

ÍNDICE

5.2.4 -	Sedimentos	1/17
5.2.4.1 -	Granulometria	1/17
5.2.4.2 -	Matéria orgânica, carbono orgânico total e teores de cinzas	2/17
5.2.4.3 -	Nutrientes: nitrogênio e fósforo	4/17
5.2.4.4 -	Macronutrientes: sódio, potássio, cálcio e magnésio	6/17
5.2.4.5 -	Elementos-traço.....	8/17
5.2.4.6 -	Compostos orgânicos (biocidas)	16/17
5.2.4.7 -	Discussão	16/17

5.2.4 - Sedimentos

5.2.4.1 - Granulometria

O sedimento de fundo dos corpos d'água é fruto da interação, ao longo do tempo, do intemperismo das rochas, de deposições de origem orgânica e precipitação química. Esta deposição pode ter origem alóctone e/ou autóctone e sua proporção pode variar de acordo com as características ambientais (Mozeto, 2004).

No mês de janeiro de 2013 observou-se a tendência de predominância da fração silte no sedimento de fundo das estações de monitoramento avaliadas. A única exceção foi a estação CAR, onde houve predominância de frações grossas de areia (Figura 5.2.4-1). Considerando todos os ambientes, a fração silte foi em média a mais abundante, apresentando média geral de 755,4 g/kg e a fração argila, a menos abundante apresentando média geral de 8,8 g/kg.

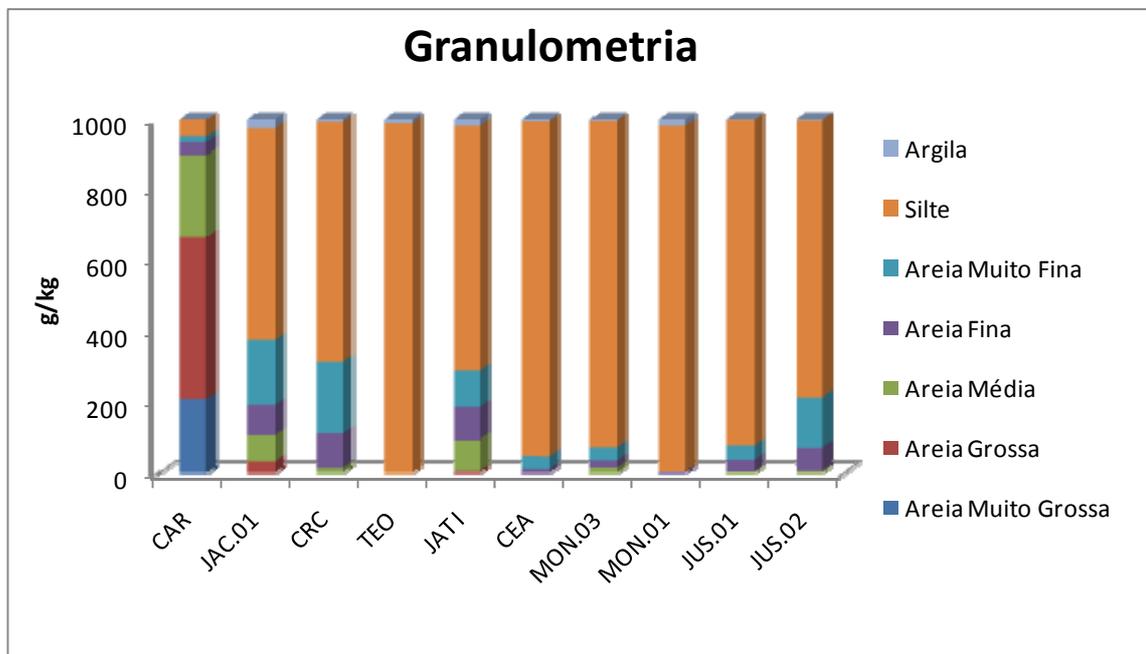


Figura 5.2.4-1 - Granulometria dos sedimentos amostrados no mês de janeiro de 2013 (enchente).

5.2.4.2 - Matéria orgânica, carbono orgânico total e teores de cinzas

A determinação de matéria orgânica em amostras ambientais tem merecido atenção de pesquisadores em diversos campos de atividade científica (águas, solos, sedimentos). A importância dessa determinação está associada ao conhecimento da origem, natureza e destino final dessa matéria no ambiente considerado. No caso de um rio, a entrada de matéria orgânica pela bacia de drenagem constitui uma fonte externa de compostos orgânicos de importância vital para a biota.

