

## ÍNDICE

5.2.2 -	Zooplâncton .....	1/30
5.2.2.1 -	Riqueza de espécies e composição taxonômica .....	1/30
5.2.2.2 -	Densidade numérica .....	5/30
5.2.2.3 -	Dominância .....	8/30
5.2.2.4 -	Equitabilidade .....	10/30
5.2.2.5 -	Diversidade .....	12/30
5.2.2.6 -	Biomassa.....	14/30
5.2.2.7 -	Diversidade alfa, beta e gama .....	17/30
5.2.2.8 -	Curva de rarefação .....	18/30
5.2.2.9 -	Análises estatísticas .....	19/30
5.2.2.10 -	A comunidade zooplanctônica e o ambiente: comparação da densidade, da riqueza e da diversidade específica nos períodos de enchente de 2010, 2011, 2012 e 2013 .....	21/30

## ANEXOS

Anexo 5.2.2-1 - Comunidade Zooplanctônica

Anexo 5.b - Laudos Bióticos Zooplâncton (Digital)



## 5.2.2 - Zooplâncton

O presente relatório refere-se às amostragens realizadas no rio Madeira, seus tributários e lagos e canais no mês de janeiro de 2013. No presente relatório são apresentados dados de riqueza, densidades absoluta e relativa, diversidade, dominância e equitabilidade das populações dos organismos zooplanctônicos. Os laudos analíticos são apresentados no **Anexo 5.b - Laudos Bióticos Zooplâncton (Digital)**.

### 5.2.2.1 - Riqueza de espécies e composição taxonômica

No inventário taxonômico da comunidade zooplanctônica do rio Madeira, tributários e lagos e canais, realizado no mês de janeiro de 2013, 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, os anelídeos da classe Oligochaeta, as ninfas de Insecta das Ordens Ephemeroptera e Plecoptera, além das larvas de insetos da Família Chironomidae e da Ordem Diptera, entre outros.

No rio Madeira foram registrados 25 táxons, sendo: 5 espécies de Cladocera, 3 de Rotifera, 2 de Copepoda, 9 de Protozoa e 3 táxons do meroplâncton (diversos táxons) (**Quadro 1 do Anexo 5.2.2-1 e na Figura 5.2.2-1**).

Uma elevada riqueza de espécies foi registrada nos pontos MON.05, MON.03 e MON.02 (9, 10 e 10 táxons, respectivamente) e a menor riqueza foi registrada no ponto MON.04, onde se registrou apenas 5 espécies da comunidade zooplanctônica (**Figura 5.2.2-1**).

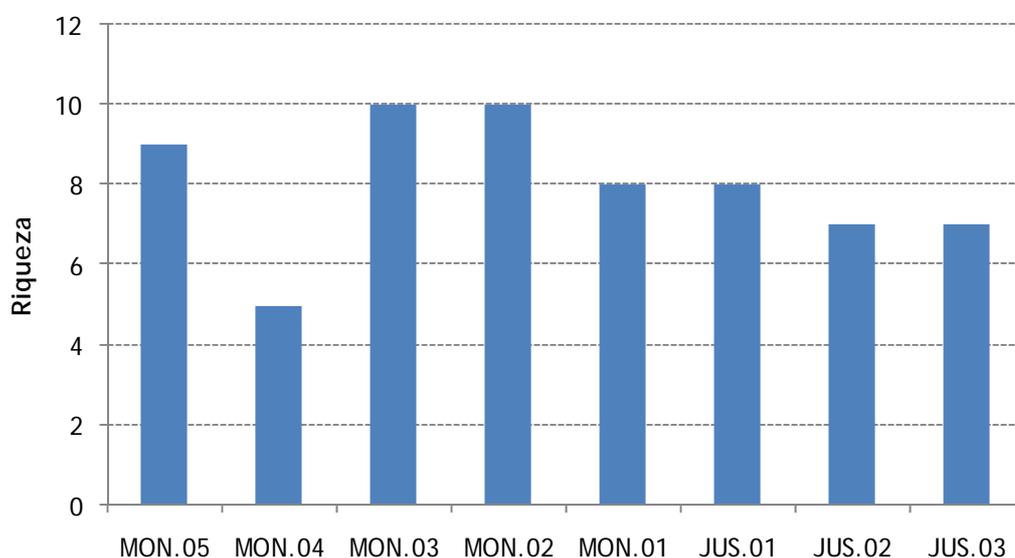


Figura 5.2.2-1 - Riqueza de espécies da comunidade zooplânctônica em diferentes pontos amostrados no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Nos tributários foram registrados 109 táxons para a comunidade zooplânctônica, correspondendo a uma elevada riqueza, quando comparada àquela obtida no rio Madeira. O Filo Rotifera foi representado pelo maior número de espécies (41). O grupo Cladocera também esteve bem representado, contendo 29. O grupo Protozoa foi representado por 18 táxons. Os Copepoda estiveram representados por 8 táxons, enquanto no meroplâncton foram registrados, ao todo, 9 táxons (Quadro 1 do Anexo 5.2.2-1 e na Figura 5.2.2-2).

Para os tributários o maior valor de riqueza foi registrado no ponto CEA.01 (33 táxons). Altos valores também foram registrados nos pontos CEA fundo e superfície (32 e 30, respectivamente) e JAC.03 superfície (31 táxons). Verificou-se que no mês de janeiro a riqueza foi menor nos pontos JAC.01 meio (9 táxons) e CRC fundo (10 táxons), seguidos pelos pontos TEO fundo, JAT I fundo, JAT II fundo (11 táxons cada) (Figura 5.2.2-2).

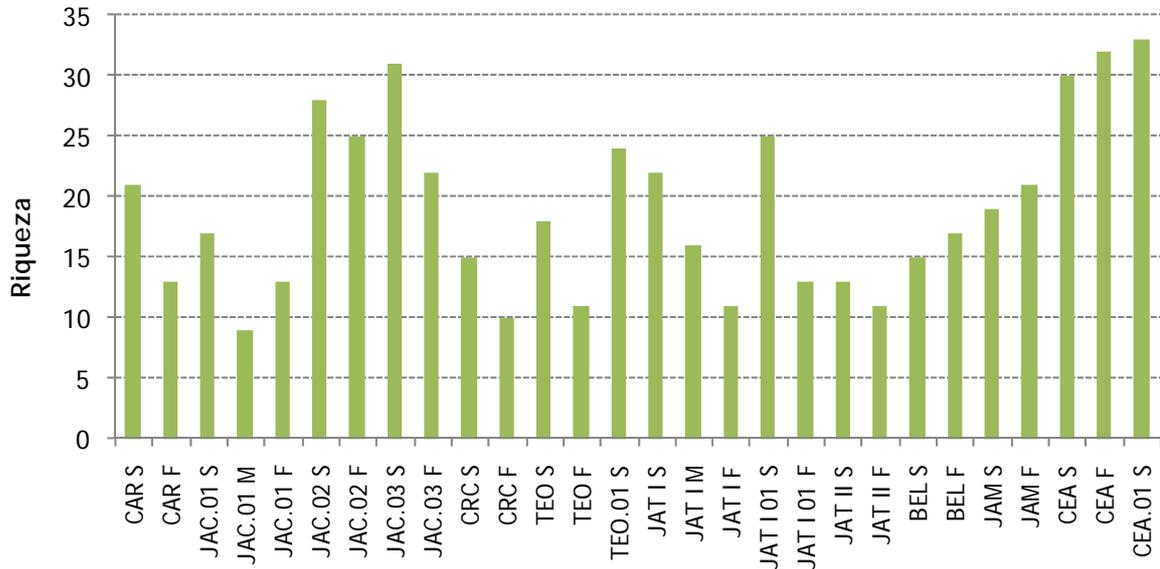


Figura 5.2.2-2 - Riqueza de espécies da comunidade zooplancônica nos tributários do rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Nos lagos e canais a riqueza total de espécies registrada foi inferior à obtida para os tributários e superior à registrada no rio Madeira, com um total de 91 espécies. O grupo dos Rotifera contribuiu com a maior riqueza (28 táxons), seguido pelos grupos Cladocera (26 táxons), Protozoa (12 táxons), Copepoda (11 táxons) e o Meroplâncton com o menor número (10 táxons). (Quadro 1 do Anexo 5.2.2-1 e na Figura 5.2.2-3).

As maiores riquezas de espécies, entre os pontos amostrados nos lagos e canais, foram registradas para os pontos LC.01 e LC.02 superfícies, com 28 e 29 táxons, respectivamente. O menor valor de riqueza (17 táxons) foi registrado no ponto LC.03, seguido pelo ponto LC.01 fundo (18 táxons) (Figura 5.2.2-3).

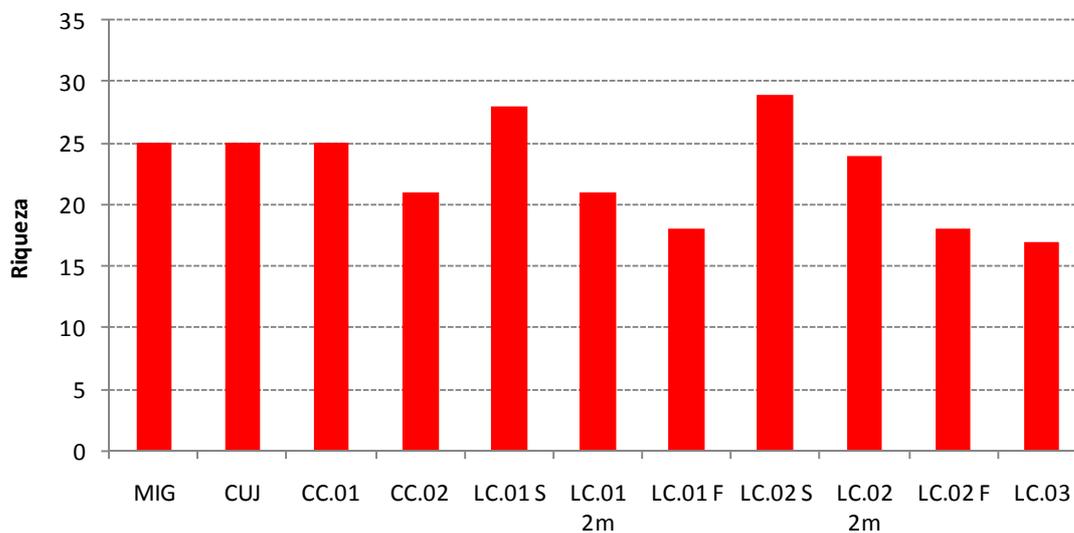


Figura 5.2.2-3 - Riqueza de espécies da comunidade zooplancônica nos lagos e canais, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Em relação às contribuições dos diferentes grupos taxonômicos para a riqueza da comunidade zooplancônica, no mês de janeiro de 2013, observou-se certa semelhança entre os tributários e os lagos e canais onde o grupo Rotifera foi constituído pelo maior número de espécies, seguido pelo grupo Cladocera. Já no rio Madeira o grupo de maior contribuição para a abundância total foi o Protozoa, seguido pelo Meroplâncton (Figura 5.2.2-4).

