

ÍNDICE

5.2 - Bióticos.....	1/24
5.2.1 - Fitoplâncton.....	1/24
5.2.1.1 - Riqueza de espécies no conjunto de dados.....	1/24
5.2.1.2 - Riqueza taxonômica por compartimento.....	2/24
5.2.1.3 - Densidade absoluta e densidade relativa.....	4/24
5.2.1.4 - Biovolume absoluto e biovolume relativo.....	8/24
5.2.1.5 - Riqueza, diversidade específica e equitabilidade no conjunto de dados.....	11/24
5.2.1.6 - Diversidade de espécies.....	15/24
5.2.1.7 - Abundância relativa das populações fitoplanctônicas.....	16/24
5.2.1.8 - Cianobactérias e cianotoxinas.....	18/24
5.2.1.9 - Curva de rarefação.....	20/24
5.2.1.10 - A comunidade fitoplanctônica nas Fases Rio e Enchimento.....	21/24

ANEXOS

Anexo 5.2.1-1 -	Lista de espécies fitoplanctônicas no mês de outubro de 2011
Anexo 5.2.1-2 -	Lista de espécies fitoplanctônicas no mês de dezembro de 2011
Anexo 5.2.1-3 -	Densidade fitoplanctônica no mês de outubro 2011
Anexo 5.2.1-4 -	Densidade fitoplanctônica no mês de dezembro 2011
Anexo 5.2.1-5 -	Biovolume fitoplanctônico (mm ³ L ⁻¹) do Rio Madeira, seus tributários e lagos e canais, na região de influência da UHE Santo Antônio do Rio Madeira, no período de águas baixas (outubro/2011)

- Anexo 5.2.1-6 - Biovolume fitoplanctônico (mm³ L⁻¹) do Rio Madeira, seus tributários e lagos e canais, na região de influência da UHE Santo Antônio do Rio Madeira, no período de dezembro 2011
- Anexo 5.2.1-7 - Abundância relativa das populações fitoplanctônicas no mês de outubro de 2011
- Anexo 5.2.1-8 - Abundância relativa das populações fitoplanctônicas no mês de dezembro de 2011
- Anexo 5.2.1-9 - Abundância de espécies de cianobactérias no mês de outubro de 2011
- Anexo 5.2.1-10 - Abundância de espécies de cianobactérias no mês de dezembro de 2011
- Anexo 5.2.1-11 - Resultados da análise de cianotoxinas no Lago Cujubim nas vazantes de 2011

5.2 - BIÓTICOS

5.2.1 - Fitoplâncton

O presente relatório refere-se às amostragens realizadas no rio Madeira, seus Tributários e Lagos e canais e abrange o período de outubro e dezembro de 2011. Este é, portanto, o relatório consolidado sobre o Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas do rio Madeira durante a fase de enchimento do reservatório.

5.2.1.1 - Riqueza de espécies no conjunto de dados

Considerando somente as amostras quantitativas, a lista das espécies registradas em todos os sistemas durante o mês de outubro de 2011, encontra-se no **Anexo 5.2.1-1** e durante o mês de dezembro de 2011, no **Anexo 5.2.1-2**. Alguns destes táxons estão representados nas Pranchas 1, 2 e 3. No mês de outubro foram registrados 150 táxons distribuídos em 10 classes taxonômicas (21 cianobactérias, 14 crisofíceas, 01 xantofíceas, 24 diatomáceas, 01 rafidofíceas, 09 criptofíceas, 05 dinoflagelados, 09 euglenóides, 53 clorofíceas e 13 zignematofíceas) e no mês de dezembro, 149 táxons também distribuídos em 10 classes taxonômicas (19 cianobactérias, 24 crisofíceas, 01 xantofíceas, 15 diatomáceas, 01 rafidofíceas, 08 criptofíceas, 03 dinoflagelados, 10 euglenóides, 65 clorofíceas e 03 zignematofíceas) (**Figura 5.2.1-1**). Clorofíceas foi, portanto, a classe mais importante em ambas as datas.

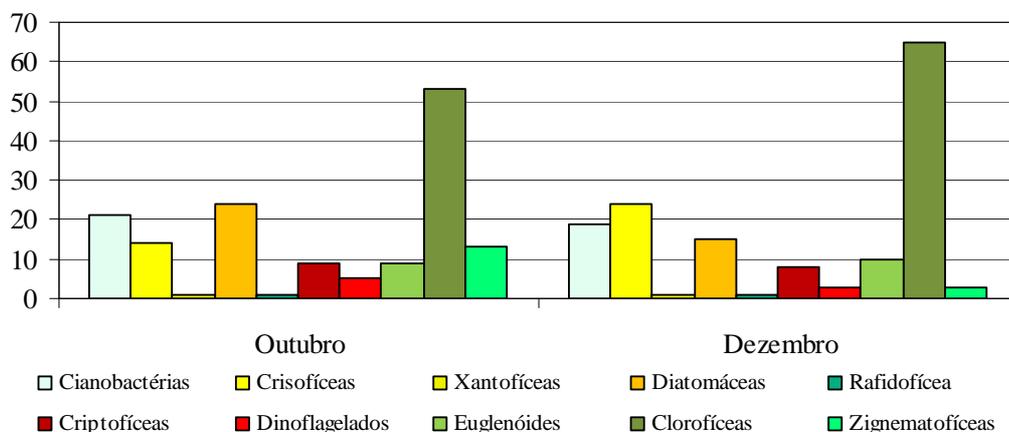


Figura 5.2.1-1 - Riqueza taxonômica total (%) (rio Madeira + Tributários+ Lagos e canais), considerando as amostras quantitativas, em outubro e dezembro de 2011.

5.2.1.2 - Riqueza taxonômica por compartimento

O número de espécies registrado variou nos três compartimentos e nos meses de outubro e dezembro de 2011. Uma menor riqueza taxonômica foi observada no rio Madeira, gradualmente aumentando nos Tributários e nos Lagos e canais no mês de outubro. No mês de dezembro houve uma diminuição da riqueza taxonômica no rio Madeira e aumento da riqueza taxonômica nos Tributários. Variando de 31 a 8 espécies no rio Madeira e de 57 a 126 espécies nos tributários nos meses de outubro e dezembro, respectivamente. Nos Lagos e canais a riqueza taxonômica aumentou em apenas uma espécie (61 e 62 espécies nos meses de outubro e dezembro, respectivamente) (Figura 5.2.1-2).

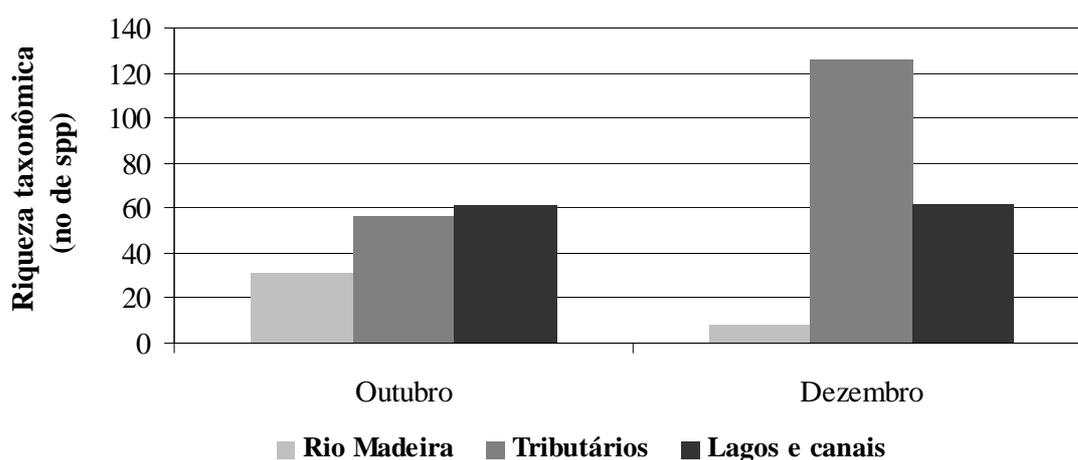


Figura 5.2.1-2 - Riqueza taxonômica absoluta nos diferentes compartimentos (rio Madeira, Tributários e Lagos e canais), em outubro e dezembro de 2011.

Rio Madeira

Maiores contribuições de cianobactérias (20%) e clorofíceas (35%) foram registradas durante o mês de outubro, se comparado ao mês de dezembro, onde esta contribuição foi de 12 e 25% respectivamente. As diatomáceas contribuíram com 37% para a riqueza taxonômica (37%) no mês de dezembro (Figura 5.2.1-3).

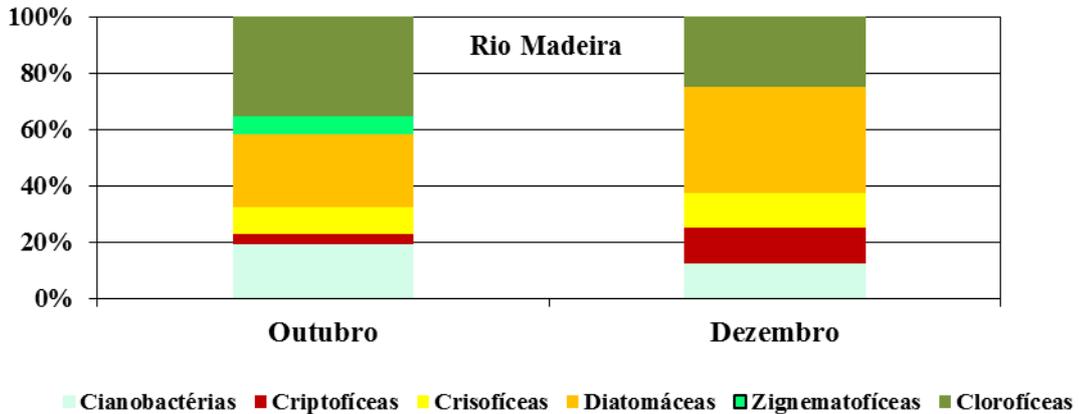


Figura 5.2.1-3 - Contribuição (%) das diferentes classes para a riqueza taxonômica considerando as amostras quantitativas no rio Madeira em outubro e dezembro 2011.

