

ÍNDICE

5 - Resultados	1/63
5.1 - Abióticos	1/63
5.1.1 - Físicas A e B	1/63
5.1.1.1 - Temperatura do ar e da água	1/63
5.1.1.2 - Profundidade, zona eufótica, cor e velocidade de corrente	6/63
5.1.2 - Físicas C	8/63
5.1.2.1 - Turbidez	8/63
5.1.2.2 - Sólidos	13/63
5.1.3 - Físico-químicas	15/63
5.1.3.1 - Condutividade elétrica	15/63
5.1.3.2 - Potencial hidrogeniônico (pH)	19/63
5.1.4 - Químicas I-A	23/63
5.1.4.1 - Oxigênio dissolvido	23/63
5.1.4.2 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	28/63
5.1.4.3 - Demanda química de oxigênio (DQO)	28/63
5.1.4.4 - Carbono	29/63
5.1.5 - Química II	32/63
5.1.5.1 - Sistema tampão (alcalinidade, dureza e dureza devido ao cálcio e magnésio)	32/63
5.1.6 - Químicas III	35/63
5.1.6.1 - Íons principais (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-)	35/63
5.1.7 - Químicas IV	39/63

5.1.7.1 -	Nitrogênio	39/63
5.1.7.2 -	Fósforo.....	43/63
5.1.7.3 -	Silicatos reativos	46/63
5.1.8 -	Químicas V.....	46/63
5.1.8.1 -	Óleos e graxas	46/63
5.1.8.2 -	Ferro	47/63
5.1.9 -	Químicas VI.....	48/63
5.1.9.1 -	Elementos-traço.....	48/63
5.1.10 -	Biológicas	52/63
5.1.10.1 -	Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	52/63
5.1.10.2 -	Clorofila <i>a</i> e pigmentos totais.....	54/63
5.1.10.3 -	Pontos de captação de água para abastecimento público: PCM e PCT	55/63
5.1.11 -	Índices	56/63
5.1.11.1 -	Índice de estado trófico (IET).....	56/63
5.1.11.2 -	Índice de qualidade da água (IOA)	56/63
5.1.11.3 -	Ordenação espacial das variáveis limnológicas	57/63
5.1.11.4 -	Comparação das diferentes fases do empreendimento	60/63

5 - RESULTADOS

5.1 - ABIÓTICOS

O rio Madeira apresenta períodos hidrológicos muito bem definidos durante o ano. A sazonalidade bem definida do regime hídrico monomodal possibilita o estabelecimento criterioso das datas dos trabalhos de campo, em função das variações no nível do rio, em quatro períodos hidrológicos distintos: vazante, águas baixas, enchente e águas altas. A campanha atual foi realizada no período de águas baixas (outubro de 2013). A variação do nível da água ao longo do tempo e o período em que foi realizada a campanha de campo do Monitoramento Limnológico são mostrados na Figura 5-1.

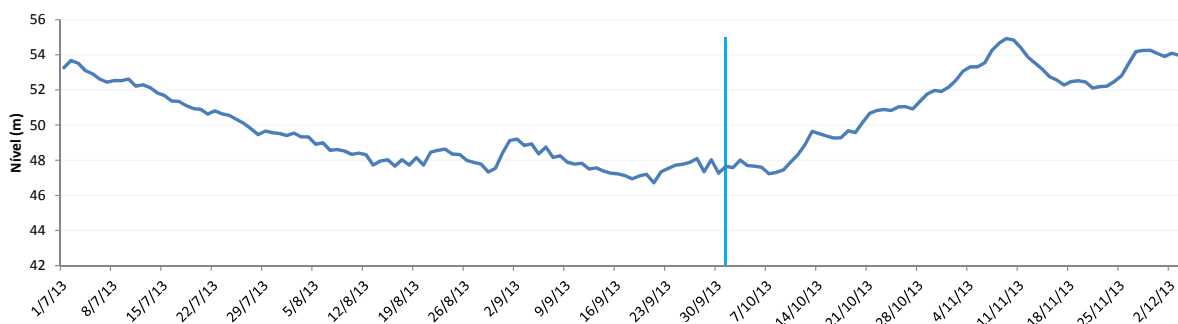


Figura 5-1 - Variação da cota no rio Madeira, medida na estação de Porto Velho-RO. A barra indica a campanha realizada em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.1 - Físicas A e B

5.1.1.1 - Temperatura do ar e da água

A temperatura média do ar e da água na área de estudo foi de $29,21 \pm 0,68 \text{ }^\circ\text{C}$ e $30,06 \pm 1,43 \text{ }^\circ\text{C}$, indicando pouca variação entre as estações amostradas (Figura 5-2). No rio Madeira, os perfis verticais de temperatura indicaram estratificação térmica nas estações de montante, que ficou restrita aos primeiros metros da coluna d'água. Em MON.01 foi observada estratificação mais acentuada nos dez primeiros metros. A jusante, a coluna d'água mostrou-se toda misturada (Figura 5-3). Nos tributários, especialmente naqueles situados a montante do reservatório, também houve estabelecimento de estratos com temperatura diferente, com águas mais quentes

na superfície (Figura 5-4). As exceções foram as estações JAM, JAT I.01 e BEL. A estação LC.01, no lago Cuniã, também apresentou estratificação térmica.

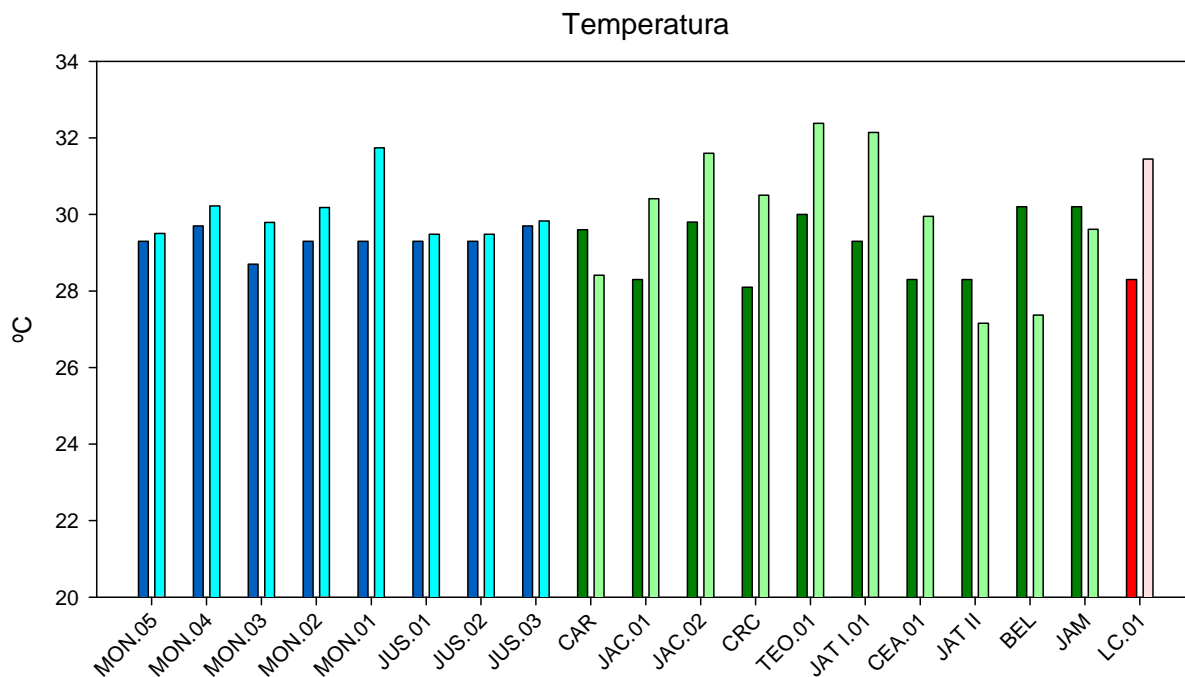


Figura 5-2 - Temperatura do ar e da água no rio Madeira (barra azul escuro = ar; barra azul clara = água), nos tributários (barra verde escuro = ar; barra verde claro = água) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = ar; barra vermelho claro = água) em outubro de 2013 (águas baixas).

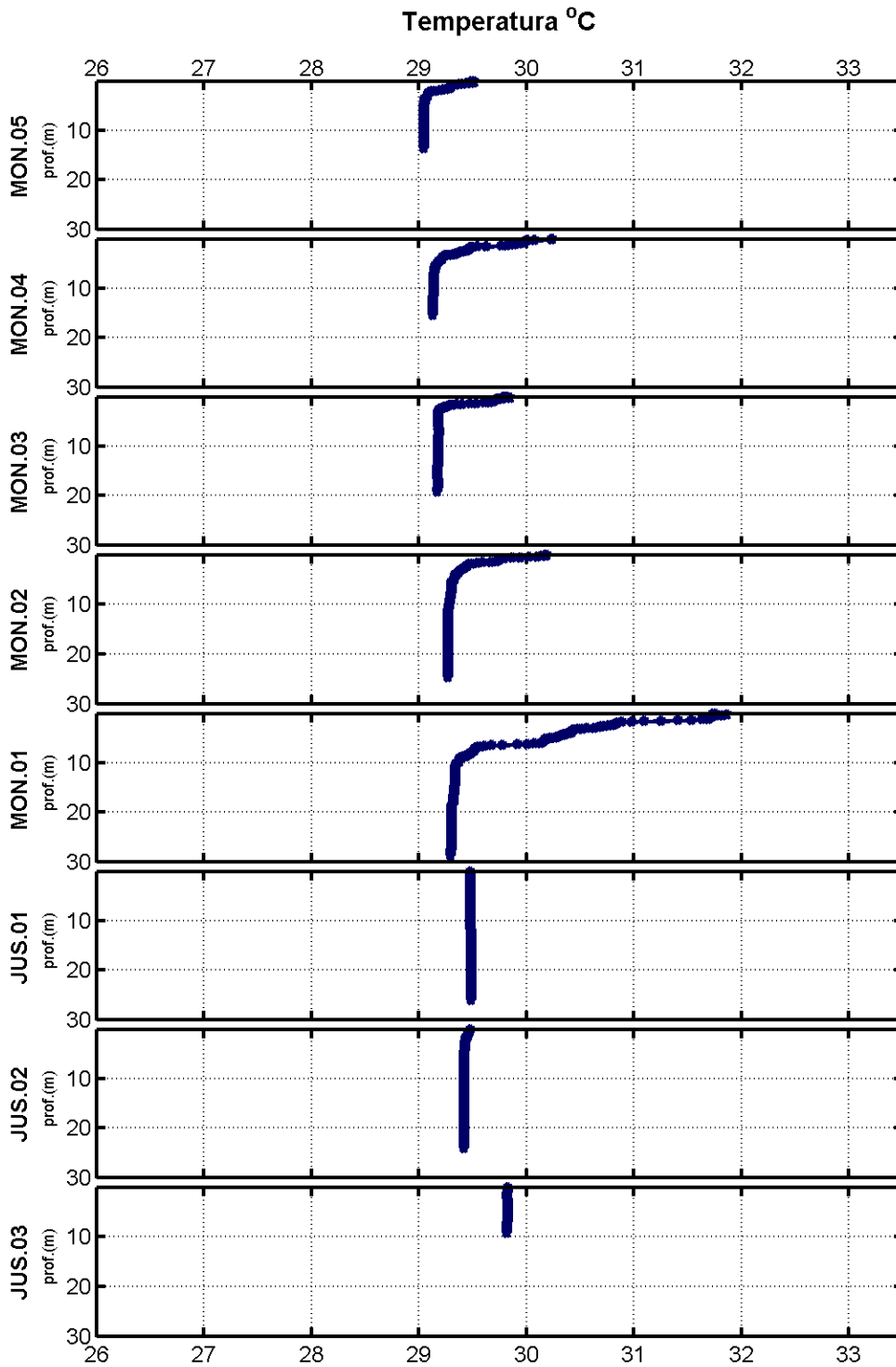
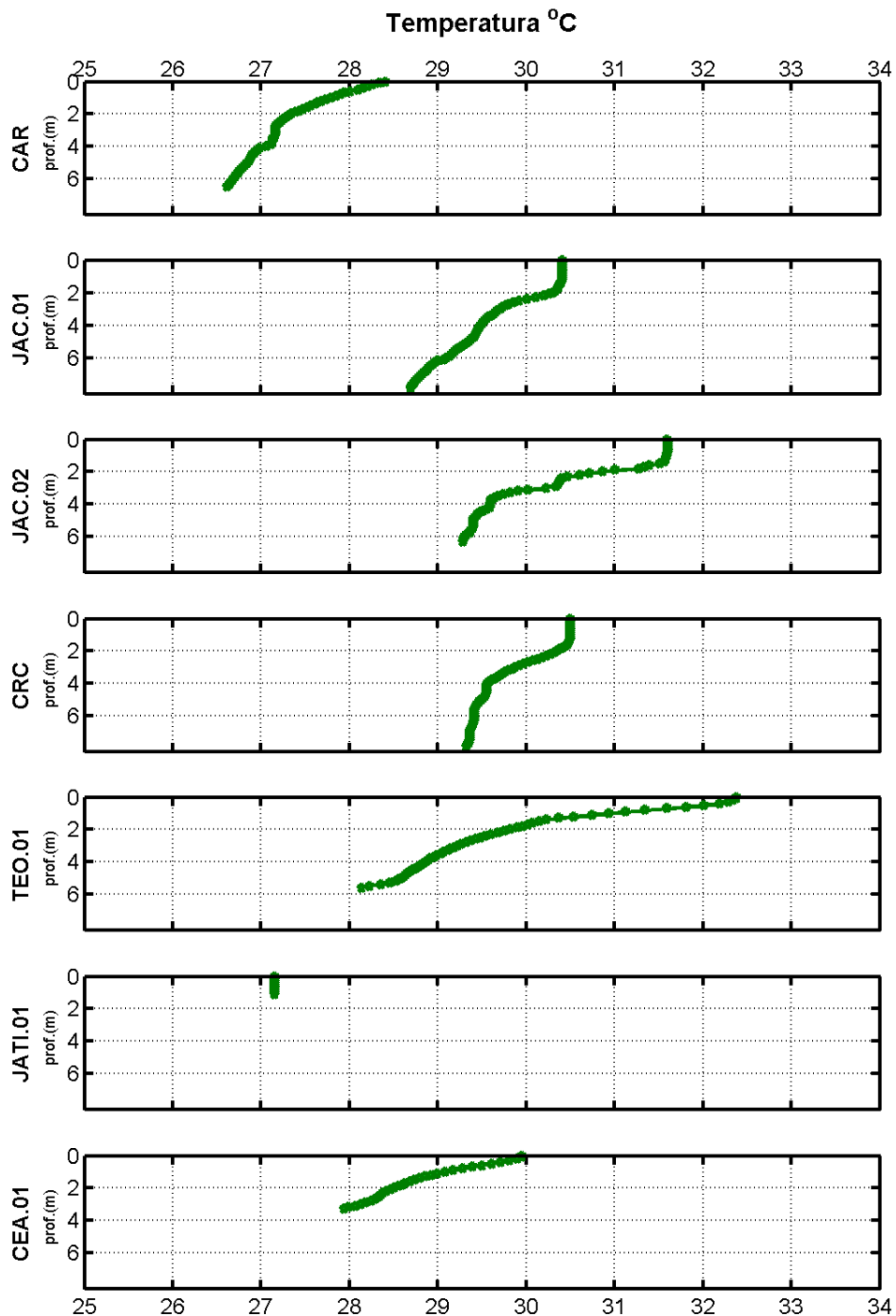


Figura 5-3 - Perfis verticais de temperatura da água no rio Madeira em outubro de 2013 (águas baixas).



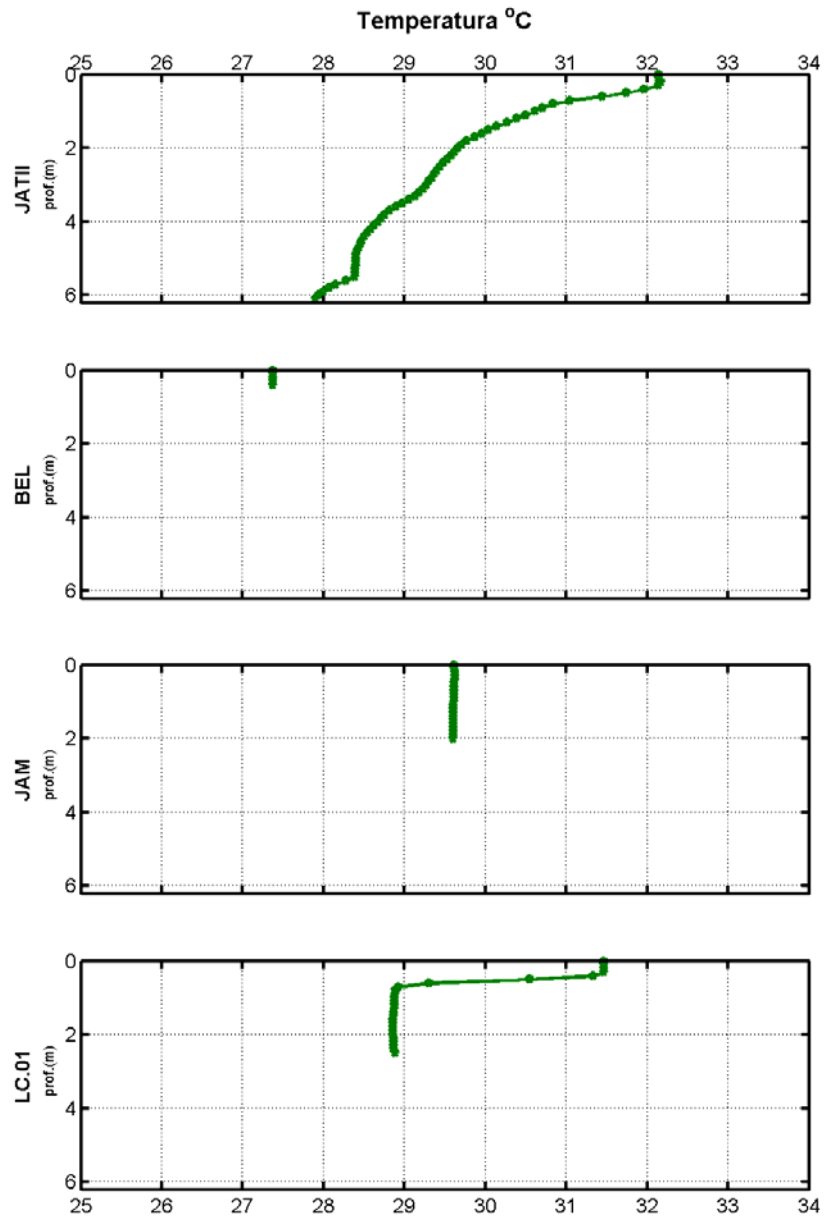


Figura 5-4 - Perfis verticais de temperatura da água nos tributários e no lago Cuniã (LC.01) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.1.2 - Profundidade, zona eufótica, cor e velocidade de corrente

A profundidade média foi de $22,1 \pm 8,7$ m nas estações do rio Madeira e $5,3 \pm 3,1$ m nas estações dos tributários. Ao comparar o padrão de variação da profundidade no rio Madeira, observou-se um aumento gradual da estação mais a montante do reservatório (MON.05) em direção à barragem (MON.01) (Figura 5-5).

Como o rio Madeira é um rio de águas brancas, com elevada carga de sólidos em suspensão, há baixa penetração de luz (Muntz, 1978). Isso explica a pequena zona eufótica registrada (0,30 m em todas as estações). Já nos tributários, que apresentam água mais clara, a zona eufótica foi mais elevada ($2,6 \pm 2,4$ m), atingindo boa parcela da coluna d'água (Figura 5-5). No lago Cuniã, a zona eufótica assemelhou-se à dos tributários.

A cor da água apresentou valores médios de 45 ± 11 mg Pt/L nas estações do rio Madeira e 51 ± 30 mg Pt/L nos tributários. O limite de 75 mg/L preconizado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005 foi extrapolado nas estações CRC, CEA.01 e BEL, todas nos tributários (Figura 5-6).

A velocidade de corrente média foi maior no rio Madeira ($1,3 \pm 0,7$ km/h) do que nos tributários ($0,6 \pm 0,7$ km/h). A maior parte dos tributários não apresentou velocidade de corrente quantificável, assim como o lago Cuniã (Figura 5-7). Neste período de águas baixas não foi realizada a medição da velocidade de corrente em JUS.03.

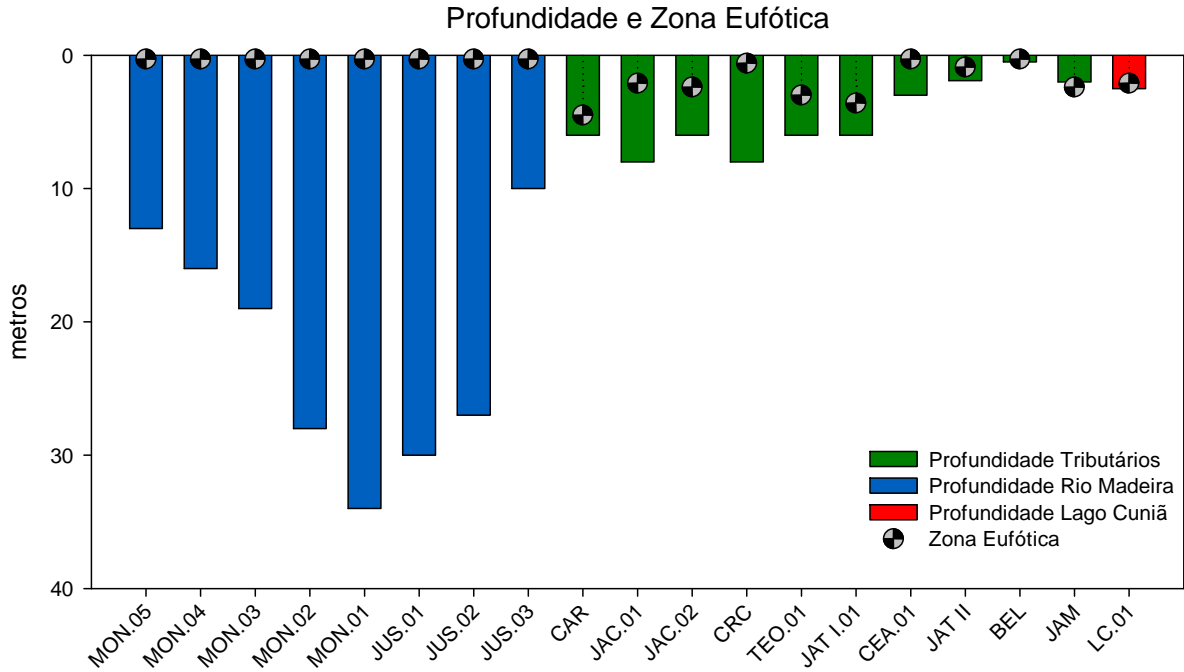


Figura 5-5 - Profundidade da coluna d'água (barras) e zona eufótica (círculos) no rio Madeira (azul), nos tributários (verde) e no lago Cuniã (vermelho) em outubro de 2013 (águas baixas).

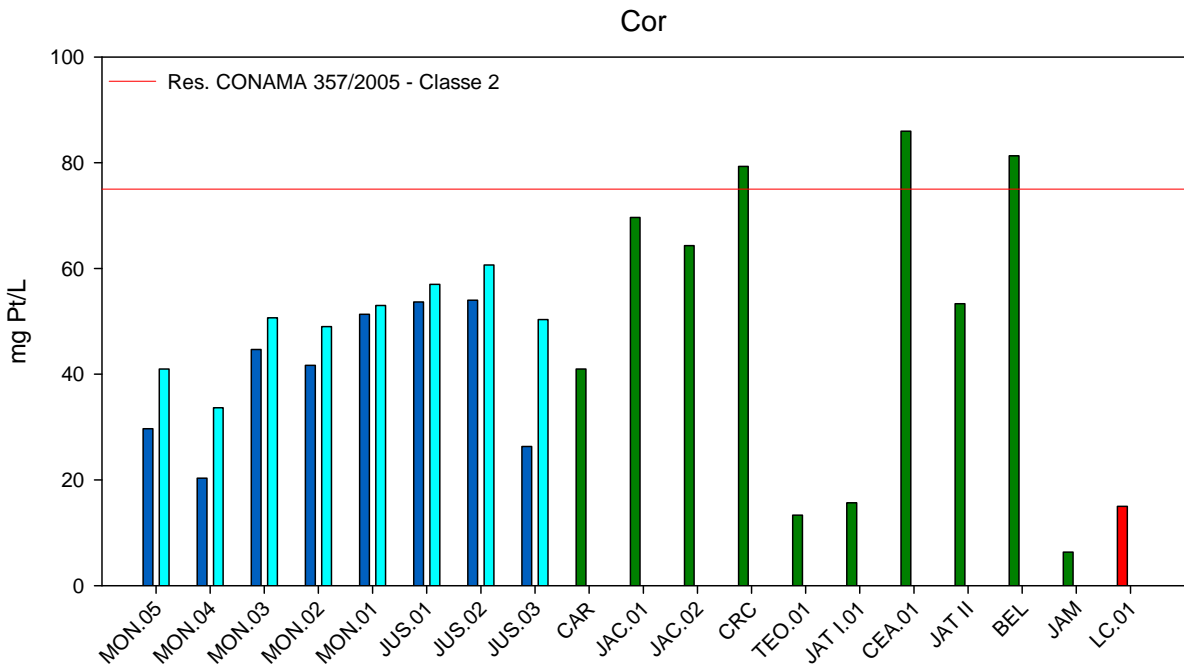


Figura 5-6 - Cor da água no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). A cor não é amostrada no fundo dos tributários e do lago Cuniã.

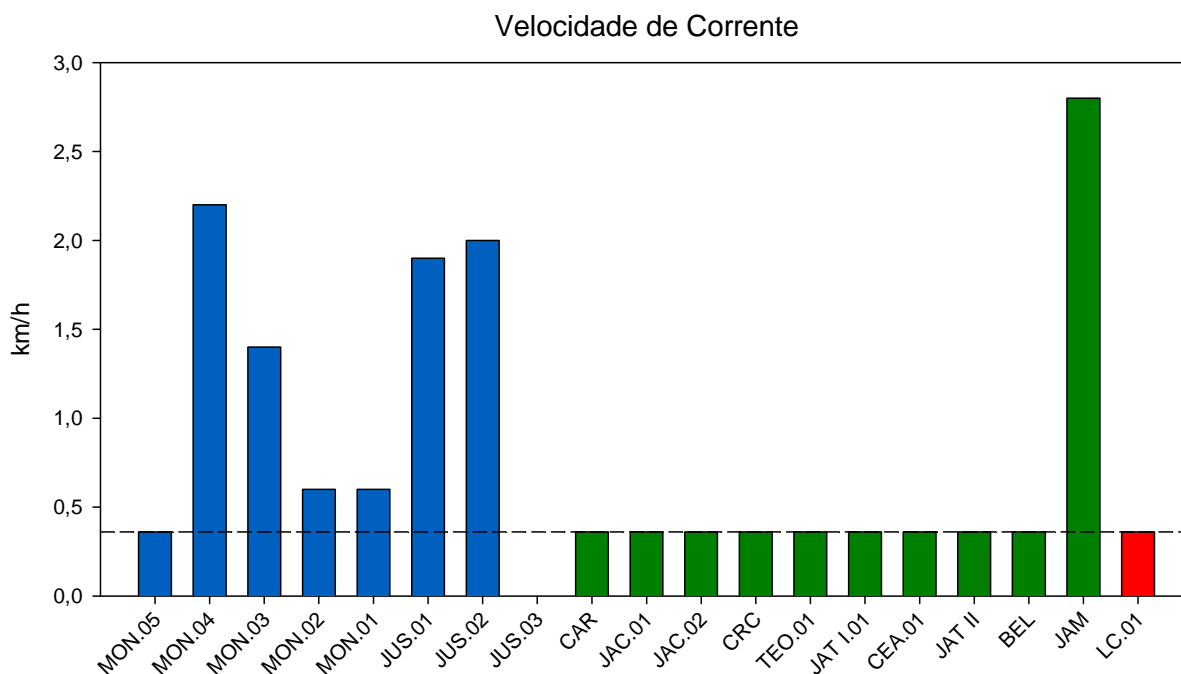


Figura 5-7 - Velocidade de corrente no rio Madeira (azul), nos tributários (verde) e no lago Cuniã (vermelho) em outubro de 2013 (águas baixas). A linha pontilhada indica o limite de detecção (0,36 km/h).

5.1.2 - Físicas C

5.1.2.1 - Turbidez

A média da turbidez registrada no rio Madeira foi de 139 ± 17 NTU para este período de águas baixas. A maior parte dos tributários apresentou valores baixos de turbidez, com exceção de CRC, CEA.01, JAT II e BEL, de modo que a média foi 68 ± 85 NTU (Figura 5-8). O limite de 100 NTU preconizado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005 foi extrapolado por todas as estações do rio Madeira e pelas estações CRC, CEA.01 e BEL, nos tributários. Altos valores na área de estudo são uma característica natural.

Os perfis de turbidez indicaram ausência de padrão definido e tendência de aumento dos valores em direção ao fundo nas estações do rio Madeira (Figura 5-9). Nos tributários e no lago Cuniã também houve grande variação nos perfis, com o mesmo padrão de aumento em direção ao fundo (Figura 5-10).

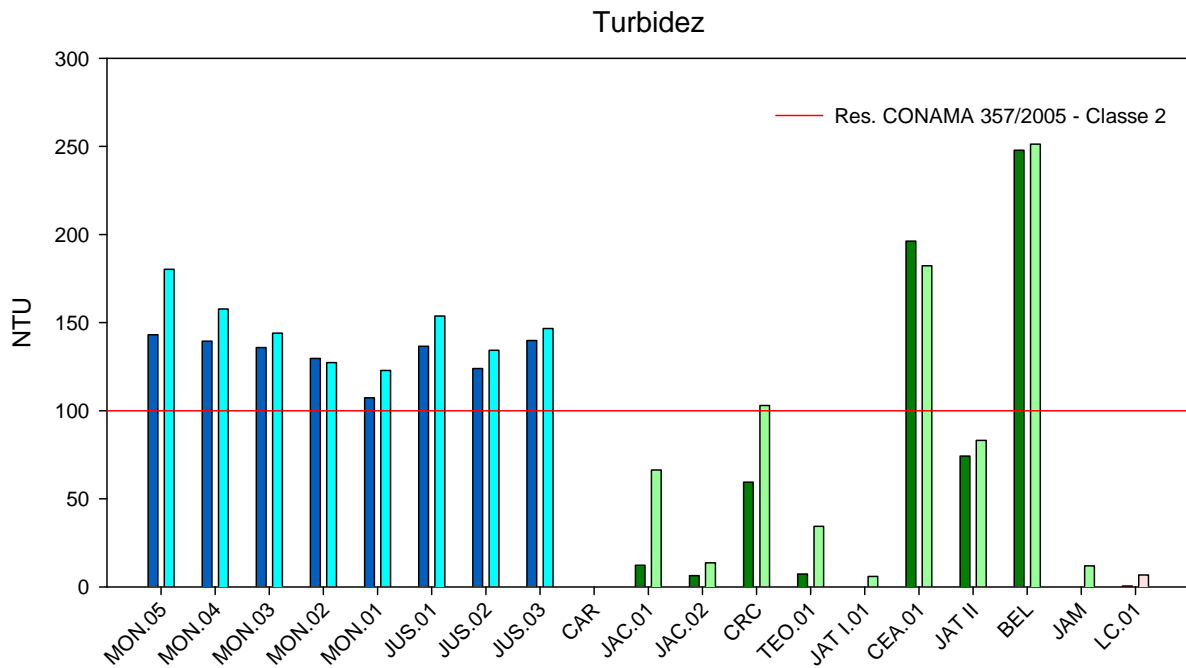


Figura 5-8 - Valores de turbidez no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

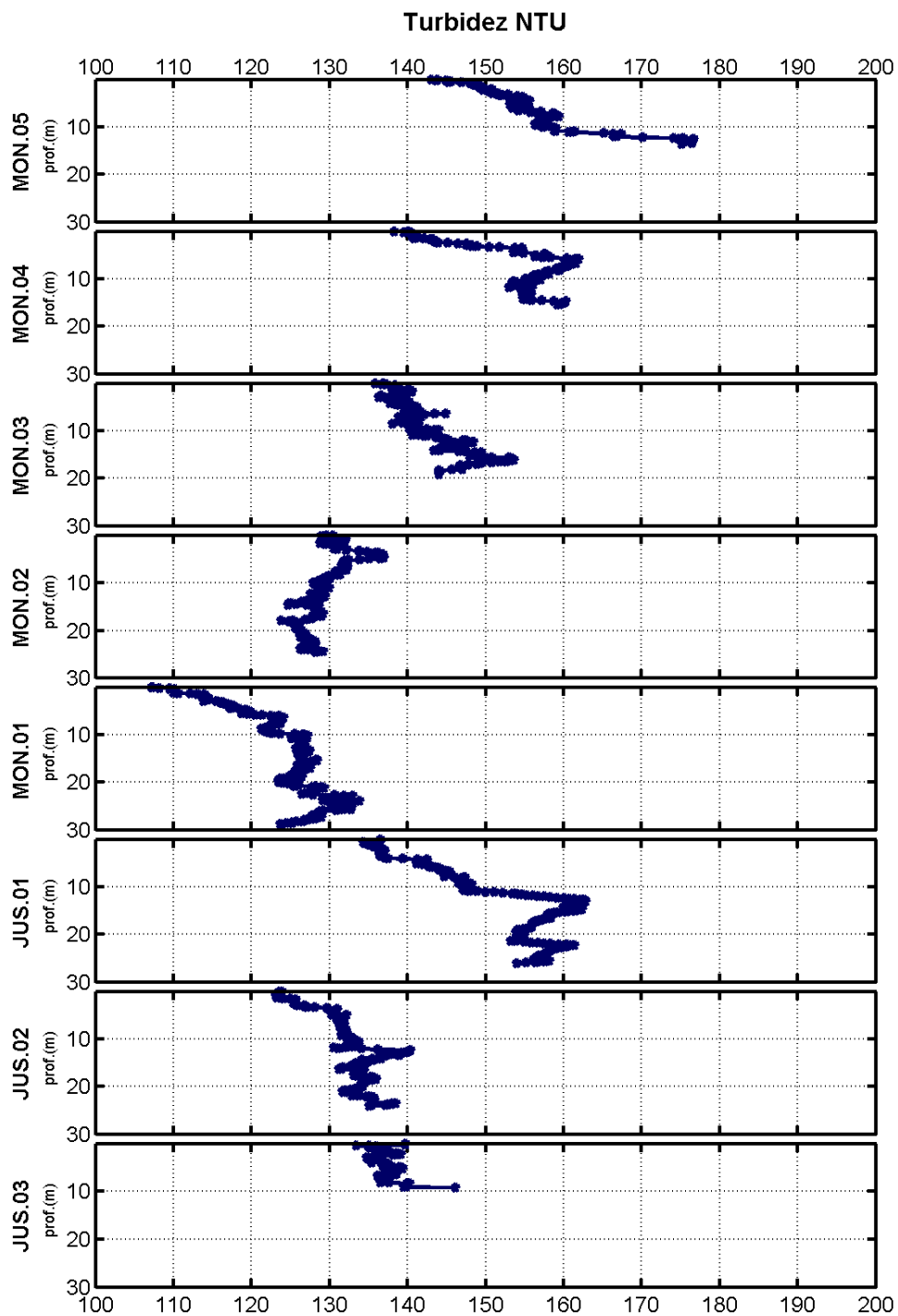
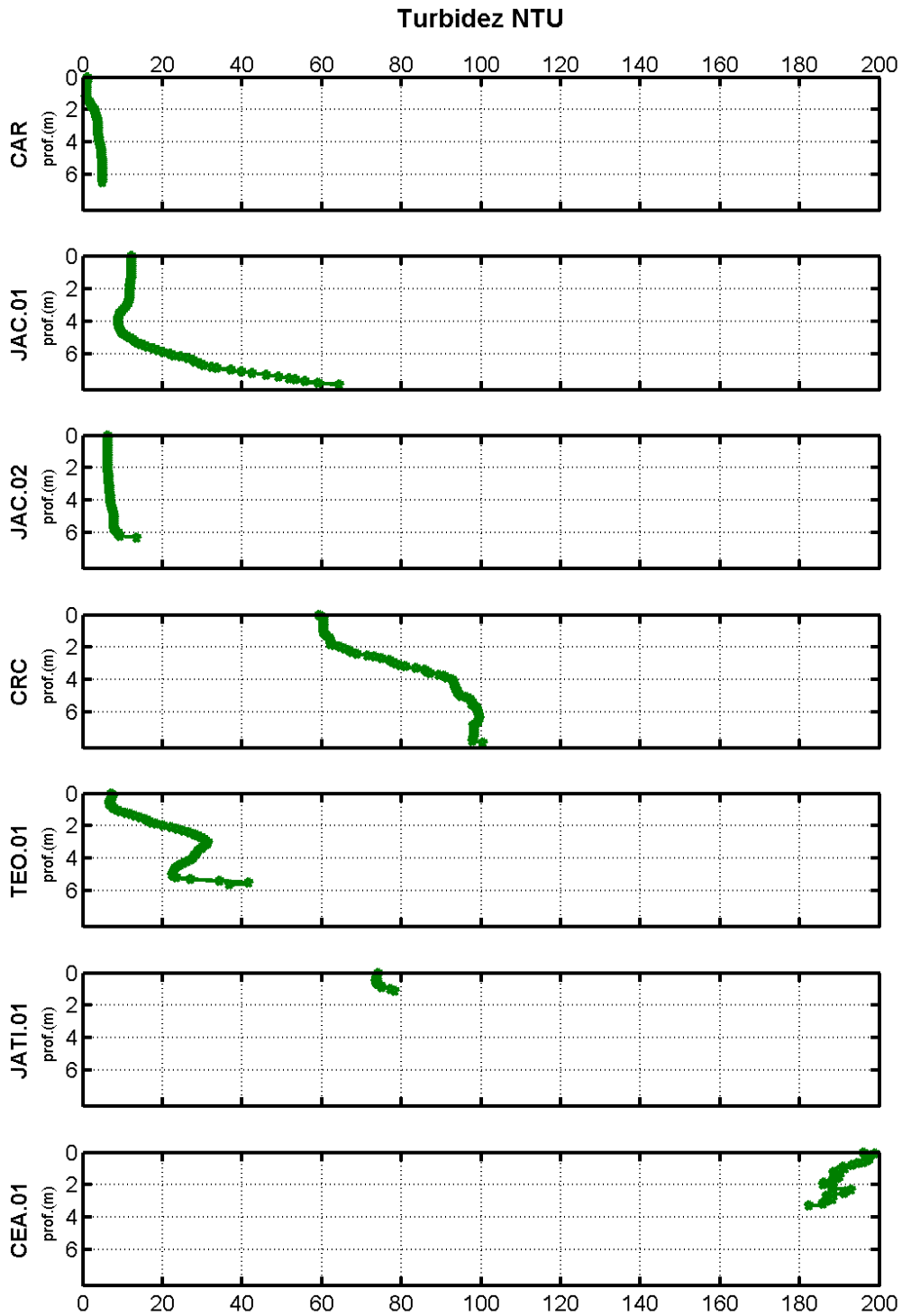


Figura 5-9 - Perfis verticais de turbidez no rio Madeira em outubro de 2013 (águas baixas).



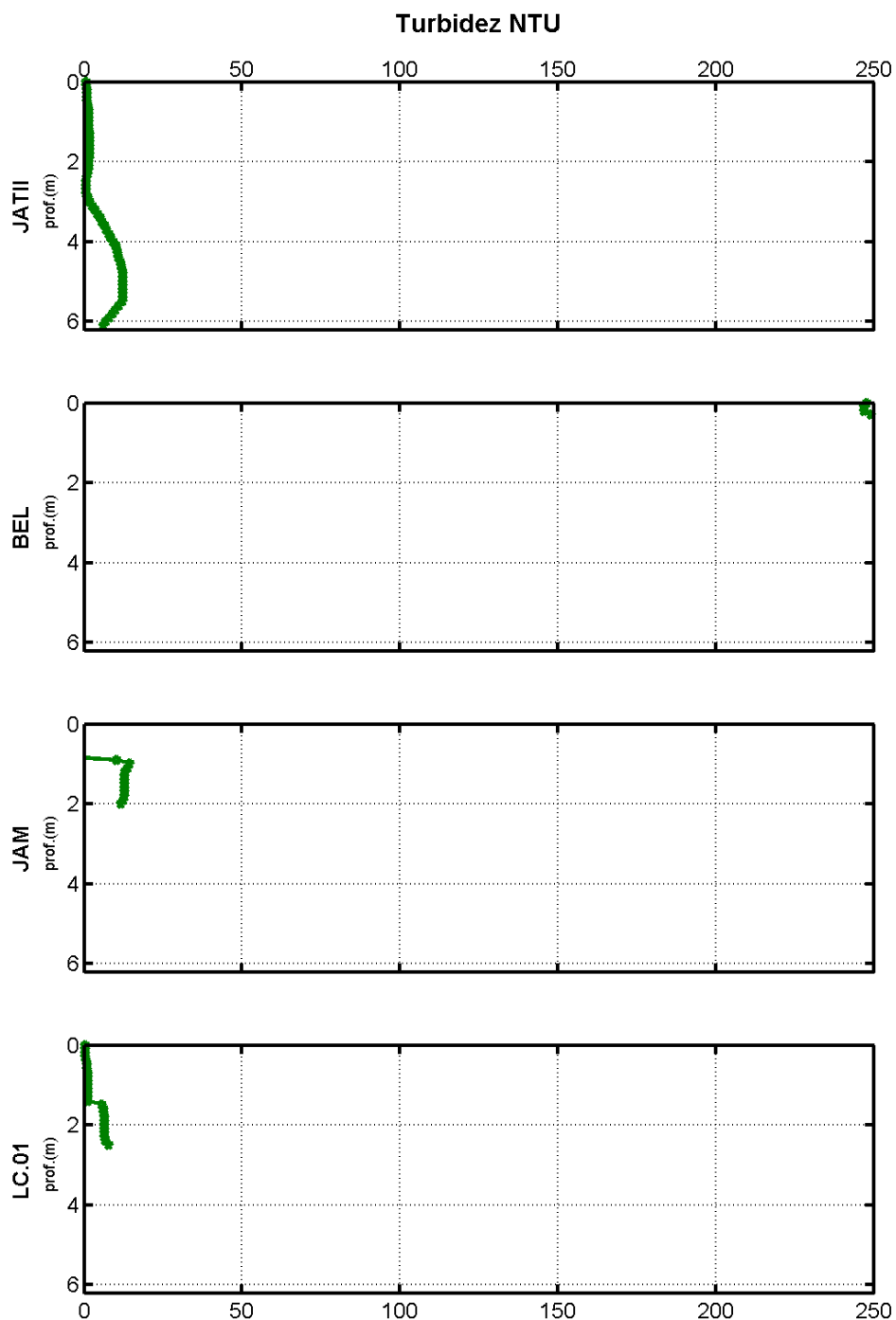


Figura 5-10 - Perfis verticais de turbidez nos tributários e no lago Cuniã (LC.01) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.2.2 - Sólidos

Os rios de água branca, como o rio Madeira, apresentam elevado teor de sólidos, especialmente em suspensão (McClain & Naiman, 2008). As elevadas concentrações de sólidos são provenientes da erosão e carreamento de sedimentos, principalmente na parte andina da bacia.

A concentração média de sólidos totais foi de 122 ± 31 mg/L nas estações do rio Madeira e 56 ± 75 mg/L nas estações dos tributários (Figura 5-11). No rio Madeira, as concentrações foram geralmente maiores no fundo. Nos tributários, houve grande variação, com BEL apresentando a maior concentração dentre todas as estações amostradas. A estação do lago Cuniã apresentou baixa concentração, como a maior parte dos tributários.

A fração suspensa representou em média 68% dos sólidos totais nas estações amostradas. A concentração de sólidos em suspensão no rio Madeira foi de 82 ± 19 mg/L, contra uma média de 48 ± 72 mg/L nos tributários (Figura 5-12). A concentração média de sólidos dissolvidos foi de 40 ± 20 mg/L no rio Madeira e 8 ± 5 mg/L nos tributários (Figura 5-13). Todas as concentrações de sólidos dissolvidos foram inferiores ao limite de 500 mg/L preconizado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005,

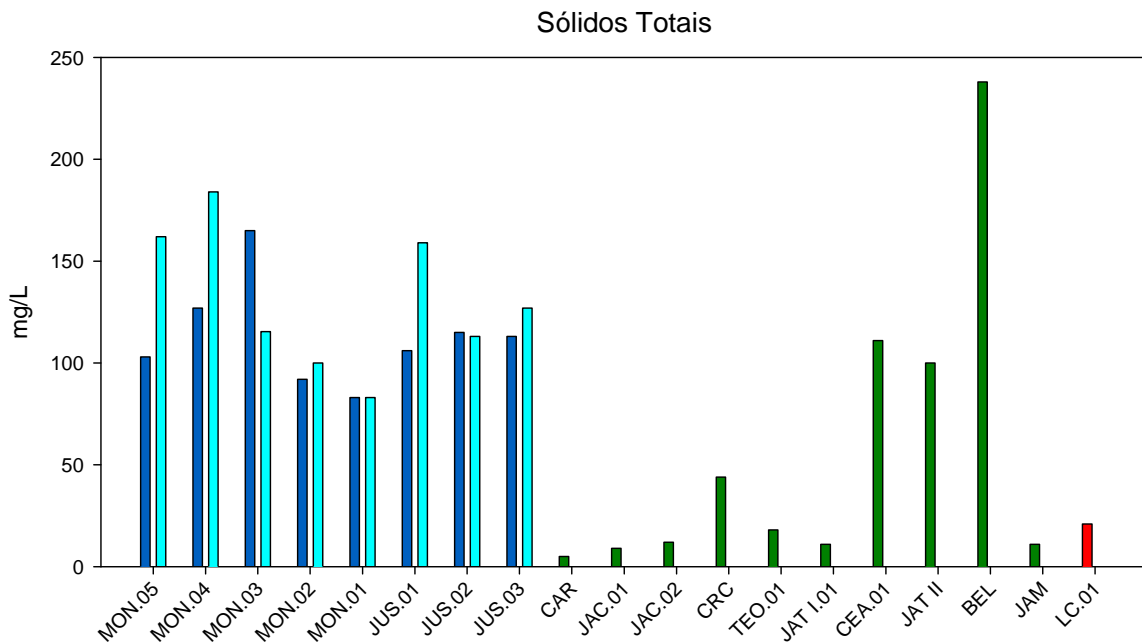


Figura 5-11 - Concentrações de sólidos totais no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelho = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). Os sólidos totais não são amostrados no fundo dos tributários e do lago Cuniã.

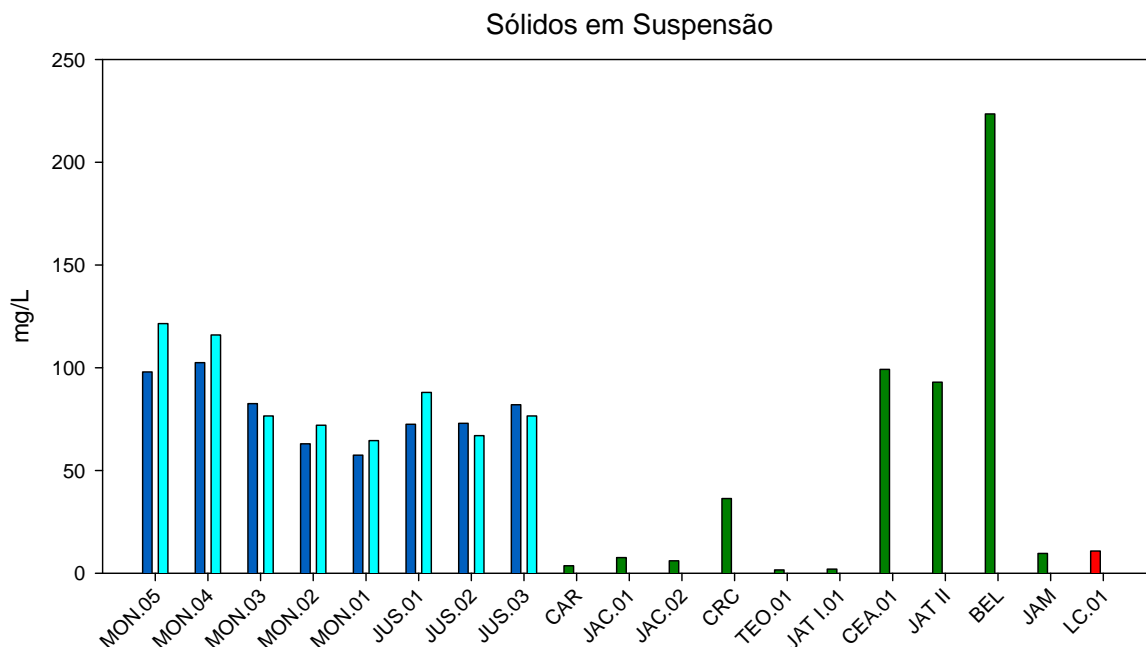


Figura 5-12 - Concentrações de sólidos em suspensão no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). Os sólidos em suspensão não são amostrados no fundo dos tributários e do lago Cuniã.

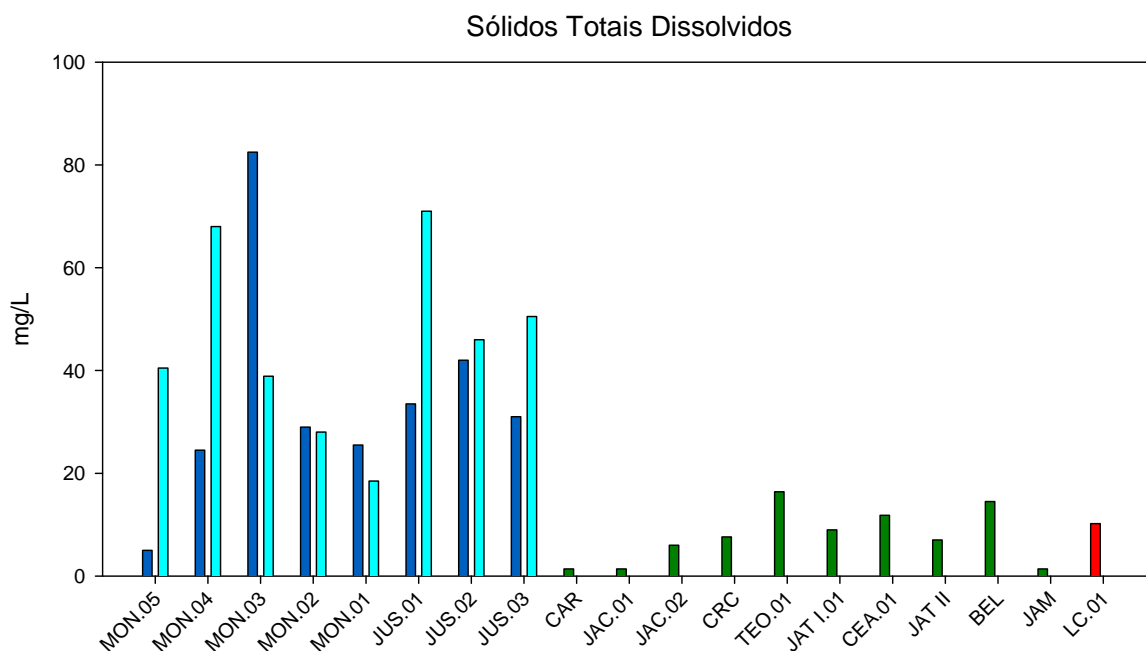


Figura 5-13 - Concentrações de sólidos totais dissolvidos no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). Os sólidos totais dissolvidos não são amostrados no fundo dos tributários e no lago Cuniã.

5.1.3 - Físico-químicas

5.1.3.1 - Condutividade elétrica

A condutividade elétrica apresentou média de $118 \pm 2 \mu\text{S}/\text{cm}$ no rio Madeira e $47 \pm 32 \mu\text{S}/\text{cm}$ nos tributários (Figura 5-14). Não houve variação espacial nos valores registrados no rio Madeira, indicando que o barramento não criou gradientes espaciais na condutividade. Nos tributários os valores oscilaram bastante, uma vez que se tratam de diferentes ambientes. O valor registrado no lago Cuniã foi inferior ao da maioria dos tributários. Os perfis de condutividade ao longo da coluna d'água indicaram que não há diferença entre superfície e fundo no rio Madeira (Figura 5-15). Nos tributários, em contrapartida, houve maior variação vertical, especialmente nas estações TEO.01, JAC .01, CRC e JAT II (Figura 5-16).

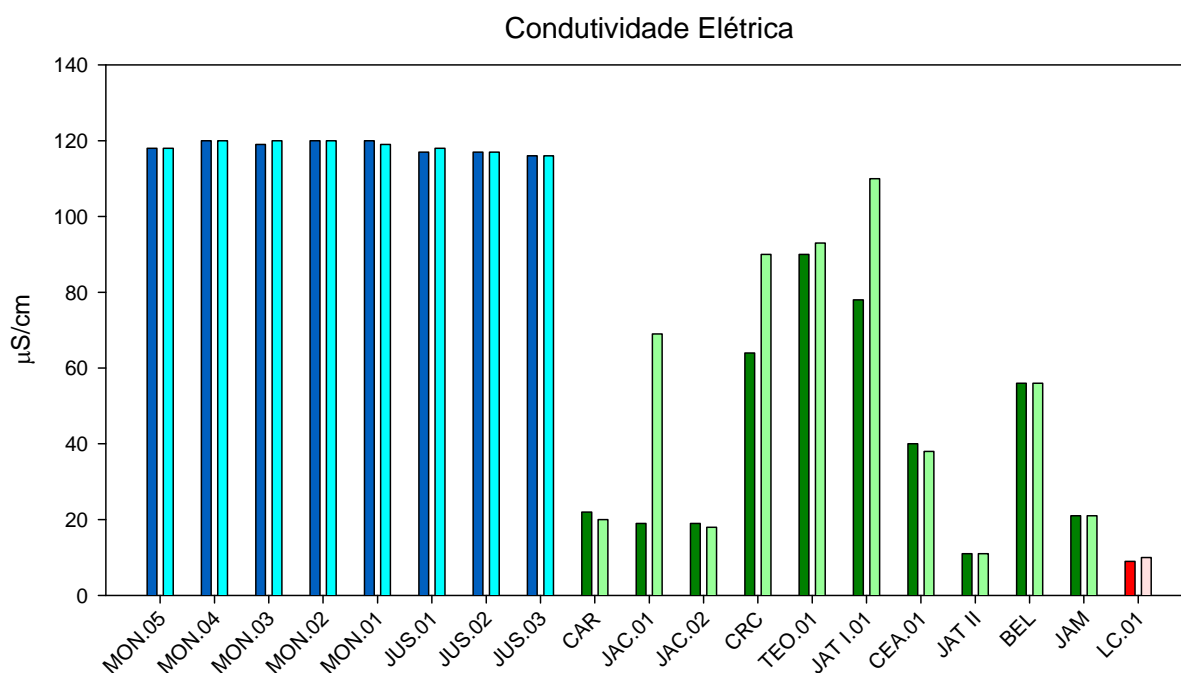


Figura 5-14 - Valores superficiais de condutividade elétrica no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície; barra vermelho claro = fundo) em outubro de 2013 (águas baixas).

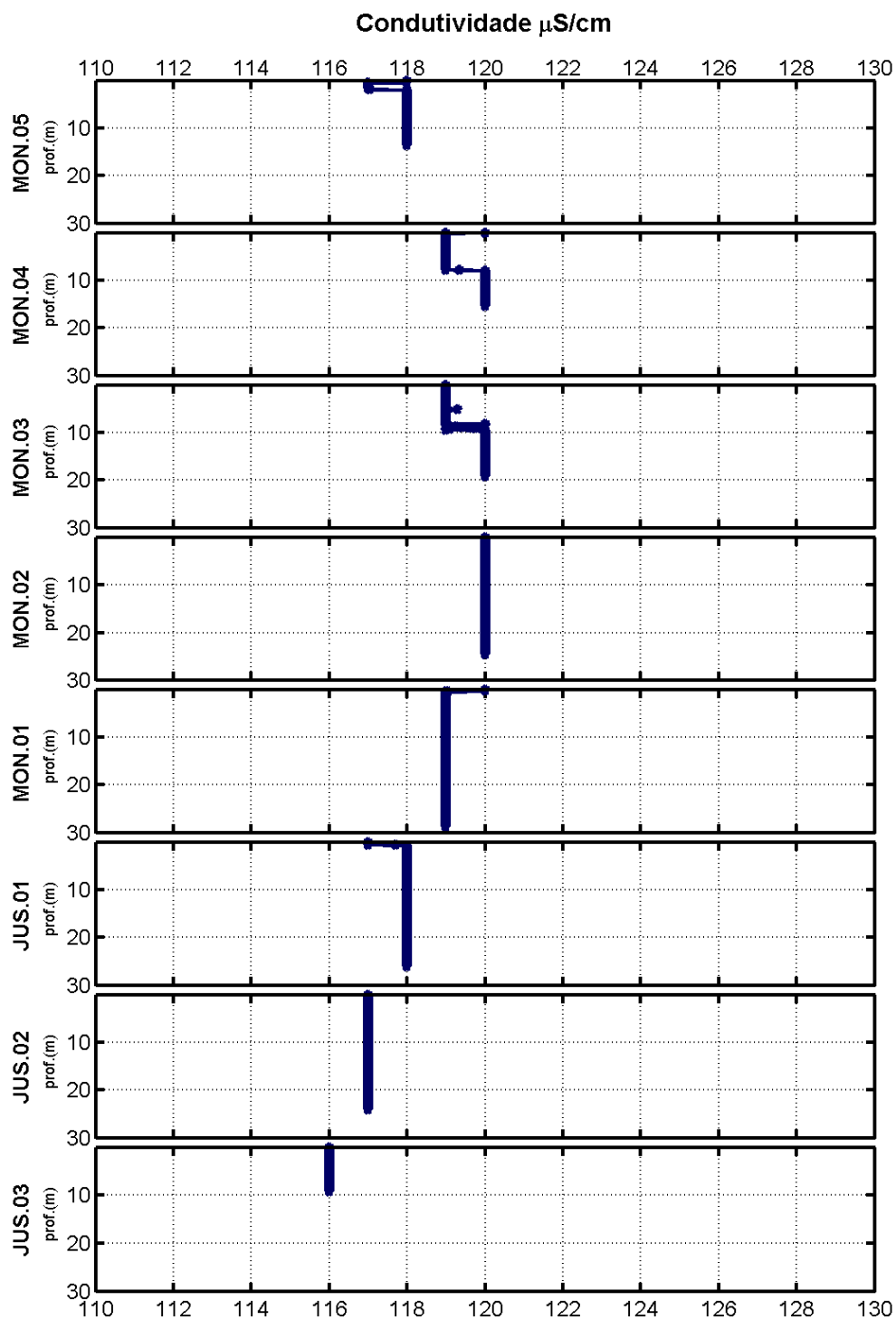
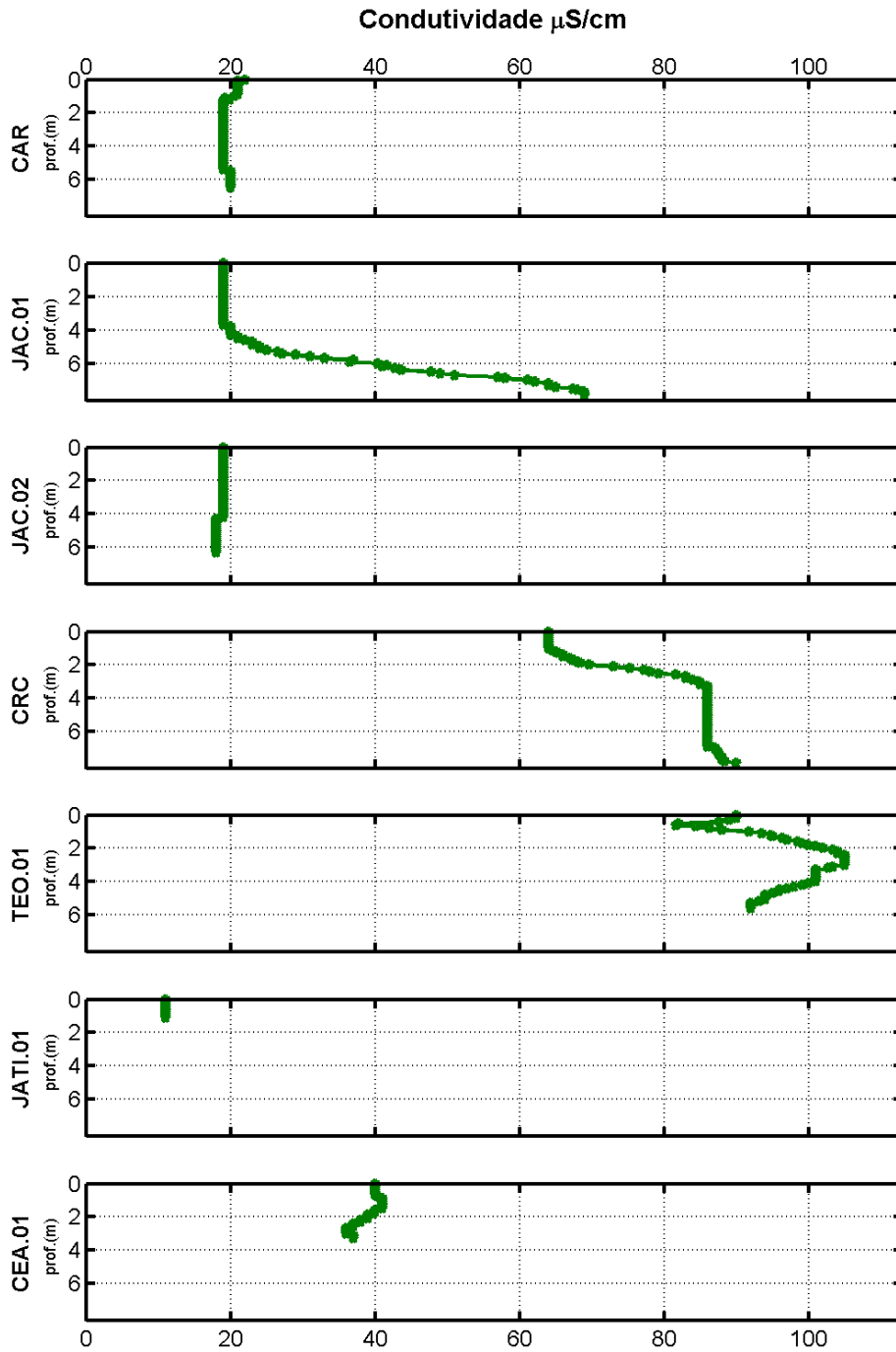


Figura 5-15 - Perfis verticais de condutividade elétrica no rio Madeira em outubro de 2013 (águas baixas).



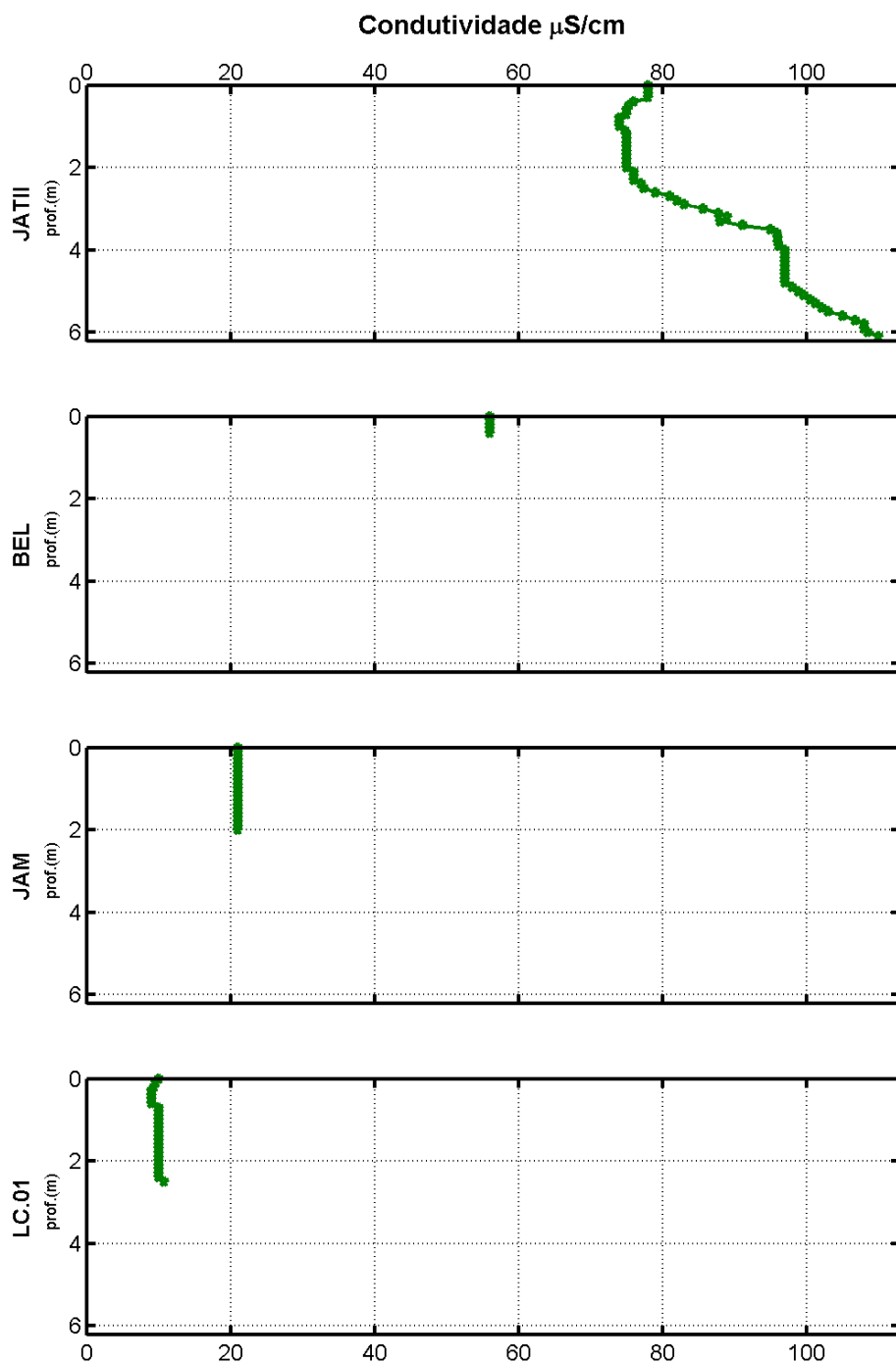


Figura 5-16 - Perfis verticais de condutividade elétrica nos tributários e no lago Cuniã (LC.01) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.3.2 - Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH médio dos tributários ($6,31 \pm 0,61$) foi mais baixo do que nas estações no rio Madeira ($7,17 \pm 0,15$) (Figura 5-17). Houve maior variação espacial nos tributários, com algumas estações (i.e. CAR e JAT II) apresentando pH ácido, inclusive fora do intervalo determinado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005. Essa condição não tem relação com o barramento, uma vez que esses tributários pouco foram afetados pela criação do reservatório.

Os perfis de pH do rio Madeira não indicaram padrão de variação vertical claro - na maioria das estações houve decréscimo em direção ao fundo, mas nas estações MON.03 e JUS.01 ocorreu o oposto (Figura 5-18). Nos tributários e no lago Cuniã, a tendência geral foi de diminuição em direção ao fundo (Figura 5-19).

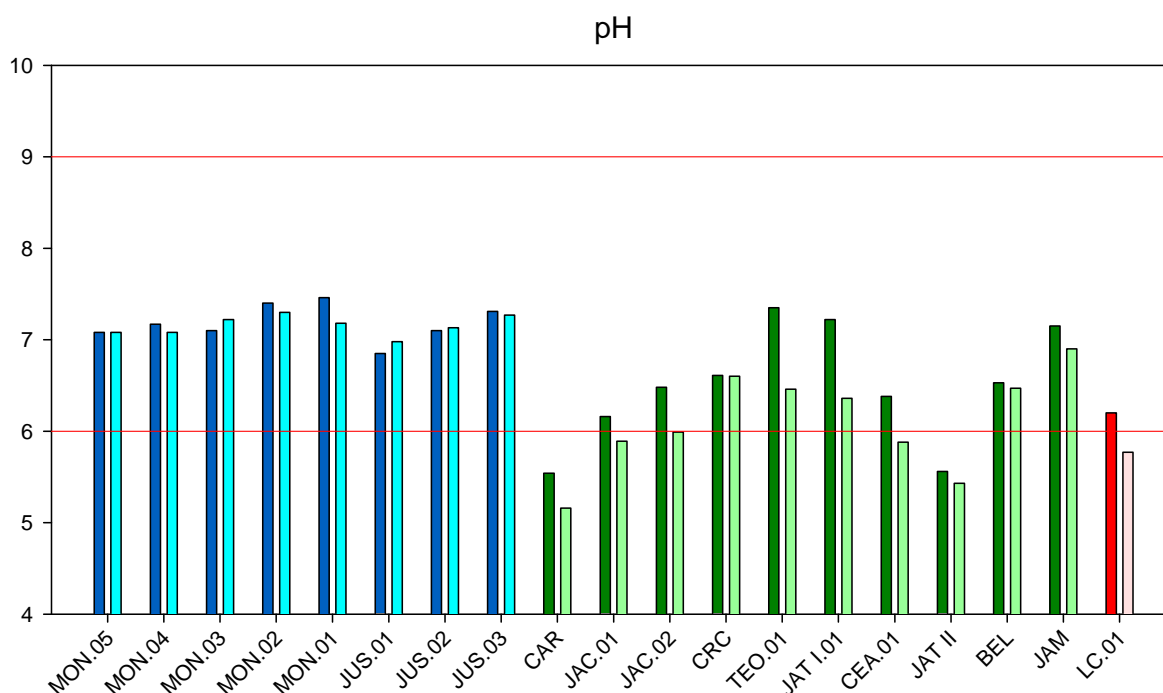


Figura 5-17 - Valores de pH no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície; barra verde clara = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície; barra vermelho claro = fundo) em outubro de 2013 (águas baixas). As linhas vermelhas indicam o intervalo preconizado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005.

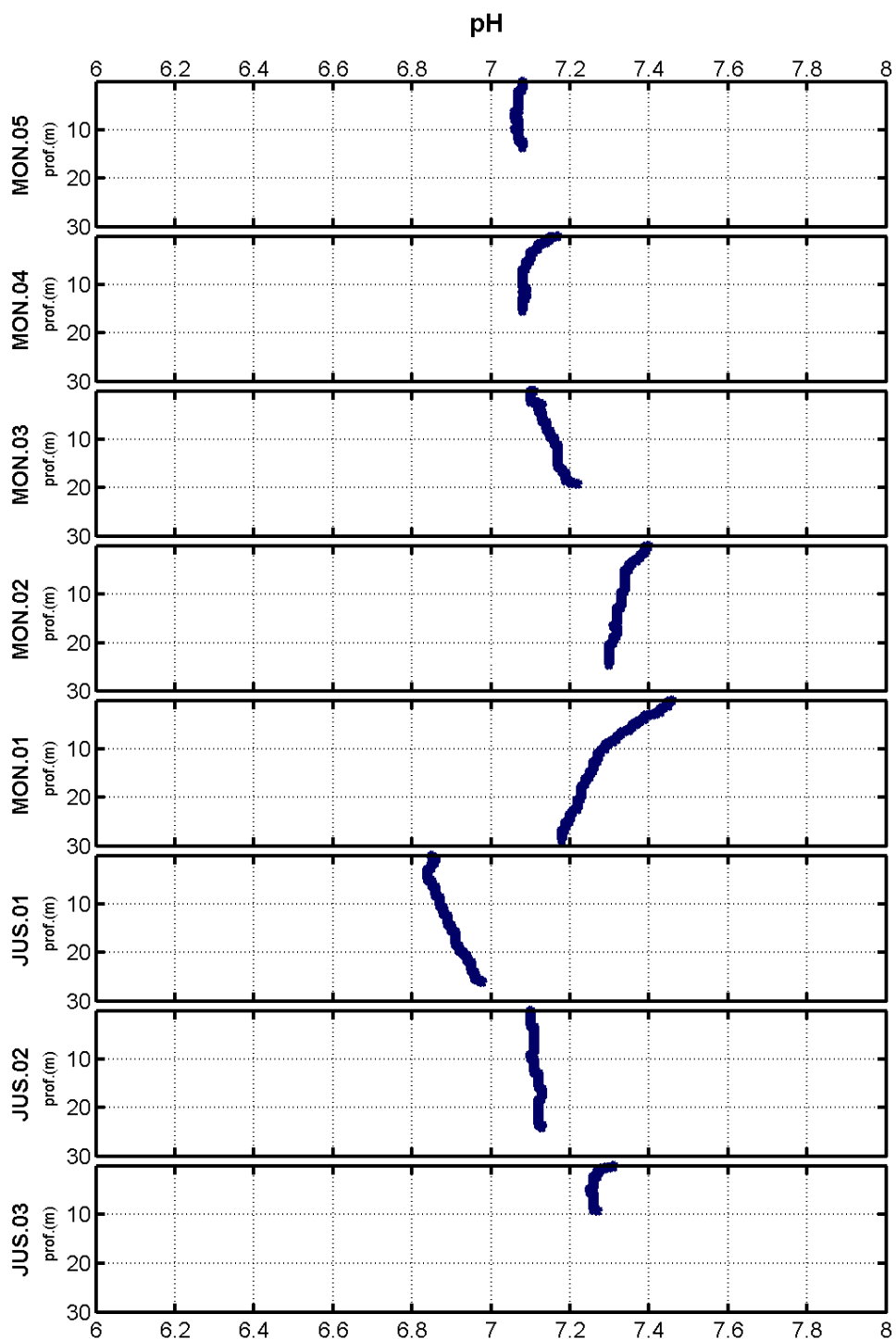
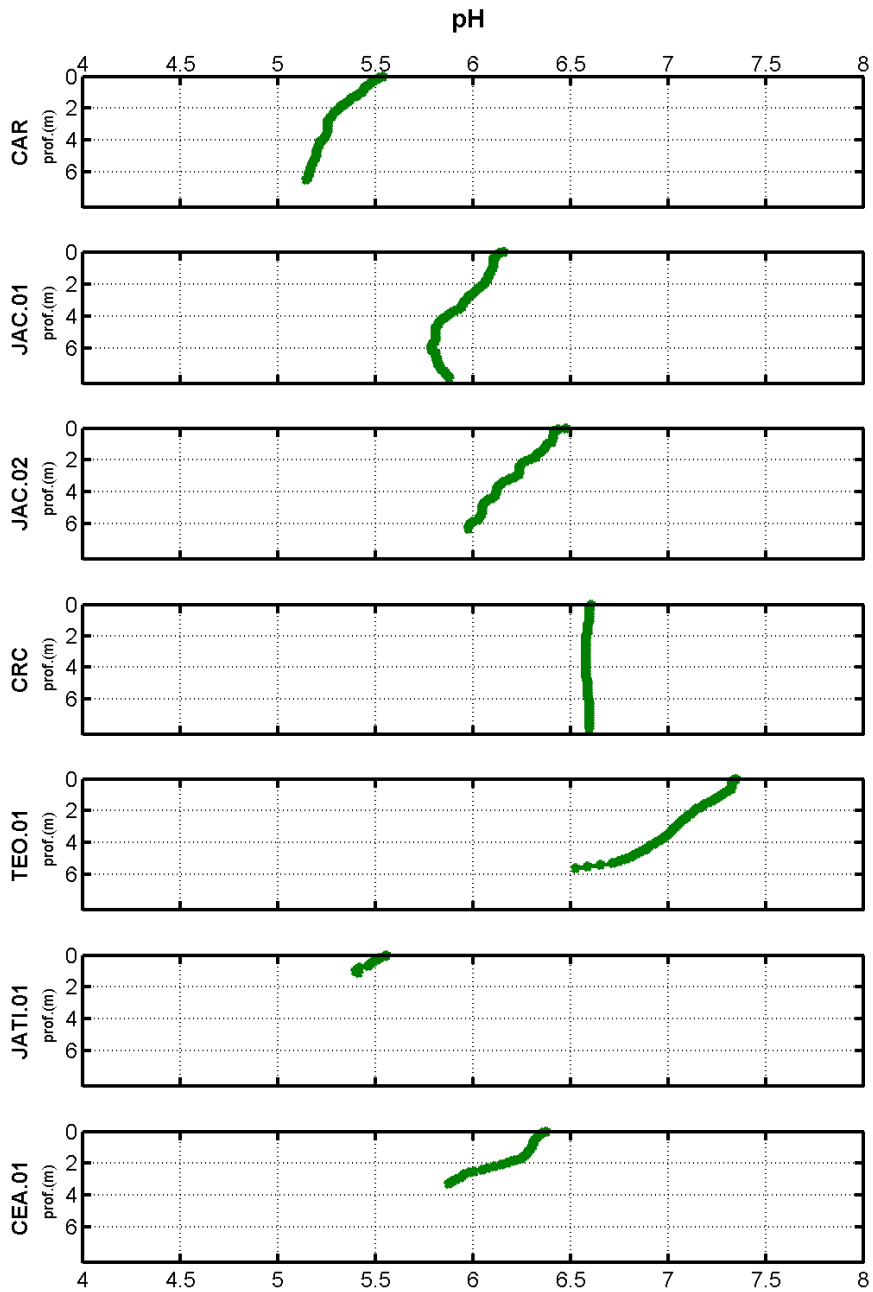


Figura 5-18 - Perfis de pH no rio Madeira em outubro de 2013 (águas baixas).



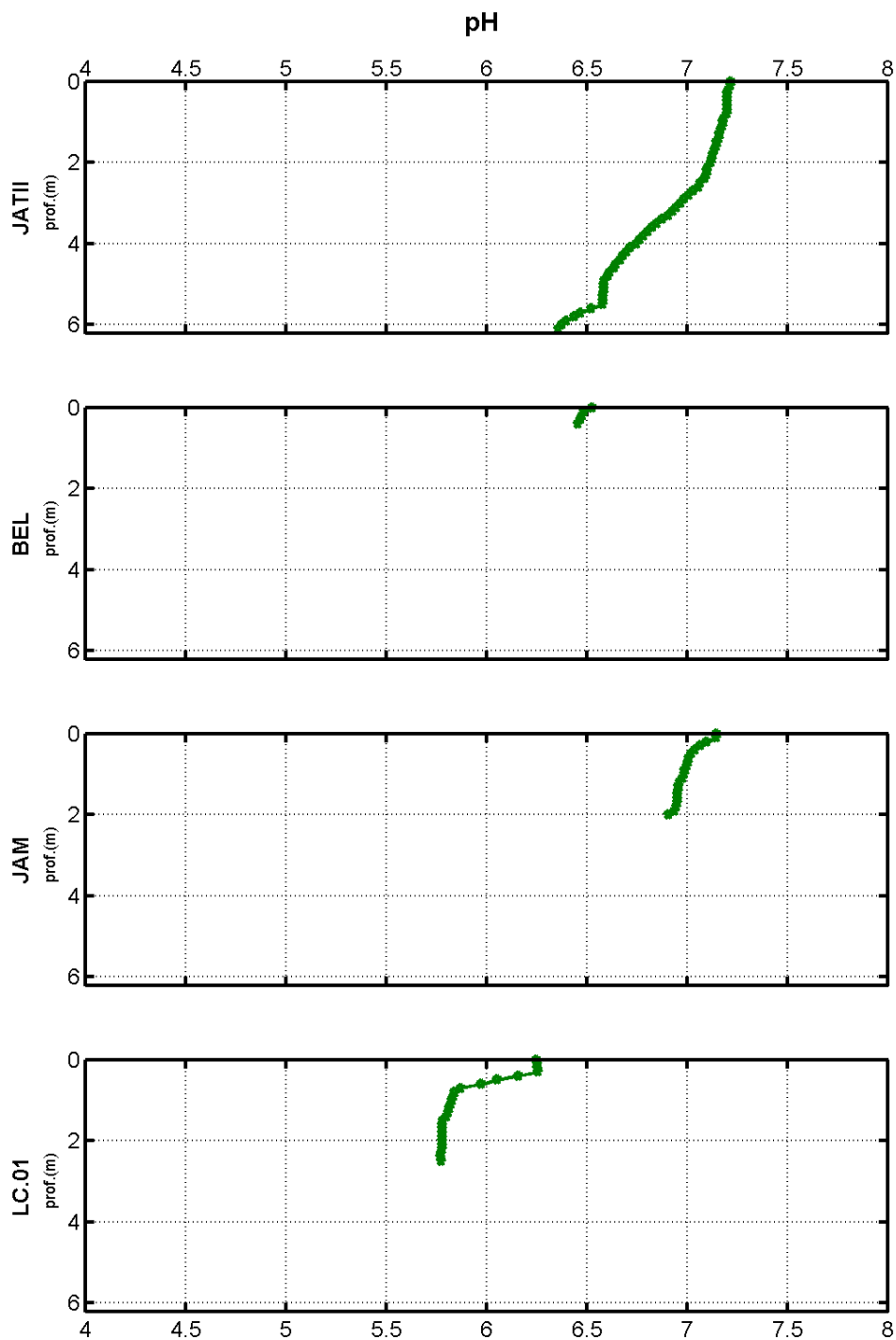


Figura 5-19 - Perfis de pH nos tributários e no lago Cuniã (LC.01) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.4 - Químicas I-A

5.1.4.1 - Oxigênio dissolvido

As concentrações médias de oxigênio dissolvido foram de $8,1 \pm 0,3$ mg/L no rio Madeira e $4,7 \pm 2,5$ mg/L nos tributários (Figura 5-20). Maiores concentrações no rio Madeira são explicadas possivelmente pelo fato de que nas estações do rio Madeira, embora a produção seja baixa em razão da pequena zona eufótica, o fluxo de água é maior, o que favorece a difusão de oxigênio para a água. Baixas concentrações no fundo de TEO.01, JAT I.01 e CEA.01 podem ser reflexo da estratificação térmica, já que esses ambientes originalmente lóticos foram transformados em ambientes lênticos com o barramento. Boa parte dos tributários - incluindo BEL, situado a jusante - apresentou concentrações inferiores a 5 mg/L, limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005.

Os perfis de oxigênio das estações do rio Madeira indicaram leve decréscimo em direção ao fundo (Figura 5-21). O mesmo padrão foi observado nos tributários e no lago Cuniã, mas nesses ambientes o decréscimo foi mais acentuado - especialmente em TEO.01, CEA.01 e JAT II, onde os valores hipolimnéticos indicaram hipoxia (Figura 5-22).

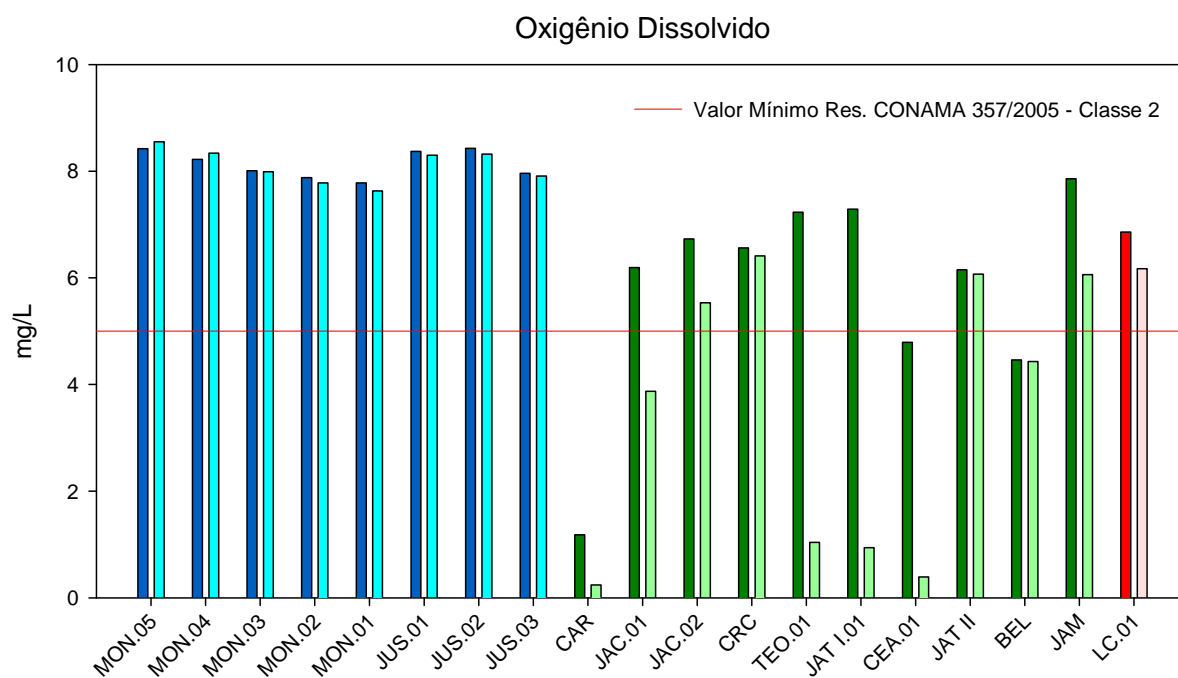


Figura 5-20 - Concentrações de oxigênio dissolvido no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície; barra verde clara = fundo) e no lago Cunã (barra vermelha = superfície; barra vermelho clara = fundo) em outubro de 2013 (águas baixas).

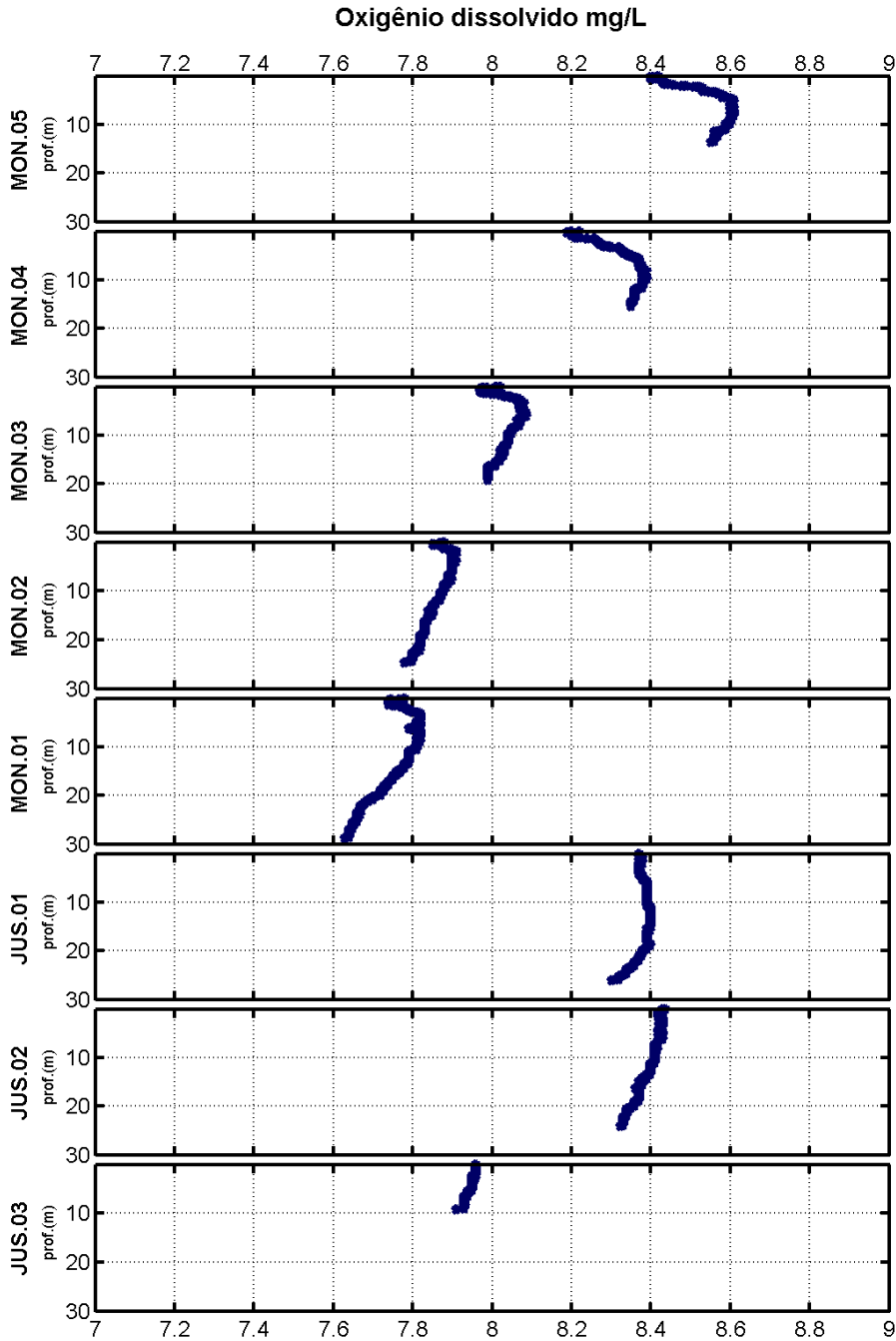
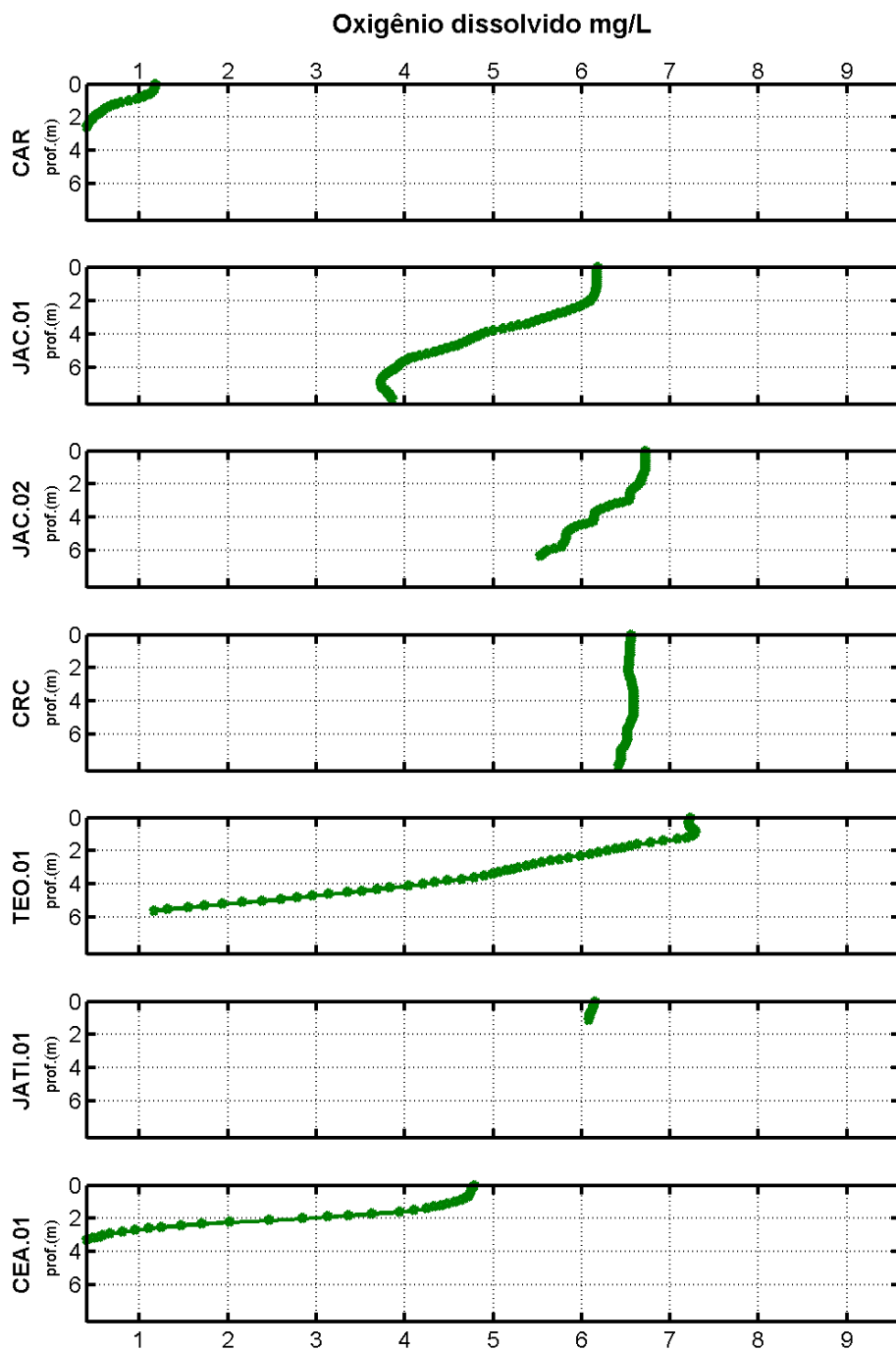


Figura 5-21 - Perfis de concentração de oxigênio dissolvido no rio Madeira em outubro de 2013 (águas baixas).



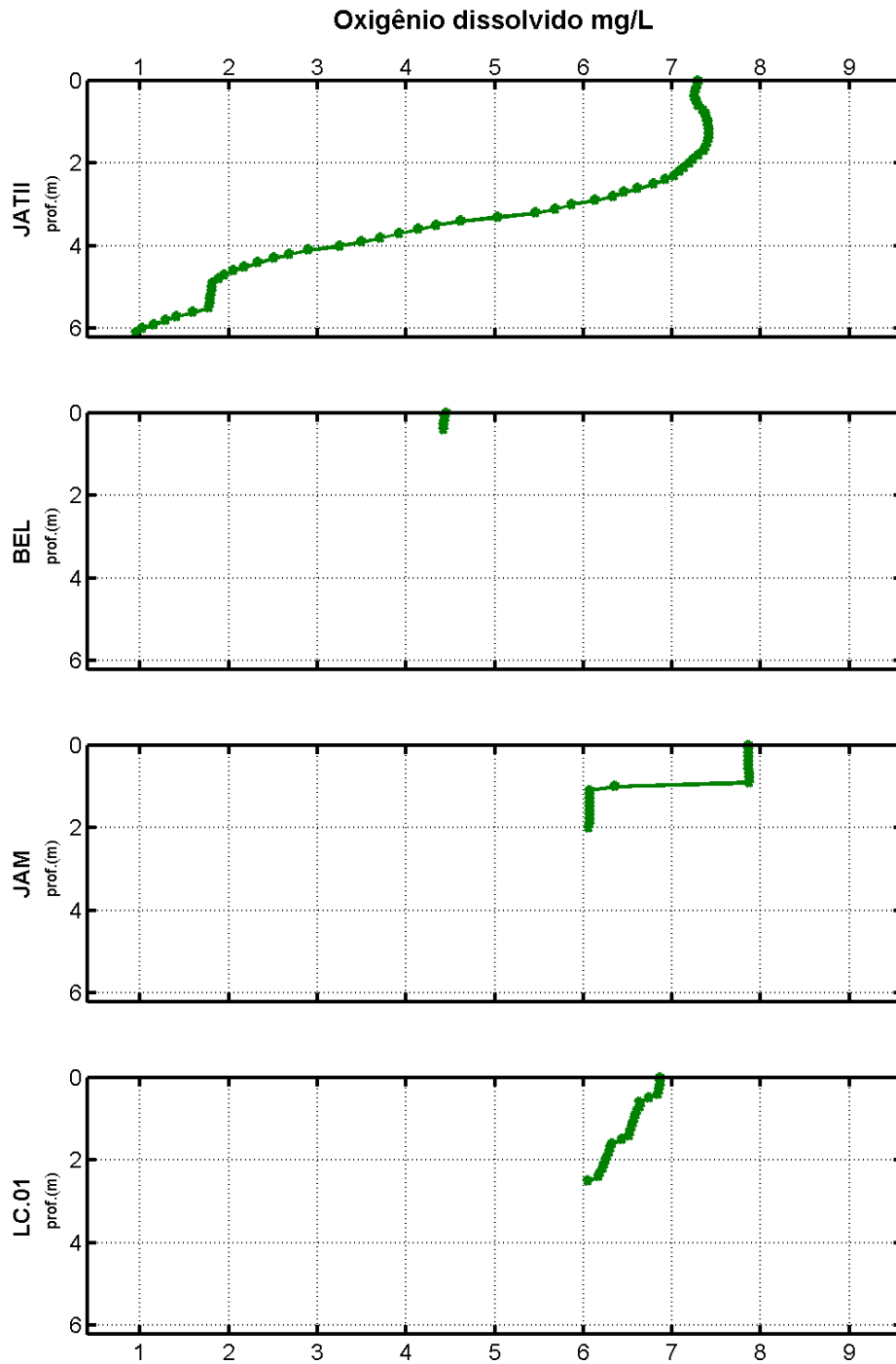


Figura 5-22 - Perfis de oxigênio nos tributários e no lago Cuniã (LC.01) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.4.2 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

A DBO média foi de $0,58 \pm 0,36$ mg/L nas estações do rio Madeira e $1,55 \pm 0,69$ mg/L nas estações dos tributários. O lago Cuniã apresentou DBO semelhante à registrada nos tributários (Figura 5-23). Nenhuma estação extrapolou o limite de 5 mg/L preconizado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005.

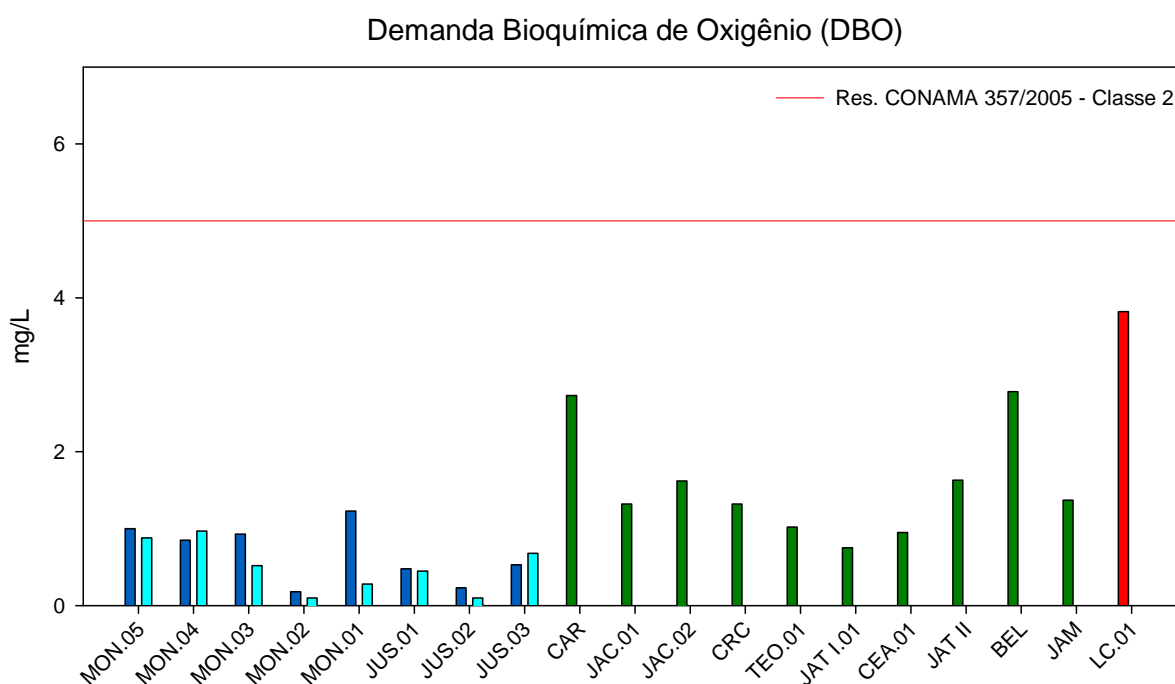


Figura 5-23 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). A DBO não é amostrada no fundo dos tributários e do lago Cuniã.

5.1.4.3 - Demanda química de oxigênio (DQO)

A DQO média foi de 118 ± 11 mg/L nas estações do rio Madeira e 129 ± 19 mg/L nas estações dos tributários (Figura 5-24), mostrando não haver grande distinção entre as estações dos tributários do Madeira. No lago Cuniã, o valor foi semelhante aos demais.

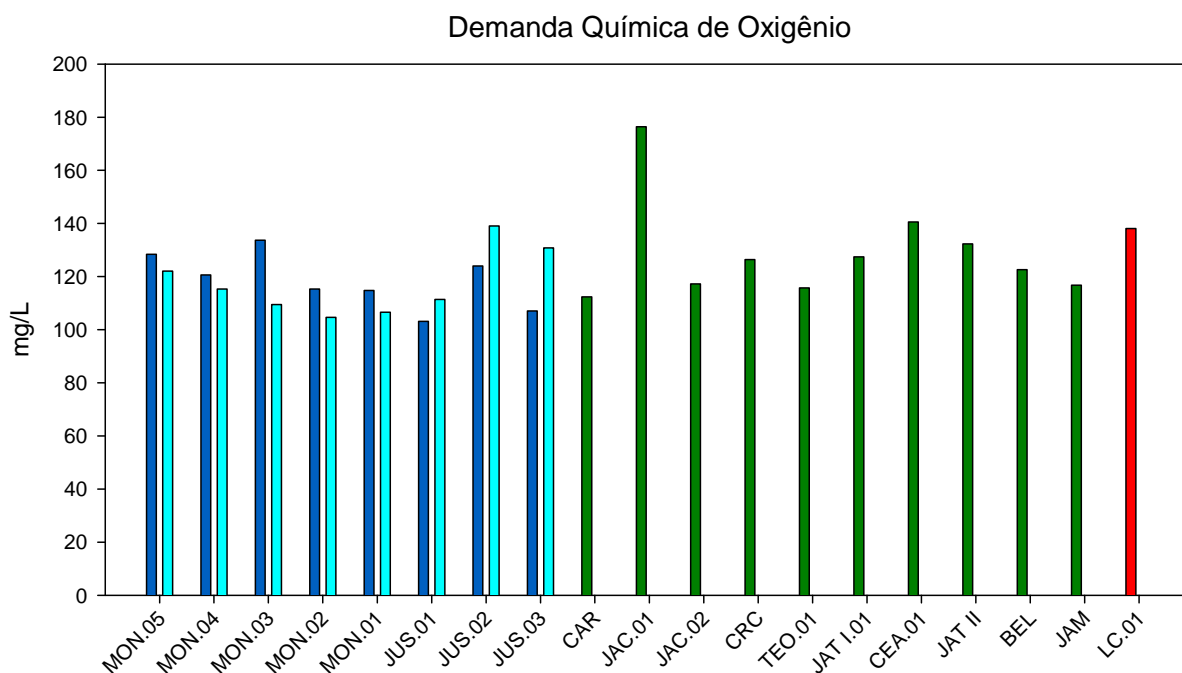


Figura 5-24 - Demanda química de oxigênio (DQO) no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). A DQO não é amostrada no fundo dos tributários e do lago Cuniã.

5.1.4.4 - Carbono

As concentrações médias de carbono inorgânico foram de $8,3 \pm 0,4$ mg/L nas estações do rio Madeira e $4,6 \pm 2,3$ mg/L nas estações dos tributários (Figura 5-25). A concentração média de carbono orgânico total foi de $3,7 \pm 0,6$ mg/L nas estações do rio Madeira e $4,3 \pm 1,5$ mg/L nas estações dos tributários (Figura 5-26). O carbono orgânico dissolvido compôs em média 72% do carbono total no rio Madeira ($2,6 \pm 0,3$ mg/L) e 83% nos tributários ($3,5 \pm 1,2$ mg/L) (Figura 5-27). Os valores registrados estiveram um pouco abaixo da concentração mediana dos lagos do mundo (5,71 mg/L; Sobek *et al.*, 2007). No entanto, existe uma grande sazonalidade nas concentrações de carbono orgânico em ecossistemas amazônicos - nas águas altas, as concentrações podem superar os 10 mg/L, como já fora registrado em outras ocasiões durante esse monitoramento.

Em relação ao carbono total, as concentrações médias foram de $11,9 \pm 0,7$ mg/L nas estações do rio Madeira e $8,9 \pm 2,9$ mg/L nas estações dos tributários (Figura 5-28).

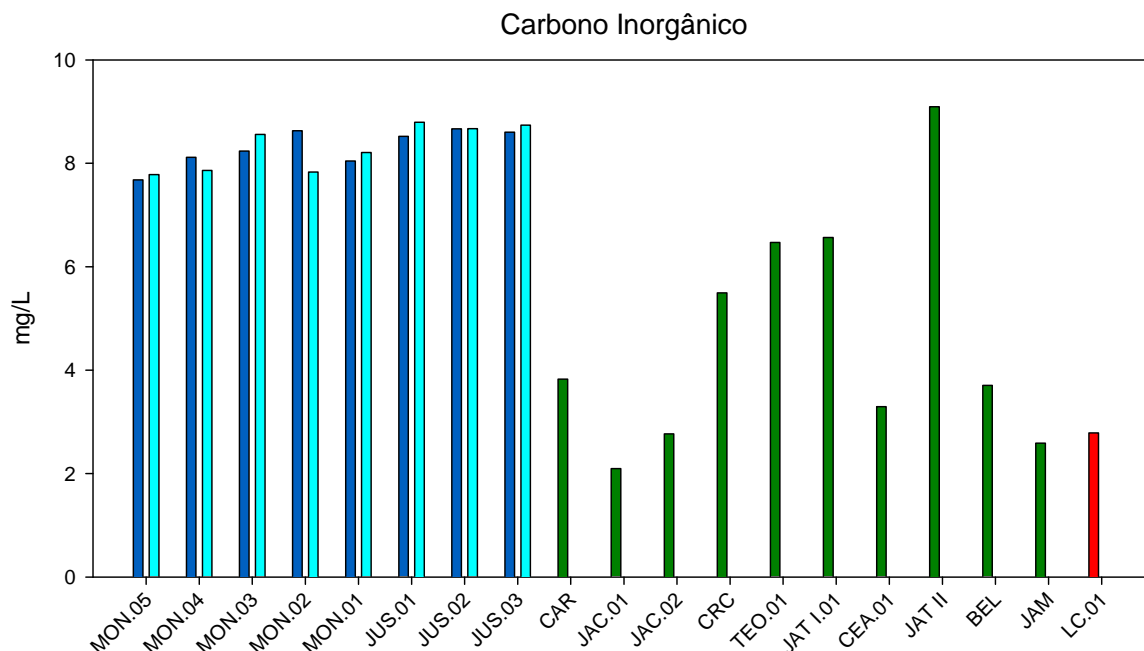


Figura 5-25 - Concentrações de carbono inorgânico no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). O carbono inorgânico não é amostrado no fundo dos tributários e do lago Cuniã.

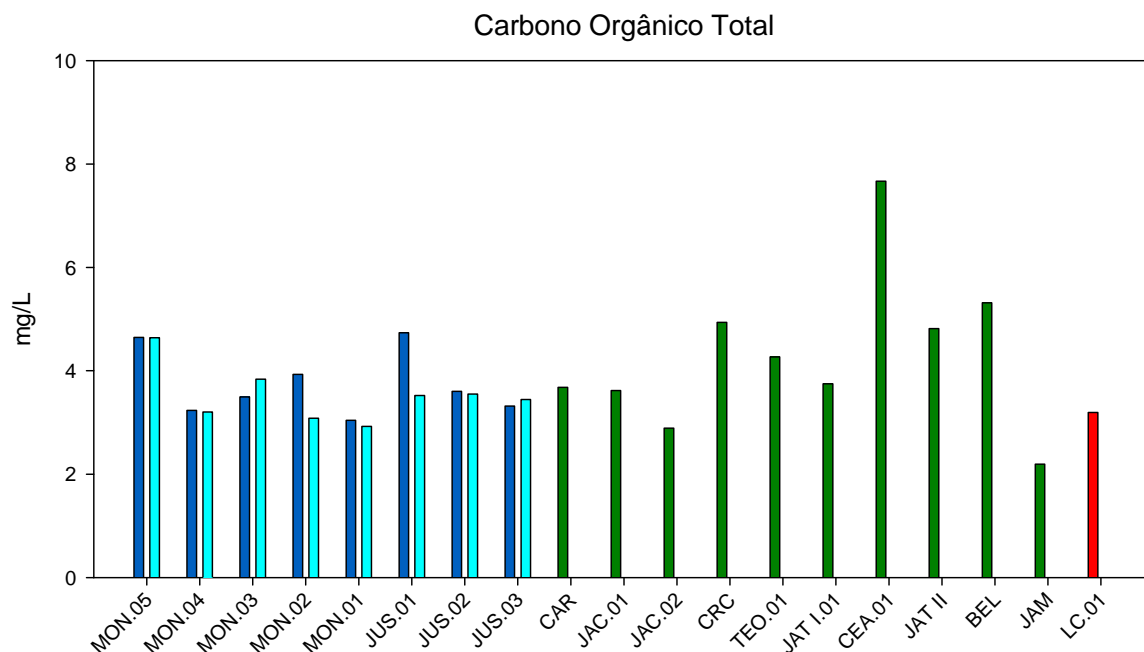


Figura 5-26 - Concentrações de carbono orgânico total no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). O carbono orgânico total não é amostrado no fundo dos tributários e do lago Cuniã.

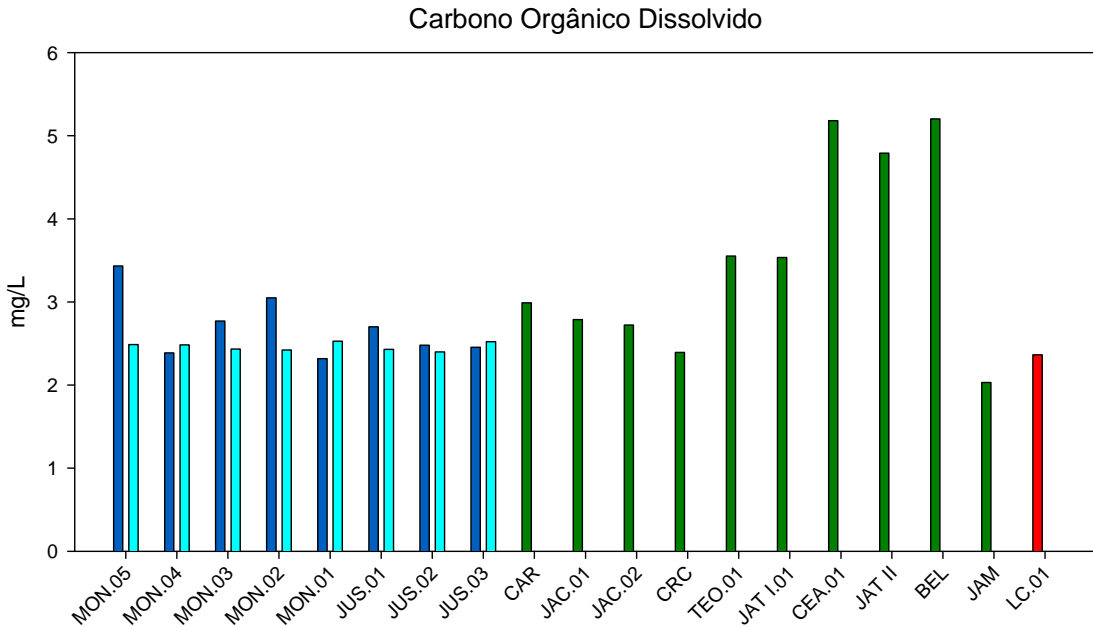


Figura 5-27 - Concentrações de carbono orgânico dissolvido no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). O carbono orgânico dissolvido não é amostrado no fundo dos tributários e do lago Cuniã.

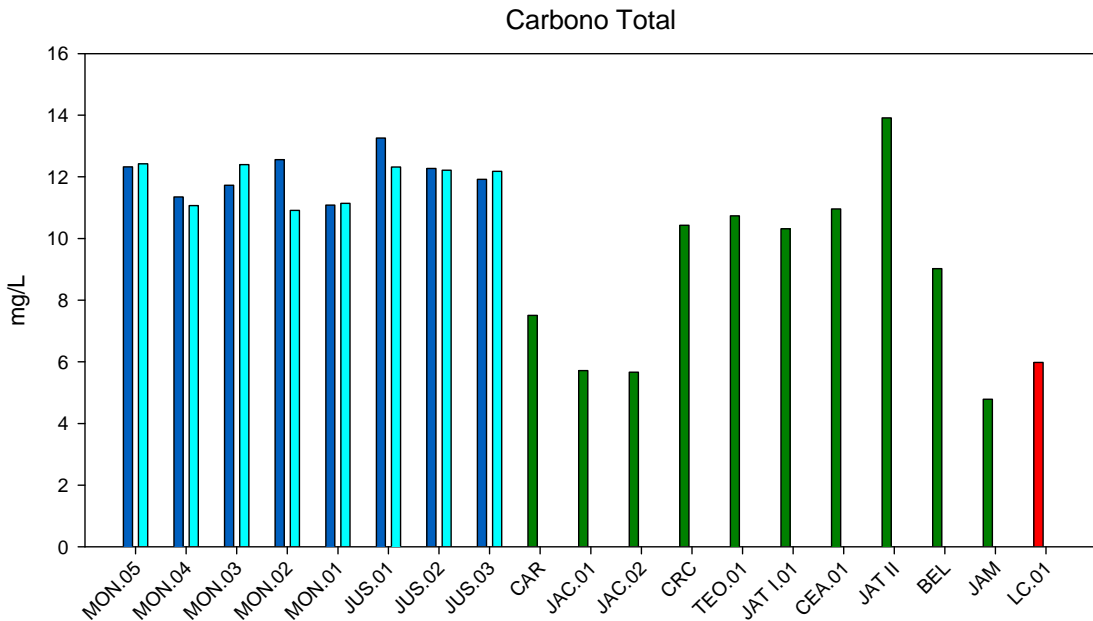


Figura 5-28 - Concentrações de carbono total no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). O carbono total não é amostrado no fundo dos tributários e do lago Cuniã.

5.1.5 - Química II

5.1.5.1 - Sistema tampão (alcalinidade, dureza e dureza devido ao cálcio e magnésio)

A alcalinidade média foi de 41 ± 4 mg/L no rio Madeira e 13 ± 8 mg/L nos tributários (Figura 5-29). As principais substâncias responsáveis por conferir alcalinidade aos ecossistemas aquáticos são os bicarbonatos, os carbonatos e os hidróxidos. A distribuição entre as três formas ocorre em função do pH: $4,4 < \text{pH} < 8,3$ (bicarbonatos); $8,3 < \text{pH} < 9,4$ (carbonatos); $\text{pH} > 9,4$ (hidróxidos e carbonatos). Como o pH do rio Madeira esteve sempre entre 4,4 e 8,3, pode-se afirmar que praticamente toda a alcalinidade é conferida por bicarbonatos.

A dureza da água é consequência de cátions como o cálcio e o magnésio. O padrão de distribuição espacial desse parâmetro foi semelhante ao da alcalinidade, com maiores valores médios no rio Madeira (34 ± 2 mg/L) e menores nos tributários (10 ± 8 mg/L) (Figura 5-30). O cálcio e o magnésio contribuíram de maneira igual para a dureza total no rio Madeira e nos tributários (50%), enquanto que no lago Cuniã a o magnésio foi o maior responsável por conferir dureza à água (75%). A dureza devido ao magnésio apresentou média de $17,6 \pm 0,3$ mg/L no rio Madeira e $5,4 \pm 3,9$ mg/L nos tributários (Figura 5-31). A dureza devido ao cálcio apresentou média de $16,0 \pm 1,6$ mg/L no rio Madeira e $4,8 \pm 3,9$ mg/L nos tributários (Figura 5-32). Os valores de todas as variáveis do sistema tampão no lago Cuniã assemelharam-se muito mais aos observado nos tributários do que no rio Madeira.

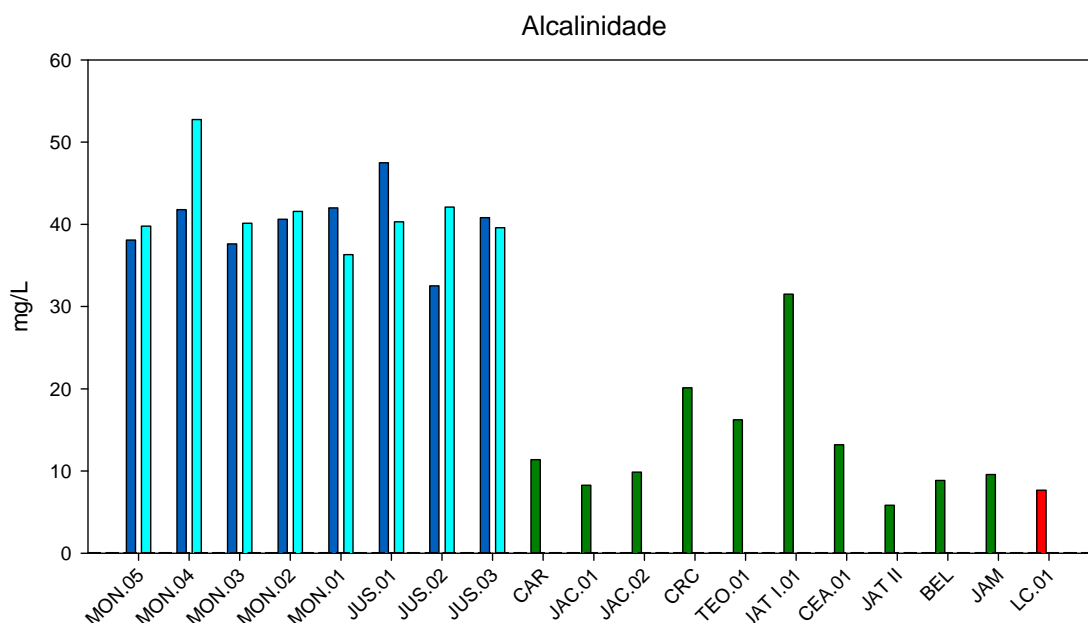


Figura 5-29 - Valores de alcalinidade no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cunã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). A linha tracejada indica o limite de quantificação. A alcalinidade não é amostrada no fundo dos tributários.

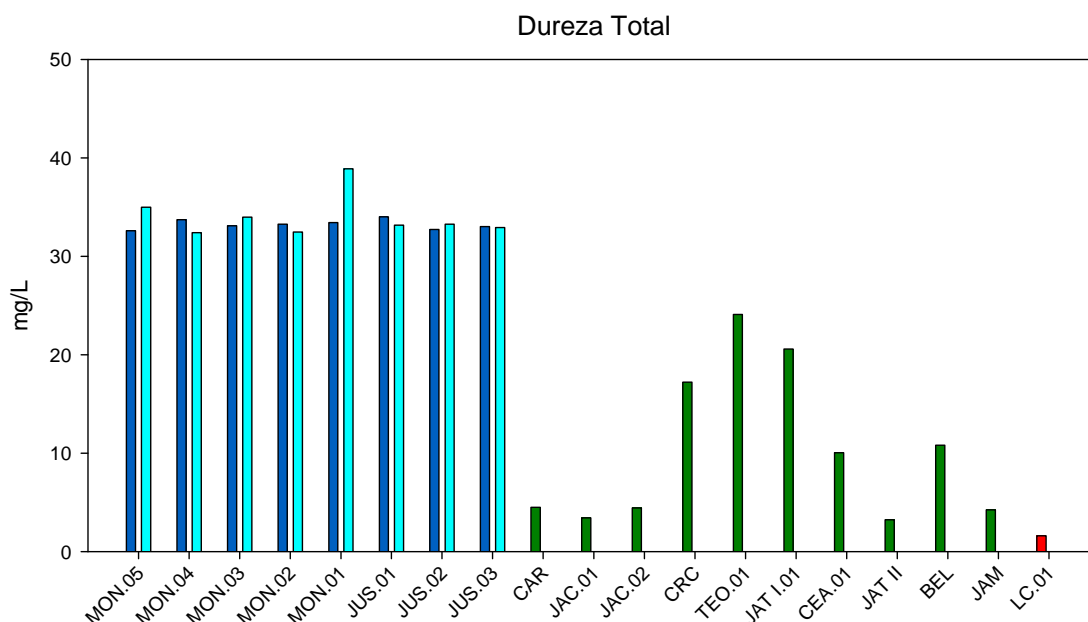


Figura 5-30 - Valores de dureza total no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cunã (barra vermelha = superfície = fundo) em outubro de 2013 (águas baixas). A dureza total não é amostrada no fundo dos tributários.

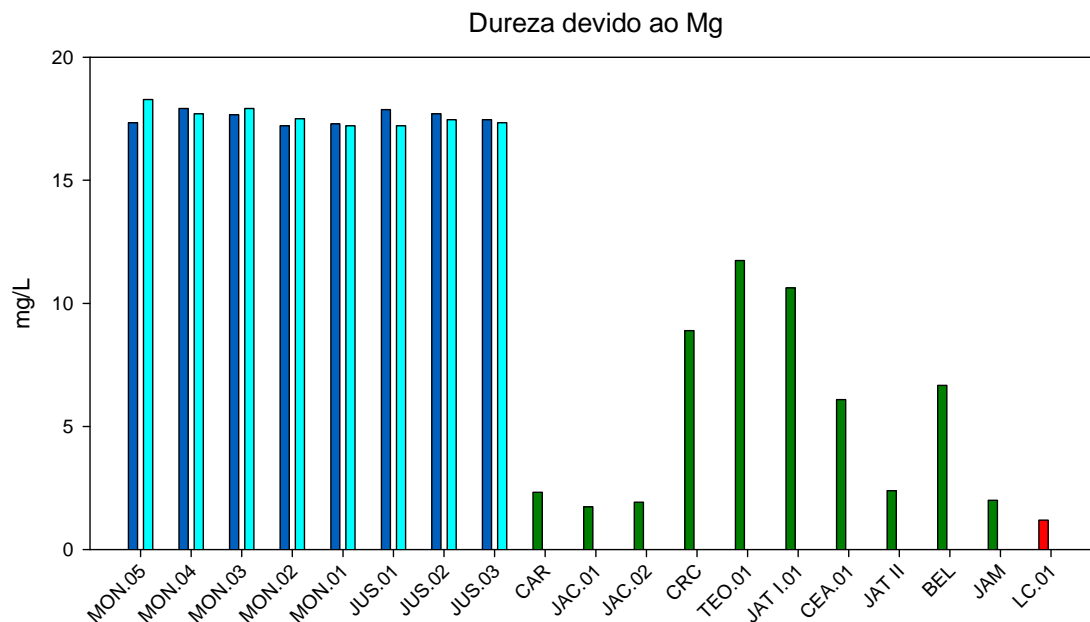


Figura 5-31 - Valores de dureza devido ao magnésio no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). A dureza devido ao magnésio não é amostrada no fundo dos tributários.

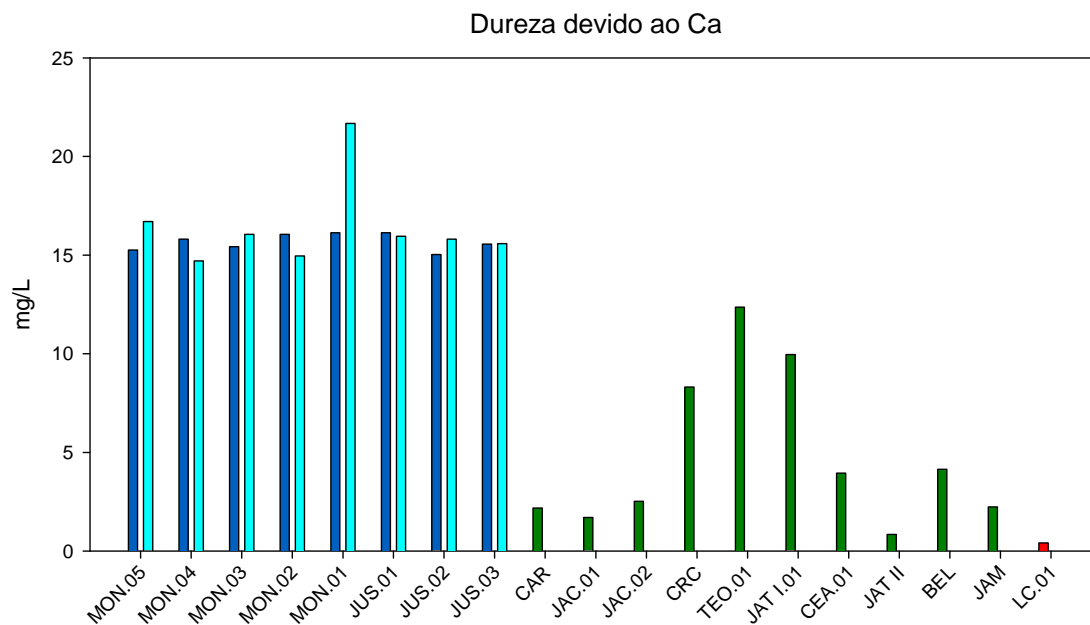


Figura 5-32 - Valores de dureza devido ao cálcio no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). A dureza devido ao cálcio não é amostrada no fundo dos tributários.

5.1.6 - Químicas III

5.1.6.1 - Íons principais (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-)

A composição iônica de rios e lagos é regida pelos quatro principais cátions (cálcio, magnésio, sódio e potássio) e pelos quatro principais ânions (bicarbonato, carbonato, cloreto e sulfato) (Wetzel, 2001). Os ecossistemas de água doce são marcados por possuírem baixa concentração iônica. A precipitação atmosférica e a composição das rochas da bacia de drenagem são as principais variáveis que determinam a concentração iônica de ambientes aquáticos (Esteves, 1998). Segundo Esteves (1998), a principal fonte de íons para águas amazônicas é o intemperismo das rochas da cordilheira dos Andes, que por ser uma cadeia montanhosa recente, fornece grande quantidade de cátions e ânions.

As concentrações médias de sódio foram de $3,9 \pm 0,1$ mg/L no rio Madeira e $1,8 \pm 1,6$ mg/L nos tributários (Figura 5-33). O alto desvio padrão dos tributários foi ocasionado pela concentração mais alta observada em BEL. As concentrações médias de potássio foram de $1,6 \pm 0,1$ mg/L no rio Madeira e $1,2 \pm 0,3$ mg/L nos tributários (Figura 5-34). A concentração do lago Cuniã foi semelhante à dos tributários. As concentrações médias de cálcio foram de $6,4 \pm 0,6$ mg/L no rio Madeira e $1,9 \pm 1,5$ mg/L nos tributários (Figura 5-35). Já as concentrações de magnésio foram de $4,2 \pm 0,1$ mg/L no rio Madeira e $1,3 \pm 0,9$ mg/L nos tributários (Figura 5-36). As concentrações de todos os cátions foram maiores no rio Madeira, o que é esperado, tendo em vista a origem andina desse rio. Nos tributários, a variação espacial foi bem maior que no Madeira. A estação do lago Cuniã apresentou concentração mais baixa, como nos tributários.

O cloreto apresentou concentração média de $0,9 \pm 0,3$ mg/L no Madeira. Nos tributários, somente TEO.01, JAT I.01 e BEL apresentaram concentrações quantificáveis. A estação BEL foi responsável pela maior concentração registrada, destoando das demais (Figura 5-37). Assim como o cloreto, o sulfato também apresentou diversas medições abaixo do limite de quantificação - especialmente nos tributários (Figura 5-38). No rio Madeira, o sulfato apresentou média de $15,5 \pm 3,6$ mg/L, contra $6,8 \pm 13,7$ mg/L nos tributários. As concentrações médias de bicarbonatos também foram maiores no rio Madeira ($21,0 \pm 0,3$ mg/L) do que nos tributários ($6,9 \pm 3,9$ mg/L) (Figura 5-39).

Nenhum íon amostrado apresentou concentração superior aos seus respectivos limites para corpos de água doce da classe 2 preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005.

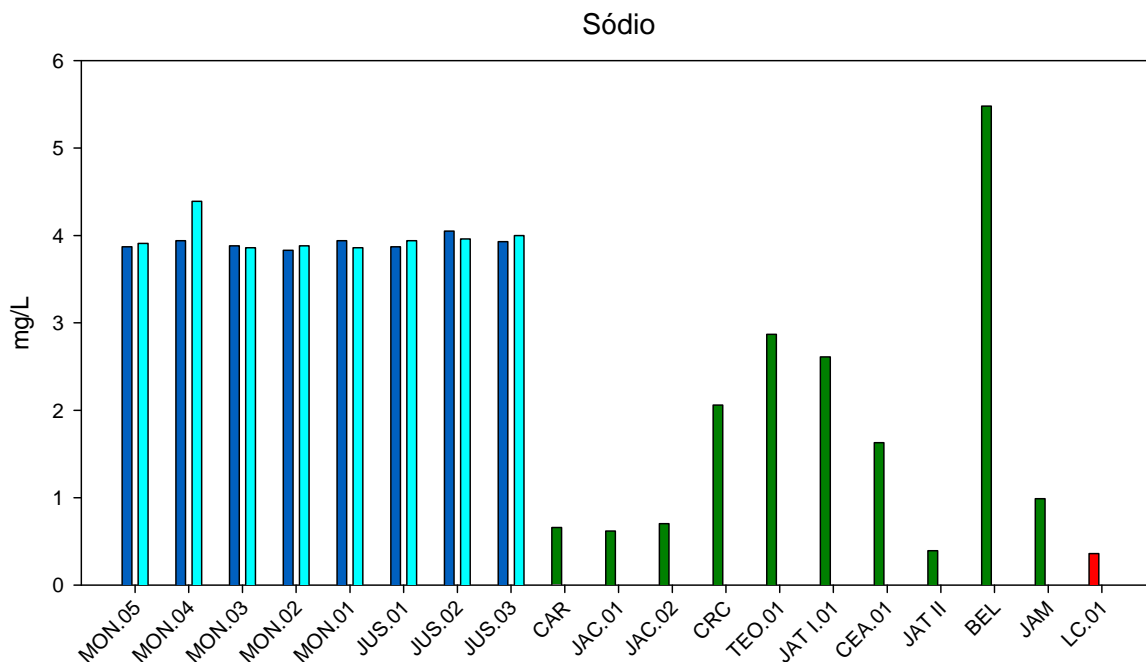


Figura 5-33 - Concentrações de sódio no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

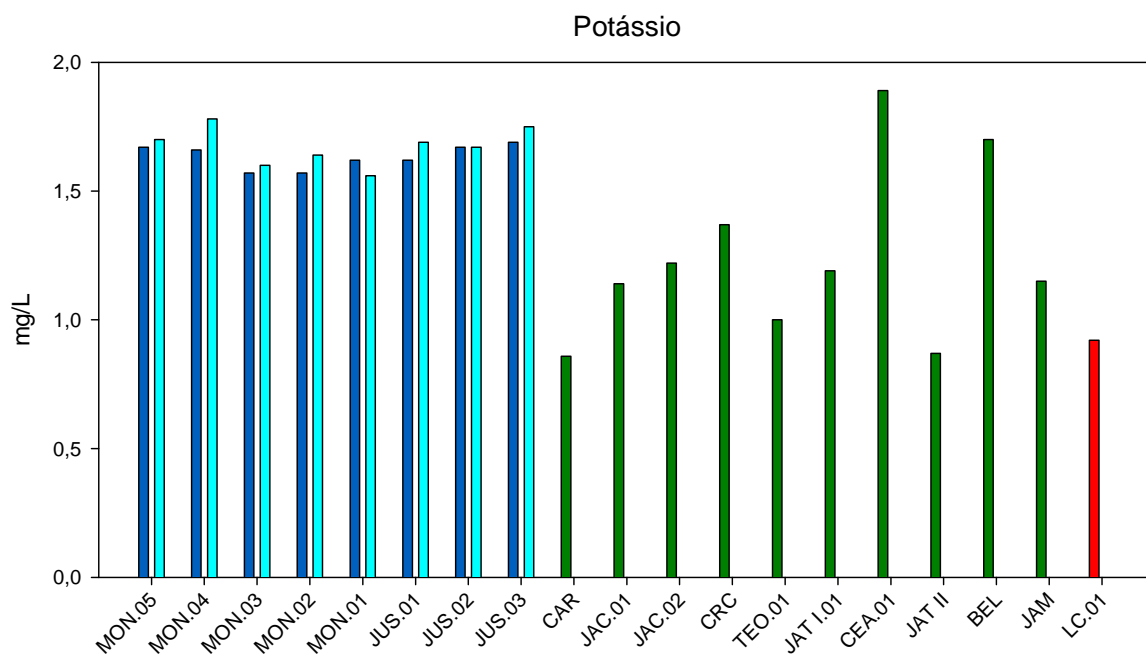


Figura 5-34 - Concentrações de potássio no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

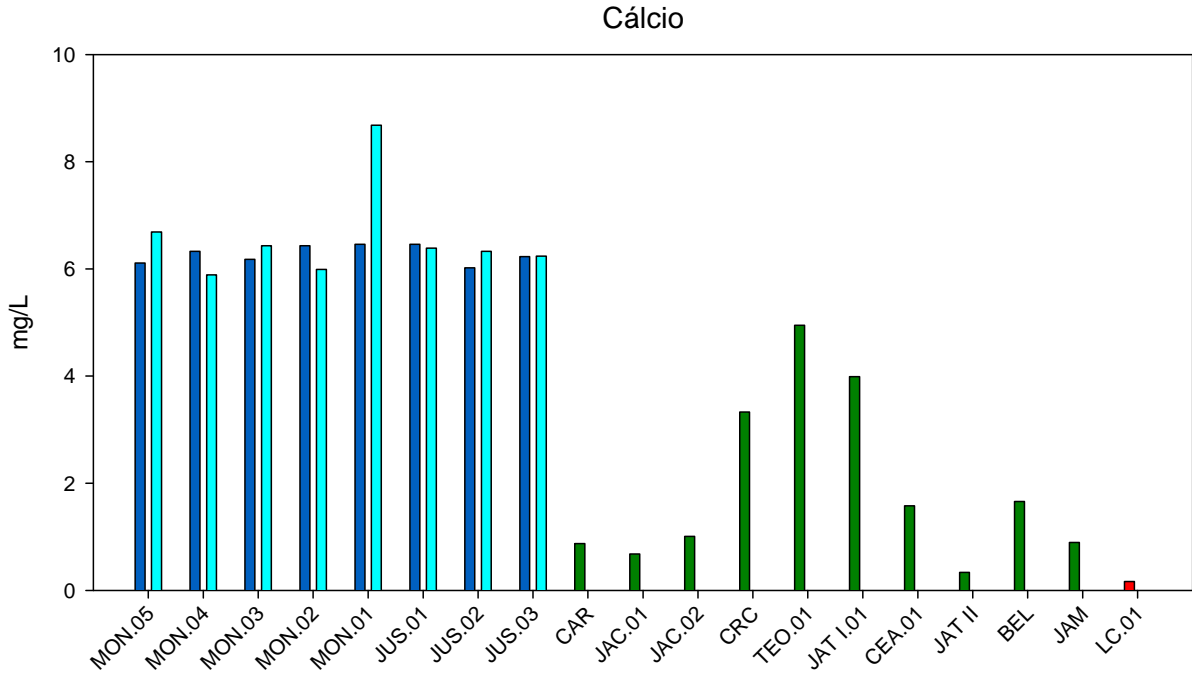


Figura 5-35 - Concentrações de cálcio no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

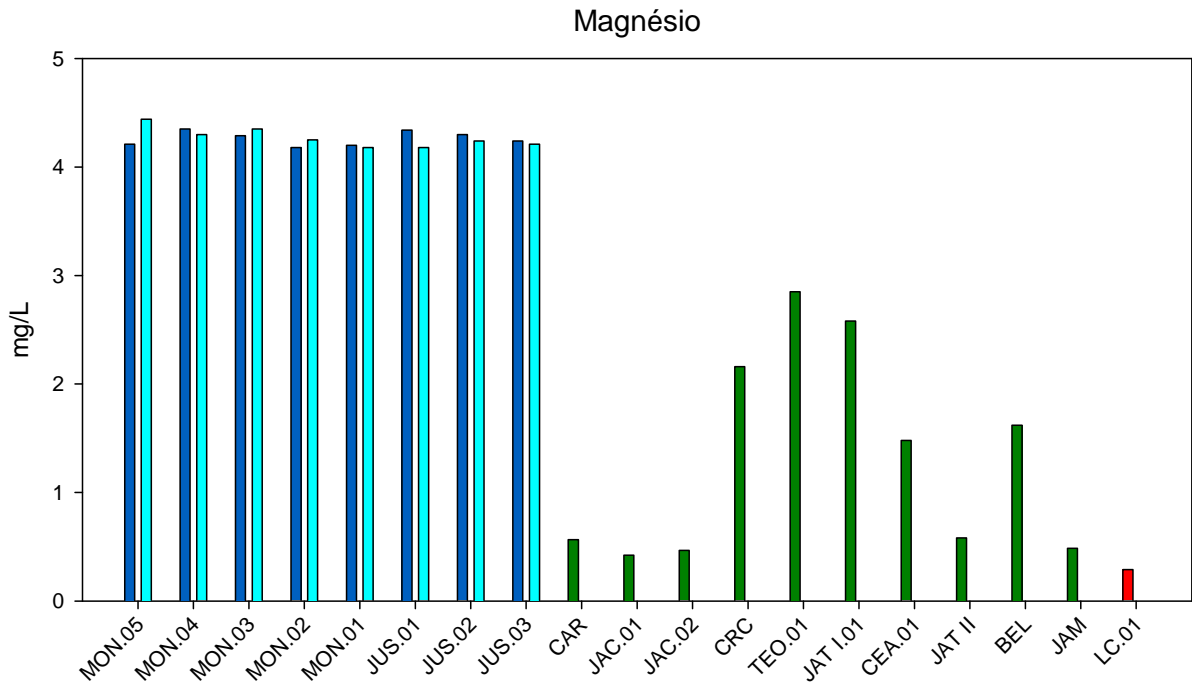


Figura 5-36 - Concentrações de magnésio no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

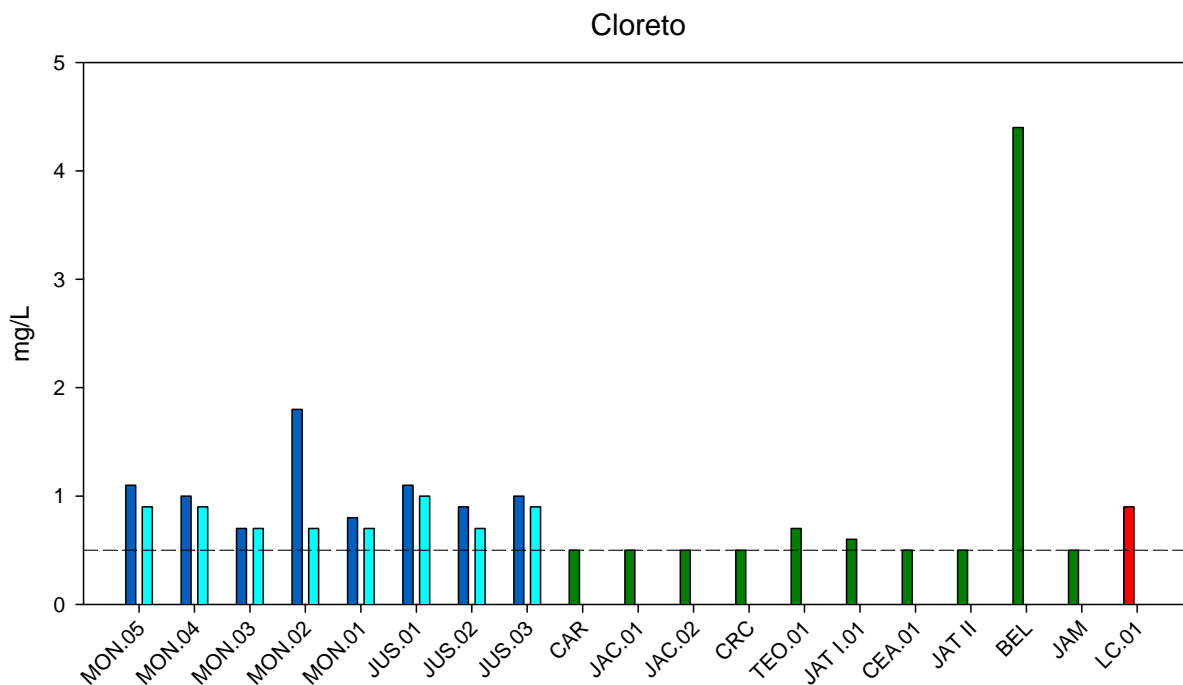


Figura 5-37 - Concentrações de cloreto no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). A linha tracejada indica o limite de quantificação.

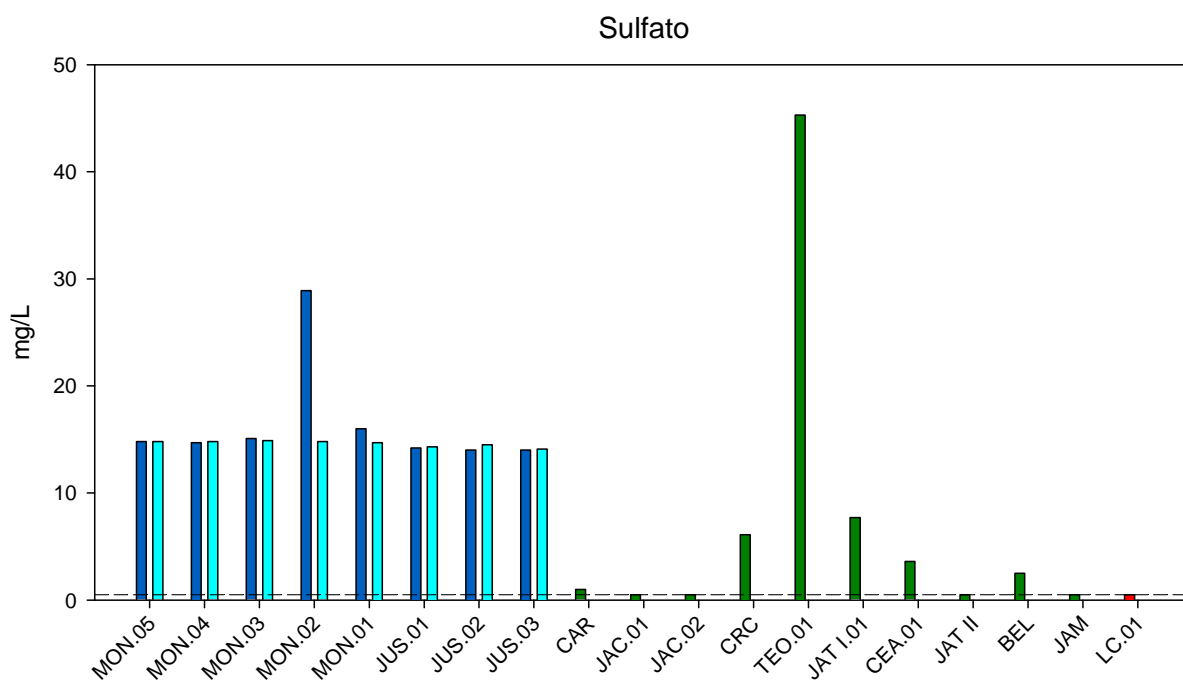


Figura 5-38 - Concentrações de sulfato no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas). A linha tracejada indica o limite de quantificação.

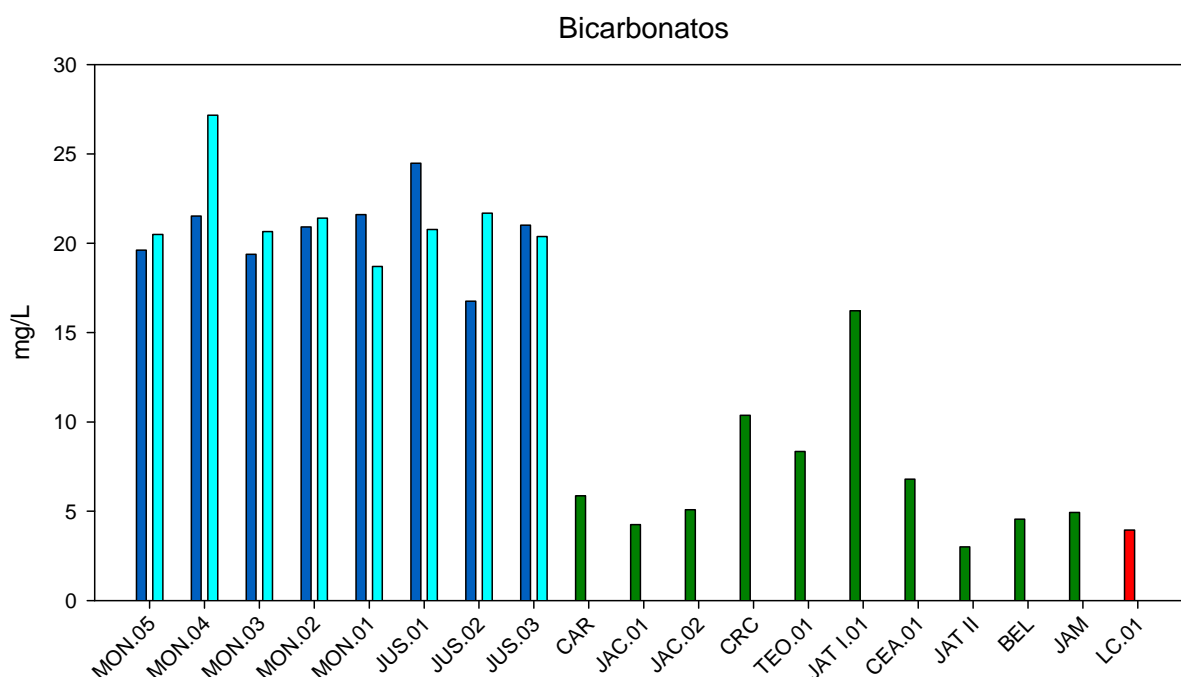


Figura 5-39 - Concentrações de bicarbonato no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.7 - Químicas IV

5.1.7.1 - Nitrogênio

Em todas as estações amostradas, o nitrato foi a fração inorgânica de nitrogênio mais abundante, o que era esperado considerando a boa oxigenação geralmente encontrada. As concentrações médias foram de $421 \pm 108 \mu\text{g/L}$ no rio Madeira e $543 \pm 179 \mu\text{g/L}$ nos tributários (Figura 5-40). A concentração medida no lago Cuniã foi semelhante à medida no rio Madeira. As concentrações de nitrato foram inferiores ao limite máximo estabelecido para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005.

As concentrações médias de nitrogênio amoniacal foram de $9,9 \pm 1,5 \mu\text{g/L}$ no rio Madeira e $10,6 \pm 2,9 \mu\text{g/L}$ nos tributários (Figura 5-41). No lago Cuniã, a concentração foi semelhante à medida nos tributários. As concentrações de nitrogênio amoniacal foram inferiores ao limite máximo estabelecido para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005.

As concentrações de nitrito foram baixas em todos ambientes amostrados. As médias foram de $1,8 \pm 0,5 \mu\text{g/L}$ no rio Madeira e $1,4 \pm 0,4 \mu\text{g/L}$ nos tributários (Figura 5-42). As concentrações de nitrito foram inferiores ao limite máximo estabelecido para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005.

Em relação ao nitrogênio orgânico total, as concentrações médias foram de $589 \pm 338 \mu\text{g/L}$ nas estações do rio Madeira e $368 \pm 230 \mu\text{g/L}$ nas estações dos tributários (Figura 5-43). Essa fração apresentou maior variação espacial do que as demais. A concentração medida no lago Cuniã foi mais parecida com as medidas no rio Madeira, sendo mais alta do que nos tributários.

O nitrogênio total apresentou concentrações médias de $1012 \pm 311 \mu\text{g/L}$ no rio Madeira e $912 \pm 252 \mu\text{g/L}$ nos tributários (Figura 5-44). Desta forma, embora os valores de nitrato tenham sido em geral maiores nos tributários, os valores de nitrogênio orgânico total foram em geral maiores no rio Madeira, compensando a diferença e produzindo valores de nitrogênio total relativamente semelhantes entre os ambientes amostrados.

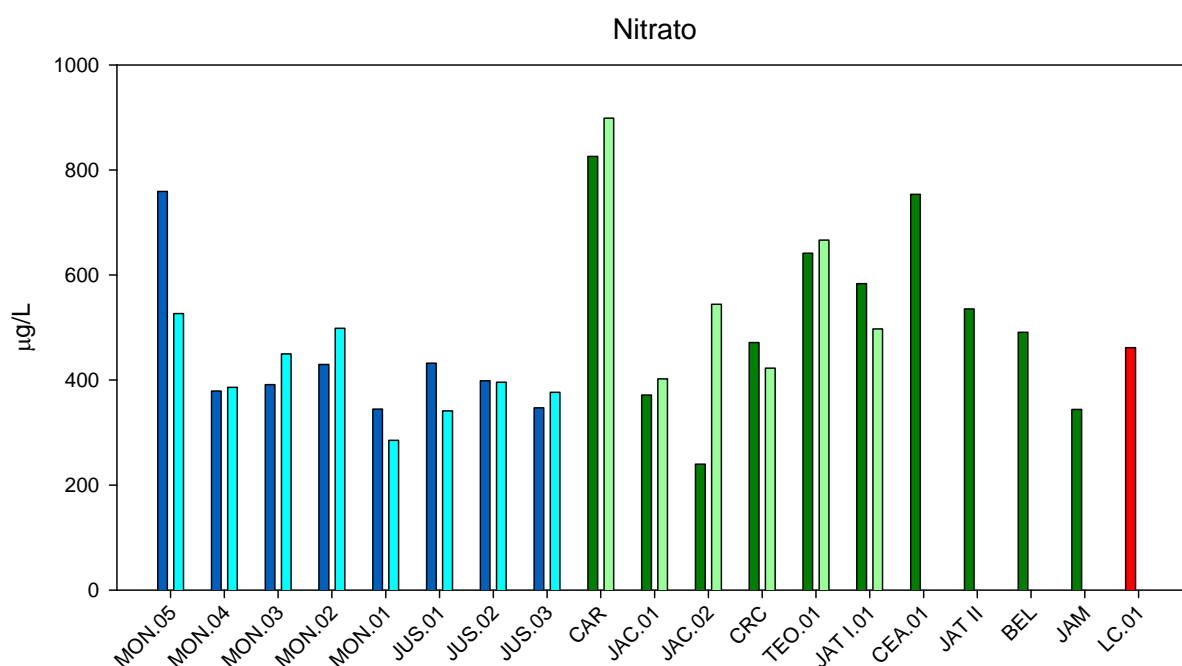


Figura 5-40 - Concentrações de nitrato no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde escuro = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

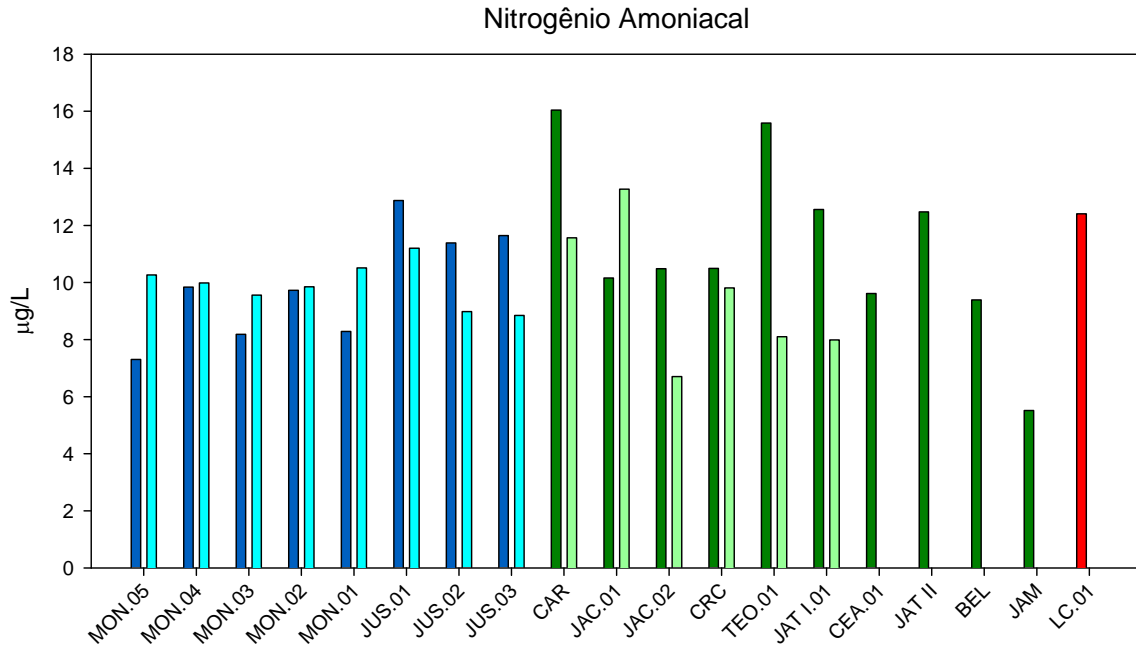


Figura 5-41 - Concentrações de nitrogênio amoniacal no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde escuro = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

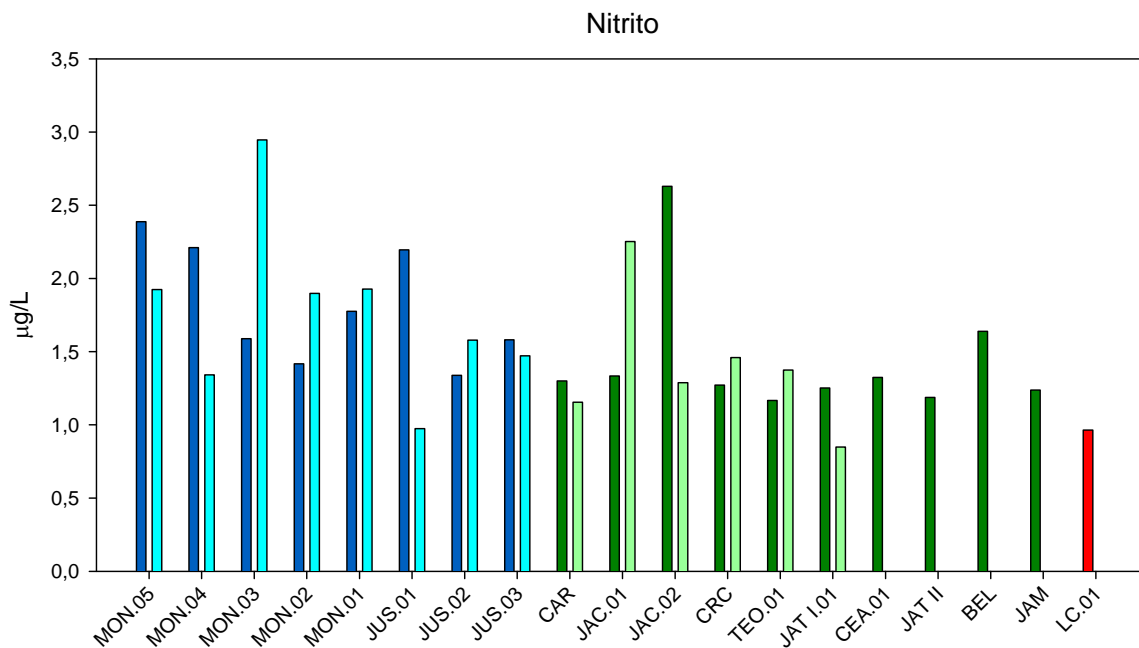


Figura 5-42 - Concentrações de nitrito no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde escuro = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

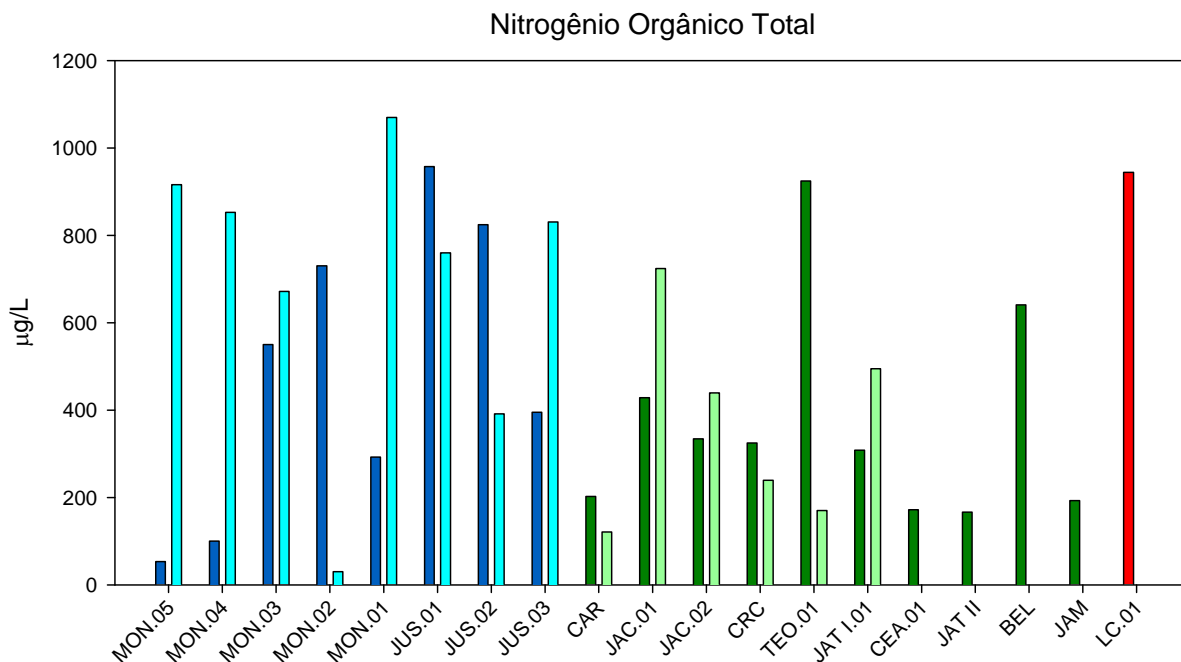


Figura 5-43 - Concentrações de nitrogênio orgânico total no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde escuro = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

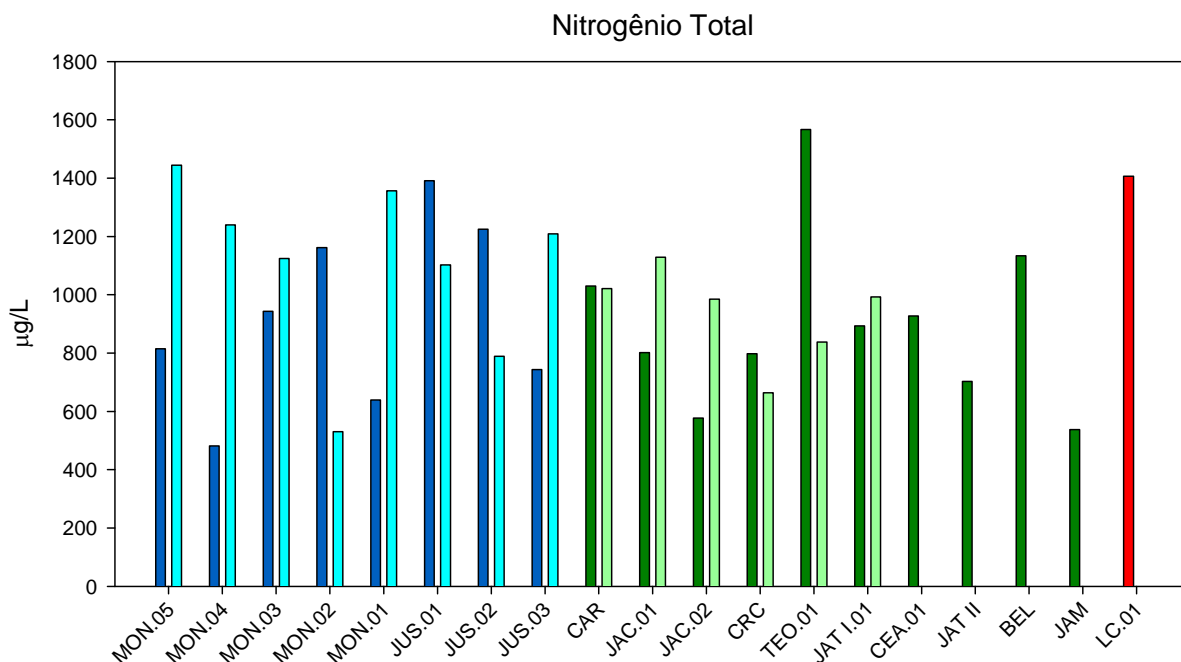


Figura 5-44 - Concentrações de nitrogênio total no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde escuro = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.7.2 - Fósforo

O ortofosfato, fração de fósforo mais importante do ponto de vista ecológico, apresentou concentrações médias de $11,2 \pm 4,1$ $\mu\text{g/L}$ no rio Madeira e $4,1 \pm 3,7$ $\mu\text{g/L}$ nos tributários (Figura 5-45). As estações CAR e a superfície de JAC.01 e JAC.02 apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação, o que indica uma potencial limitação biológica por fósforo ao crescimento fitoplanctônico nesses ambientes. A concentração do lago Cuniã foi baixa assim como as encontradas nos tributários. Em um estudo sobre os fatores que controlam as concentrações de nutrientes em alguns ambientes amazônicos, Forsberg *et al.* (1988) registraram concentrações de ortofosfato de $18,6$ $\mu\text{g/L}$, valor mais próximo dos encontrados no rio Madeira.

As concentrações médias de fósforo total dissolvido foram de $29,8 \pm 9,8$ $\mu\text{g/L}$ nas estações do rio Madeira e $14,9 \pm 8,9$ $\mu\text{g/L}$ nas estações dos tributários (Figura 5-46). No rio Madeira, os valores foram mais elevados nas estações de jusante (média = $40,2$ $\mu\text{g/L}$) quando comparados com os de montante (média $23,6$ $\mu\text{g/L}$) (teste t, $p < 0,05$).

No rio Madeira, o fósforo particulado foi a fração predominante do fósforo total (82%), ao passo que nos tributários houve equivalência entre as frações dissolvida e particulada, com algumas estações apresentando predominância de fósforo dissolvido e outras de fósforo particulado. No lago Cuniã, o fósforo particulado representou 75% do total. As médias de fósforo particulado foram de 158 ± 45 $\mu\text{g/L}$ no rio Madeira e 44 ± 51 $\mu\text{g/L}$ nos tributários (Figura 5-47).

As concentrações médias de fósforo total foram de 157 ± 39 $\mu\text{g/L}$ no rio Madeira e 41 ± 57 $\mu\text{g/L}$ nos tributários (Figura 5-48). Em geral, o fósforo foi maior no fundo das estações do rio Madeira. As estações MON.05 e MON.04 apresentaram os maiores valores. No lago Cuniã, as concentrações foram baixas, assim como na maior parte dos tributários. Todas as estações do rio Madeira e o fundo de CRC e TEO.01 apresentaram concentrações de fósforo total maior que 100 $\mu\text{g/L}$, que é o limite preconizado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005. Essa é uma condição natural do rio Madeira, que é muito rico em fósforo (Almeida, 2013).

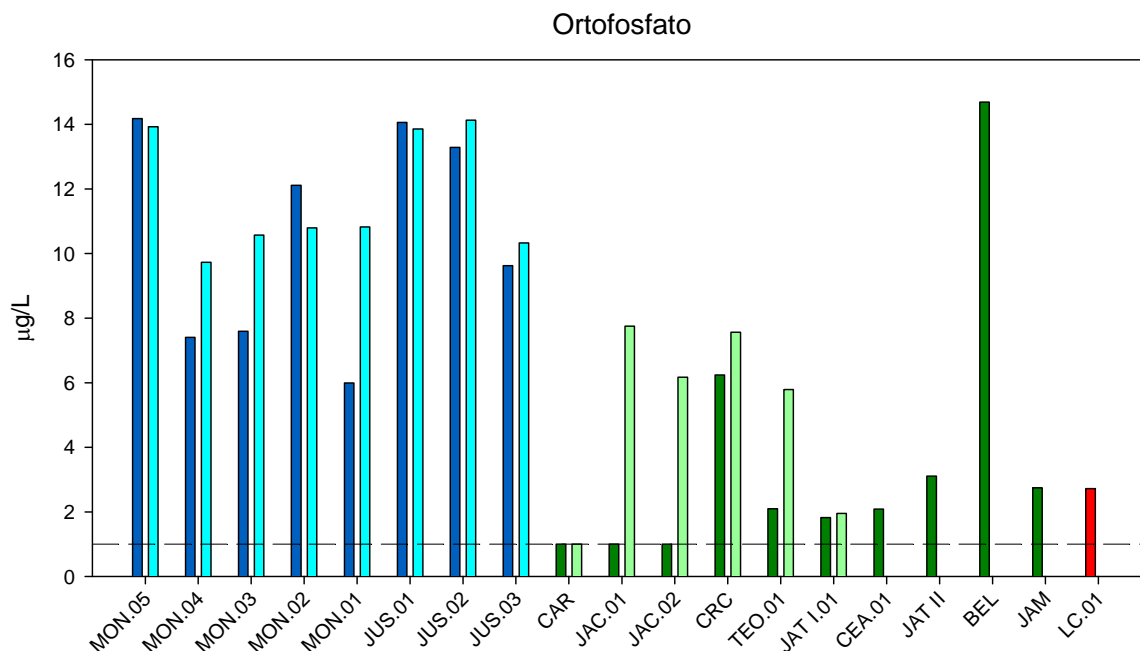


Figura 5-45 - Concentrações de ortofosfato no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde escuro = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

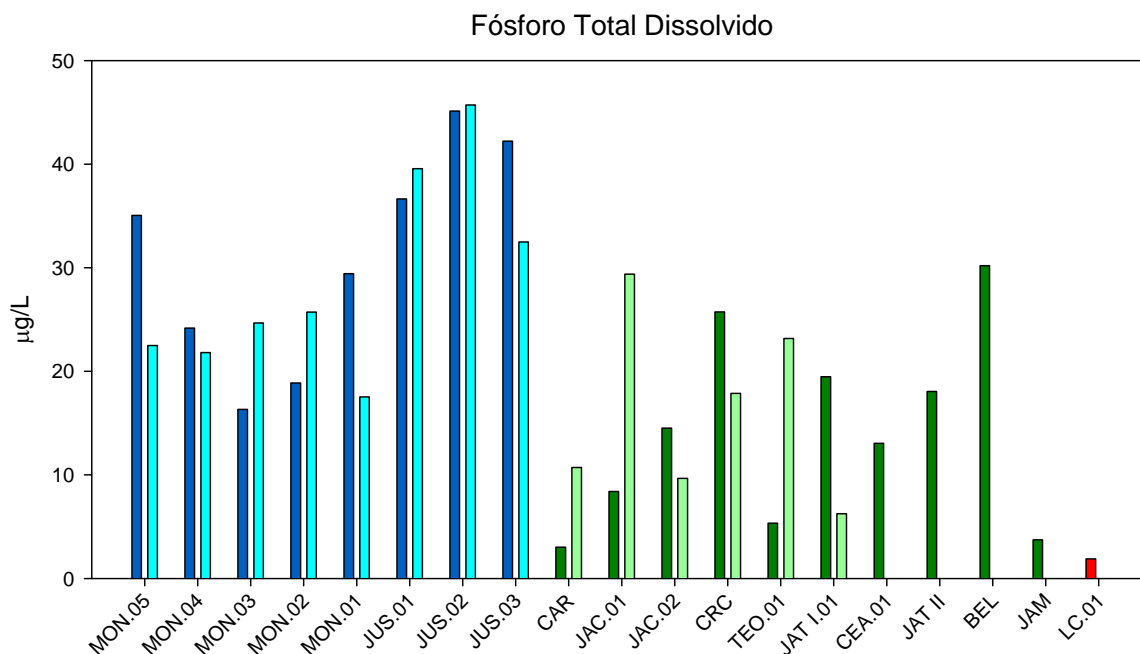


Figura 5-46 - Concentrações de fósforo total dissolvido no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde escuro = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

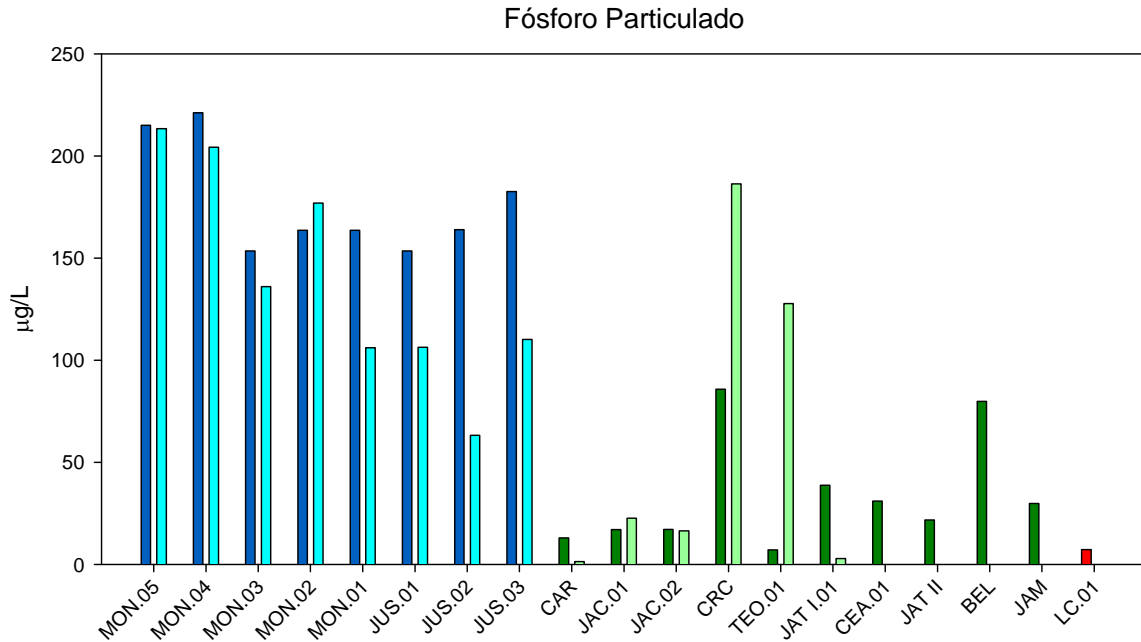


Figura 5-47 - Concentrações de fósforo particulado no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde escuro = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

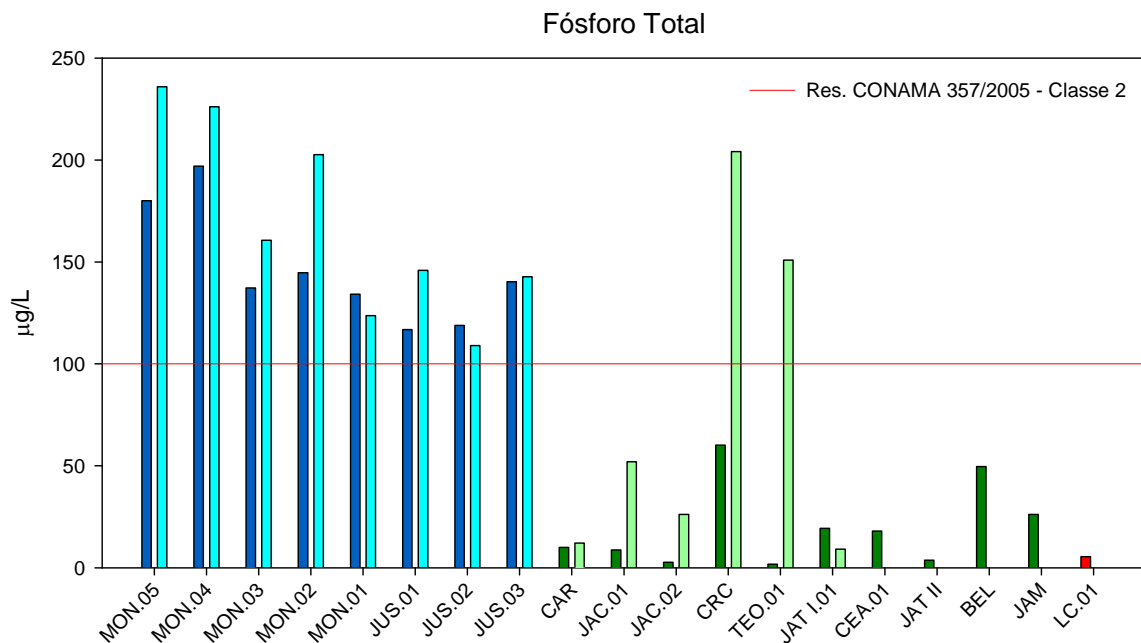


Figura 5-48 - Concentrações de fósforo total no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde escuro = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.7.3 - Silicatos reativos

A sílica é um nutriente importante para alguns organismos aquáticos, mais notadamente para as algas diatomáceas (Wetzel, 2001). No rio Madeira, a concentração de silicatos apresentou média de $9,5 \pm 2,6$ mg/L, contra $10,2 \pm 1,8$ mg/L nos tributários (Figura 5-49). A concentração do lago Cuniã foi semelhante às medidas no Madeira e seus tributários.

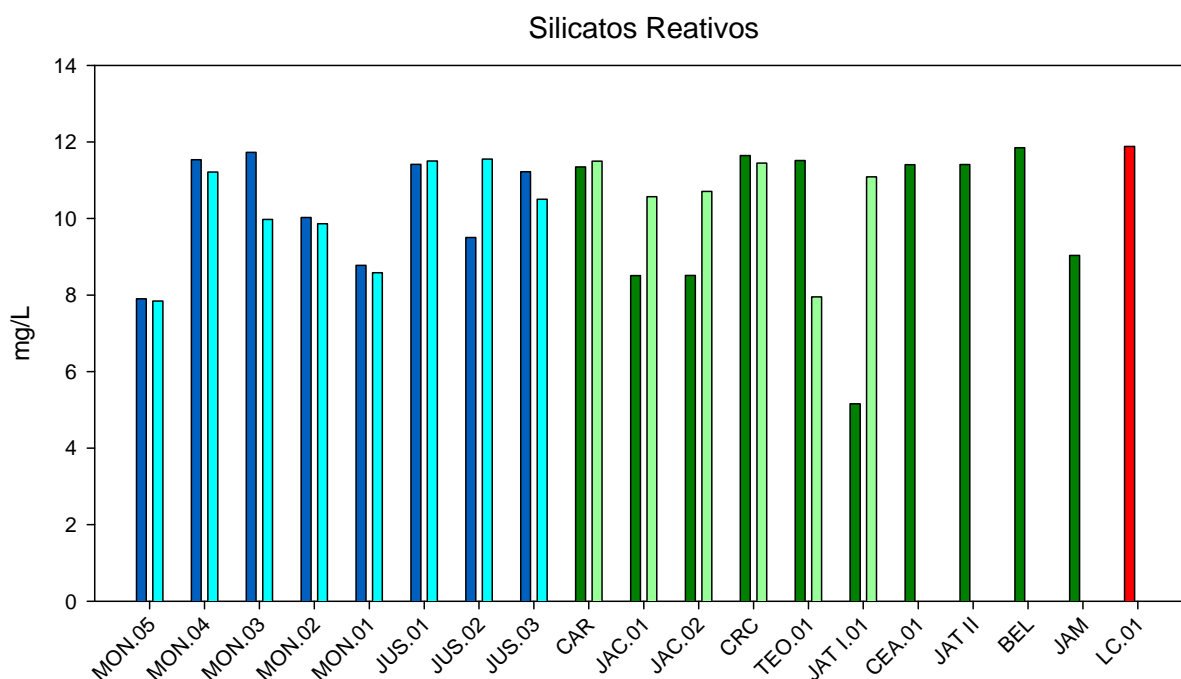


Figura 5-49 - Concentrações de silicatos reativos no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde escuro = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.8 - Químicas V

5.1.8.1 - Óleos e graxas

Todas as concentrações de óleos e graxas estiveram abaixo do limite de quantificação do método.

5.1.8.2 - Ferro

No rio Madeira, o ferro total apresentou média de $3343 \pm 435 \mu\text{g/L}$, enquanto que nos tributários a média foi menor ($1942 \pm 2393 \mu\text{g/L}$) (Figura 5-50). A concentração do lago Cuniã foi semelhante à de grande parte dos tributários.

No rio Madeira, somente em média 6% do ferro total esteve na fração dissolvida, mostrando que a maior parte do ferro no rio Madeira está aderido a partículas. Já nos tributários e no lago Cuniã, a contribuição média da fração dissolvida foi 25% e 39%, respectivamente. As concentrações médias de ferro dissolvido foram de $196 \pm 43 \mu\text{g/L}$ no rio Madeira e $319 \pm 196 \mu\text{g/L}$ nos tributários (Figura 5-51). Os tributários de montante CAR, CEA.01, BEL e JAT II apresentaram concentrações de ferro dissolvido superior a $300 \mu\text{g/L}$, valor máximo preconizado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005.

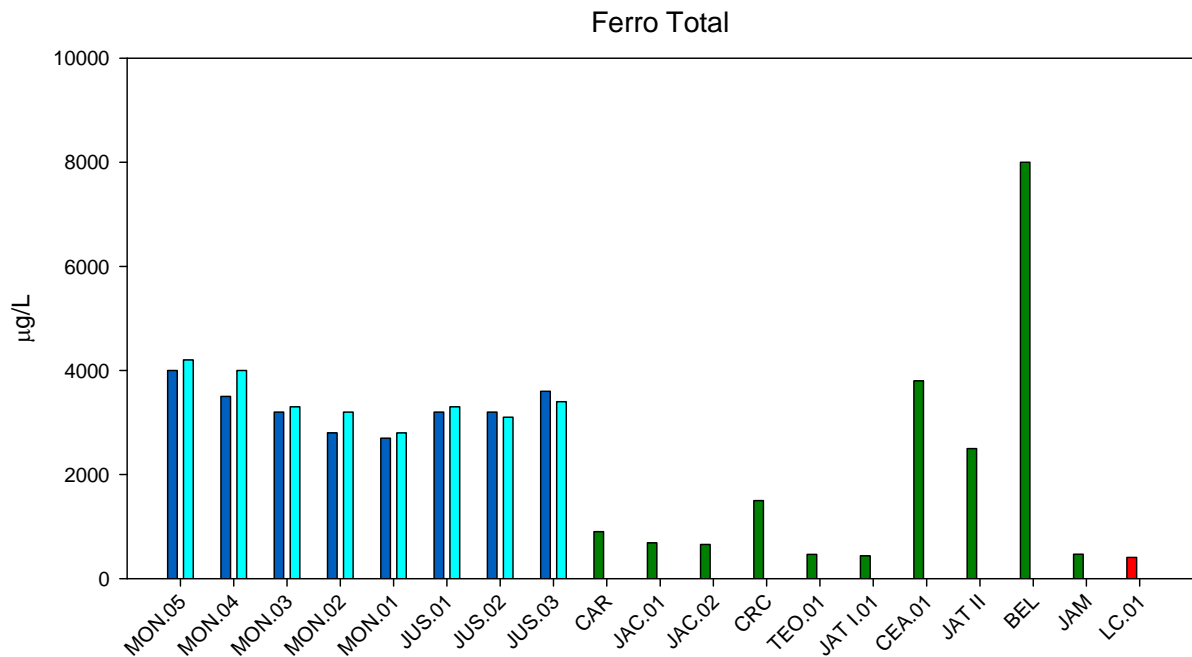


Figura 5-50 - Concentrações de ferro total no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde escuro = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

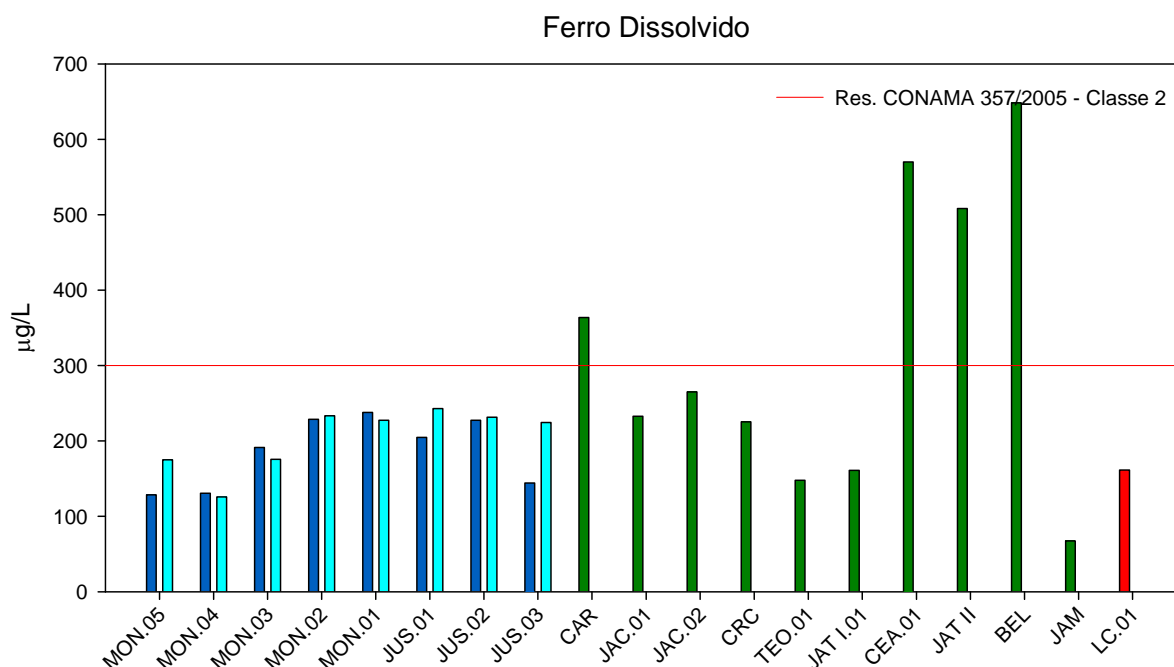


Figura 5-51 - Concentrações de ferro dissolvido no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde escuro = superfície; barra verde claro = fundo) e no lago Cuniã (barra vermelho escuro = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.9 - Químicas VI

5.1.9.1 - Elementos-traço

Alguns elementos-traço, como o manganês, o cobre, o zinco e o cobalto, tomam parte de vários processos no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Em contrapartida, outros elementos, como mercúrio, chumbo, níquel, cádmio, cromo e estanho, não têm função biológica conhecida, além de serem tóxicos a uma vasta gama de organismos (Esteves, 1998). Apesar disso, mesmo os elementos-traço importantes para processos metabólicos podem ser tóxicos se encontrados em altas concentrações. As concentrações de elementos-traços são influenciadas pelo intemperismo de rochas e erosão do solo da bacia de drenagem. Rios amazônicos que drenam regiões andinas, geologicamente jovens, são responsáveis por altas concentrações de elementos-traço. Além disso, as atividades humanas, a destacar as atividades industriais, são responsáveis pelo aporte de elementos-traço em ecossistemas aquáticos (Esteves, 1998).

As concentrações de cádmio, cobalto, cromo, cobre dissolvido, mercúrio, níquel, chumbo e estanho foram inferiores ao limite de quantificação em todas as estações amostradas na campanha de águas baixas de 2013.

As concentrações médias de alumínio dissolvido foram de $65,9 \pm 21,7$ µg/L nas estações do rio Madeira e $62,1 \pm 67,7$ µg/L nas estações dos tributários (Figura 5-52). O alto coeficiente de variação nos tributários deve-se à concentração mais elevada que foi encontrada na estação CEA.01, que foi acima dos 100 µg/L preconizado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005.

As concentrações médias de bário total foram de $52,7 \pm 3,5$ µg/L nas estações do rio Madeira e $28,5 \pm 8,8$ µg/L nas estações dos tributários (Figura 5-53). A concentração do lago Cuniã assemelhou-se às registradas nos tributários. Todos os valores registrados foram inferiores ao limite de 700 µg/L preconizado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005.

As concentrações médias de silício foram maiores no rio Madeira, que teve média de 7884 ± 396 µg/L, contra 4823 ± 2076 µg/L nos tributários (Figura 5-54). A concentração do lago Cuniã assemelhou-se às registradas nos tributários, com exceção de CEA.01, que apresentou concentração parecida com as do Madeira.

As concentrações médias de zinco total foram de $9,4 \pm 5,1$ µg/L nas estações do rio Madeira e $5,0 \pm 4,1$ µg/L nas estações dos tributários (Figura 5-55). A concentração medida no lago Cuniã foi baixa como na maior parte dos tributários. Todos os valores registrados foram inferiores ao limite de 180 µg/L preconizado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005.

As concentrações médias de manganês total foram de $50,4 \pm 10,1$ µg/L nas estações do rio Madeira e $47,1 \pm 47,5$ µg/L nas estações dos tributários (Figura 5-56). Somente CEA.01 e BEL apresentaram concentrações superiores ao limite de 100 µg/L preconizado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005. Valores de manganês em desacordo com a legislação já foram registrados em outras campanhas, incluindo antes do enchimento.

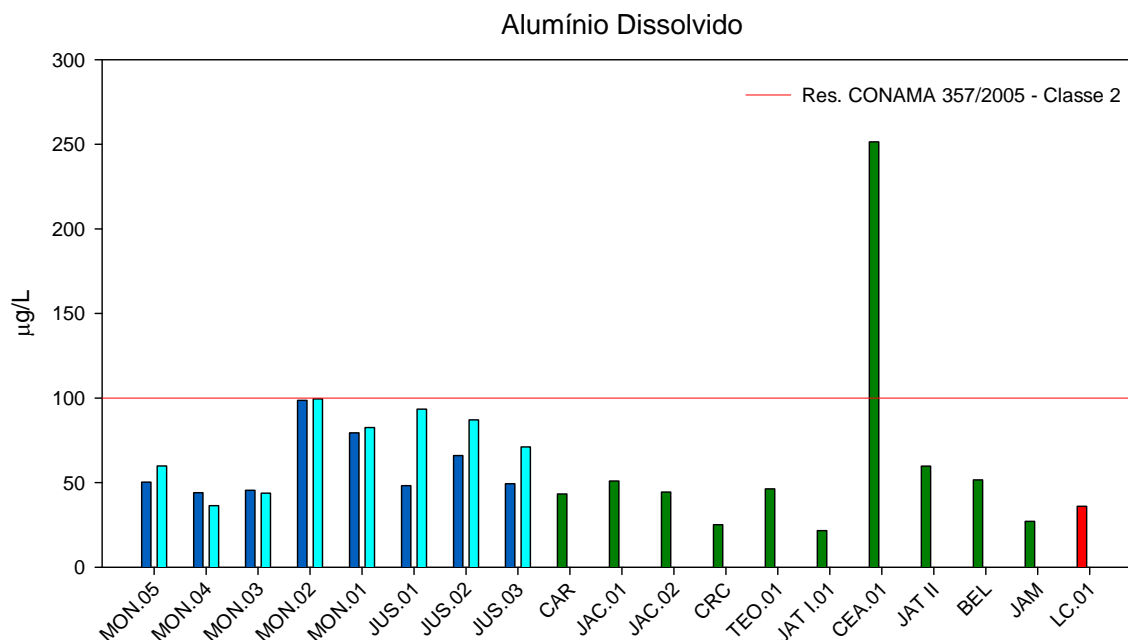


Figura 5-52 - Concentrações de alumínio dissolvido no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

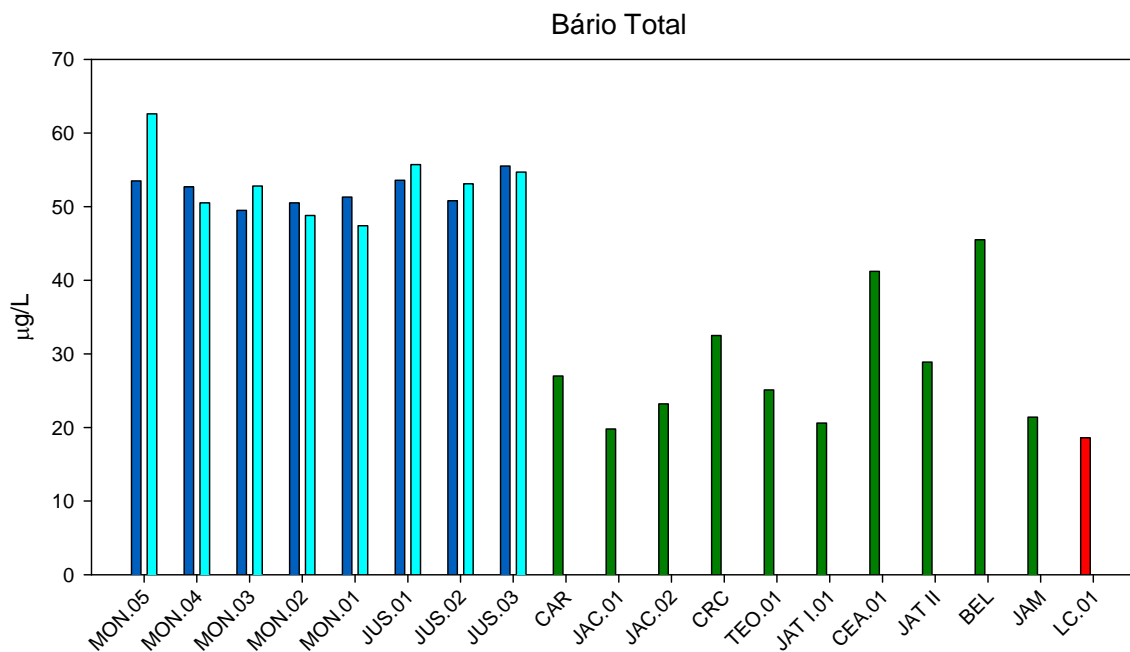


Figura 5-53 - Concentrações de bário total no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

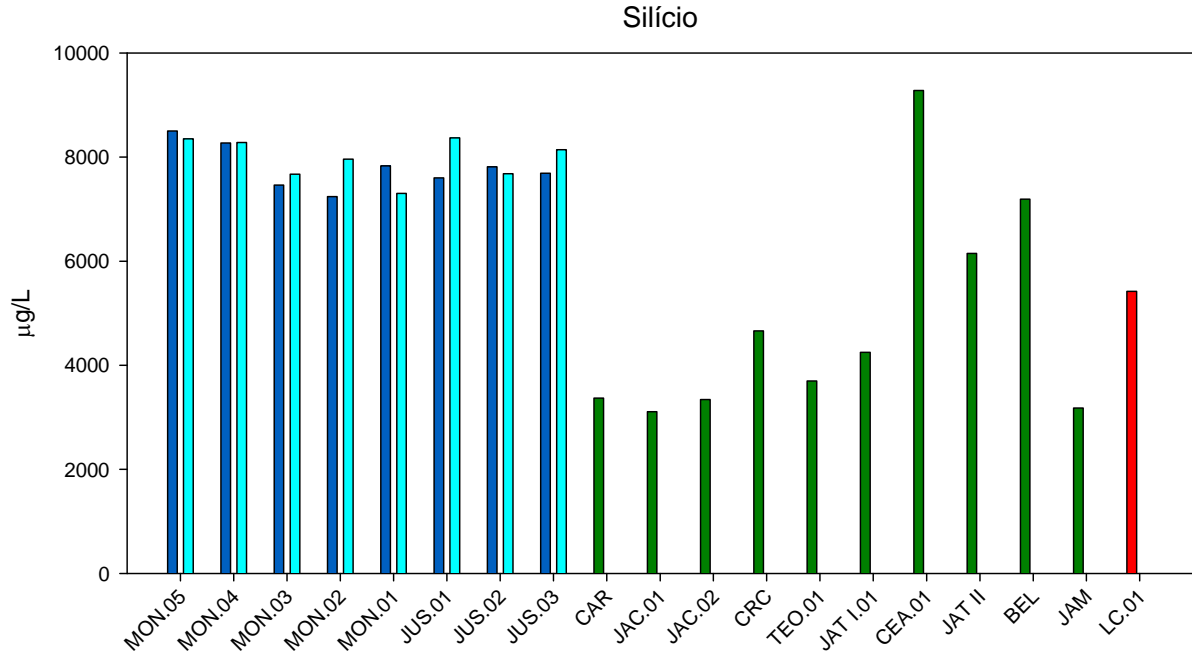


Figura 5-54 - Concentrações de silício no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

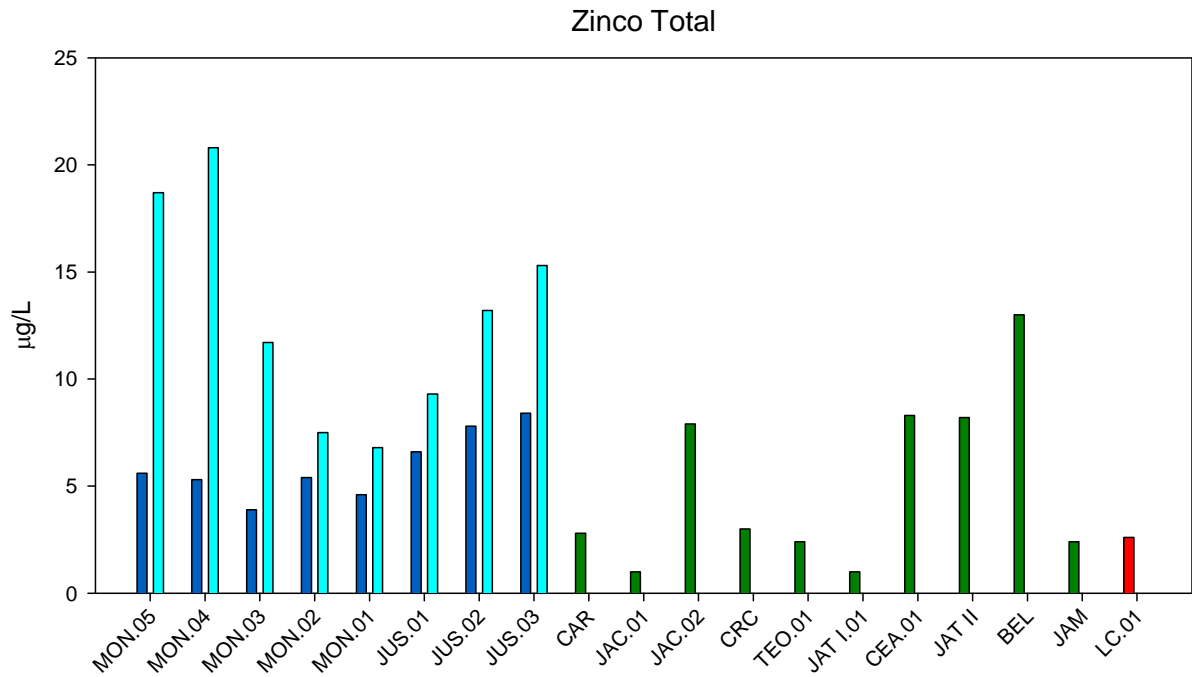


Figura 5-55 - Concentrações de zinco total no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

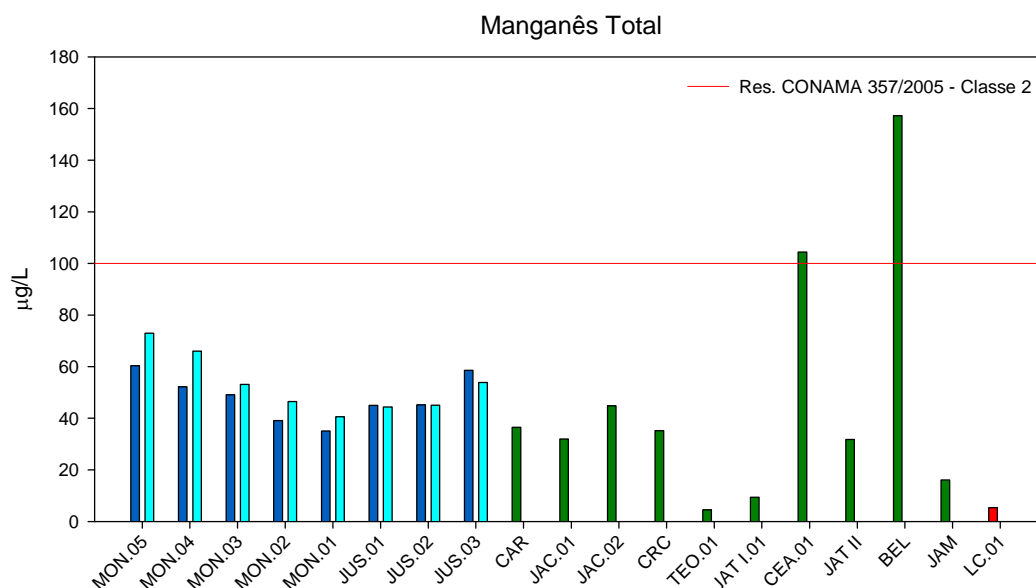


Figura 5-56 - Concentrações de manganês total no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.10 - Biológicas

5.1.10.1 - Coliformes totais e *Escherichia coli*

Os índices médios de coliformes totais foram de 284 ± 143 NMP/100mL nas estações do rio Madeira e 679 ± 936 NMP/100mL nas estações dos tributários (Figura 5-57). Os tributários JAT II e BEL, localizados a jusante da barragem, apresentaram os valores mais extremos.

Os índices de *E. coli* foram baixos, com média de 21 ± 27 NMP/100mL no rio Madeira e 69 ± 102 NMP/100 mL nos tributários (Figura 5-58). Os tributários situados a jusante da barragem (JAT II, BEL e JAM) foram responsáveis pelos valores mais extremos, embora todos os valores tenham sido inferiores ao limite de 1000 NMP/100mL estipulado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005.

Nas praias de Jaci e Teotônio, os teores de coliformes foram satisfatórios. Os valores de coliformes totais foram de 57 NMP/100ml na praia de Teotônio e 1414 NMP/100ml na praia de Jaci. Com relação à *E. coli*, os valores foram de 2 e 108 NMP/100ml nas praias de Teotônio e Jaci, respectivamente. Esses resultados sugerem que, de acordo com a Resolução CONAMA 274/2000, as águas amostradas enquadram-se na categoria "excelente".

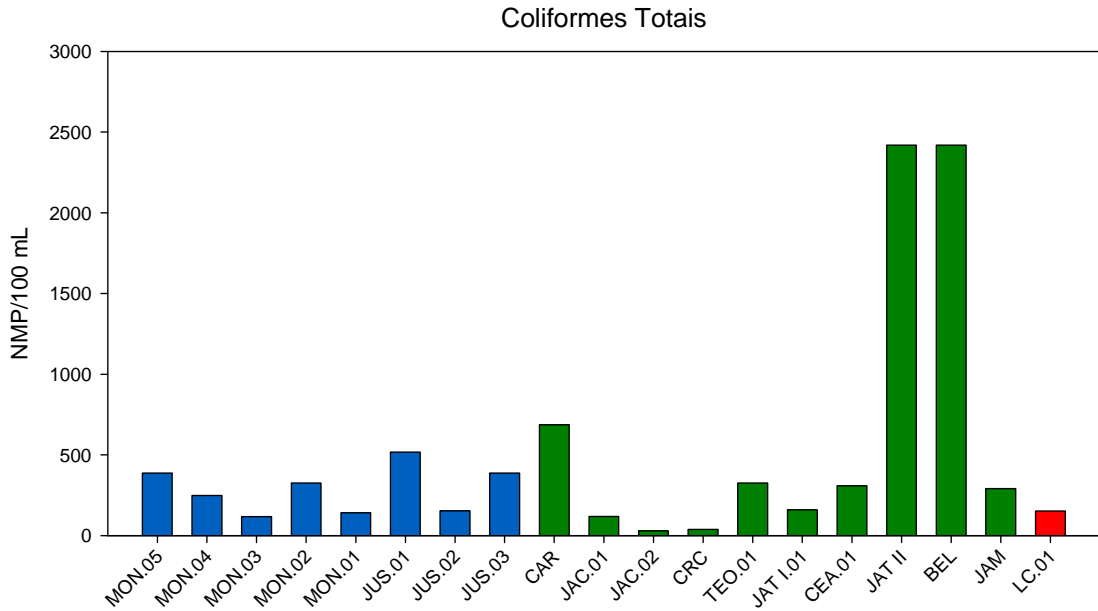


Figura 5-57 - Coliformes totais no rio Madeira (barra azul), nos tributários (barra verde) e no lago Cuniã (barra vermelha) em outubro de 2013 (águas baixas).

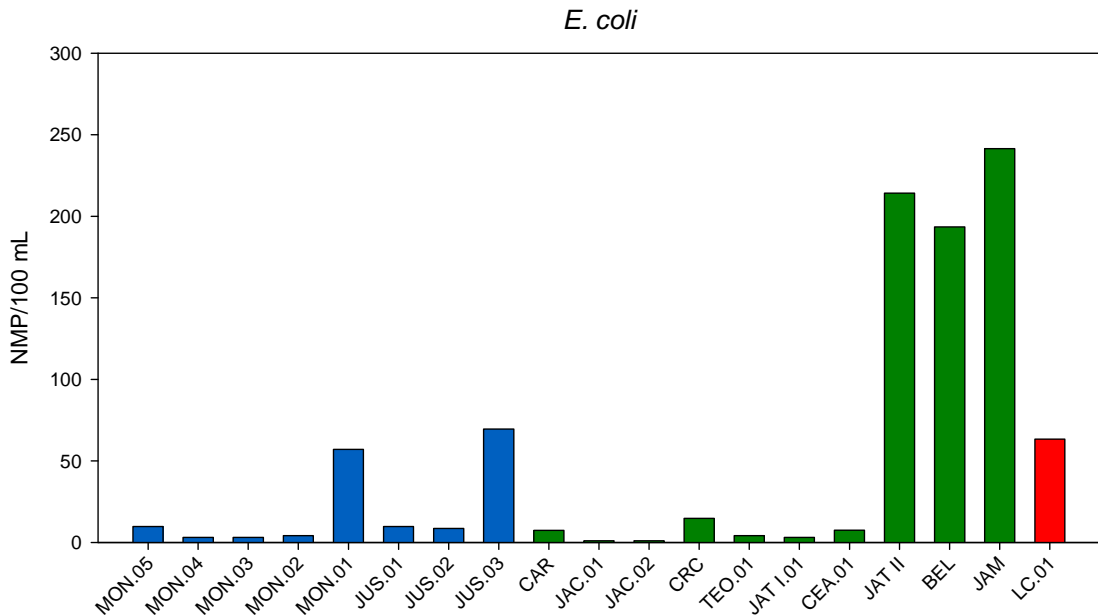


Figura 5-58 - *Escherichia coli* no rio Madeira (barra azul), os tributários (barra verde) e no lago Cuniã (barra vermelha) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.10.2 - Clorofila *a* e pigmentos totais

A clorofila *a* apresentou concentrações médias mais baixas no rio Madeira ($4,1 \pm 1,6 \mu\text{g/L}$) do que nos tributários ($5,2 \pm 5,6 \mu\text{g/L}$). Nos tributários, houve maior variação, com JAC.02 e CEA.01 apresentando os maiores valores. O lago Cuniã apresentou concentração semelhante a CEA.01 (Figura 5-59). Nenhum valor excedeu o limite de $30 \mu\text{g/L}$ estipulado para corpos de água doce da classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005.

Em relação aos pigmentos totais, as médias foram de $6,3 \pm 2,1 \mu\text{g/L}$ no rio Madeira e $8,9 \pm 6,9 \mu\text{g/L}$ nos tributários (Figura 5-60).

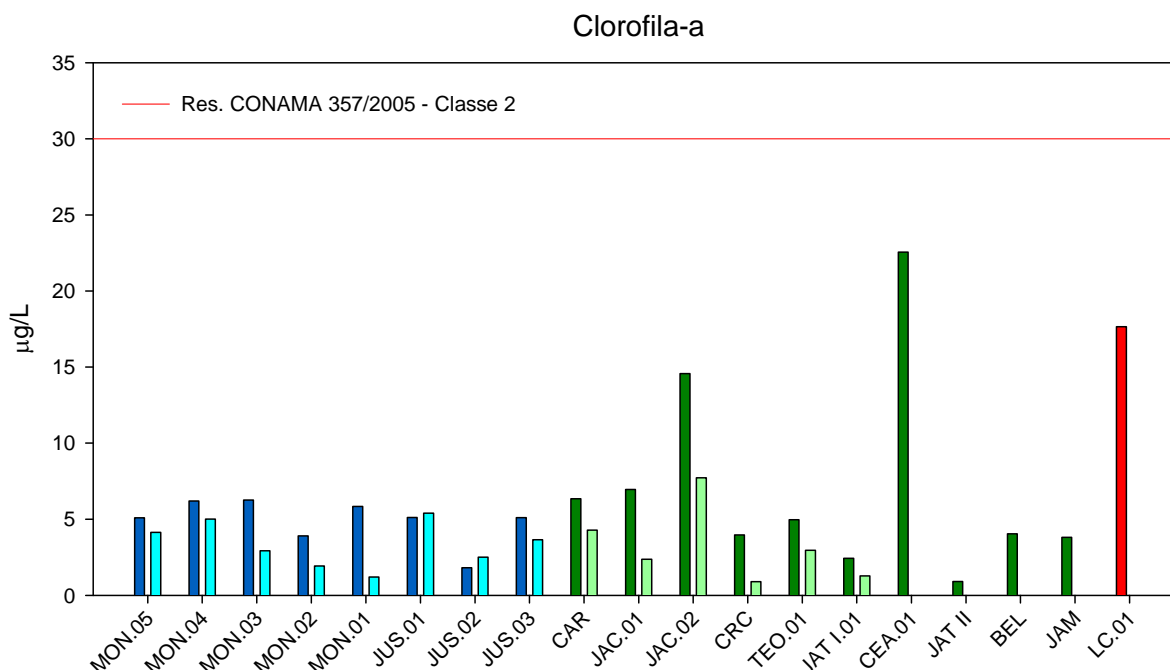


Figura 5-59 - Concentrações de clorofila-a no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

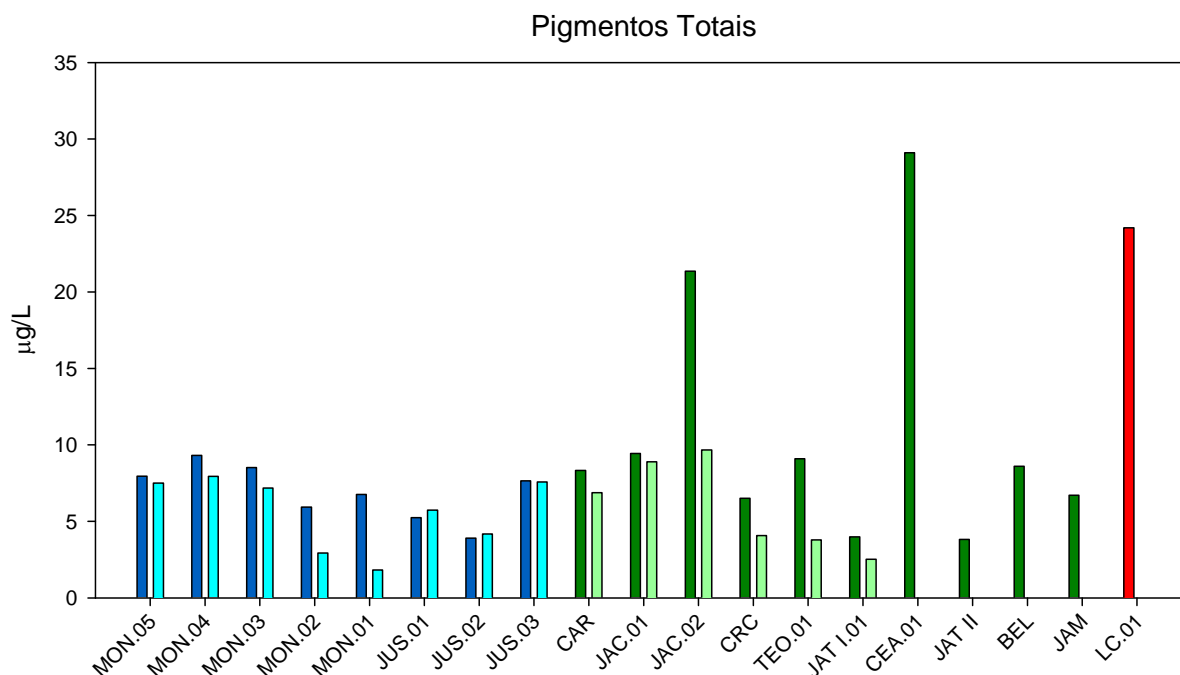


Figura 5-60 - Concentrações de pigmentos totais no rio Madeira (barra azul escuro = superfície; barra azul clara = fundo), nos tributários (barra verde = superfície) e no lago Cuniã (barra vermelha = superfície) em outubro de 2013 (águas baixas).

5.1.10.3 - Pontos de captação de água para abastecimento público: PCM e PCT

Foi realizada a avaliação da densidade de cianobactérias nas estações PCM (ponto de captação de água no rio Madeira) e PCT (ponto de captação de água no ribeirão Bate Estacas). A densidade foi inferior ao limite de quantificação em ambas as estações (<3 µg/L) nas campanhas realizadas em maio, junho, julho, novembro e outubro de 2013. Em dezembro de 2013, na estação PCT foi encontrado 17 céls/mL, diferente da estação PCM (<3 µg/L). Ainda que tenha sido observada a presença de cianobactérias na estação PCT em dezembro de 2013, verifica-se que o valor encontrado é muito baixo.

Em todos os meses e nas duas estações amostras o limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 foi atendido.

5.1.11 - Índices

5.1.11.1 - Índice de estado trófico (IET)

Conforme deferimento do Parecer 282/2013 do IBAMA, não foi calculado o IET das estações situadas no rio Madeira. A ocorrência de mesotrofia predominou nos tributários. O estado trófico variou entre oligotrófico em JAT II e supereutrófico em CEA.01 (Quadro 5-1). Nas estações JAC.02, CEA.01 e LC.01 o estado de trofia foi mais fortemente dirigido pelas altas concentrações de clorofila a, ao passo que nas estações CRC e BEL as concentrações de fósforo total foram mais predominantes.

Quadro 5-1 - Índice de Estado Trófico (IET) nas estações dos tributários e do lago Cuniã em outubro de 2013 (águas baixas).

IET	Estado Trófico	Estação
57	MESOTRÓFICO	CAR
58	MESOTRÓFICO	JAC.01
61	EUTRÓFICO	JAC.02
60	EUTRÓFICO	CRC
54	MESOTRÓFICO	TEO.01
55	MESOTRÓFICO	JAT I.01
64	SUPEREUTRÓFICO	CEA.01
50	OLIGOTRÓFICO	JAT II
59	EUTRÓFICO	BEL
57	MESOTRÓFICO	JAM
60	EUTRÓFICO	LC.01

5.1.11.2 - Índice de qualidade da água (IQA)

A qualidade da água de todas as estações avaliadas no rio Madeira foi BOA. Nos tributários e no lago Cuniã, a qualidade da água variou entre BOA e ÓTIMA (Quadro 5-2). Apesar dos elevados valores de turbidez, sólidos totais e fósforo total, os baixos teores de coliformes fecais e DBO, o bom nível de oxigenação da água e um intervalo de pH adequado contribuíram para o prevailecimento de uma boa qualidade da água no rio Madeira.

Quadro 5-2 - Índice de Qualidade da Água (IQA) no rio Madeira, nos tributários e no lago Cuniã em outubro de 2013 (águas baixas).

IQA	Qualidade da água	Estação
69	BOA	MON.05
71	BOA	MON.04
71	BOA	MON.03
72	BOA	MON.02
66	BOA	MON.01
69	BOA	JUS.01
70	BOA	JUS.02
65	BOA	JUS.03
55	BOA	CAR
86	ÓTIMA	JAC.01
90	ÓTIMA	JAC.02
79	BOA	CRC
90	ÓTIMA	TEO.01
93	ÓTIMA	JAT I.01
66	BOA	CEA.01
66	BOA	JAT II
56	BOA	BEL
80	ÓTIMA	JAM
78	BOA	LC.01

5.1.11.3 - Ordenação espacial das variáveis limnológicas

A fim de caracterizar e identificar as estações de coleta de acordo com as variáveis limnológicas, foi utilizada uma análise de componentes principais (ACP). As estações dos três compartimentos (rio Madeira, tributários e lago Cuniã) foram analisadas conjuntamente (Figura 5-61).

Os dois primeiros eixos da ACP explicaram 78% da variabilidade dos dados. As estações do rio Madeira foram as que mais se assemelharam entre si, ficando agrupadas predominantemente no primeiro quadrante. A ACP não indicou distinção entre as estações de montante e jusante do rio Madeira, o que reforça que a formação do reservatório pouco impactou a variação espacial do rio

Madeira. As estações do rio Madeira ficaram caracteristicamente distinguidas em função de valores mais altos de fósforo total, sólidos totais dissolvido, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade, alcalinidade, cor e pH. Em relação aos tributários, observou-se maior heterogeneidade espacial, uma vez que tratam-se de ambientes diferentes. As estações CEA.01 e CRC agruparam-se mais próximas das estações do rio Madeira. As estações TEO.01, JAC.01, JAT I.01 e JAC.02 ficaram agrupadas no quarto quadrante e apresentaram relação positiva com a clorofila-a. As estações JAT II e BEL estiveram positivamente relacionadas à ocorrência de *E. coli*. Já a estação LC.01, no lago Cuniã, ficou situada no terceiro quadrante e apresentou forte associação com a DBO.

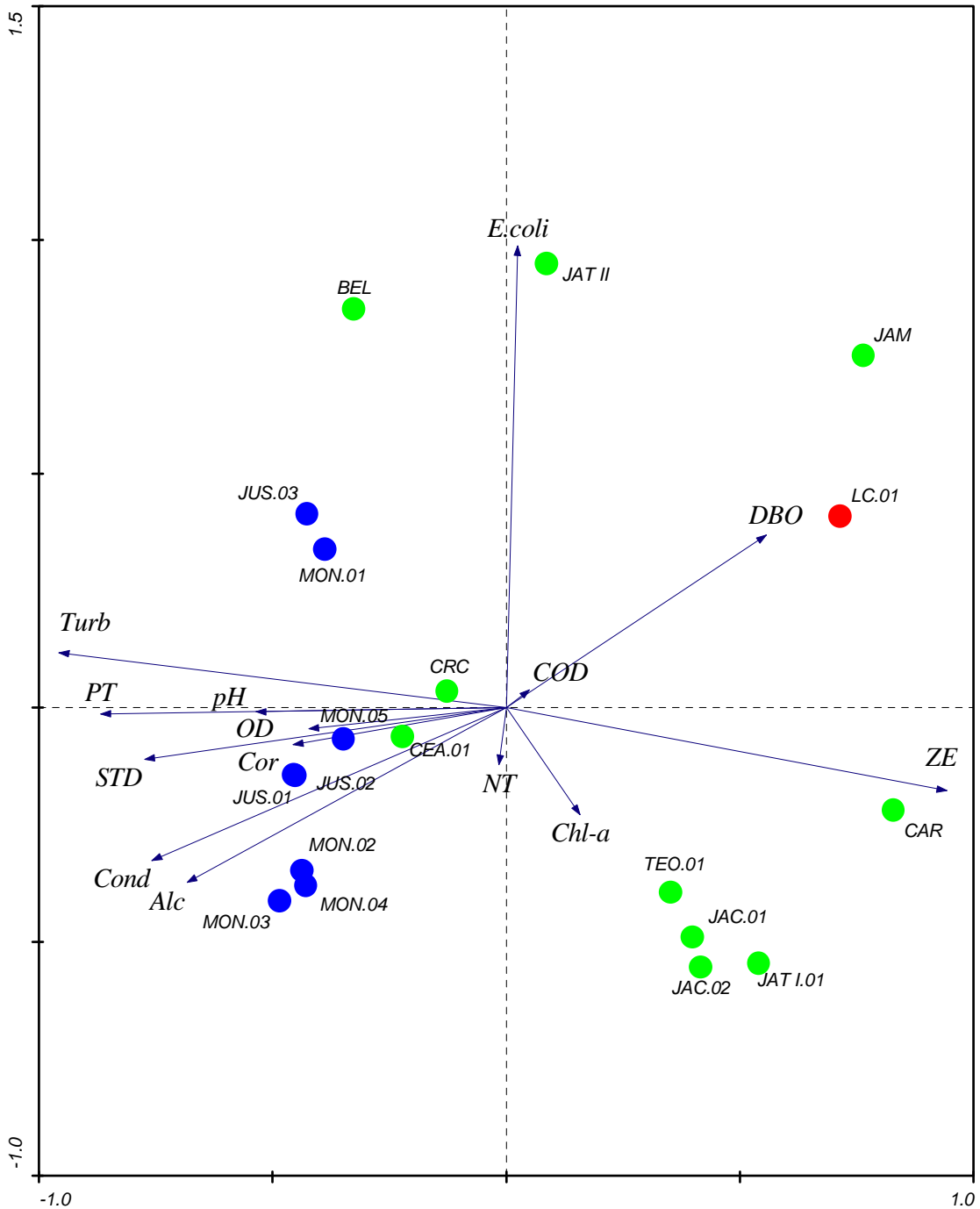


Figura 5-61 - Posição das estações de coleta do rio Madeira (bolas azuis), dos tributários (bolas verdes) e do lago Cuniã (bola vermelha) ordenadas de acordo com os dois primeiros eixos da ACP durante as águas baixas de 2013. A explicabilidade dos dois primeiros eixos foi de 78% (Eixo 1: 55%; Eixo 2: 23%). As siglas significam: ZE: zona eufótica, Cor: cor verdadeira, Cond: condutividade elétrica, pH: potencial hidrogeniônico, Turb: turbidez, OD: oxigênio dissolvido, STD: sólidos totais dissolvidos, DBO: demanda bioquímica de oxigênio, COD: carbono orgânico dissolvido, Alc: alcalinidade, NT: nitrogênio total, PT: fósforo total, Chl-a: clorofila *a*, E.coli: *Escherichia coli*.

5.1.11.4 - Comparação das diferentes fases do empreendimento

Para as variáveis mais relevantes da coluna d'água, foi feita uma comparação dos valores obtidos nas campanhas de águas baixas amostradas durante a operação com os valores obtidos durante o pré-enchimento (2009 e 2010) e o enchimento/estabilização (2011).

Com relação ao pH, tanto nas estações do rio Madeira como nas dos tributários os valores foram significativamente diferentes na operação, ao passo que pré-enchimento e enchimento/estabilização foram semelhantes. Contudo, no rio Madeira os valores foram mais baixos que os demais durante a operação, ao passo nos tributários foi observado o inverso (**Figura 5-62**). No rio Madeira, a diminuição do pH pode estar ligada ao aumento da decomposição da matéria orgânica inundada, que é maior nos primeiros anos após o barramento. Nos tributários, o aumento do pH pode ser resultado da entrada de águas do rio Madeira, que tem pH mais alto, após o barramento.

Não ocorreu diferença significativa entre os valores de turbidez medidos ao longo das diferentes fases do empreendimento nas estações localizadas nos tributários. No rio Madeira, contudo, houve decréscimo da turbidez no período de operação. A fase de pré-enchimento foi semelhante às demais, que diferiram entre si (**Figura 5-63**).

As concentrações de oxigênio dissolvido foram semelhantes entre as diferentes fases do empreendimento nos tributários. Nas estações do rio Madeira, as fases de pré-enchimento e operação foram semelhantes, mas a fase de enchimento/estabilização apresentou concentrações significativamente inferiores às demais (**Figura 5-64**). Essa diminuição durante o enchimento pode ter relação com a intensificação da decomposição após o afogamento de biomassa terrestre. Contudo, na operação os valores já voltaram ao normal. Cabe ressaltar que os valores foram sempre maiores que 6 mg/L, indicando boa condição de oxigenação.

Os valores de DBO foram semelhantes entre as diferentes fases do empreendimento nos tributários. No Madeira, o enchimento/estabilização assemelhou-se às demais fases, que diferiram entre si (**Figura 5-65**). Os valores foram quase sempre inferiores a 5 mg/L - o único valor acima desse limite foi observado durante o pré-enchimento.

As concentrações de nitrogênio e fósforo totais foram semelhantes entre as diferentes fases do empreendimento nos tributários (**Figura 5-66** e **Figura 5-67**). No rio Madeira, as concentrações de fósforo também se assemelharam entre as diferentes fases. Com relação ao nitrogênio, contudo, a operação assemelhou-se às demais fases, que diferiram entre si.

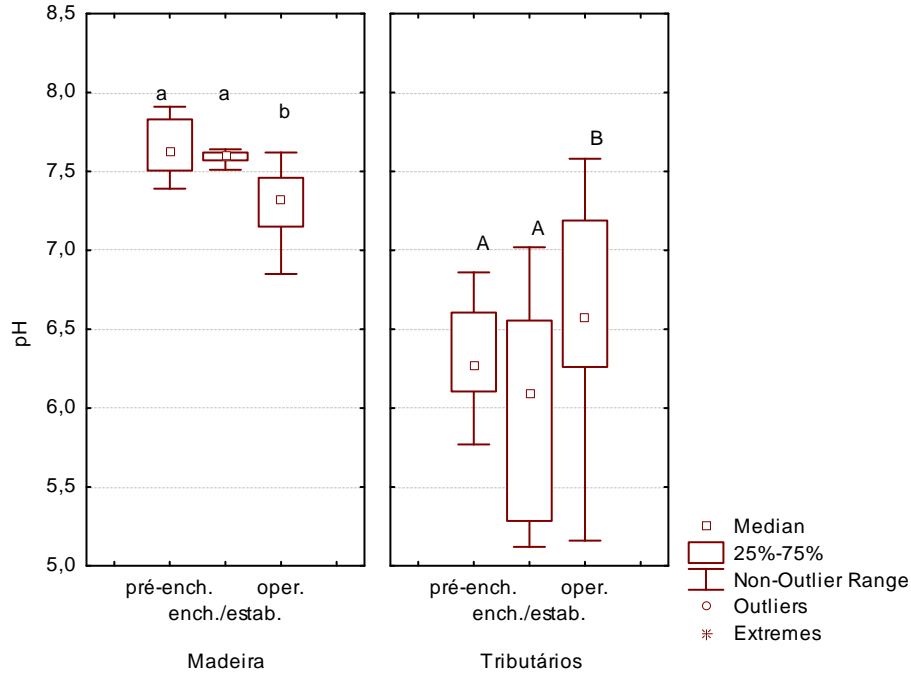


Figura 5-62 - Box-plots dos valores de pH registradas nos períodos de águas baixas amostrados nas fases de pré-enchimento, enchimento/estabilização e operação. Para avaliar diferença entre os grupos foi feito um teste de Tukey (nível de significância = 0,05).

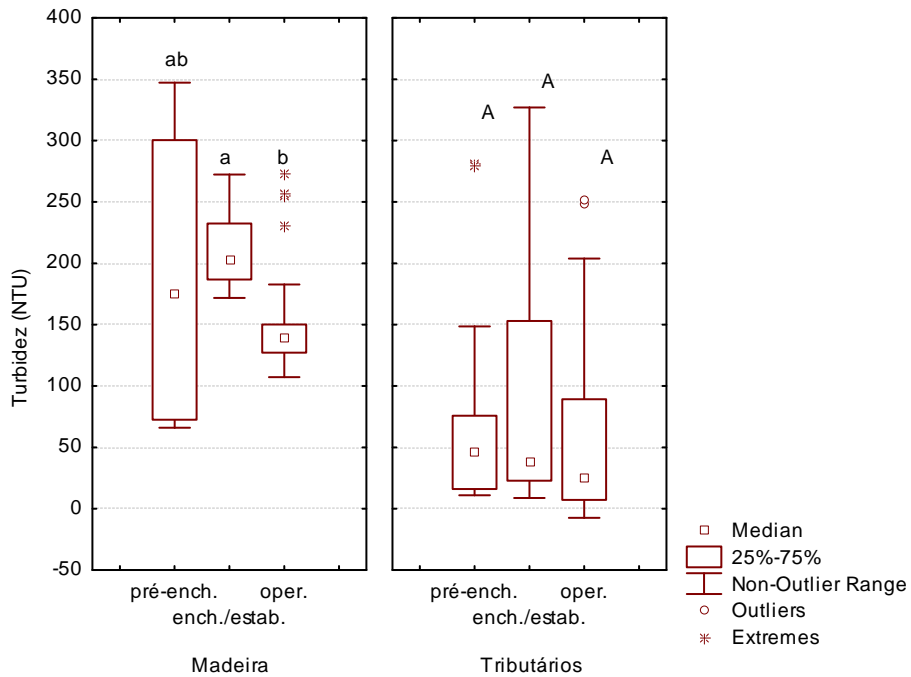


Figura 5-63 - Box-plots dos valores de turbidez registradas nos períodos de águas baixas amostrados nas fases de pré-enchimento, enchimento/estabilização e operação. Para avaliar diferença entre os grupos foi feito um teste de Tukey (nível de significância = 0,05).

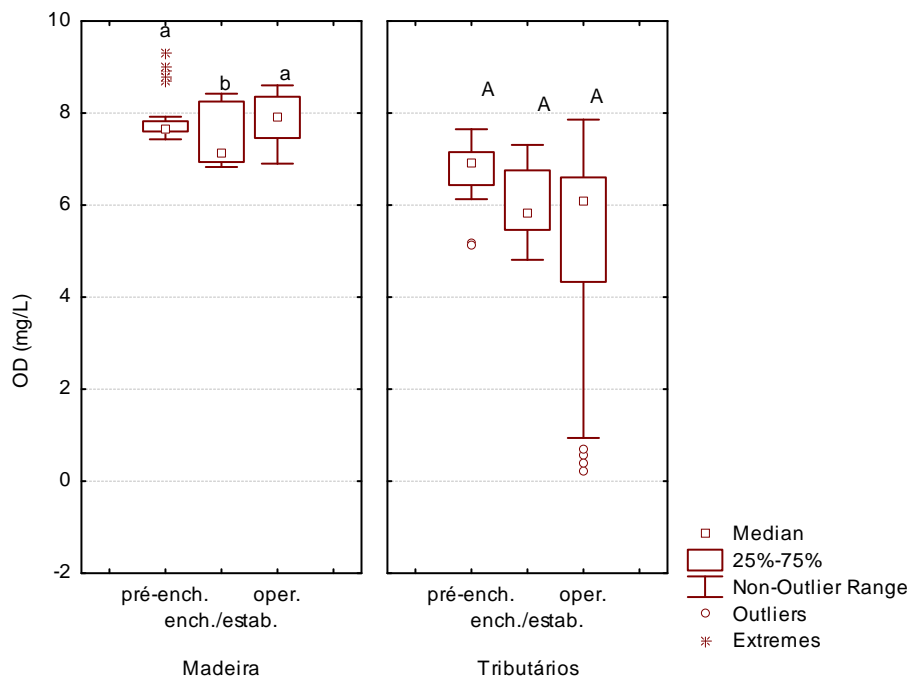


Figura 5-64 - Box-plots das concentrações de oxigênio dissolvido registradas nos períodos de águas baixas amostrados nas fases de pré-enchimento, enchimento/estabilização e operação. Para avaliar diferença entre os grupos foi feito um teste de Tukey (nível de significância = 0,05).

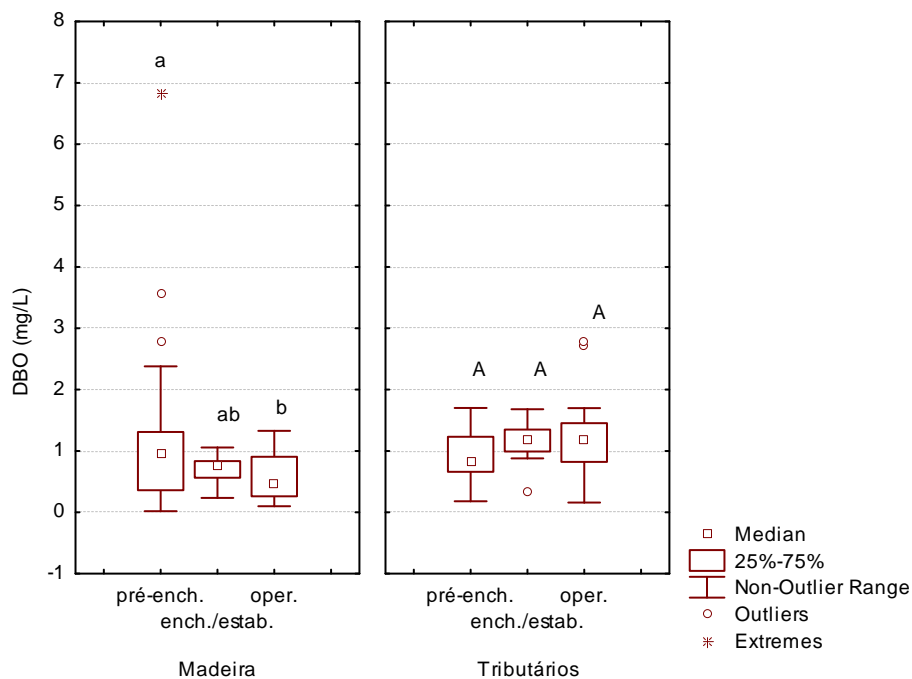


Figura 5-65 - Box-plots dos valores de DBO registradas nos períodos de águas baixas amostrados nas fases de pré-enchimento, enchimento/estabilização e operação. Para avaliar diferença entre os grupos foi feito um teste de Tukey (nível de significância = 0,05).

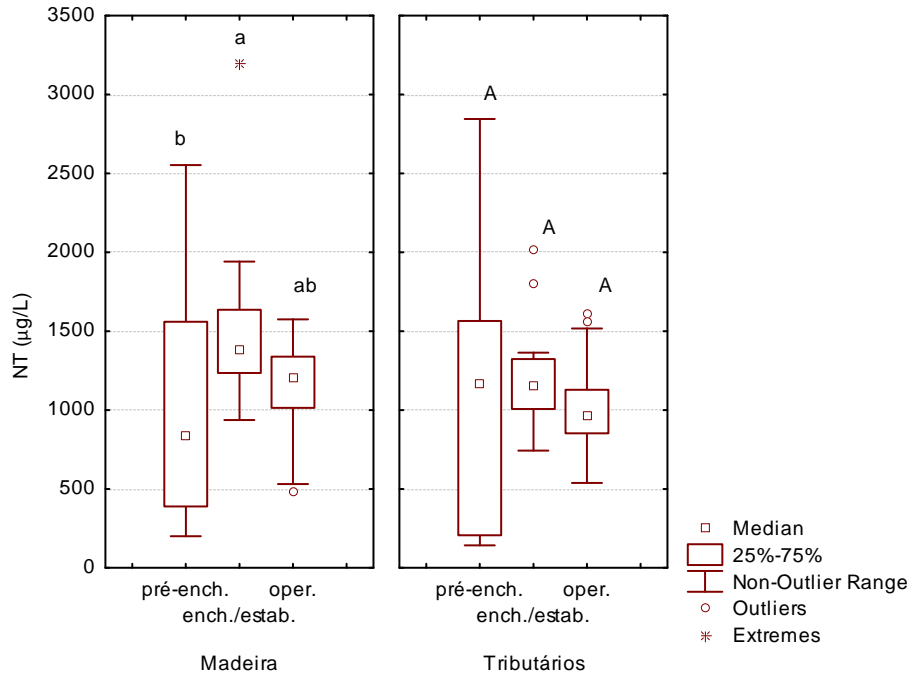


Figura 5-66 - Box-plots das concentrações de nitrogênio total registradas nos períodos de águas baixas amostrados nas fases de pré-enchimento, enchimento/estabilização e operação. Para avaliar diferença entre os grupos foi feito um teste de Tukey (nível de significância = 0,05).

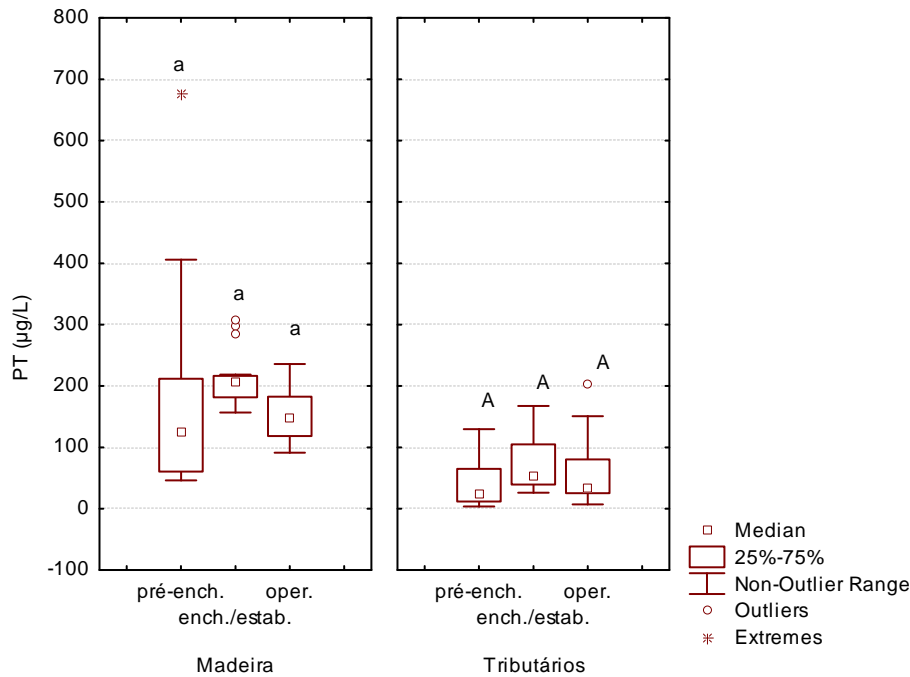


Figura 5-67 - Box-plots das concentrações de fósforo total registradas nos períodos de águas baixas amostrados nas fases de pré-enchimento, enchimento/estabilização e operação. Para avaliar diferença entre os grupos foi feito um teste de Tukey (nível de significância = 0,05).