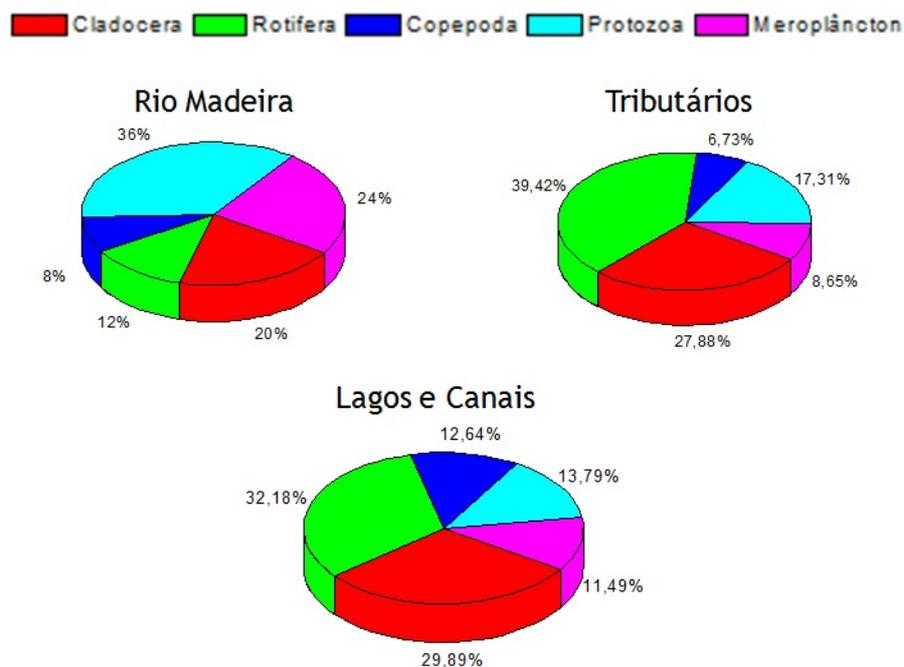


Figura 5.2.2-4 Contribuição relativa (em porcentagem) de táxons por grupo da comunidade zooplânctônica no rio Madeira, tributários e lagos e canais, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

#### 5.2.2.2 - Densidade numérica

As variações nos valores de densidade numérica ( $\text{ind. L}^{-1}$ ) da comunidade zooplânctônica do rio Madeira, tributários e lagos e canais estão apresentados na Figura 5.2.2-5, Figura 5.2.2-6, Figura 5.2.2-7, respectivamente, e do Quadro 5 ao Quadro 7 do Anexo 5.2.2-1.

No rio Madeira a densidade total do zooplâncton variou entre 4,28  $\text{ind. L}^{-1}$  a 20,40  $\text{ind. L}^{-1}$  (Quadro 5 do Anexo 5.2.2-1 e na Figura 5.2.2-5). No ponto MON.02 registrou-se a maior densidade (20,40  $\text{ind. L}^{-1}$ ). Neste ponto alto valor de densidade foi registrado para o protozoário *Astramoeba* sp.. Para esse sistema, entre os Cladocera os maiores valores foram registrados para as espécies *Moina minuta* e *Bosminopsis deitersi* (0,12  $\text{ind. L}^{-1}$ ). Para o grupo Copepoda os náuplios de Cyclopoida apresentaram as maiores densidades (1,30  $\text{ind. L}^{-1}$ ). Entre os rotíferos a espécie *Trochosphaera* registrou alta densidade dentro do grupo (1,30  $\text{ind. L}^{-1}$ ). No meroplâncton baixas densidades foram registradas para os táxons identificados.

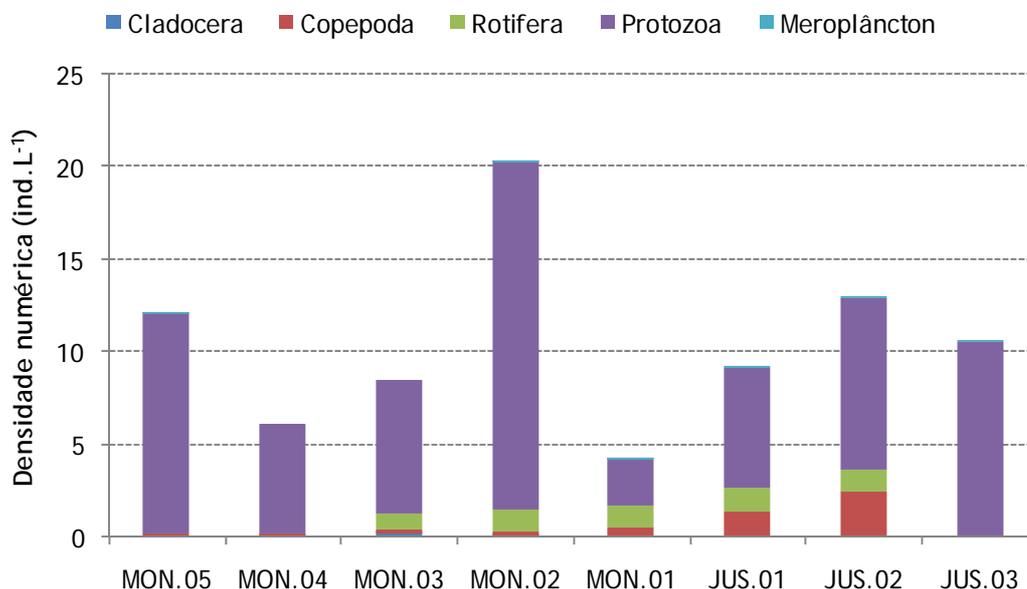


Figura 5.2.2-5 - Valores de densidade total (ind. L<sup>-1</sup>) da comunidade zooplânctônica nos diferentes pontos amostrados no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antonio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Nos tributários do rio Madeira os valores de densidade total dos organismos zooplânctônicos variaram de 4,68 ind. L<sup>-1</sup> a 200,02 ind. L<sup>-1</sup>, sendo que o menor valor foi registrado no ponto CAR fundo e o maior foi registrado na superfície do ponto TEO.01 superfície (Quadro 6 do Anexo 5.2.2-1 e na Figura 5.2.2-6).

Entre os Cladocera a espécie *Moina minuta* foi o táxon com maior densidade (19,35 ind. L<sup>-1</sup>) no ponto JAT I superfície. Entre os Copepoda os náuplios e copepoditos ocorreram sempre com as mais elevadas densidades, sendo que os náuplios de *Cyclopoida* atingiram elevada densidade também no ponto JAT I superfície (70,80 ind. L<sup>-1</sup>). A espécie de Rotifera *Brachionus zahniseri* atingiu a mais elevada densidade dentre este grupo com 119,6 ind. L<sup>-1</sup>, no ponto TEO.01 superfície. Dentre os Protozoa a espécie *Diffugia corona* foi a que ocorreu em maior densidade (5,9 ind.L<sup>-1</sup>), no ponto JAT I superfície. Os maiores valores de densidade entre os organismos do meroplâncton foram registrados para os Ostracoda e para *Chaoborus* sp.

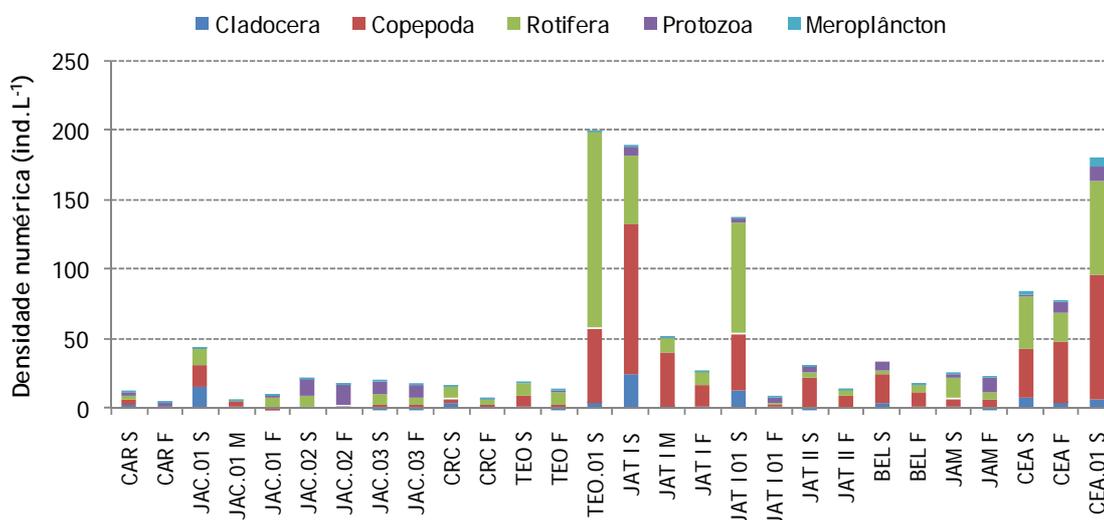


Figura 5.2.2-6 - Valores da densidade total (ind. L<sup>-1</sup>) da comunidade zooplânctônica nos tributários do rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Nos lagos e canais do rio Madeira os valores de densidade numérica total dos organismos zooplânctônicos variaram de 9,19 ind. L<sup>-1</sup> a 180,86 ind. L<sup>-1</sup> sendo que o menor valor foi registrado no fundo do ponto LC.01 e o maior na superfície do ponto LC.02 (Quadro 7 do Anexo 5.2.2-1 e na Figura 5.2.2-7).

Entre os Cladocera a espécie *Moina minuta* ocorreu em maior densidade, com 3,36 ind. L<sup>-1</sup> no ponto MIG. Entre os Copepoda os náuplios e copepoditos ocorreram sempre com as mais elevadas densidades, sendo que os náuplios de Calanoida atingiram maior valor de densidade no ponto MIG (24,36 ind. L<sup>-1</sup>). Entre os Rotifera a espécie *Lecane elsa* foi a que ocorreu em mais elevada densidade, atingindo 39,60 ind. L<sup>-1</sup> na superfície do ponto LC.02 (superfície). O maior valor de densidade entre os protozoários foi registrado para o táxon *Diffugia lobostoma* com 50,16 ind. L<sup>-1</sup> também na superfície do ponto LC.02. Os maiores valores de densidade entre os táxons do meroplâncton foram registrados para os Ostracoa (2,64 ind. L<sup>-1</sup>) ainda na superfície do ponto LC.02, Nematoda nesse mesmo ponto (1,32 ind. L<sup>-1</sup>) e no ponto CUJ (1,40 ind. L<sup>-1</sup>) e para Chaoborus sp. na superfície do ponto LC.01 (1,30 ind. L<sup>-1</sup>).

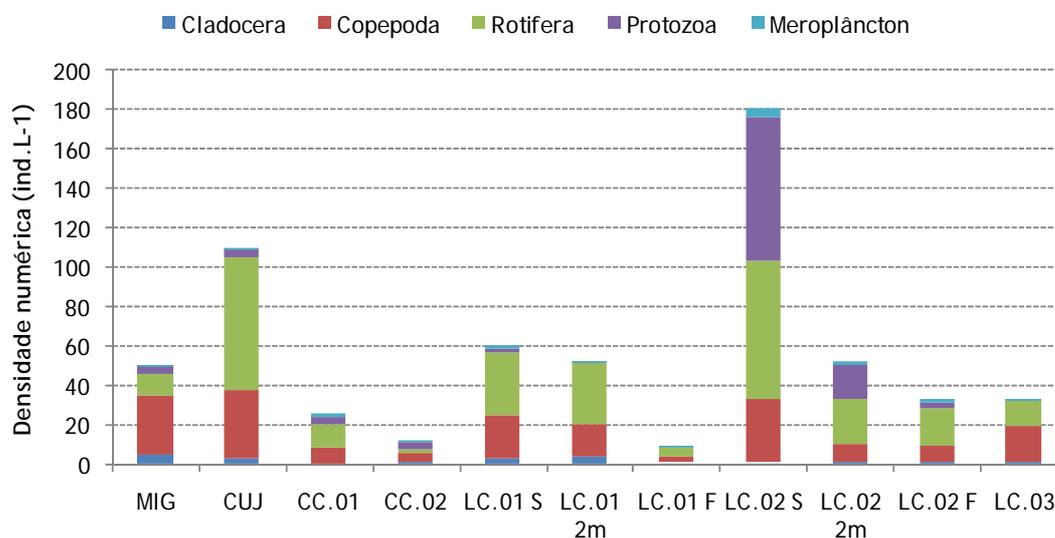


Figura 5.2.2-7 - Valores da densidade total (ind. L<sup>-1</sup>) da comunidade zooplânctônica nos lagos e canais associados ao rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

### 5.2.2.3 - Dominância

No rio Madeira o maior valor para a dominância foi de 0,48 no ponto MON.04, seguido por 0,38 no ponto MON.02 e 0,32 no ponto JUS.02. Nos demais pontos durante o mês de janeiro os valores variaram entre 0,21 e 0,27. (Quadro 2 do Anexo 5.2.2-1 e Figura 5.2.2-8).

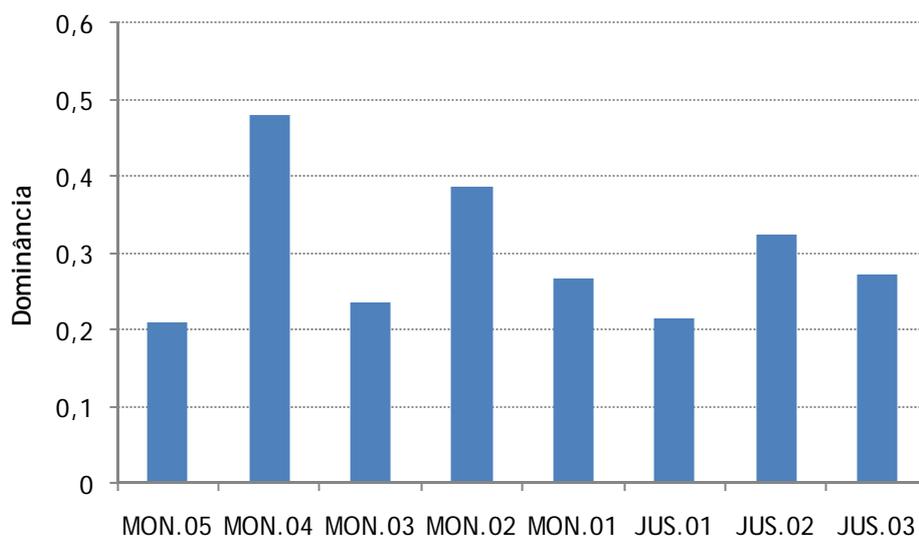


Figura 5.2.2-8 - Valores do Índice de dominância para a comunidade zooplânctônica no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Nos tributários do rio Madeira, em geral, os valores do índice de dominância foram menores do que os registrados para o rio Madeira, variando de 0,10 a 0,38. O maior valor (0,38) foi observado no ponto TEO.01 superfície e o menor valor (0,10) foi registrado no superfície dos pontos CAR, JAC.02, JAC.03 e CRC (Quadro 3 do Anexo 5.2.2-1 e Figura 5.2.2-9).

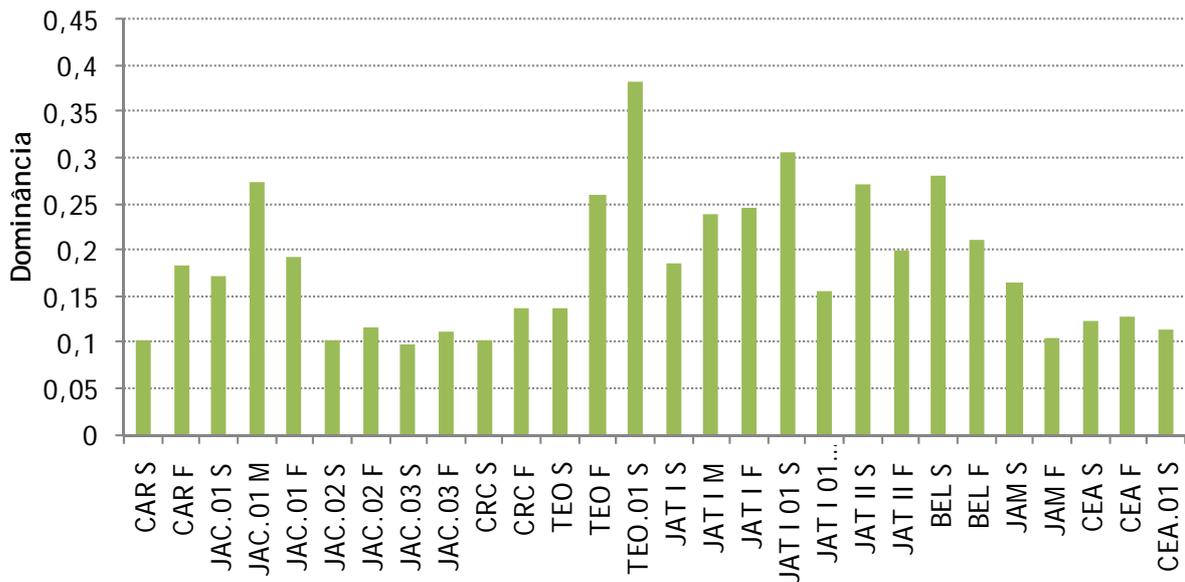


Figura 5.2.2-9 - Valores do Índice de dominância para a comunidade zooplânctônica nos tributários do rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Nos lagos e canais os valores registrados para o índice de dominância foram inferiores a 0,37. O maior valor foi registrado no ponto LC.01 2m (0,36). Nos demais pontos os valores foram baixos, inferiores a 0,28, sendo o menor valor (0,09) registrado no ponto CC.01 (Quadro 4 do Anexo 5.2.2-1 e Figura 5.2.2-10).

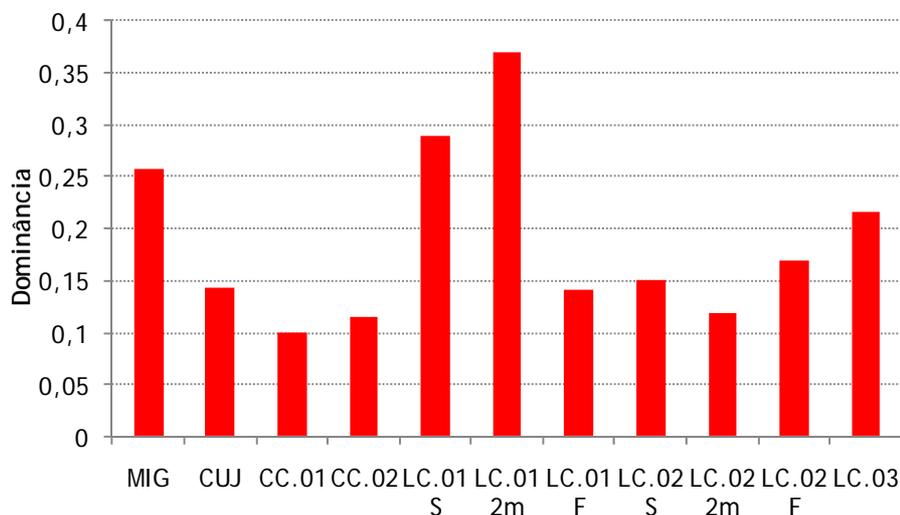


Figura 5.2.2-10 - Valores do Índice de dominância para a comunidade zooplânctônica nos lagos e canais associados ao rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

#### 5.2.2.4 - Equitabilidade

No rio Madeira os valores do índice de equidade foram altos. Na maioria dos pontos o valor registrado esteve acima de 0,68, com exceção nos pontos MON.02 e MON.04. Nestes pontos registrou-se índice de equidade de 0,56 e 0,53 respectivamente (Figura 5.2.2-11).