Tributários

A classe das clorofíceas foi a que mais contribuiu para a riqueza taxonômica nos meses de outubro e dezembro nos tributários (44% e 48% respectivamente). Outras classes contribuíram, mas em menores porcentagens, como diatomáceas no mês de outubro (17%) e crisofíceas no mês de dezembro (13%). As demais classes contribuíram com menos de 10% para a riqueza taxonômica total (Figura 5.2.1-4).

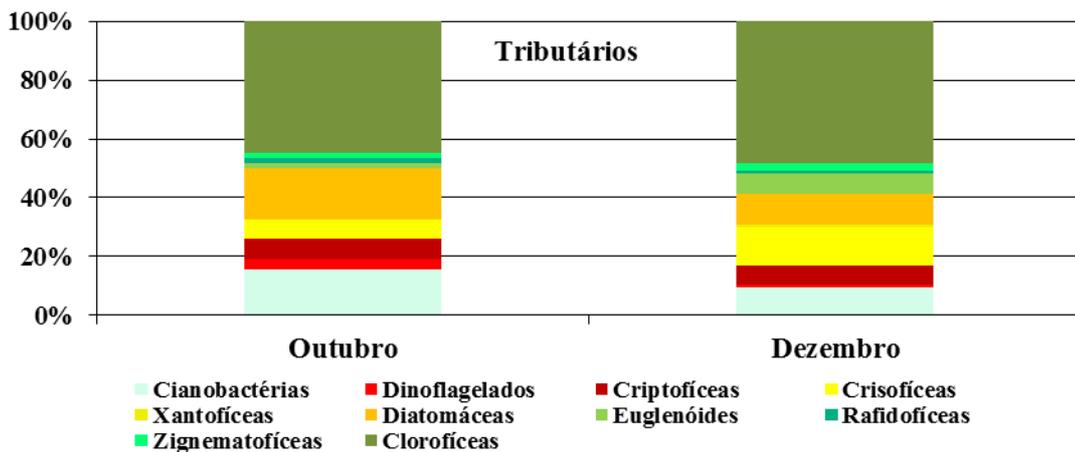


Figura 5.2.1-4 - Contribuição (%) das diferentes classes para a riqueza taxonômica nos Tributários considerando as amostras quantitativas em outubro e dezembro de 2011.

Lagos e canais

Nos Lagos e canais, clorófitas e cianobactérias foram as classes que mais contribuíram para a riqueza taxonômica total nos dois meses de coleta, sendo a contribuição de clorófitas de 44% no mês de outubro e de 32% no mês de dezembro. Já as cianobactérias contribuíram com 21% no mês de outubro e com 24% no mês de dezembro. A classe das crisófitas contribuiu com 19% para a riqueza taxonômica total no mês de dezembro (Figura 5.2.1-5).

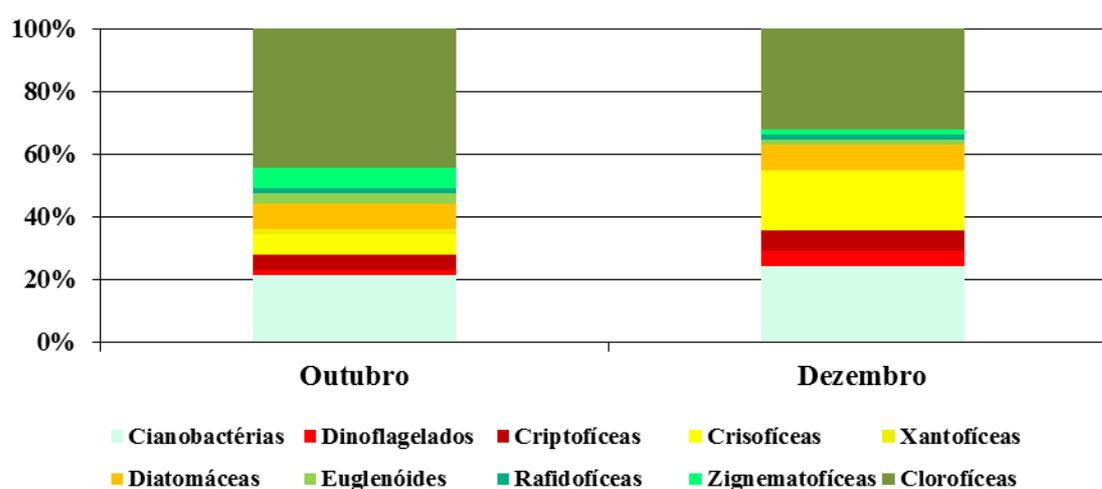


Figura 5.2.1-5 - Contribuição (%) das diferentes classes para a riqueza taxonômica nos Lagos e canais, considerando as amostras quantitativas em outubro e dezembro de 2011.

5.2.1.3 - Densidade absoluta e densidade relativa

As densidades das populações de algas, expressas em indivíduos por mililitro (ind/mL), no rio Madeira, tributários e Lagos e canais no mês de outubro de 2011 encontram-se no Anexo 5.2.1-3 e no mês de dezembro de 2011, no Anexo 5.2.1-4. As densidades das populações de algas no mês de outubro variaram desde ausência de algas (JAT II) a 18.790 ind/mL (JAC.03), e no mês de dezembro desde ausência de algas (MON.04, JUS.02 e JUS.03) a 18.120 ind/mL (LC.02). As densidades médias no mês de outubro variaram de 1.316 ind/mL no rio Madeira a 4.104 ind/mL nos Tributários, e no mês de dezembro de 39 ind/mL no rio Madeira a 3.861 ind/mL nos lagos e canais.

Rio Madeira

As densidades fitoplanctônicas no rio Madeira, em outubro, variaram de 421 ind/mL (MON.01) a 3.082 ind/mL (JUS.01) e em dezembro, desde ausência de algas (MON.04, JUS.02 e JUS.03) a 123 ind/mL (MON.03). Densidade média menor foi observada em dezembro (39 ind/mL) se comparada a outubro (1.316 ind/mL). Maiores contribuições de diatomáceas foram observadas em MON.01 (outubro), sendo exclusivas em MON.02 e JUS.01 (dezembro). Maiores contribuições de clorófitas foram observadas em outubro, de uma forma geral, e em MON.03 (dezembro). Crisófitas (MON.01) e cianobactérias (MON.05) contribuíram com aproximadamente 50% para a densidade total no mês de dezembro (Figura 5.2.1-6).

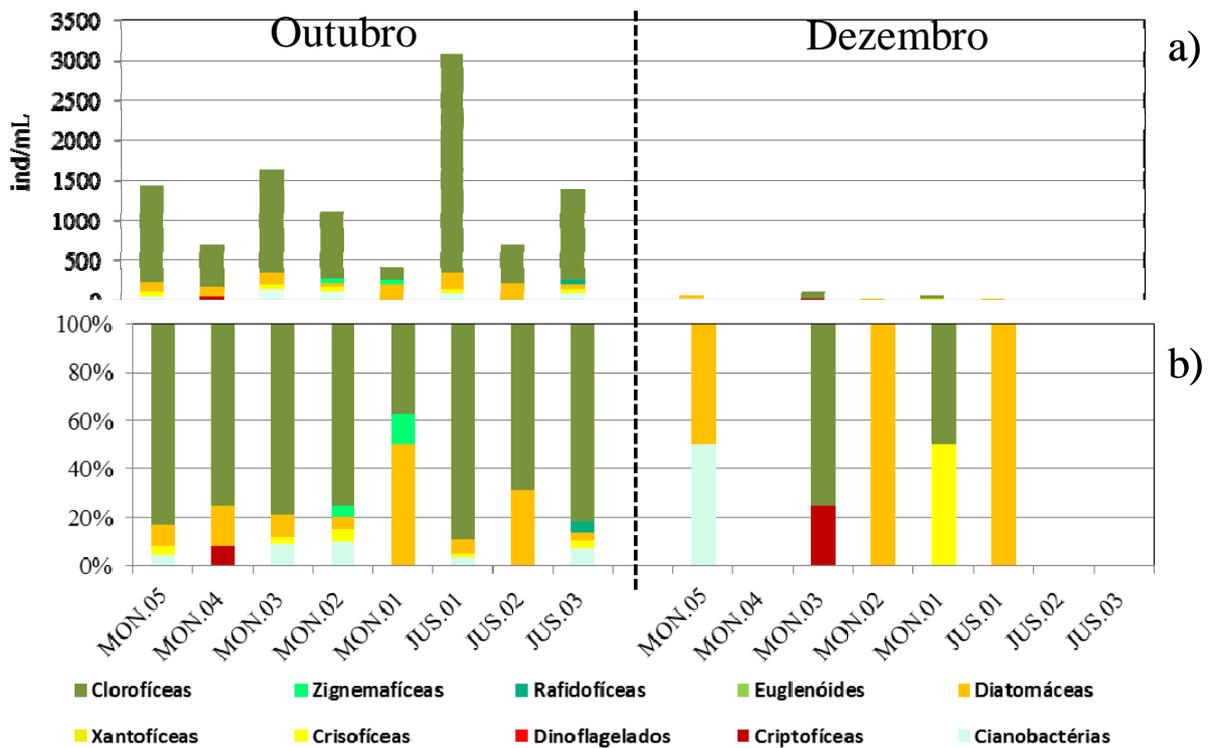


Figura 5.2.1-6 - a) Densidade absoluta (ind/mL) e b) densidade relativa (%) dos principais grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica no rio Madeira em outubro e dezembro de 2011.