O teor médio de matéria orgânica nos sedimentos amostrados no rio Madeira foi de $2,53 \pm 0,73\%$ p/p (média \pm DP) e nos tributários foi de $3,48 \pm 1,84\%$ p/p (média \pm DP). A concentração mínima foi registrada na estação CAR e a máxima na estação JAC.01 (Figura 5.2.4-2).

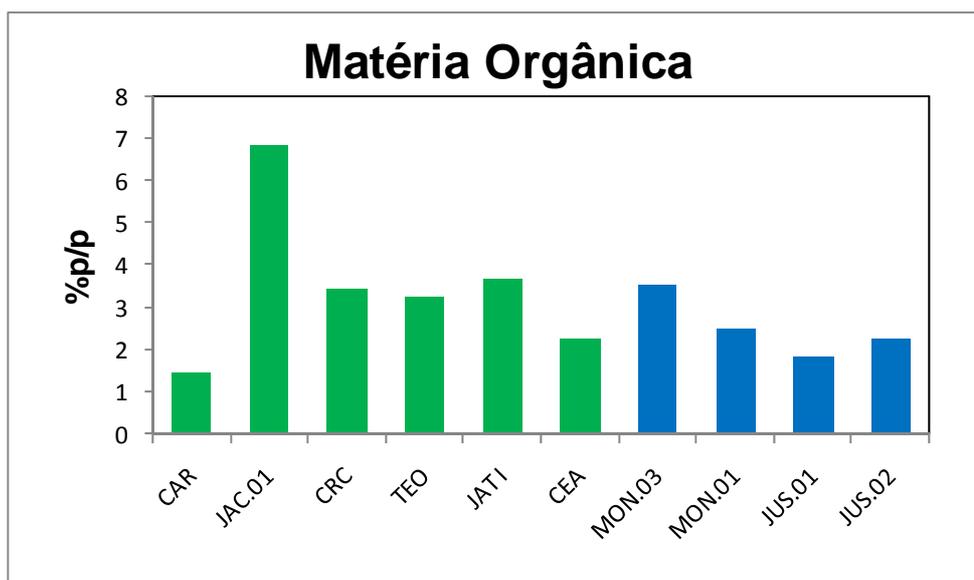


Figura 5.2.4-2 - Porcentagens de matéria orgânica nos sedimentos amostrados no mês de janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de carbono orgânico total nos sedimentos amostrados no rio Madeira foi de $1,12 \pm 0,25\%$ p/p (média \pm DP), ao passo que nos tributários foi de $2,16 \pm 2,25\%$ p/p (média \pm DP). A concentração mínima foi registrada na estação CAR e a máxima na estação JAC.01 (Figura 5.2.4-3). A Resolução CONAMA 454/2012 estabelece o limite de 10% como valor de aleta para os teores de carbono orgânico total em sedimentos. Os valores registrados foram sempre inferiores ao valor estipulado pela referida resolução.