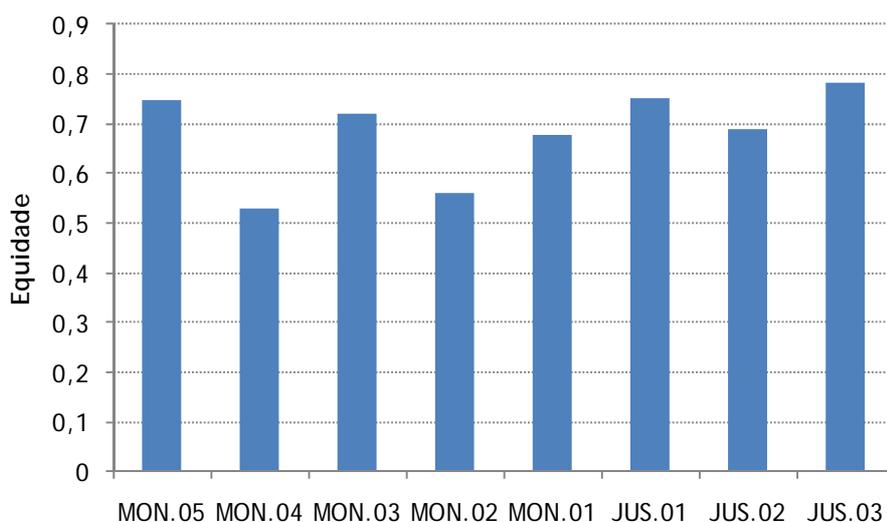


Figura 5.2.2-11 - Valores do Índice de Equidade para a comunidade zooplânctônica no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Nos tributários os valores de equidade para a comunidade zooplânctônica foram superiores aos observados para o rio Madeira, sendo que na maioria dos pontos este valor foi superior a 0,6. O maior valor foi registrado no ponto CRC superfície (0,89) e o menor valor (0,47) foi registrado no ponto TEO.01 superfície (Figura 5.2.2-12).

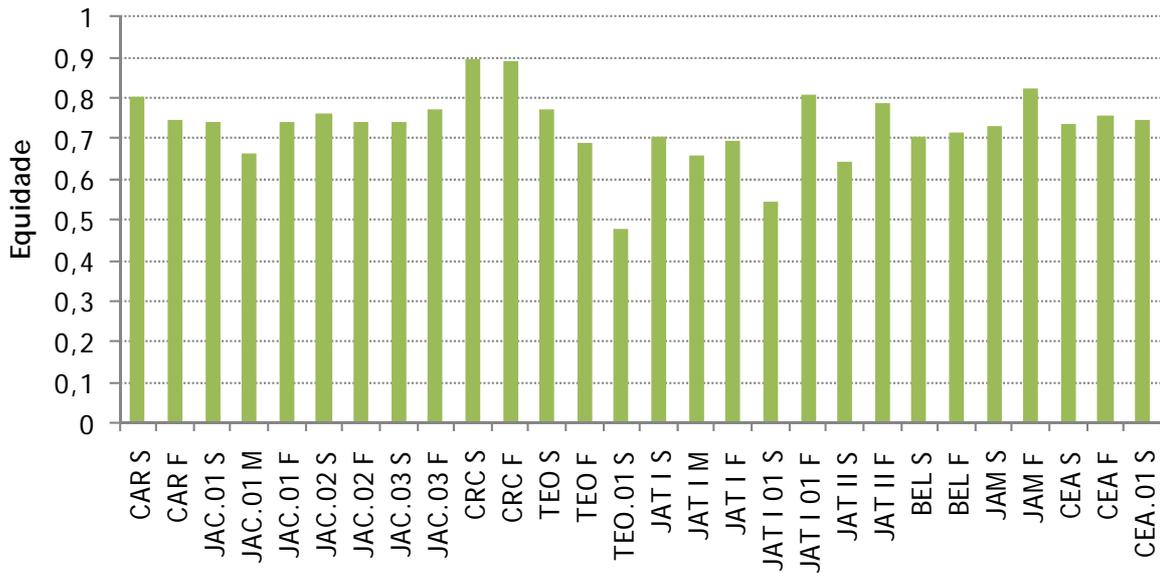


Figura 5.2.2-12 - Valores do Índice de Equidade para a comunidade zooplânctônica nos tributários do rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Em geral, nos lagos e canais associados ao rio Madeira, os valores de equidade para a comunidade zooplânctônica foram mais elevados do que os observados para o rio Madeira. O maior valor de equidade obtido entre os pontos amostrados foi de 0,79, registrado no ponto CC.01, e o menor valor foi registrado no ponto LC.01 2m (0,45) (Figura 5.2.2-13).

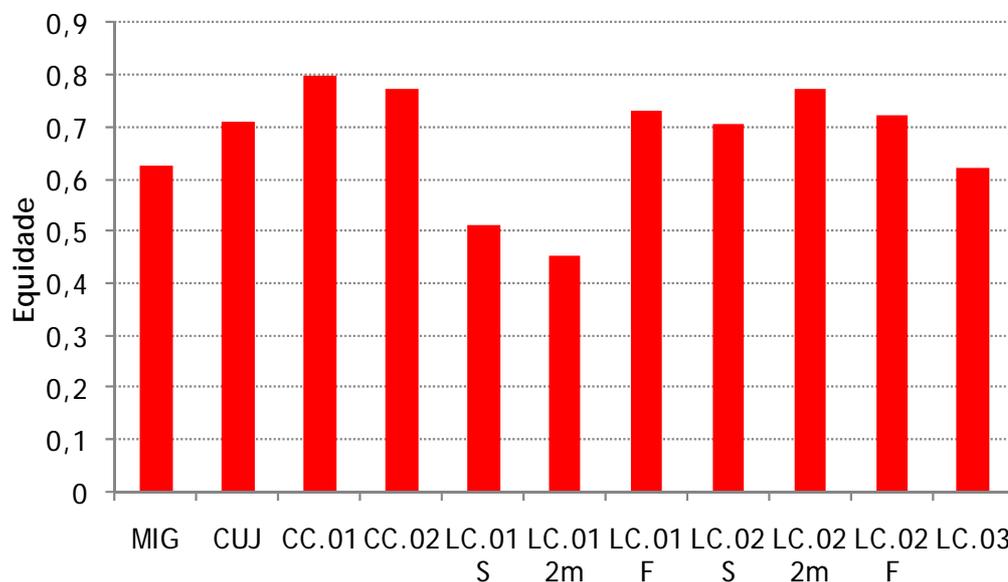


Figura 5.2.2-13 - Valores do Índice de Equidade para a comunidade zooplânctônica nos lagos e canais associados ao rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

### 5.2.2.5 - Diversidade

No rio Madeira, os maiores valores de diversidade de Shannon-Wiener para a comunidade zooplânctônica foram registrados nos pontos MON.03, JUS.01 e MON.05, (1,66; 1,65; 1,64; respectivamente). O menor valor do índice de diversidade foi registrado no ponto MON.04 (0,85) (Figura 5.2.2-14).

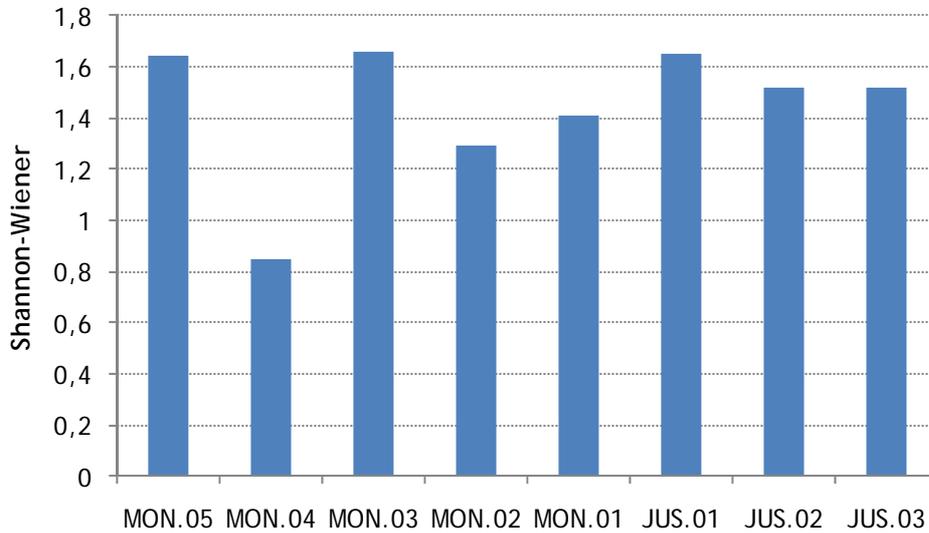


Figura 5.2.2-14 - Valores do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener para a comunidade zooplancônica do rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Nos tributários os valores de diversidade da comunidade zooplancônica foram bastante dissimilares entre os pontos. Os valores registrados variaram entre 1,56 e 2,62. O maior valor registrado (2,62) foi obtido para a amostra coletada no fundo do ponto CEA. O menor valor de diversidade foi de 1,56 para a comunidade zooplancônica amostrada na superfície do ponto TEO.01 (Figura 5.2.2-15).

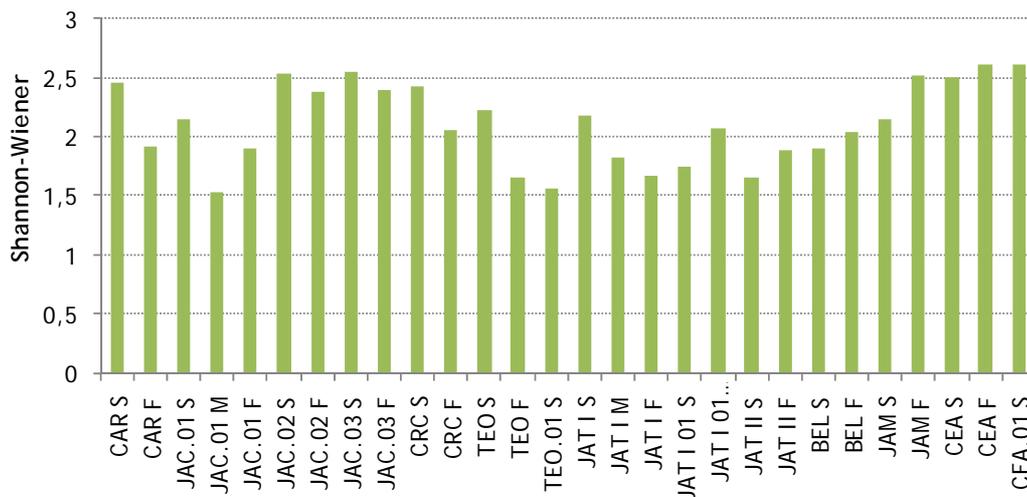


Figura 5.2.2-15 - Valores do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener para a comunidade zooplancônica dos tributários do rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Nos lagos e canais os valores do índice de Shannon-Wiener de maneira geral foram elevados, estando acima de 2,0. Os maiores valores de diversidade foram registrados nos pontos CC.01 (2,56) e LC.02 m (2,45), e os menores na profundidade de 2m do ponto LC.01 (1,38) (Figura 5.2.2-16).

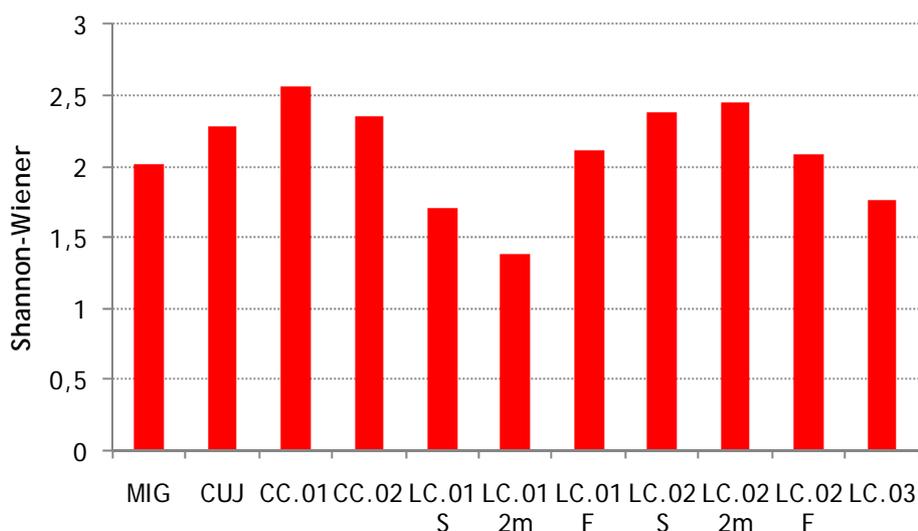


Figura 5.2.2-16 - Valores do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener para a comunidade zooplânctônica dos lagos e canais associados ao rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

### 5.2.2.6 - Biomassa

No mês de janeiro de 2013 o maior valor de biomassa total da comunidade zooplânctônica no rio Madeira foi de 7,57 mg PS.L<sup>-1</sup> registrado para o ponto MON.03. O menor valor de biomassa total foi registrado no ponto JUS.03 com apenas 1,08 mg PS.L<sup>-1</sup>. (Figura 5.2.2-17 e Quadro 8 do Anexo 5.2.2-1).

Entre os grupos da comunidade zooplânctônica os maiores valores de biomassa foram registrados para os cladóceras na maioria dos pontos amostrados no rio Madeira, seguidos pelos rotíferos e copépodes. Para o grupo Protozoa baixos valores de biomassa foram registrados (Figura 5.2.2-17).

Já entre as espécies zooplancônicas as maiores contribuições em termos de biomassa foram registradas para o cladócero *Moina minuta*, *Asplanchna sieboldi* e *Trochosphaera aequatorialis* (Quadro 8 do Anexo 5.2.2-1).

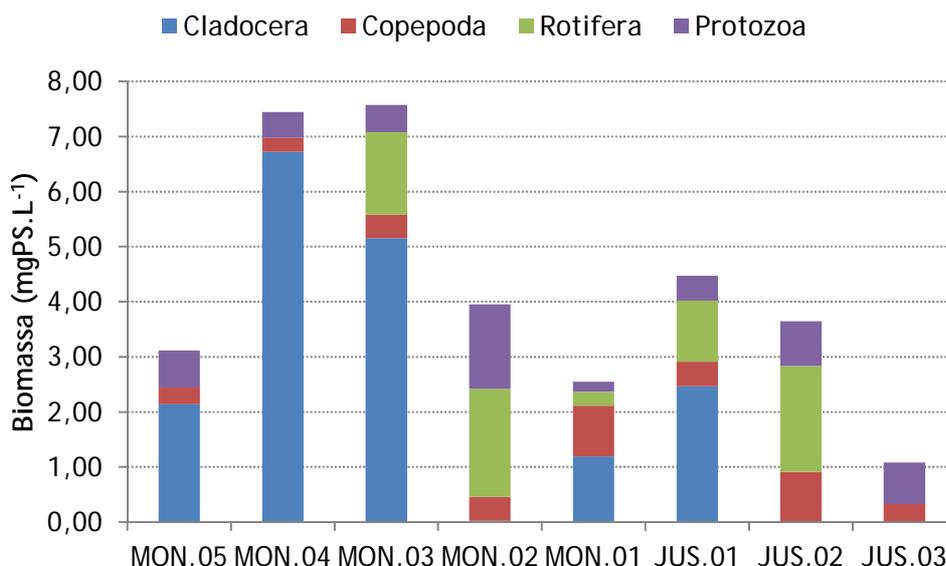


Figura 5.2.2-17 - Biomassa (mg PS. L<sup>-1</sup>) total e a contribuição relativa dos principais grupos da comunidade zooplancônica no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Nos tributários os valores de biomassa foram superiores aos registrados para o rio Madeira no mês em análise. O maior valor total registrado foi de 125,96 mg PS.L<sup>-1</sup> na superfície do ponto CEA.01. Altos valores também foram registrados nos pontos JAT I. superfície (78,68 mg PS.L<sup>-1</sup>), TEO.01 superfície (71,73 mg PS.L<sup>-1</sup>). Baixos valores de biomassa foram registrados nos pontos JAC.01 fundo (1,04 mg PS.L<sup>-1</sup>) e JAT I.01 fundo (1,60 mg PS.L<sup>-1</sup>) (Figura 5.2.2-18 e Quadro 9 do Anexo 5.2.2-1).

Em relação aos grupos da comunidade zooplancônica os Copepoda contribuíram com maiores valores de biomassa nos tributários seguidos pelo grupo Rotifera. O grupo Cladocera obteve valores altos de biomassa nos pontos onde os valores totais de biomassa foram os mais altos como mencionado acima, além da superfície do ponto JAC.01. Em geral, os valores de biomassa para o grupo Protozoa foram os mais baixos (Figura 5.2.2-18).

Entre os táxons, nos tributários, as maiores biomassas foram registradas para os jovens de Copepoda (nauplios e copepoditos) e *Brachionus zahniseri*. Entre os cladóceros as maiores biomassas foram registradas para as espécies *Diaphanosoma spinulosum* (Quadro 9 do Anexo 5.2.2-1).

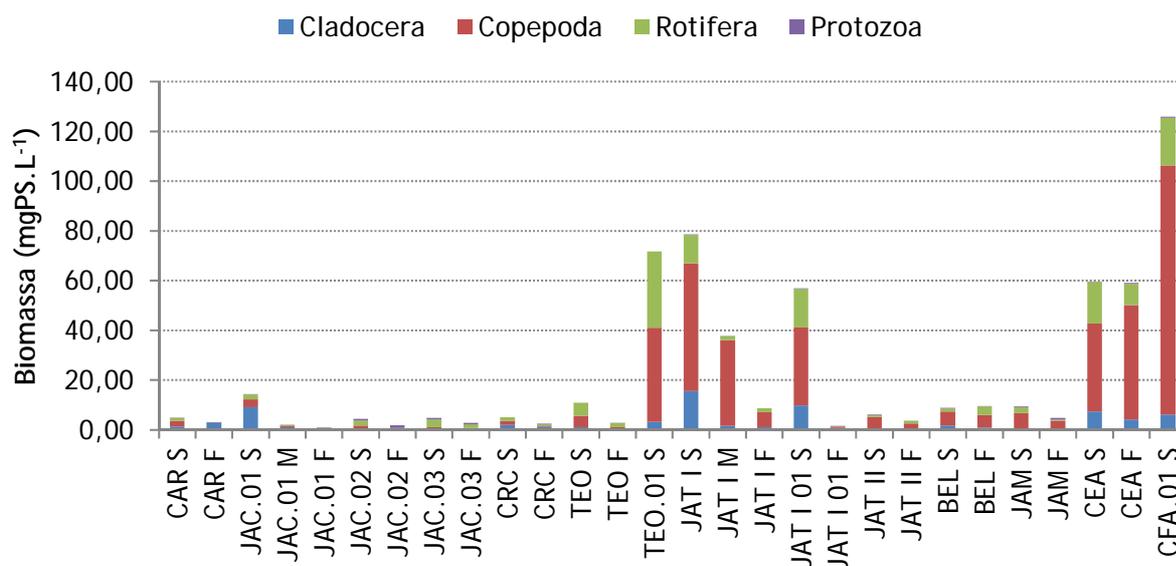


Figura 5.2.2-18 - Biomassa (mg PS. L<sup>-1</sup>) total e a contribuição dos principais grupos da comunidade zooplânctônica nos tributários do rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

Em geral, os valores de biomassa total registrados para a comunidade zooplânctônica nos lagos e canais também foram mais altos, porém inferiores aos observados nos tributários. O valor máximo registrado foi de 30,84 mg PS.L<sup>-1</sup> no ponto CUJ. Valores elevados também foram registrados nos pontos LC.02 (24,38 mg PS.L<sup>-1</sup> e MIG (23,21 mg PS.L<sup>-1</sup>). O menor valor de biomassa total foi registrado no fundo do ponto LC.01 (3,08 mg PS.L<sup>-1</sup>) (Figura 5.2.2-19 e Quadro 10 do Anexo 5.2.2-1).

Da mesma forma que nos tributários, nos lagos e canais os grupos Copepoda e Rotifera contribuíram com maiores valores de biomassa, seguidos pelos Cladocera e por último os Protozoa (Figura 5.2.2-19).

Entre as espécies registradas nos lagos e canais na amostragem de janeiro de 2013, os rotíferos *Lecane elsa* e *Lecane prolecta* contribuíram com os maiores valores de biomassa. Para as fases juvenis de copepoditos de Calanoida do grupo Copepoda contribuíram com maiores valores de biomassa (Quadro 10 do Anexo 5.2.2-1).

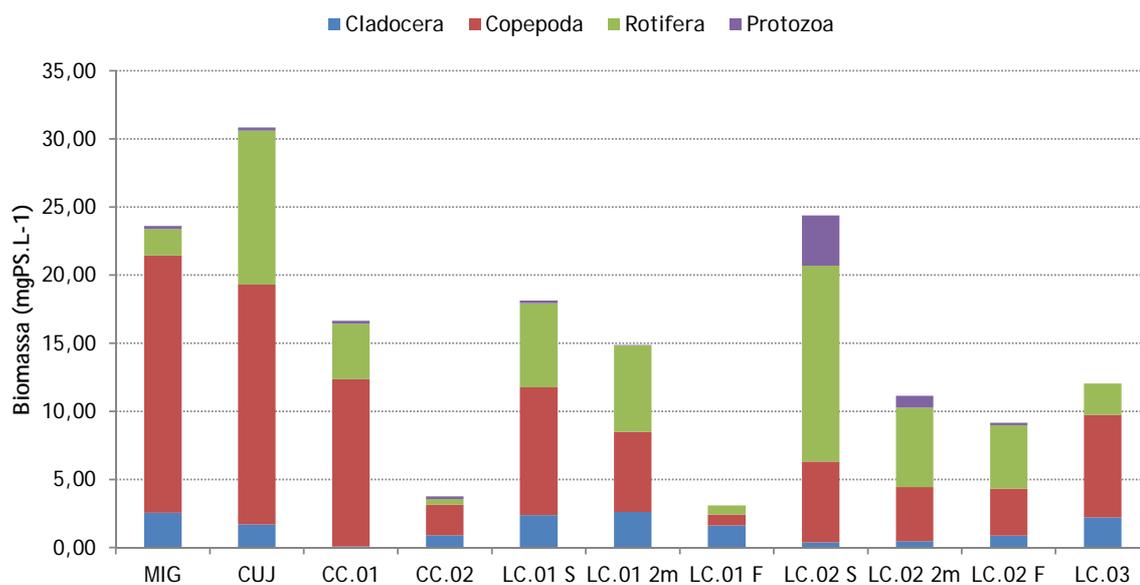


Figura 5.2.2-19 - Biomassa (mg PS.L<sup>-1</sup>) total e a contribuição dos principais grupos da comunidade zooplânctônica nos lagos e canais, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

### 5.2.2.7 - Diversidade alfa, beta e gama

Considerando as amostras quantitativas da comunidade zooplânctônica coletadas no mês de janeiro de 2013, nos três sistemas (rio Madeira, tributários e lagos e canais), a diversidade gama (regional) foi de 131 táxons.

A diversidade alfa ou riqueza total de espécies, para os sistemas do rio Madeira, tributários e lagos e canais, durante o período amostrado variou de 25 a 109 táxons, sendo que o maior valor foi registrado para os tributários e o menor para o rio Madeira. Para os lagos e canais a diversidade alfa registrada foi de 91 táxons.

Os valores de diversidade beta (entre os sistemas) obtidos evidenciaram que os sistemas rio Madeira e lagos e canais foram mais heterogêneos entre si, já que o valor registrado para a diversidade beta entre eles foi de 50%. Entre os tributários e os lagos e canais a diversidade beta registrada foi de 35%. Já entre o rio Madeira e os tributários o valor da diversidade beta foi baixo (22%), demonstrando que estes sistemas são mais homogêneos entre si em termos de diversidade de táxons. A diversidade beta entre os três sistemas considerados conjuntamente evidencia uma heterogeneidade de 37%.

### 5.2.2.8 - Curva de rarefação

A curva de rarefação para a comunidade zooplanctônica no rio Madeira situa-se marcadamente abaixo das curvas de riqueza das espécies dos tributários e dos lagos e canais. Portanto, a menor riqueza é aquela do rio Madeira, seguida dos lagos e canais e tributários, sistema que detém a maior riqueza de espécies. Para a amostragem realizada em janeiro de 2013, a curva de abundância das espécies não indicou uma tendência à estabilização para os três sistemas amostrados (Figura 5.2.2-20).

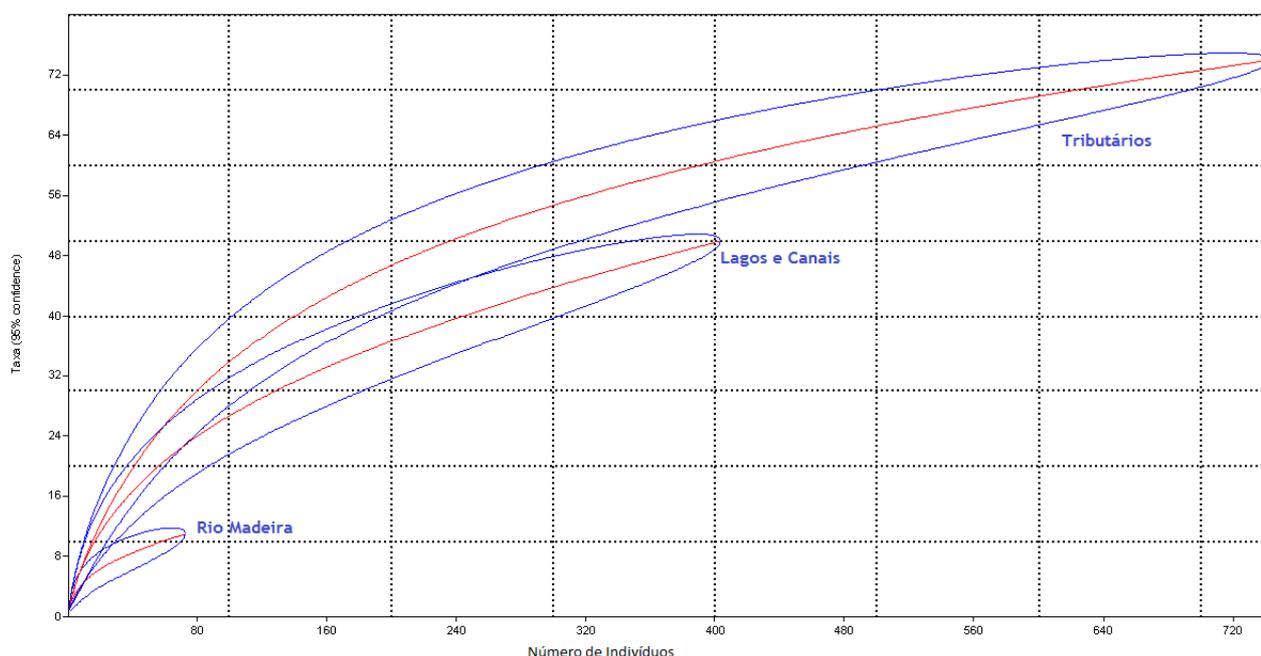


Figura 5.2.2-20 - Curva de rarefação das espécies da comunidade zooplanctônica para o rio Madeira, seus tributários e os lagos e canais adjacentes, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, no mês de janeiro de 2013.

### 5.2.2.9 - Análises estatísticas

Os resultados relativos à análise de correspondência canônica (CCA) relacionando a abundância dos grupos zooplancônicos e as variáveis ambientais no rio Madeira, tributários e lagos e canais na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira para o mês de janeiro de 2013 são apresentados na Figura 5.2.2-21.

Os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para o rio Madeira explicaram 95,6% da variabilidade dos dados, mas nenhuma das variáveis analisadas foram significativas. As concentrações de clorofila *a*, alcalinidade, nutrientes e oxigênio dissolvido correlacionaram-se positivamente com Rotifera, Copepoda e Meroplâncton. Nas amostragens a montante as variáveis condutividade e temperatura da água correlacionaram-se negativamente com Cladocera e Protozoa.

Nos tributários do rio Madeira na análise de correspondência canônica os dois primeiros eixos explicaram 88,4% da variabilidade dos dados, mas nenhuma das variáveis analisadas foram significativas. A alcalinidade e a condutividade elétrica aparecem como as mais significativamente relacionadas à distribuição das espécies. Já as variáveis clorofila *a* e nitrogênio total dissolvido (NTD) estiveram correlacionadas negativamente com a abundância dos Protozoa, e as variáveis temperatura, condutividade, alcalinidade, fósforo total dissolvido (FTD) e oxigênio dissolvido positivamente com a abundância dos demais organismos.

Nos lagos e canais adjacentes ao rio Madeira, a análise de correspondência canônica atingiu nos dois primeiros eixos 94,4% de explicabilidade, mas nenhuma das variáveis analisadas foram significativas. Na ordenação da CCA apenas a variável oxigênio dissolvido esteve correlacionada negativamente com a abundância de Cladocera, Copepoda e Rotifera, as demais variáveis correlacionaram-se positivamente com as maiores densidades de Protozoa e Meroplâncton principalmente nos pontos LC.02 superfície e 2 m.

As variáveis que se correlacionam positivamente com a abundância dos organismos (por exemplo, a condutividade, os nutrientes e a clorofila), refletem um maior grau de trofia e possivelmente maior disponibilidade de alimento nos locais amostrados.

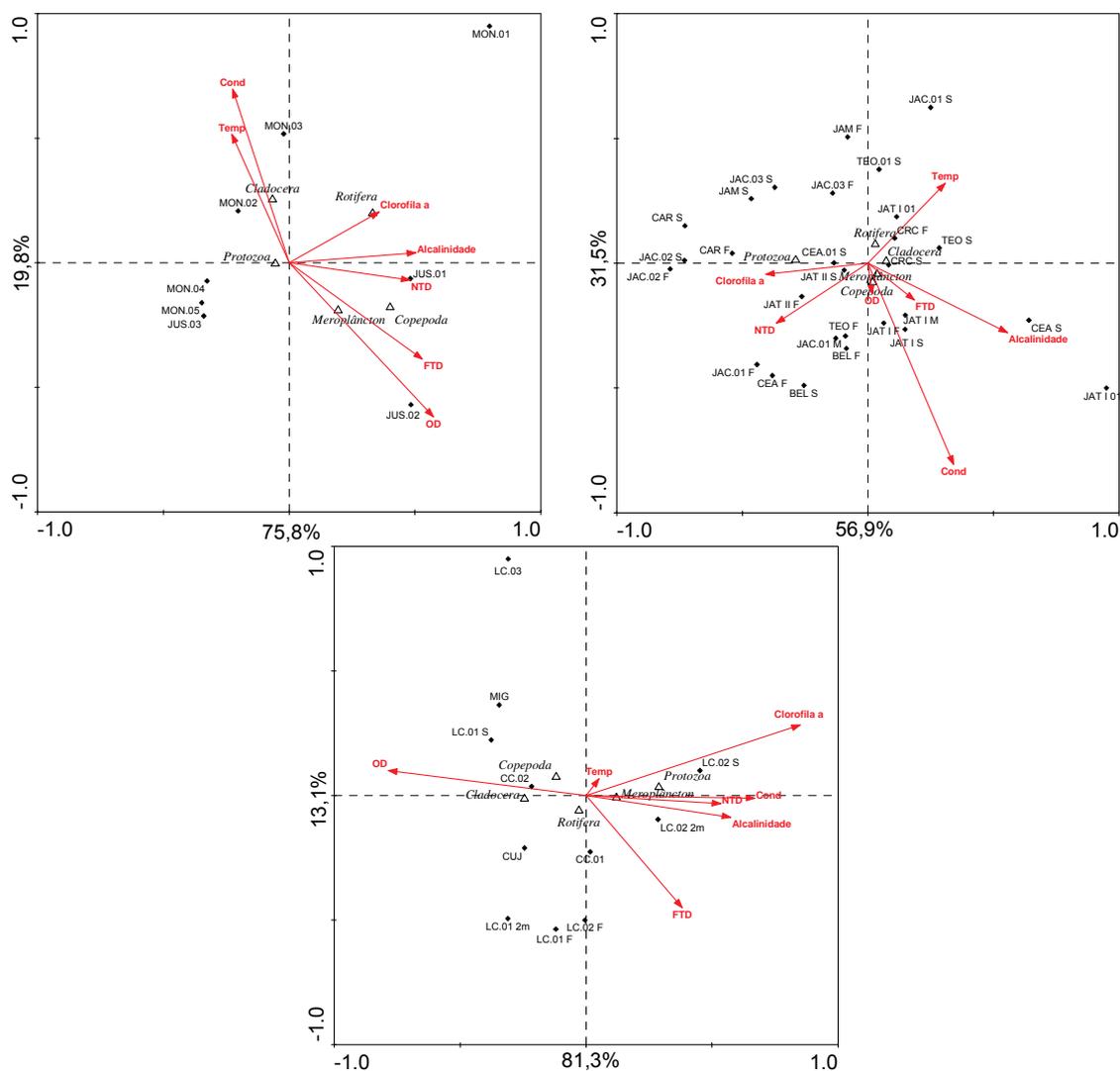


Figura 5.2.2-21 - Análise de correspondência canônica (CCA entre os grupos componentes da comunidade zooplânctônica e as variáveis ambientais, na sub-bacia do rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira amostrados no mês de janeiro de 2013 (NTD = Nitrogênio total dissolvido; PTD = Fósforo total dissolvido; OD = Oxigênio dissolvido).

### 5.2.2.10 - A comunidade zooplanctônica e o ambiente: comparação da densidade, da riqueza e da diversidade específica nos períodos de enchente de 2010, 2011, 2012 e 2013

Com o objetivo de avaliar possíveis mudanças na densidade total (ind.m<sup>-3</sup>), na riqueza de espécies e diversidade específica comparou-se, através de testes estatísticos (ANOVA Post Hoc teste, nível de significância de 5%), os períodos de enchente de 2010 (pré-enchimento 2010), 2011 (pré-enchimento 2011), 2012 (enchimento mensal-3) e 2012 (estabilização mensal-1, exceto lagos e canais) e 2013 (operação-2) do rio Madeira, seus tributários e lagos e canais.

Para identificar possíveis padrões ambientais considerando-se a densidade zooplanctônica (DT), condutividade (Cond.), pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura da água (T água), fósforo total dissolvido (PTD), Transparência (Trans), nitrogênio total dissolvido (NTD), alcalinidade (Alc), clorofila a (Cla) e sólidos totais dissolvidos (STD) realizou-se Análises de Componentes Principais no rio Madeira, nos tributários e nos lagos e canais.

O rio Madeira apresentou diferenças significativas da riqueza de espécies e diversidade entre os diferentes períodos de enchente, sendo essas variáveis maiores na enchente de 2011 (fase de enchimento mensal-3) se comparada as demais fases (**Figura 5.2.2-22 A-C**). Para os tributários registrou-se diferença significativa apenas para a riqueza de espécies, sendo maior na enchente de 2011 (fase de Pré-enchimento 2011). Os lagos e canais apresentaram diferenças significativas apenas para a diversidade e assim como para a riqueza de espécies e diversidade, no rio Madeira, os maiores valores foram registrados na enchente de 2011 (fase de enchimento mensal-3) (**Figura 5.2.2-22 G-I**).

As análises de Componentes Principais mostraram as relações da densidade do zooplâncton com o ambiente (variáveis físicas e químicas) nos os períodos de enchente, nas diferentes fases do empreendimento (pré-enchimento 2010 e 2011, enchimento mensal-3, estabilização mensal-1 e operação-2) no rio Madeira, seus tributários e lagos e canais. A análise revelou que no rio Madeira as fases de um mesmo período hidrológico são marcadas e diferentes entre si, enquanto que nos tributários e lagos e canais não houve diferenciação entre as fases do empreendimento (amostras distribuídas heterogeneamente). O rio Madeira sempre apresentou períodos hidrológicos mais marcados do que os tributários e lagos e canais, com enchentes e águas altas caracterizadas por maiores concentrações de sólidos em suspensão, íon amônio, fósforo solúvel reativo e altas profundidades (ver relatório abril de 2011). Comparando-se os períodos de

enchente das diferentes fases do empreendimento pode-se notar que a fase de pré-enchimento 2011 foi marcada por águas mais turbidas, com maiores concentrações de fósforo solúvel reativo e maiores densidade zooplanctônicas; a fase de enchimento mensal-3 foi marcada por alta condutividade, pH e temperatura da água; a fase de operação-2 foi marcada por maiores profundidades da água e sólidos em suspensão. As fases de pré-enchimento 2011 e estabilização mensal-1 não apresentaram fortes relações com as variáveis ambientais (localização das amostras próximas ao centro do gráfico - **Figura 5.2.2-23**).

Os dois primeiros eixos da ACP usando 10 variáveis abióticas e a densidade total do zooplâncton explicaram 43,6, 42,6 e 50,7% da variabilidade dos dados no rio Madeira, seus tributários e lagos e canais respectivamente (**Quadro 5.2.2-1**). As variáveis significativas ( $d > 0,40$ ) para os dois primeiros eixos da análise e que se correlacionaram positivamente ao eixo 1 foram: i) no rio Madeira- temperatura da água, condutividade, pH, alcalinidade, clorofila a e densidade total; ii) nos tributários temperatura da água, condutividade, pH e oxigênio dissolvido; iii) nos lagos e canais -temperatura da água, condutividade, pH, oxigênio dissolvido, alcalinidade. As variáveis que se correlacionaram negativamente ao eixo 1 foram i) no rio Madeira - sólidos totais dissolvidos e fósforo total dissolvido; ii) nos tributários e iii) nos lagos e canais não houve correlação negativa entre as variáveis e o eixo 1. As variáveis que se correlacionaram positivamente ao eixo 2 foram i) no rio Madeira foi apenas a transparência; ii) nos tributários - transparência, sólidos totais dissolvidos, clorofila a e densidade total do e iii) nos lagos e canais - transparência, sólidos totais dissolvidos. As variáveis que se correlacionaram negativamente ao eixo 2 foram: i) no rio Madeira oxigênio dissolvido e nitrogênio total dissolvido; ii) nos tributários não houve correlação negativa entre as variáveis e o eixo 2 e iii) nos lagos e canais foi apenas o fósforo total dissolvido (**Quadro 5.2.2-1**). A densidade total do zooplâncton não foi significativa para os dois primeiros eixos nos lagos e canais ( $d < 0,40$ ).

Quadro 5.2.2-1 - Matriz entre os autovetores (variáveis) e porcentagem da variância explicada nos dois eixos das Análises de Componentes Principais aplicada às amostras dos períodos de enchente das diferentes fases do reservatório no rio Madeira, seus tributários e lagos e canais. Números em vermelho e azul são as variáveis mais importantes que se relacionaram negativamente e positivamente aos dois primeiros eixos respectivamente.

Compartimentos	Siglas	Rio Madeira		Tributários		Lagos e canais	
		1	2	1	2	1	2
Transparência (m)	Trans	-0,458	0,5778	0,02595	0,653	0,1904	0,4602
Temperatura da água (°C)	T água	0,6894	0,5066	0,8242	-0,1995	0,7712	0,3856
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	STD	-0,4656	0,3186	0,5144	0,533	0,2721	0,4465
Condutividade (µS/cm)	Cond	0,7657	0,04919	0,5663	-0,4902	0,7009	-0,5988
Potencial hidrôgeno	pH	0,8353	0,2638	0,8717	-0,3304	0,8845	0,3131
Oxigênio dissolvido (mg/L)	OD	-0,05439	-0,6583	0,4889	-0,01813	0,6049	0,4756
Alcalinidade (mg/L)	Alc	0,5592	-0,2516	0,3367	0,3569	0,74	-0,5235
Nitrogênio total dissolvido (µg/L)	NTD	-0,08308	-0,4556	0,3952	-0,1137	-0,1011	0,3916
Fósforo total dissolvido (µg/L)	FTD	-0,4083	0,3701	0,1869	-0,1913	0,4267	-0,7452
Clorofila a	Cla	0,4199	-0,2532	0,384	0,5803	0,3312	0,04563
Densidade (ind.m-3)	DT	0,4213	0,3088	0,4239	0,4378	0,3075	0,2551
% da variância		27,5	16,1	26,3	16,3	29,9	20,8
Autovalores (Broken Stick)		3,028	1,764	2,895	1,805	3,288	2,292



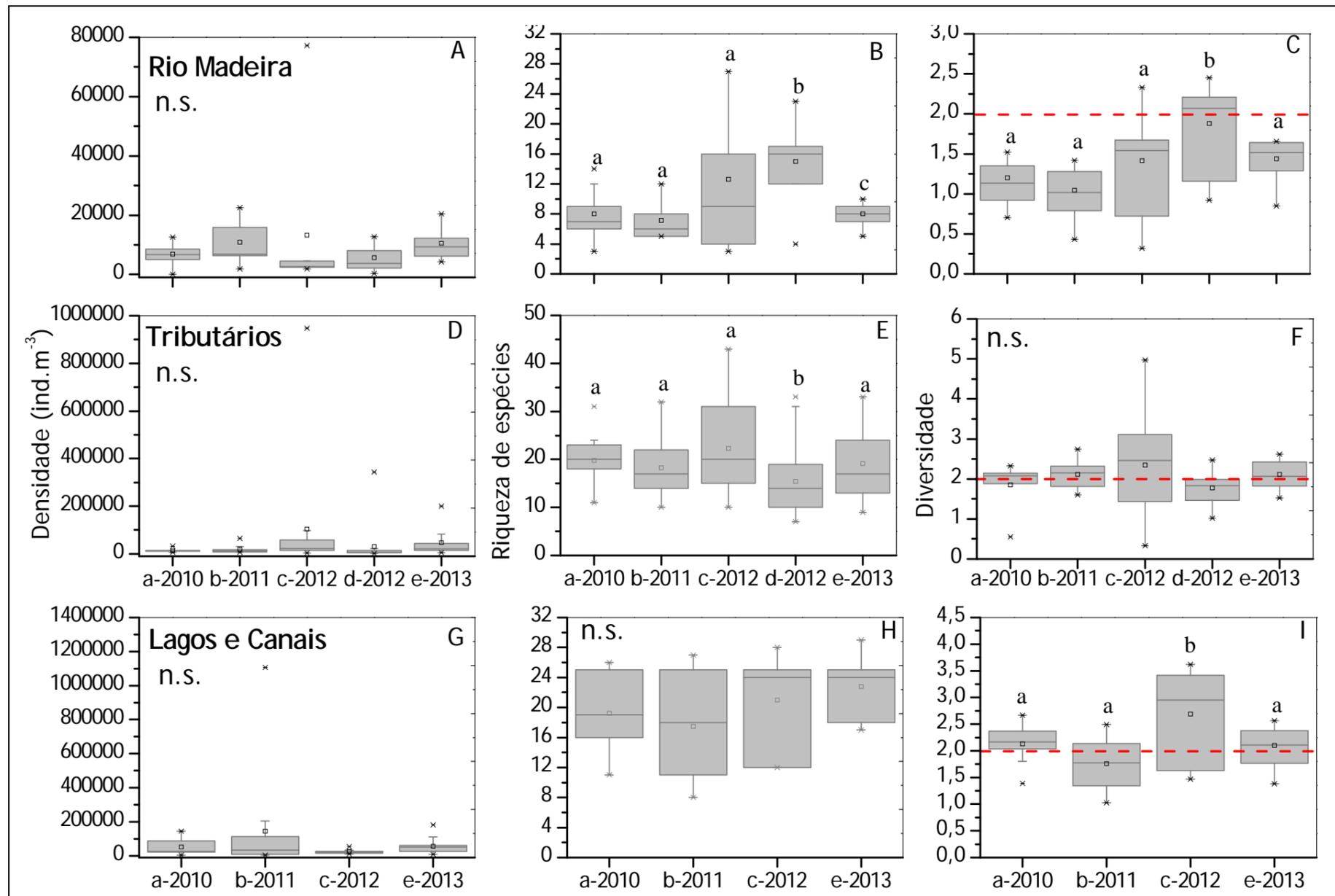


Figura 5.2.2-22 - "Box-plot" da densidade (ind.m<sup>-3</sup>), da riqueza de espécies (número de táxons/amostra) e da diversidade, nas enchentes de 2010, 2011, 2012 e 2013. A-C) no rio Madeira; D-F) nos tributários e G-I) nos lagos e canais. A linha dentro das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. As letras acima das caixas quando diferentes significam diferença estatística (ANOVA Post Hoc teste,  $p < 0.05$ ). A linha vermelha pontilhada representa o limite considerado como alta diversidade. n.s.=não significativo.



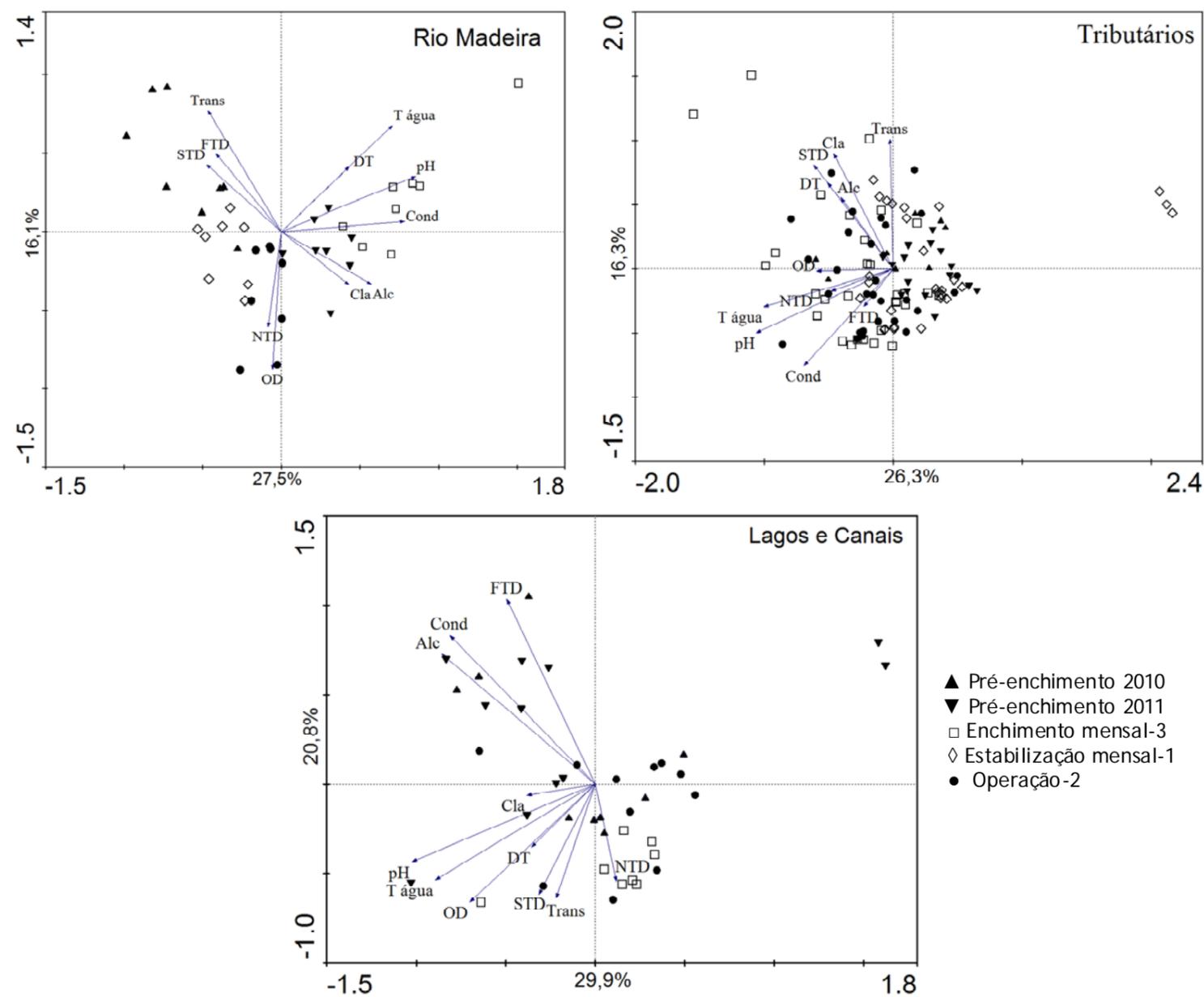


Figura 5.2.2-23 Diagramas de ordenação derivados das Análises de Componentes Principais (ACP) aplicadas às variáveis ambientais e a densidade total do zooplâncton no rio Madeira, seus Tributários e Lagos e canais no período de enchente das diferentes fases do empreendimento: Pré-enchimento 2010 (janeiro de 2010 -triângulo), Pré-enchimento de 2011 (janeiro de 2011-triângulo invertido), Enchimento mensal-3 (dezembro de 2011 -quadrado), Estabilização mensal-1 (fevereiro de 2012 - losango) e Operação-2 (janeiro de 2013 - círculo). T água= temperatura da água, OD= oxigênio dissolvido, Cond= condutividade, NTD = nitrogênio total dissolvido, STD= sólidos totais dissolvidos, Trans=Transparência, FTD=fósforo total dissolvido, pH, Cla = clorofila a, Alc = alcalinidade e DT= densidade total do zooplâncton.



## Discussão

A composição da comunidade zooplanctônica no mês de janeiro de 2013, assim como nas demais campanhas, manteve uma composição similar à observada antes do início da operação da UHE Santo Antônio.

Nos três sistemas (rio Madeira, tributários e lagos e canais), a comunidade zooplanctônica foi bastante diversificada com a composição típica dos sistemas aquáticos tropicais, sendo constituída por muitas espécies de Rotifera, Protozoa, Cladocera e Copepoda, os grupos mais comumente encontrados em comunidades planctônicas de água doce em todo o mundo (Payne, 1986; Margalef, 1983). No plâncton também foram registrados alguns táxons pertencentes ao meroplâncton.

Nos três sistemas estudados, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, os Rotifera constituíram o grupo holoplanctônico de maior riqueza de espécies com predominância de espécies das famílias Brachionidae e Lecanidae, padrão semelhante ao anteriormente registrado antes da fase de enchimento. Os Cladocera foram o segundo grupo mais diversificado no zooplâncton.

Os Copepoda estiveram também bem representados, com elevada riqueza de espécies das duas ordens principais, os Calanoida e Cyclopoida.

Neste estudo a menor riqueza de espécies foi observada para o rio Madeira e a maior riqueza de espécies na comunidade zooplanctônica ocorreu nos tributários como evidenciado pela diversidade alfa, seguido pelos sistemas lacustres. Dentre os sistemas lacustres o Lago Cuniã contribuiu com elevada riqueza de espécies. Duas revisões recentes da literatura apontam que para a maioria dos sistemas naturais a diversidade aumenta de forma monotônica ou unimodal com o aumento na produtividade (Waide et al. 1999, Mittelbach et al. 2001). A forma desta relação muitas vezes é dependente do grupo de organismos estudados, mas de forma geral a diversidade de plantas costuma possuir uma relação unimodal enquanto que a diversidade animal possui uma relação sempre positiva com a produtividade (Mittlebach et al. 2001). Desta forma podemos concluir que ambientes de baixa produtividade em geral apresentam baixa diversidade de espécies. É provável que a comunidade fitoplanctônica do rio Madeira sofra forte limitação pela alta turbulência. Esse fator pode ser salientado como um dos possíveis responsáveis para a baixa diversidade de espécies fitoplanctônicas neste sistema. Assumindo que a comunidade

zooplancônica depende da produtividade fitoplanctônica como fonte majoritária de recursos neste sistema, sua produtividade também é comprometida. Isto também pode explicar a baixa diversidade relativa observada para o zooplâncton no rio Madeira.

Os protozoários normalmente são abundantes no plâncton de rios, e foram muito abundantes nos três sistemas. Esses organismos são importantes nos ecossistemas aquáticos desempenhando função como componentes nos ciclos biogeoquímicos regulando o suprimento e a demanda de carbono orgânico, a ciclagem de nutrientes e o balanço de gás carbônico e oxigênio dentro e entre os ecossistemas (SILVA, 2008).

Em janeiro, os Copepoda tiveram relevante contribuição para a biomassa nos três sistemas amostrados, devido provavelmente ao maior tamanho corporal de seus indivíduos em relação aos demais grupos e juntamente com os Rotifera aliado às altas densidades numéricas registradas para esses grupos nos pontos amostrados.

A curva de rarefação evidencia que os tributários detêm a maior riqueza de espécies, razão pela qual a conservação dos mesmos deve ser prioritária, enquanto a riqueza do rio Madeira é a mais baixa. As maiores densidades no mês de janeiro também foi mais elevada nos tributários, fato que pode evidenciar uma influência da construção da barragem, onde esses ambientes antes de características lóticicas se tornam mais lênticos favorecendo o estabelecimento do zooplâncton.

Por se tratar de um ambiente tropical rico em nutrientes e diversidade de habitats, as diversidades alfa e gama registradas para essas análises foram altas, chegando a 109 táxons. Os sistemas do rio Madeira (sistema lótico) e lagos e canais (sistema lêntico) foram os mais heterogêneos entre si, demonstrando que suas características distintas podem funcionar com filtros, influenciando a diversidade de espécies zooplancônicas estabelecidas nos mesmos.