Tributários

As densidades fitoplanctônicas nos Tributários do rio Madeira, em outubro variaram desde ausência de algas (JAT II) a 18.790 ind/mL (JAC.03) e no mês de dezembro de 34 ind/mL (JAT I-S) a 4.796 ind/mL (CRC-S). Assim como no rio Madeira, densidades médias menores foram observadas em dezembro, se comparadas a outubro. Clorofíceas e diatomáceas foram as classes que mais contribuíram para a densidade total nos dois meses de coleta, ultrapassando 60% de contribuição. Exceções foram JAT I (outubro), onde as cianobactérias contribuíram com aproximadamente 40% e TEO.01-M (dezembro), onde as criptofíceas contribuíram com aproximadamente 50% para as densidades totais (Figura 5.2.1-7).

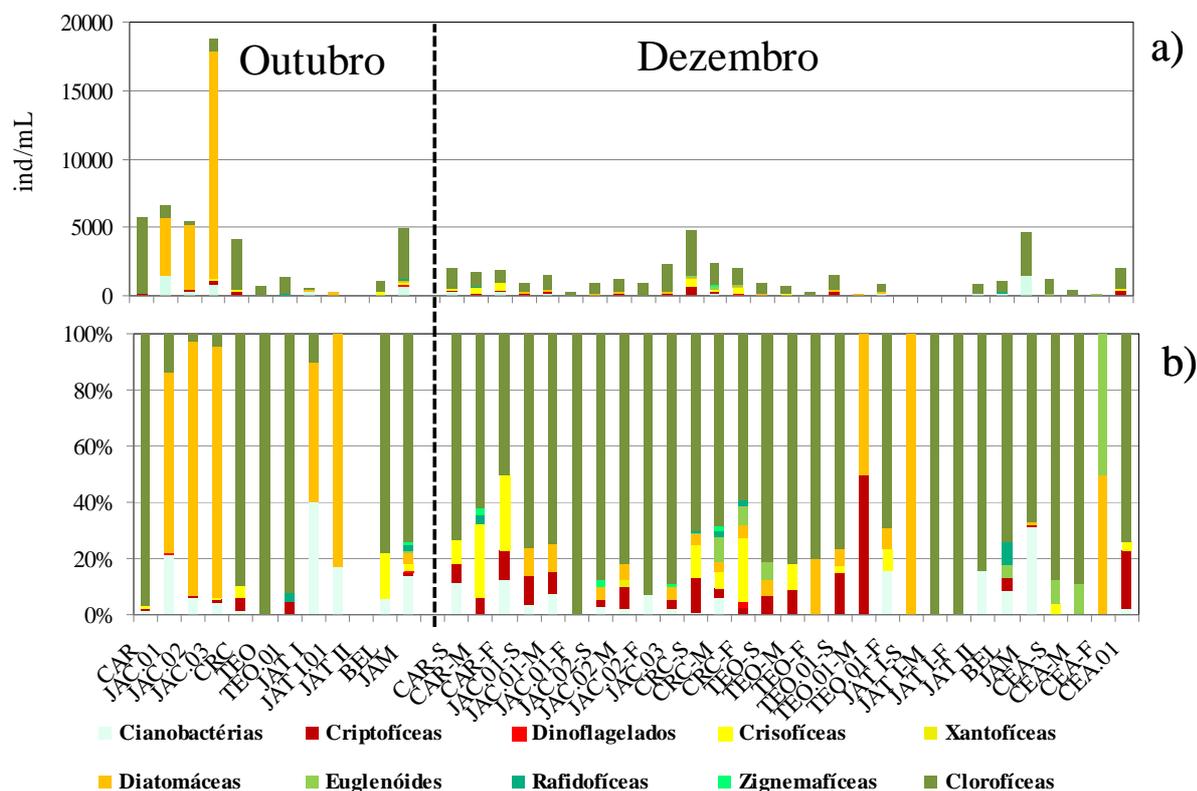


Figura 5.2.1-7 - a) Densidade absoluta (ind/mL) e b) densidade relativa (%) dos principais grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica nos Tributários em outubro e dezembro de 2011.

Lagos e canais

Menores densidades foram encontradas em LC.01-F em ambos os meses de coleta (51 e 179 ind/mL, outubro e dezembro, respectivamente), tendo a densidade variado a partir destes valores a 12.940 ind/mL (CUJ, outubro) e 18.120 ind/mL (LC.02, dezembro). Em outubro, à exceção de CUJ onde as cianobactérias contribuíram com aproximadamente 70% para a densidade total e LC.03 onde clorofíceas e euglenofíceas contribuíram com aproximadamente 80%, clorofíceas foi a classe que mais contribuiu para a densidade total nos lagos e canais. Em dezembro, clorofíceas contribuíram mais para a densidade total apenas em MIG (~60%) e nos canais (~70% e ~80% em CC.01 e CC.02, respectivamente). Assim como em outubro, foi observada em CUJ uma alta contribuição de cianobactérias (~80%). Os demais pontos de coleta apresentaram contribuições variadas de flagelados como crisofíceas, dinoflagelados e criptofíceas (Figura 5.2.1-8).

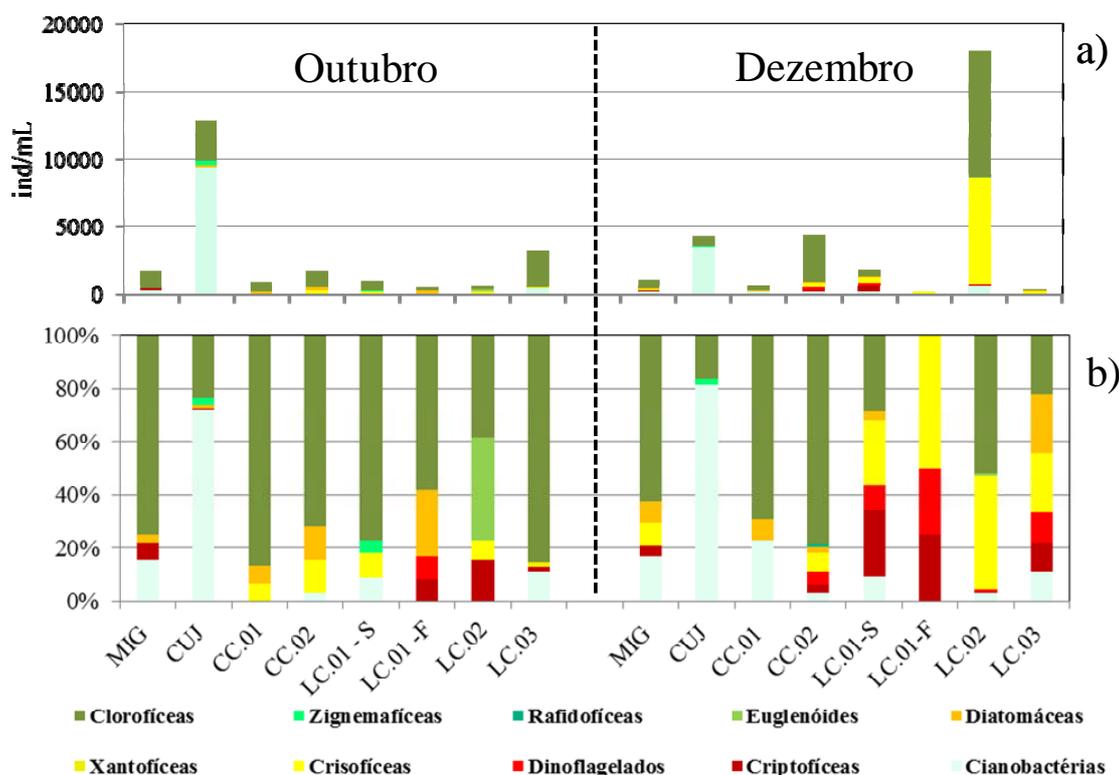


Figura 5.2.1-8 - a) Densidade absoluta (ind/mL) e b) densidade relativa (%) dos principais grupos taxonômicos da comunidade fitoplânctônica nos Lagos e canais em outubro e dezembro de 2011.

5.2.1.4 - Biovolume absoluto e biovolume relativo

Os biovolumes das populações de algas, expressos em milímetros cúbicos por litro (mm^3/L), no rio Madeira, Tributários e Lagos e canais no mês de outubro de 2011 encontram-se no **Anexo 5.2.1-3** e no mês de dezembro de 2011, no **Anexo 5.2.1-4**. Os biovolumes das populações de algas no mês de outubro variaram desde ausência de algas (JAT II) a $10.827 \text{ mm}^3/\text{L}$ (CUJ), e no mês de dezembro desde ausência de algas (MON.04, JUS.02 e JUS.03) a $8,4 \text{ mm}^3/\text{L}$ (LC.02). Os biovolumes médios no mês de outubro variaram de $0,5 \text{ mm}^3/\text{L}$ no rio Madeira a $1,5 \text{ mm}^3/\text{L}$ nos lagos e canais, e no mês de dezembro de $0,008 \text{ mm}^3/\text{L}$ no rio Madeira a $1,6 \text{ mm}^3/\text{L}$ nos lagos e canais.

Rio Madeira

Os biovolumes fitoplanctônicos no rio Madeira, em outubro, variaram de $0,05 \text{ mm}^3/\text{L}$ (MON.05 e JUS.02) a $2,45 \text{ mm}^3/\text{L}$ (JUS.03) e em dezembro, com exceção de ausência de algas (MON.04, JUS.02 e JUS.03), variou de $0,002 \text{ mm}^3/\text{L}$ (MON.01) a $0,02 \text{ mm}^3/\text{L}$ (MON.05). O biovolume médio em outubro foi maior ($0,47 \text{ mm}^3/\text{L}$) se comparado com o biovolume médio registrado em dezembro ($0,008 \text{ mm}^3/\text{L}$). Maiores contribuições de diatomáceas foram observadas de uma forma geral, sendo exclusivas em MON.02 e JUS.03 (dezembro). Além destas, maiores contribuições de clorofíceas foram observadas em dezembro sempre junto com outras classes taxonômicas: com criptofíceas em MON.03 e com crisofíceas em MON.01. Cianobactérias em outubro foram mais importantes em MON.03 e, em dezembro, junto com diatomáceas em MON.05. Zignematofíceas apareceram com relativa contribuição em MON.01 e rafidofíceas em JUS.03 (outubro-Figura 5.2.1-9).

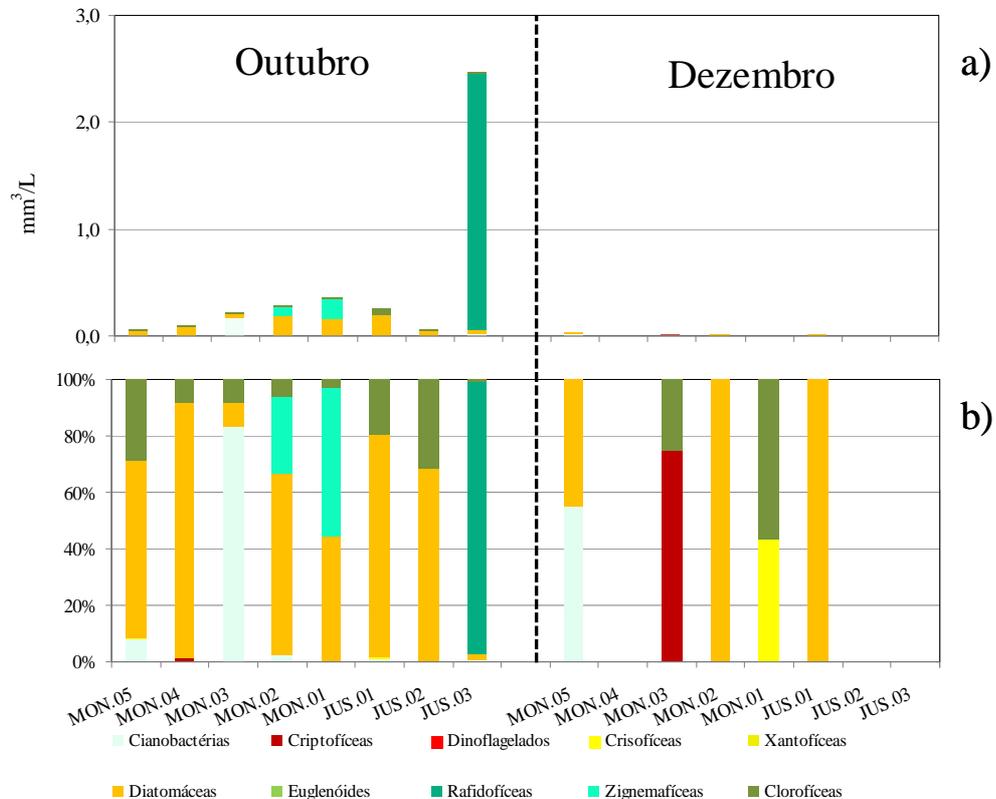


Figura 5.2.1-9 - a) Biovolume absoluto (mm^3/L) e b) biovolume relativo (%) dos principais grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica no Rio Madeira em outubro e dezembro de 2011.

Tributários

Os biovolumes fitoplanctônicos nos Tributários do rio Madeira, em outubro variaram desde ausência de algas (JAT II) a $4,8 \text{ mm}^3/\text{L}$ (JAC.03) e no mês de dezembro de $0,002 \text{ mm}^3/\text{L}$ (JAT I-F) a $6,8 \text{ mm}^3/\text{L}$ (CRC-S). Assim como no rio Madeira, biovolumes médios menores foram observados em dezembro ($0,9 \text{ mm}^3/\text{L}$), se comparados a outubro ($1,4 \text{ mm}^3/\text{L}$). A contribuição das diferentes classes taxonômicas nos Tributários do rio Madeira foi variada nos dois meses de coleta, porém clorofíceas e diatomáceas foram as classes que mais contribuíram para o biovolume total ultrapassando 60%. Diatomáceas foram exclusivas em JAT I e JAT I.01 (outubro) e JAT I-S (dezembro) e clorofíceas foram exclusivas em TEO (outubro) e JAC.01-F, JAT I-M e JAT I-F (dezembro). Exceções em outubro ocorreram em BEL, com elevada contribuição das crisofíceas (~40%) e, em JAM e TEO.01 com maiores contribuições das rafidofíceas (> 90%). Em dezembro, criptofíceas foram importantes em TEO-M, TEO.01-S (>60%), rafidofíceas em CAR-S (>60%) e BEL (>90%) e, cianobactérias, em JAT II e JAM (~40%; Figura 5.2.1-10).

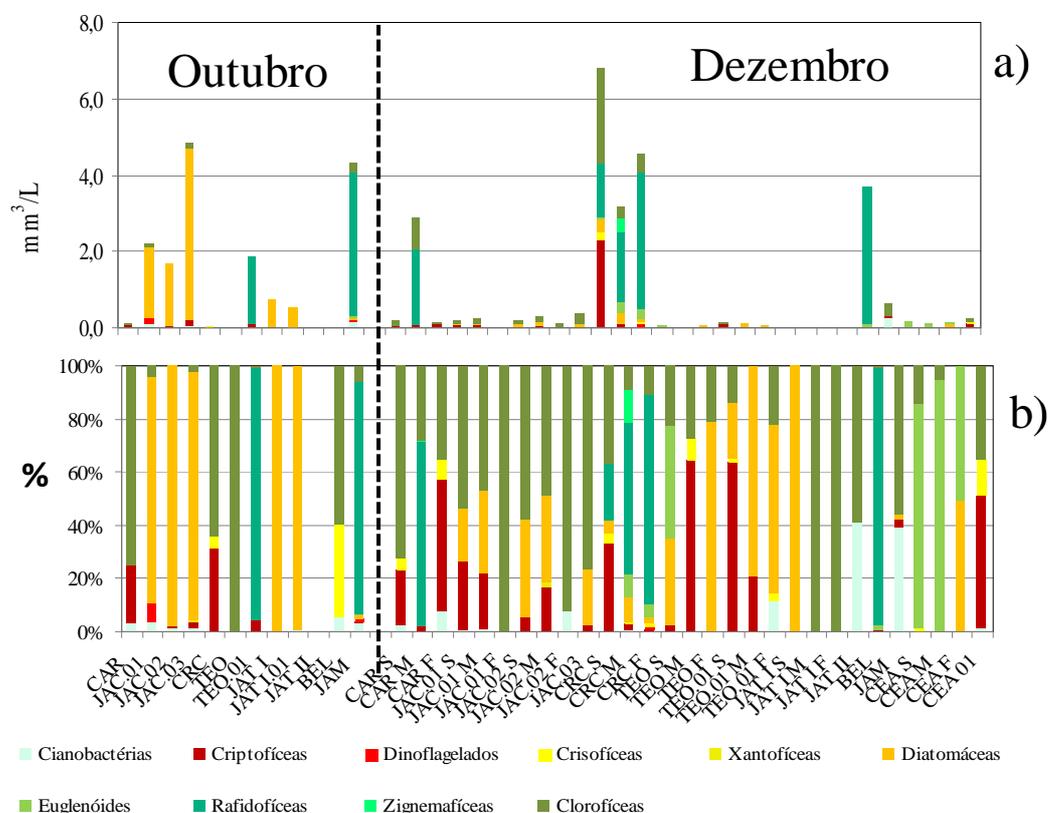


Figura 5.2.1-10 - a) Biovolume absoluto (mm^3/L) e b) biovolume relativo (%) dos principais grupos taxonômicos da comunidade fitoplânctônica nos Tributários do Rio Madeira em outubro e dezembro de 2011.

Lagos e canais

Os biovolumes fitoplânctônicos em outubro variaram de $0,08 \text{ mm}^3/\text{L}$ (LC.01-S) a $10,8 \text{ mm}^3/\text{L}$ (CUJ) e em dezembro de $0,03 \text{ mm}^3/\text{L}$ (CC.01) a $8,4 \text{ mm}^3/\text{L}$ (LC.02). Os valores médios pouco variaram se comparado outubro ($1,5 \text{ mm}^3/\text{L}$) a dezembro ($1,6 \text{ mm}^3/\text{L}$). No mês de outubro, diatomáceas contribuíram principalmente em MIG, CC.02 (60%) e em CC.01 (>80%). Além destas, cianobactérias foram importantes em CUJ (>90%), clorofíceas em LC.01-S (~70%), zignematofíceas em LC.02 e criptofíceas em LC.03 (~80%). No mês de dezembro, cianobactérias contribuíram com mais de 80% em CUJ e 50% em CC.01. Criptofíceas foram importantes em LC.01-S (>60%) e LC.03 (>40%) e dinoflagelados em LC.01 (>60%; Figura 5.2.1-11).

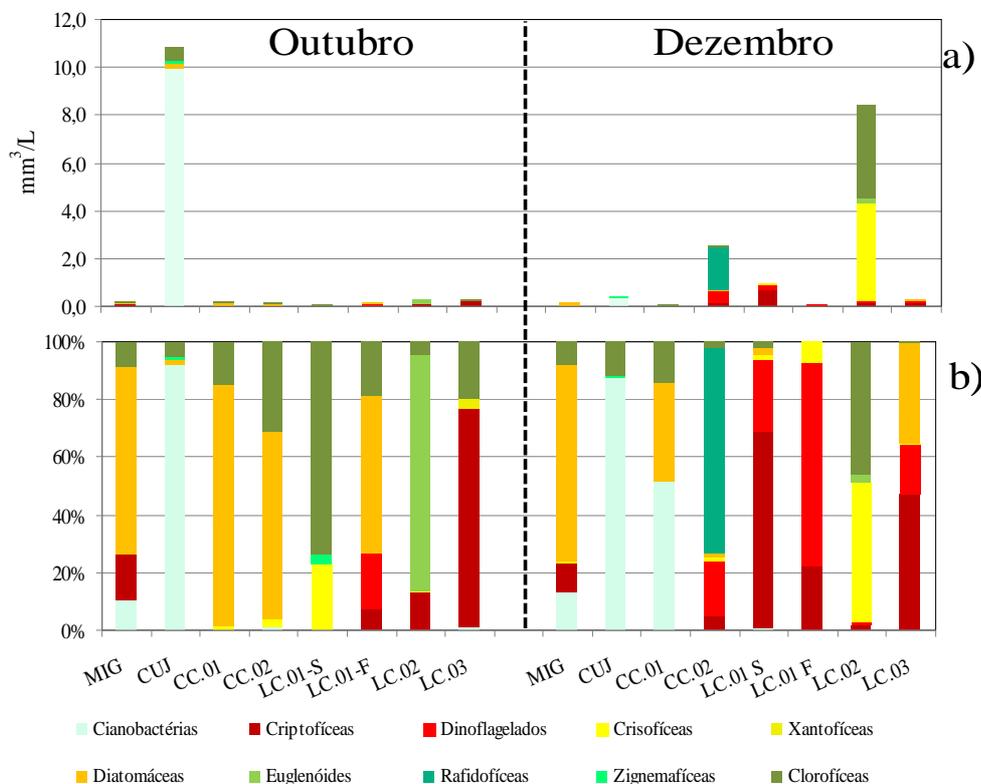


Figura 5.2.1-11 - a) Biovolume absoluto (mm^3/L) e b) biovolume relativo (%) dos principais grupos taxonômicos da comunidade fitoplânctônica nos Lagos e canais em outubro e dezembro de 2011.

5.2.1.5 - Riqueza, diversidade específica e equitabilidade no conjunto de dados

Considerando os três compartimentos (rio Madeira, Tributários e Lagos e canais) a riqueza de espécies variou de zero em MON.04, JUS.02, JUS.03 (dezembro) e JAT II (outubro) a 39 táxons/amostra em CRC-S (dezembro). Maiores e menores médias foram alcançadas no mês de dezembro 5 táxons/amostra no rio Madeira e 12 táxons/amostra nos Tributários e Lagos e canais. A diversidade flutuou de zero em TEO e JAT II (outubro) e em MON.04, MON.02, JUS.01, JUS.02, JUS.03 e JAT I-S (dezembro) a 4,0 bits/ind em 10 amostras das 25 coletadas nos tributários (CAR-F, JAC.03, CAR-M, CRC-F, JAC.01-S, JAC.01-M, JAC.02-M, JAC.02-S, CRC-S, CRC-M) e em LC.01-S. Os maiores valores médios da diversidade foram alcançados nos tributários e lagos e canais em dezembro (3 bits/ind). O intervalo da equitabilidade foi de zero em TEO, JAT-II (outubro) e MON.04, MON.02, JUS.01, JUS.02, JUS.03, JAT I-S (dezembro) a 100% em MON.05, MON.01, TEO.01-M, JAT I-M, JAT I-F, LC.01-F e LC.03 (dezembro). Os maiores valores médios da equitabilidade ocorreram nos lagos e canais no mês de dezembro (82%).

Rio Madeira

Considerando-se o conjunto de dados no rio Madeira e excluindo-se as amostras onde ocorreram ausência de táxons, a riqueza de espécies, no mês de outubro de 2011 flutuou entre 5 táxons/amostra (MON.04) a 11 táxons/amostra (JUS.01) e em dezembro de 2011 (MON.02 e JUS.01) a 3 táxons/amostra (MON.03). A diversidade em outubro, flutuou de 1,3 (JUS.01 e JUS.02) a 1,6 bits/ind (MON.04 e MON.05) e em dezembro de 1,0 (MON.01 e MON.05) a 1,5 bits/ind (MON.03). Já a equitabilidade em outubro flutuou de 38 (JUS.01) a 68% (MON.04) e em dezembro de 95 (MON.03) a 100% (MON.01 e MON.05) (Figura 5.2.1-12).

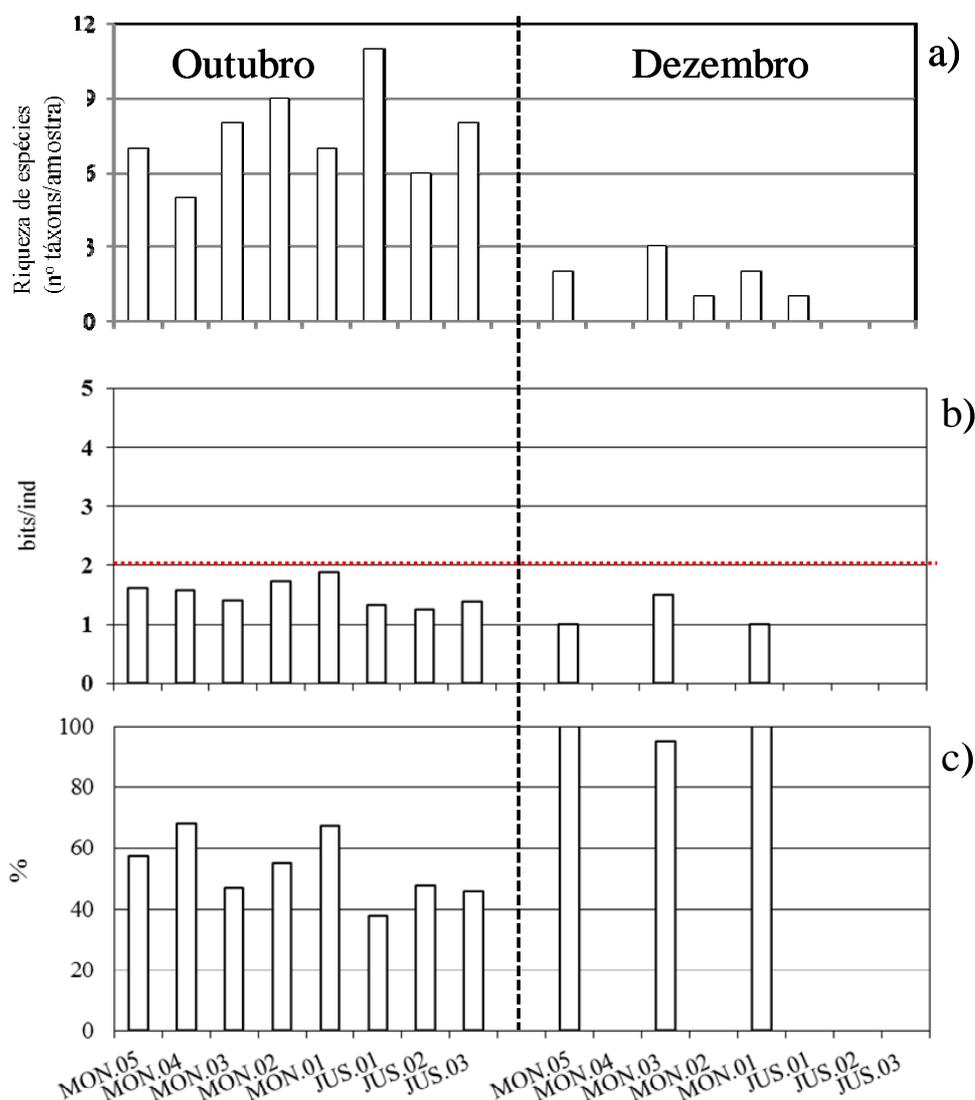
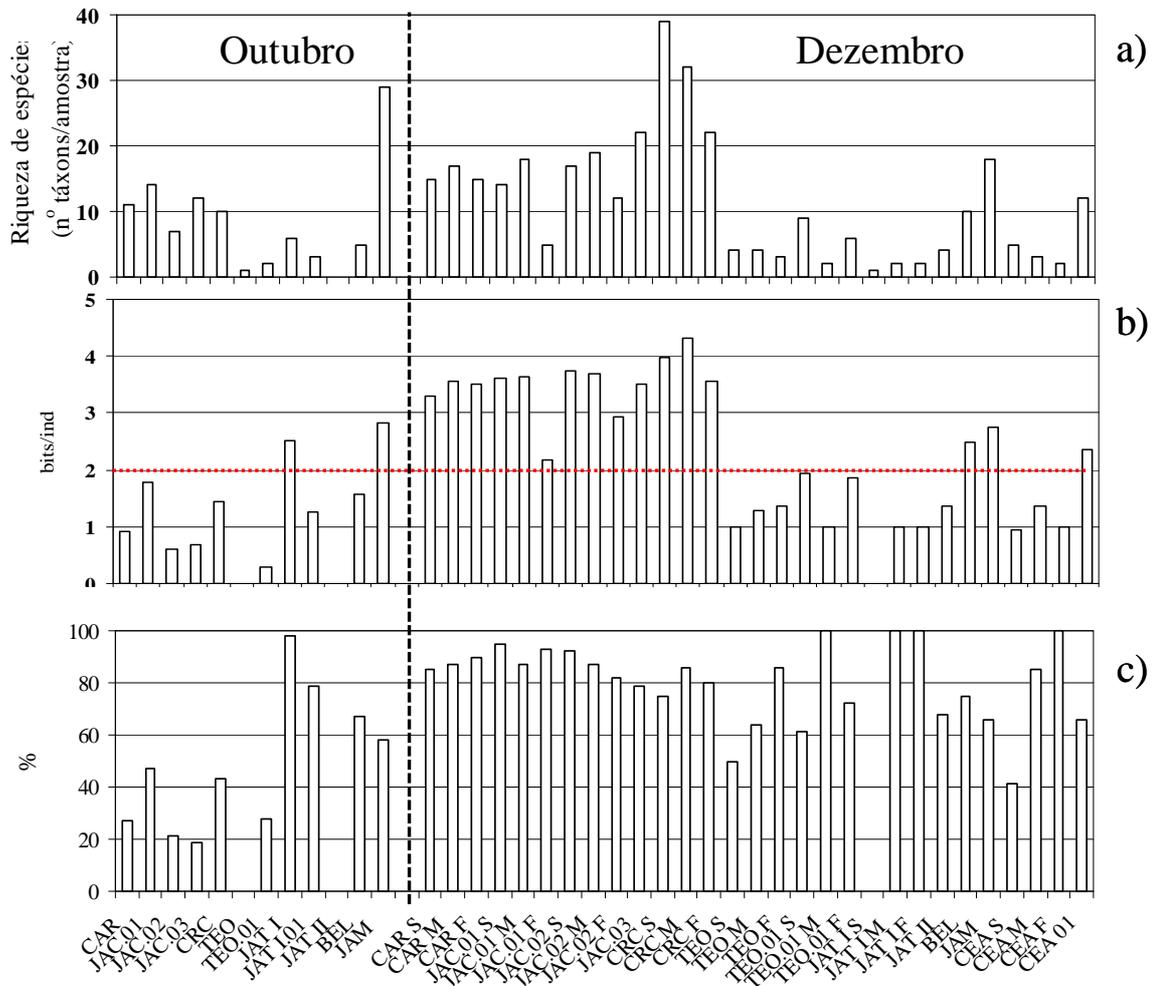


Figura 5.2.1-12 - (a) Riqueza de espécies; (b) diversidade específica, assinalando o limite considerado como alta diversidade e (c) equitabilidade no rio Madeira, durante os meses de outubro e dezembro de 2011.