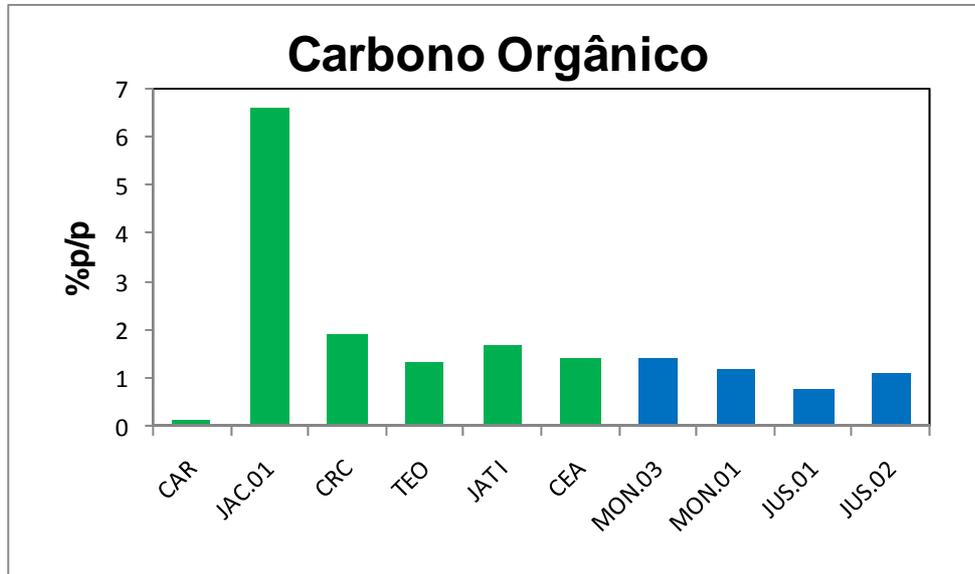


Figura 5.2.4-3 - Porcentagens de carbono orgânico total nos sedimentos amostrados no mês de janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de cinzas (base seca) nas estações amostradas no rio Madeira foi de $96 \pm 1\%$ p/p (média \pm DP) e de $93 \pm 5\%$ p/p (média \pm DP) nos tributários. A concentração mínima foi registrada na estação JAC.01 e a máxima na estação CAR (Figura 5.2.4-4).

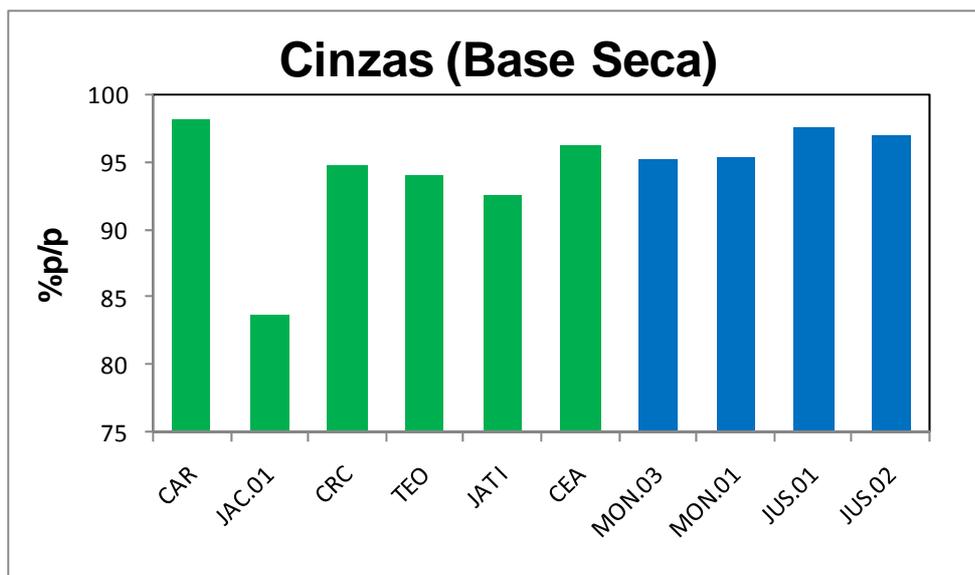


Figura 5.2.4-4 - Cinzas (base seca) nos sedimentos amostrados em janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e no rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de cinzas (base úmida) nas estações amostradas no rio Madeira foi de $67 \pm 10\%$ p/p (média \pm DP) e de $54 \pm 15\%$ p/p (média \pm DP) nos tributários. A concentração mínima foi registrada na estação JAC.01 e a máxima na estação CAR (Figura 5.2.4-5).

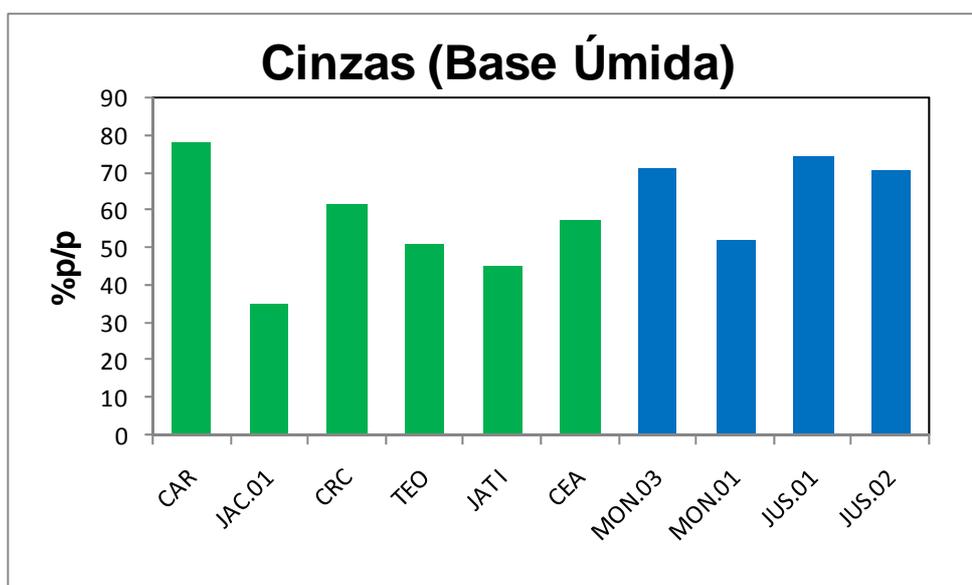


Figura 5.2.4-5 - Cinzas (base úmida) nos sedimentos amostrados em janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

Os valores de cinzas base seca e base úmida apresentaram uma dinâmica inversa aos valores de matéria orgânica e carbono orgânico. Comparando as estações de monitoramento, os maiores valores de cinzas foram registrados nas estações de menor concentração de carbono orgânico e matéria orgânica.

5.2.4.3 - Nutrientes: nitrogênio e fósforo

De acordo com Forsberg et al. (1988), nos lagos da Amazônia as concentrações de nitrogênio total e fósforo total dependem fortemente das características geoquímicas do rio associado e da bacia de drenagem local.

Os teores médios de nitrogênio total nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foram de 1.215 ± 658 mg/kg e de 2.025 ± 783 mg/kg (média \pm DP), respectivamente. A concentração mínima foi registrada na estação JUS.02, ao passo que a máxima foi registrada na estação JAC.01 (Figura 5.2.4-6). Em todas as estações, as concentrações de nitrogênio total ficaram abaixo de 4800 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012.

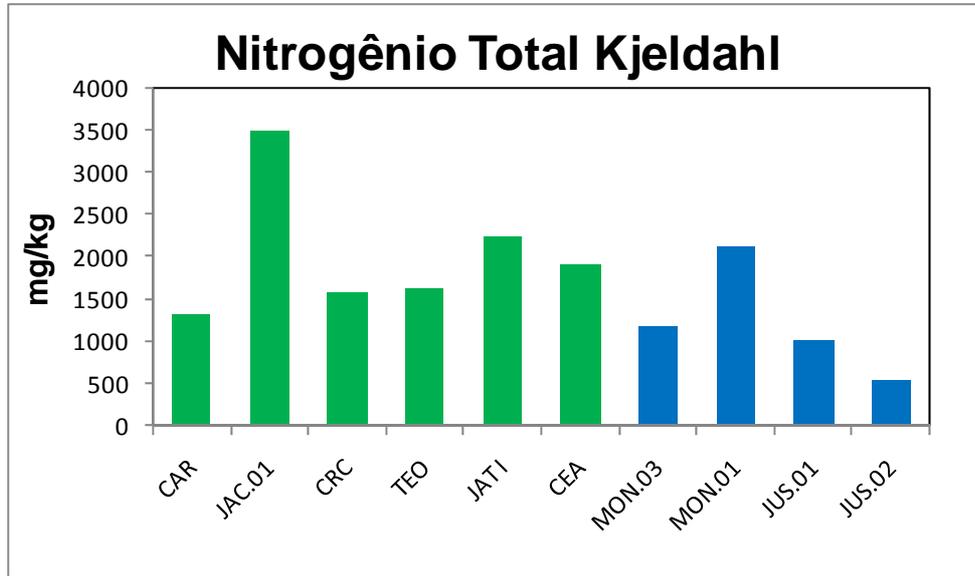


Figura 5.2.4-6 - Concentrações de nitrogênio total nos sedimentos amostrados no mês de janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

Os teores médios de fósforo nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foram de 508 ± 151 mg/kg e de 398 ± 270 mg/kg (média \pm DP), respectivamente. A concentração mínima foi registrada na estação CAR, ao passo que a máxima foi registrada na estação JAC.01 (Figura 5.2.4-7). Em todas as estações, as concentrações de fósforo ficaram abaixo de 2000 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012.

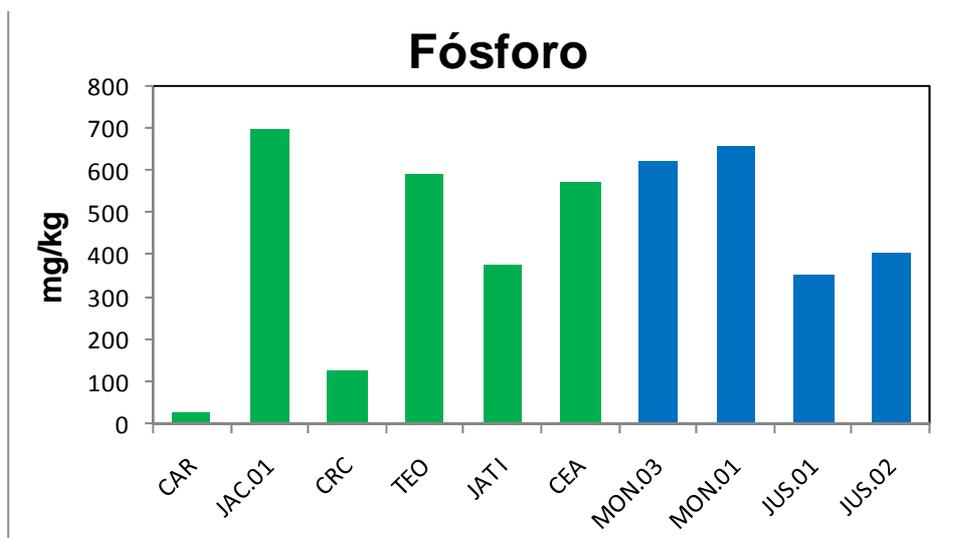


Figura 5.2.4-7 - Concentrações de fósforo nos sedimentos amostrados no mês de janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

5.2.4.4 - Macronutrientes: sódio, potássio, cálcio e magnésio

As concentrações de sódio nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários neste período hidrológico, ficaram abaixo do limite de quantificação do método (50 mg/kg) em todas as estações amostradas (Figura 5.2.4-8).

As concentrações de potássio nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foram de 516 ± 257 mg/kg e de 318 ± 210 mg/kg (média \pm DP), respectivamente. A concentração mínima foi registrada na estação CAR, estando abaixo do limite de quantificação do método (50 mg/kg), ao passo que a máxima foi registrada na estação MON.01 (Figura 5.2.4-9).

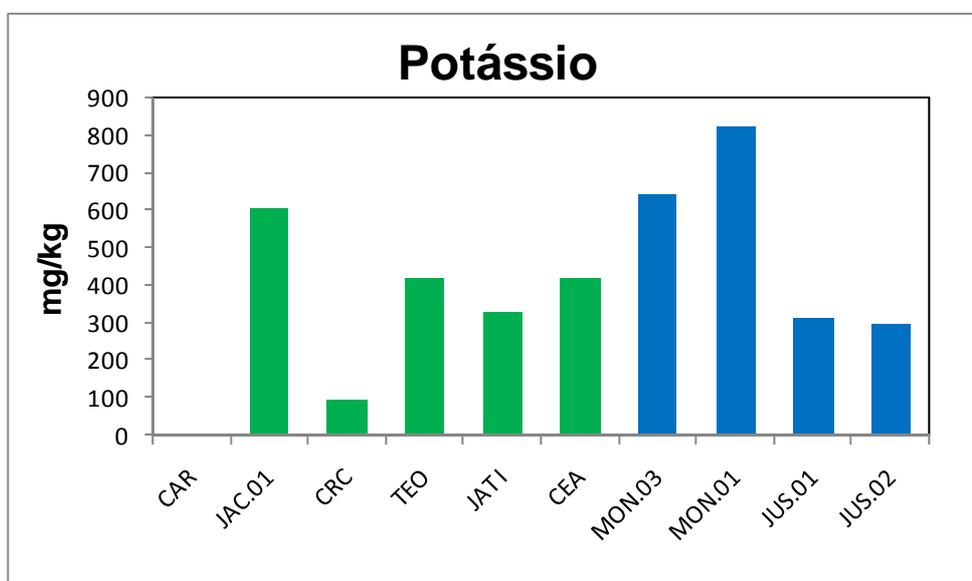


Figura 5.2.4-8 - Concentrações de potássio nos sedimentos amostrados no mês de janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

As concentrações médias de cálcio foram de 1.503 ± 516 mg/kg no rio Madeira e 921 ± 648 mg/kg nos tributários. A concentração mínima ocorreu na estação CAR, que apresentou resultado inferior ao limite de quantificação do método (50 mg/kg), ao passo que a máxima foi observada na estação MON.01 (Figura 5.2.4-9).

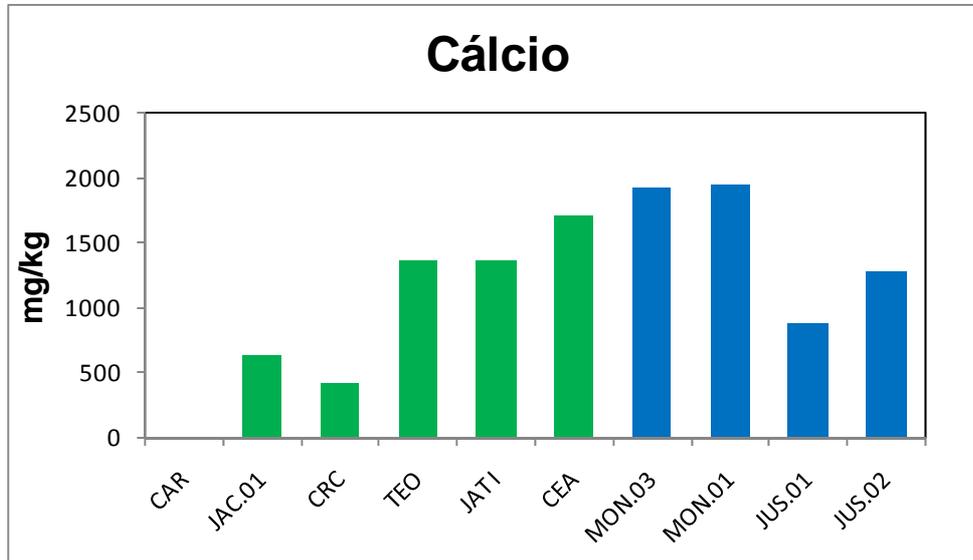


Figura 5.2.4-9 - Concentração de cálcio nos sedimentos amostrados em janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

As concentrações médias de magnésio foram de 1.009 ± 790 mg/kg no rio Madeira e 544 ± 454 mg/kg nos tributários. A concentração mínima ocorreu nas estações CAR e MON.01, que apresentaram resultados inferiores ao limite de quantificação do método (50 mg/kg), ao passo que a máxima foi observada na estação MON.03 (Figura 5.2.4-10).

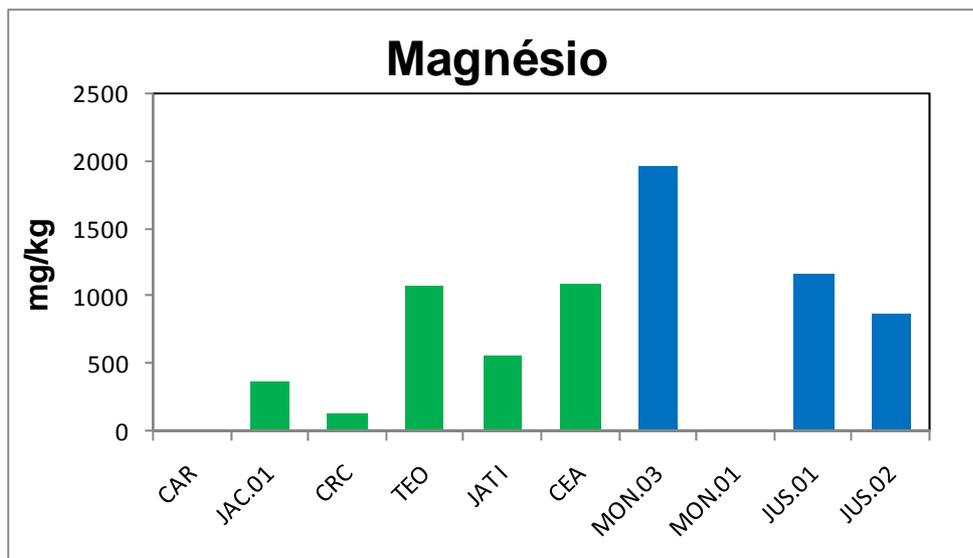


Figura 5.2.4-10 - Concentrações de magnésio nos sedimentos amostrados no mês de janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

5.2.4.5 - Elementos-traço

Em rios, a carga total de elementos-traço depende das características geológicas e ecológicas das bacias de drenagem e do tipo de atividade humana nelas presente. O transporte é realizado, principalmente, sob forma dissolvida ou ligada ao material particulado em suspensão. