tributários e na fase de pós-enchimento no lago Cuniã. Na fase de pós-enchimento no lago Cuniã houve uma diminuição na riqueza, comparada à fase de pré-enchimento. Contudo, os demais parâmetros não revelaram diferenças entre as fases e períodos hidrológicos. Esse resultado pode ser decorrente da contribuição de espécies verdadeiramente planctônicas que se estabeleceram com a formação do reservatório (TAKAHASHI *et al.*, 2008).

A variação da condutividade elétrica parece ter sido a variável que apresentou maior correlação com as flutuações das densidades zooplanctônicas no rio Madeira e no lago Cuniã, enquanto nos tributários a concentração de clorofila *a*, pH e oxigênio dissolvido parecem ter influenciado as populações nestes ambientes. O grupo Copepoda parece ter sido o menos influenciado pelas variáveis analisadas, apresentando elevadas densidades em todos os locais de amostragem.

Os valores de riqueza estimados foram semelhantes aos valores de riqueza observados para os três sistemas analisados. Nota-se que os valores de riqueza esperados pelos estimadores Chao 2 e *Boostrap* foram mais próximos aos valores registrados durante o projeto em relação ao estimador Jackknife. A curva de rarefação evidenciou que os tributários detêm a maior riqueza de espécies, enquanto a riqueza do rio Madeira é a menor. Os tributários, além de terem um maior esforço amostral associado, são sistemas com menor turbulência de água quando comparados ao rio Madeira. Provavelmente isso possibilitou a sobrevivência e o desenvolvimento de um maior número de espécies zooplanctônicas. A curva de rarefação também indica que a comunidade dos tributários está se saturando, ao passo que novas espécies podem ainda serem registradas no rio Madeira e no lago Cuniã.

Entre os três sistemas a comunidade zooplanctônica do Rio Madeira apresentou maior similaridade entre as fases de pré e pós-enchimento, e a dos tributários a maior dissimilaridade. No entanto, cada sistema ainda apresenta considerável similaridade na composição e abundância do zooplâncton, entre antes e depois do enchimento.

5.2.2.11 - Conclusões

O inventário taxonômico dos invertebrados zooplanctônicos no rio Madeira realizado entre junho de 2009 a outubro de 2014 evidencia uma comunidade de elevada riqueza de espécies (312 táxons), constituída em sua maioria por espécies típicas de regiões tropicais e de ampla distribuição geográfica.

Nos três sistemas avaliados (rio Madeira, tributários e Lago Cuniã) a importância dos principais grupos taxonômicos em relação ao componente riqueza para a diversidade do sistema regional foi, em geral, maior para rotífera, seguido por cladocera. Também foram registrados protozoa, copepodas e alguns táxons pertencentes ao meroplâncton. Os grupos copepoda e rotífera contribuíram com maiores valores de densidades e biomassa nos três sistemas amostrados. copepoda contribuiu com maiores valores de biomassa, seguidos pelo grupo rotífera e cladocera. A diversidade alfa foi elevada, mas difere entre os sistemas, sendo: tributários > rio Madeira > lago Cuniã durante todos os anos amostrados. Além disso, a curva de rarefação apontou que quando o número de amostras é padronizado, a maior riqueza de espécies foi registrada para os tributários. A diversidade beta (entre os sistemas) evidenciou que o rio Madeira e o lago Cuniã foram mais heterogêneos entre si, enquanto a maior homogeneidade foi verificada entre o rio Madeira e os tributários, para a maioria dos períodos amostrados. A diversidade gama se manteve

relativamente elevada na região estudada, antes e depois do enchimento da barragem, o que pode ser uma característica típica das comunidades planctônicas dos sistemas tropicais amazônicos.

De um modo geral, não se observaram alterações expressivas na riqueza, diversidade e densidade da comunidade zooplanctônica antes e após o barramento, principalmente para o rio Madeira. Nos tributários houve um aumento na densidade, principalmente nos períodos de águas baixas. Entretanto para o lago Cuniã houve uma tendência à diminuição na riqueza, densidade e diversidade da comunidade zooplanctônica pós-enchimento, o que pode estar associado ao reduzido esforço amostral a partir de então.