Tributários

Considerando-se o conjunto de dados nos tributários e excluindo-se as amostras onde ocorreram ausência de táxons, a riqueza de espécies, em outubro variou de 1 (TEO) a 29 táxons/amostra (JAM). Já em dezembro variou de 1 (JAT I-S) a 39 táxons/amostra (CRC-S). A menor diversidade em outubro ocorreu em JAC.02 (0,6 bit/ind) e a maior em JAM (2,82 bits/ind). Já em dezembro, a menor diversidade foi de 1,0 bit/ind nas diferentes profundidades de TEO e TEO.01 e em JAT I-M e JAT II e a maior foi de 4,0 bits/ind em CAR-M, CAR-F, JAC.03, CRC-S, CRC-M, CRC-F, JAC.01-S, JAC.01-M, JAC.02-S, JAC.02-M. A equitabilidade em outubro variou de 19 (JAC.03) a 98% (JAT I) e em dezembro de 50 (TEO-S) a 100% (JAT I-M e JAT I-F) (Figura 5.2.1-13).



Lagos e canais

Considerando-se o conjunto de dados nos lagos e canais do rio Madeira e excluindo-se as amostras onde ocorreu ausência de táxons, a riqueza de táxons em outubro variou de 6 (CC.01) a 32 táxons/amostra (CUJ) e em dezembro, de 4 (LC.01-F) a 25 táxons/amostra (CC.02). A diversidade foi menor em LC.02 (1,03 bits/ind) e maior em CUJ (2,62 bits/ind) e em dezembro foi menor em CC.01, LC.01-F e LC.02 (2 bits/ind) e maior em LC.01-S (4 bits/ind). O intervalo da equitabilidade em outubro foi de 37 (LC.01-F e LC.02) a 74% (MIG), e em dezembro de 54 (LC.02) a 100% (LC.01-F e LC.03) (Figura 5.2.1-14).

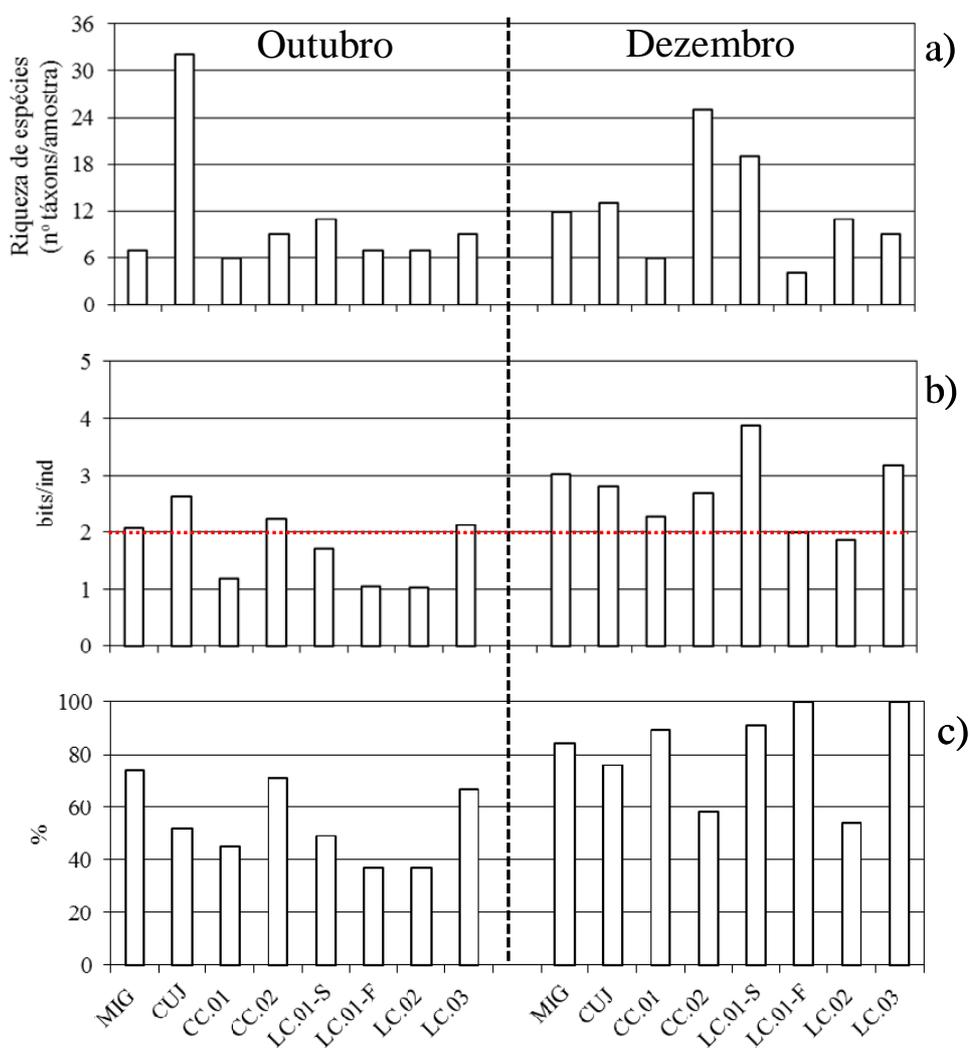


Figura 5.2.1-14 - (a) Riqueza de espécies; (b) diversidade específica, assinalando o limite considerado como alta diversidade e (c) equitabilidade nos Lagos e canais, em outubro e dezembro de 2011.

5.2.1.6 - Diversidade de espécies

Considerando apenas as amostras quantitativas no conjunto total dos dados (rio Madeira + tributários + lagos e canais), a **gama diversidade** da comunidade fitoplanctônica em outubro e dezembro foi praticamente a mesma (150 e 149 táxons, respectivamente). Assim como a riqueza de espécies expressa em táxons/amostra (ver Item 5.2.1.5 - Riqueza, diversidade específica e equitabilidade no conjunto de dados), a gama diversidade aumentou gradualmente do rio Madeira (31 espécies), para os tributários (57 espécies) e lagos e canais (61 espécies) no mês de outubro (Quadro 5.2.1-1), não sendo observado esse aumento no mês de dezembro, quando a gama diversidade nos tributários (126 espécies) foi 6 vezes maior do que no rio Madeira (19 espécies) e 1,5 vezes maior que nos lagos e canais (99 espécies) (Quadro 5.2.1-2).

A **alfa diversidade**, no contexto de uma única coleta, coincide com a riqueza média de espécies já descrita no primeiro parágrafo do Item 5.2.1.6 - Diversidade de espécies.

O intercâmbio de espécies (**beta diversidade**) levando-se em conta os três sistemas no mês de outubro de 2011 ocorreu em níveis intermediários (58%). Considerando cada sistema em separado, as estações no rio Madeira tiveram uma composição mais homogênea (41%) se comparada aos tributários (52%) e lagos e canais (51%) (Quadro 5.2.1-1).

O intercâmbio de espécies (**beta diversidade**) levando-se em conta os três sistemas no mês de dezembro de 2011 foi alto (menor valor de beta diversidade - 25%). Considerando cada sistema em separado, as estações no rio Madeira tiveram uma composição totalmente heterogênea (100%), sem intercâmbio entre as espécies. Nos tributários a composição das espécies foi mais homogênea (36%) e relativamente heterogênea nos lagos e canais (60%) (Quadro 5.2.1-2).

Quadro 5.2.1-1 - Diversidades gama, alfa e beta no conjunto de dados (Geral) e no rio Madeira, Tributários e Lagos e canais em outubro de 2011.

Diversidade\compartimento	Geral	Rio Madeira	Tributários	Lagos e canais
Gama	149	31	54	55
Alfa-média	9	8	8	12
Beta	58	41	52	51

Quadro 5.2.1-2 - Diversidades gama, alfa e beta no conjunto de dados (Geral) e no rio Madeira, Tributários e Lagos e canais em dezembro de 2011.

Diversidade\compartimento	Geral	Rio Madeira	Tributários	Lagos e canais
Gama	149	8	126	62
Alfa-média	12	1	12	12
Beta	25	100	36	60

5.2.1.7 - Abundância relativa das populações fitoplanctônicas

O número de espécies por grupo taxonômico de acordo com sua contribuição para a densidade total em outubro e dezembro encontra-se nos Quadro 5.2.1-3 e Quadro 5.2.1-4, respectivamente. As populações fitoplanctônicas quando expressas em densidade foram, em sua maioria, representadas por espécies raras de cada um dos três compartimentos, nos dois meses de coleta.

Em outubro foi possível reconhecer que à exceção de duas espécies no rio Madeira (*Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, diatomácea e *Choricystis minor*, clorofícea) que foram pouco abundantes (PA), as demais espécies nos três compartimentos foram representadas por espécies raras (Anexo 5.2.1-7).

Em dezembro, as populações fitoplanctônicas expressas em densidade foram, em sua maioria, representadas por espécies raras. Contudo quatro espécies no rio Madeira (*Pseudanabaena limnetica*, cianobactéria; *Dinobryom bavaricum*, crisofícea; *Nitzschia palea*, diatomáceas e *Scenedesmus ellipticus*, clorofícea), uma nos tributários (*Choricystis minor*) e duas nos lagos e canais (Chrysophyceae 2 e *Choricystis minor*), foram consideradas pouco abundantes (Anexo 5.2.1-8).

Quadro 5.2.1-3 - Número de espécies por classe taxinômica de acordo com a sua contribuição para a densidade total no rio Madeira, seus Tributários e Lagos e canais durante o período de outubro de 2011.

	Rio Madeira				Tributários				Lagos e canais			
	Raras	Pouco Abundantes	Abundantes	Dominantes	Raras	Pouco Abundantes	Abundantes	Dominantes	Raras	Pouco Abundantes	Abundantes	Dominantes
Cianobactérias	6	0	0	0	9	0	0	0	13	0	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0
Criptofíceas	1	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0
Crisofíceas	3	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0
Diatomáceas	7	1	0	0	10	0	0	0	5	0	0	0
Xantofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Euglenóides	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Zigmenatofíceas	2	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0
Clorofíceas	10	1	0	0	26	0	0	0	27	0	0	0
Total	29	2	0	0	58	0	0	0	61	0	0	0

Quadro 5.2.1-4 - Número de espécies por classe taxinômica de acordo com a sua contribuição para a densidade total no rio Madeira, seus Tributários e Lagos e canais durante o período de dezembro de 2011.

	Rio Madeira				Tributários				Lagos e canais			
	Raras	Pouco Abundantes	Abundantes	Dominantes	Raras	Pouco Abundantes	Abundantes	Dominantes	Raras	Pouco Abundantes	Abundantes	Dominantes
Cianobactérias	0	1	0	0	12	0	0	0	15	0	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0
Criptofíceas	0	0	0	0	8	0	0	0	4	0	0	0
Crisofíceas	0	1	0	0	17	0	0	0	11	1	0	0
Diatomáceas	2	1	0	0	13	0	0	0	5	0	0	0
Xantofíceas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	0	0	0	0	9	0	0	0	1	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Zigmenatofíceas	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0
Clorofíceas	1	1	0	0	60	1	0	0	19	1	0	0
Total	3	4	0	0	125	1	0	0	60	2	0	0

5.2.1.8 - Cianobactérias e cianotoxinas

A lista das espécies de cianobactérias registradas em outubro e dezembro de 2011 e suas respectivas densidades, expressas em céls/mL em cada sistema, encontra-se nos **Anexo 5.2.1-9** e **Anexo 5.2.1-10**, respectivamente. As densidades de cianobactérias foram expressivamente maiores em CUJ, se comparadas às demais estações de coleta no rio Madeira, tributários e demais lagos e canais. Considerando os dois meses de coleta e os três compartimentos a densidade de cianobactérias variou entre zero (38% do total de amostras) e 298.271 céls/mL em CUJ no mês de outubro (**Figura 5.2.1-15**).

A Resolução CONAMA 357/2005, sobre o enquadramento das águas de acordo com seus usos, inclui as densidades de cianobactérias (céls/mL) como um dos parâmetros a serem analisados, sendo Classe 1: até 20.000 céls/mL; Classe 2 até 50.000 céls/mL; e Classe 3 até 100.000 céls/mL.

Nossos resultados mostraram que, durante o mês de outubro de 2011, apenas na estação CUJ esses valores superaram o limite de 50.000 céls/mL, limite preconizado para águas de Classe 2. As espécies que ocorreram em maiores densidades foram *Cyanodictium imperfectum* (89.479 céls/mL) e *Microcystis wesenbergii* (86.038 céls/mL). Dentre essas espécies de cianobactérias, *Microcystis wesenbergii* é considerada potencialmente tóxica (Sant'Anna e Azevedo 2000). Entretanto, as águas do lago Cujubim não são utilizadas para abastecimento doméstico e nem mesmo para recreação. Mesmo assim, foram analisadas as cianotoxinas na amostra de CUJ (**Anexo 5.2.1-9**). Os resultados obtidos em outubro de 2011 foram inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado.

Em dezembro de 2011 também apenas a estação CUJ (205.670 céls/mL) atingiu densidades celulares maiores que o limite, preconizado para águas de Classe 2 (50.000 céls/mL). A maior contribuição para essa densidade foi da espécie *Aphanocapsa delicatissima* (140.394 céls/mL). Os resultados obtidos em dezembro de 2011 foram inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado.

Desta forma, considerando o conjunto de amostras analisadas, de acordo com o critério densidade de cianobactérias, a maioria das águas analisadas apresentaram densidades de cianobactérias compatíveis com o limite estabelecido para águas de Classe 2 (densidade de cianobactérias < 50.000 céls/mL) e até mesmo da classe 1 (densidade de cianobactérias < 20.000 céls/mL). Estas águas podem ser destinadas, portanto, a diversos usos, como ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. Exceção foram as águas de CUJ que violaram os limites para águas de Classe 2 e até mesmo para a Classe 3 (valor máximo 100.000 céls/mL) nos dois meses de coletas.

Vale ressaltar que, dados os fins para os quais as águas do rio Madeira, tributários e lagos e canais se destinam até então (Classe 2), os resultados de cianotoxinas foram inferiores aos estabelecidos pela Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, para água para consumo humano. No rio Madeira, ocorre captação de água destinada ao consumo humano em pontos próximos à estação JUS.01, no entanto, a densidade de cianobactérias neste rio é muito baixa e foi inferior a 20.000 céls./mL em todas as estações de amostragem. Nos demais compartimentos não há captação de água.

O lago que atingiu densidades de cianobactérias superiores ao estabelecido pela legislação, localizado a jusante da UHE Santo Antônio e, portanto não estando sob influência do empreendimento, não confere risco de contaminar os pontos de captação de água (situados a montante da barragem), por dispersão de células de cianobactérias.

5.2.1.9 - Curva de rarefação

É reconhecido que a riqueza de espécies das comunidades é influenciada pelo número de amostras e pela abundância em que as populações ocorrem (Williams 1964). Com o objetivo de comparar a riqueza de espécies encontrada nos três compartimentos estudados, tendo como base um número idêntico de indivíduos, foi utilizada a curva de rarefação proposta por Gotelli & Graves (1996). Para tanto, foi considerado o somatório das densidades fitoplanctônicas (ind/mL) em cada compartimento nos meses de outubro e dezembro separadamente. Os resultados da curva de rarefação confirmaram o que vem sendo exposto ao longo do monitoramento. Em outras palavras, a riqueza de espécies é maior nos lagos e canais, seguida da riqueza registrada nos tributários e por fim do rio Madeira. A riqueza esperada pela curva de rarefação padronizada mostra claramente diferenças significativas entre a riqueza de espécies nos diferentes

compartimentos, para uma mesma densidade (não há sobreposição dos intervalos de confiança das três curvas), (Figura 5.2.1-16).

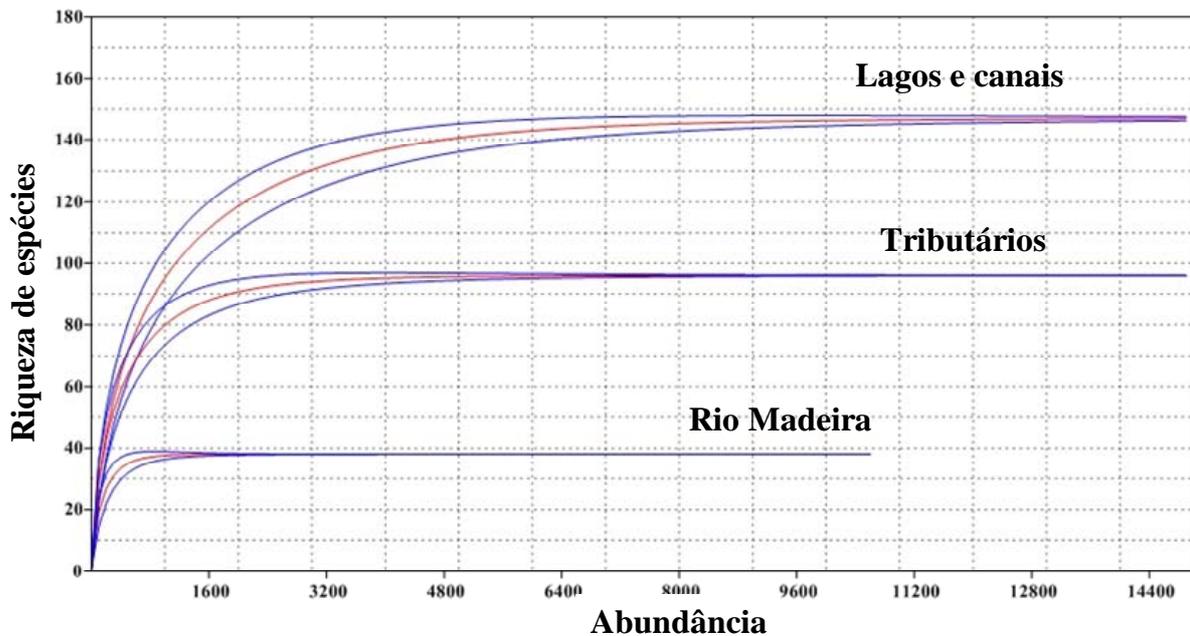


Figura 5.2.1-16 - Curva de rarefação para a comunidade fitoplanctônica do rio Madeira, Tributários e Lagos e canais em outubro e dezembro de 2011 (riqueza de espécies esperada para uma densidade das populações padronizada, Gotelli & Graves, 1996). As linhas azuis representam 95% do intervalo de confiança para cada compartimento.

5.2.1.10 - A comunidade fitoplanctônica nas Fases Rio e Enchimento

Os rios tributários geralmente exercem influência sobre o rio principal na medida em que contribuem com inóculos biológicos e com a descarga de componentes abióticos como, por exemplo, sedimentos e nutrientes (Paira & Dragon 2007). Em grandes rios isso não ocorre uma vez que a massa de água, aliada a alta vazão, pode avançar pelo tributário e mesclar suas águas por quilômetros adentro.

Essa mescla pode ser potencializada em períodos de enchente e águas altas com o alagamento do rio sobre a planície do tributário, como no caso do enchimento a montante da barragem do rio Madeira. Por conta dessa situação espera-se que ocorram mudanças nas condições físicas, químicas e biológicas nas águas dos rios tributários, a montante da barragem.

Com o objetivo de detectar se tais mudanças ocorreram na comunidade fitoplanctônica, os atributos (biovolume e densidades totais e das principais classes taxonômicas, riqueza e diversidade) foram comparados nas Fases Rio e Enchimento do trecho a montante da barragem, onde potencialmente haveria maiores modificações. Para que a comparação fosse consistente levou-se em consideração o nível hidrométrico das campanhas e não o período hidrológico apenas: (fase rio, águas baixas: outubro 2009, n=9, vs outubro 2011, n=6; fase enchimento, enchente: janeiro 2011, n=9, vs. dezembro 2011, n=8). Foi aplicado o teste Kruskal Wallis ($p < 0,05$) para detectar diferenças significativas e o teste ANOVA *a posteriori* para identificar tais diferenças.

Com o objetivo de correlacionar o biovolume fitoplanctônico com variáveis ambientais e ilustrar possíveis mudanças nos períodos hidrológicos das Fases Rio e Enchimento, aplicou-se uma análise de Componentes Principais para o conjunto de amostras do Rio Madeira e para os Tributários, utilizando-se o biovolume total (BV) e as variáveis SS (sólidos suspensos), DBO5, Cond (condutividade), pH, OD (oxigênio dissolvido), SRP (fósforo solúvel reativo), prof. (profundidade) e TH20 (temperatura da água). Essas são variáveis anteriormente selecionadas como as mais relevantes pela técnica stepwise.

Não foram detectadas diferenças significativas entre as Fases Rio e Enchimento nos Tributários a montante, para nenhum dos atributos fitoplanctônicos, quando comparadas as campanhas de águas baixas da Fase Rio (outubro/2009) com a campanha de águas baixas da Fase Enchimento (outubro/2011). Porém, graficamente é possível observar que JAC.01 e JAT I apresentaram biovolumes maiores na fase enchimento (Figura 5.2.1-17).

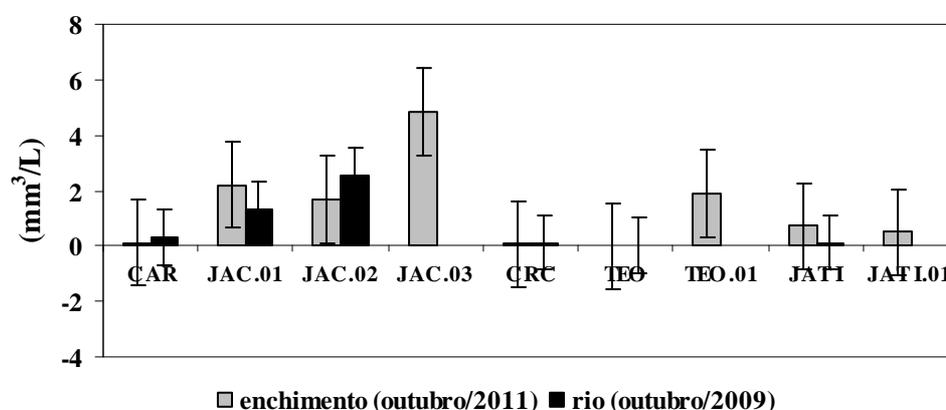


Figura 5.2.1-17 - Biovolume fitoplanctônico (media e desvio padrão) nos Tributários a montante da barragem do rio Madeira no período de águas baixas das Fases Rio (outubro/2009) e Enchimento (outubro/2011).

Da mesma forma que nas águas baixas, não foram detectadas diferenças significativas entre as Fases Rio e Enchimento de nenhum dos atributos fitoplanctônicos quando comparada as campanhas de enchente da Fase Rio (janeiro/2011) com a campanha de enchente da Fase Enchimento (dezembro/2011). Graficamente, no entanto, é possível observar que CRC apresentou maior biovolume na fase enchimento (Figura 5.2.1-18).

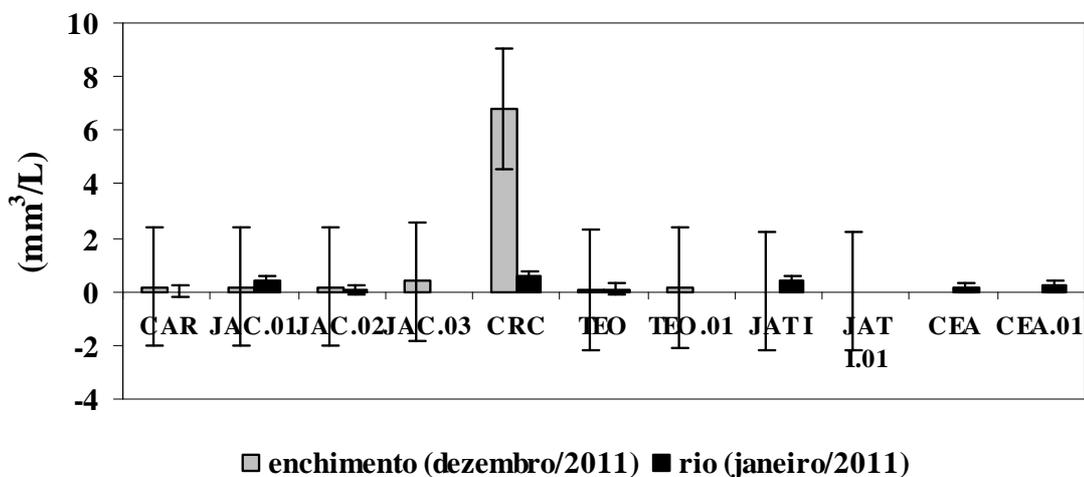


Figura 5.2.1-18 - Biovolume fitoplanctônico (média e desvio padrão) nos tributários a montante da barragem do rio Madeira no período de enchente das Fases Rio (janeiro/2011) e Enchimento (dezembro/2011).

Através da PCA evidenciou-se que, no rio Madeira, o pulso de inundação é marcado pelo agrupamento dos períodos de águas baixas com os de vazante associadas positivamente com pH, condutividade e oxigênio dissolvido. Os períodos de águas altas associaram-se com condições opostas às mencionadas para águas baixas e vazante. Já a enchente associou-se a maiores valores de profundidade, DBO5 e sólidos em suspensão. Os dois primeiros eixos explicaram 54% da variabilidade dos dados no rio Madeira. Cabe salientar que as campanhas da Fase de Enchimento (águas baixas e enchente) agrupam-se de acordo com seus respectivos períodos hidrológicos da fase Rio (Figura 5.2.1-19a). Já nos Tributários, a PCA mostra ausência de individualização dos períodos hidrológicos, potencialmente pela marcada heterogeneidade da profundidade dos Tributários (Figura 5.2.1-19b).

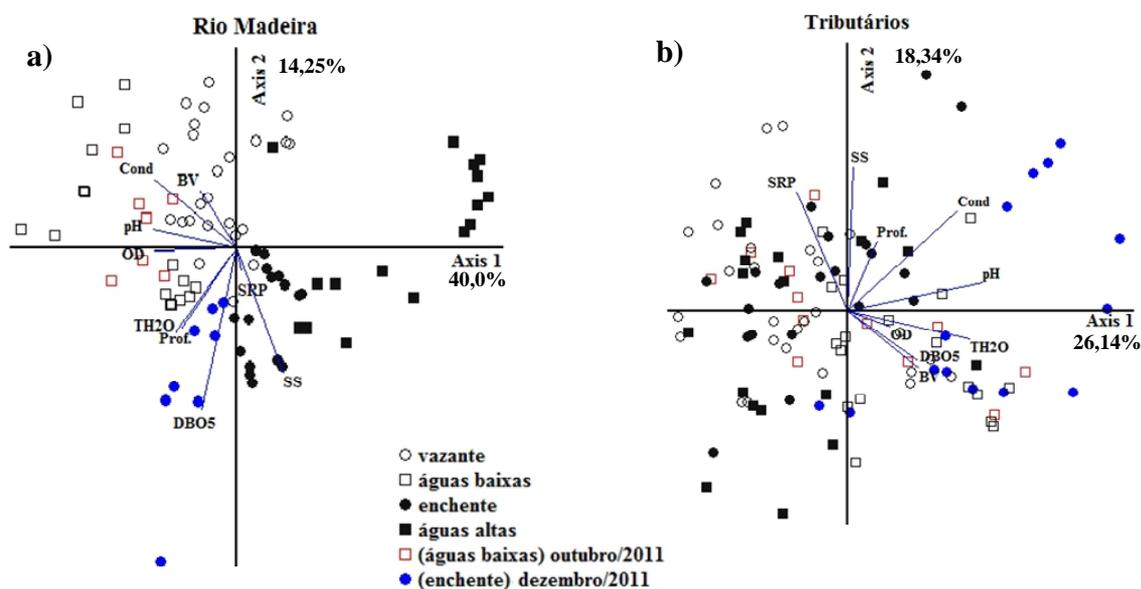


Figura 5.2.1-19 - Diagramas de ordenação derivados das Análises de Componentes Principais (ACP) aplicadas às variáveis ambientais e ao biovolume total do fitoplâncton no rio Madeira (a) e seus Tributários (b). TH2O= temperatura da água, OD= oxigênio dissolvido, Cond= condutividade, SS= sólidos em suspensão, prof.=profundidade máxima, SRP=fósforo solúvel reativo, DBO 5= demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias e BV=biovolume do fitoplâncton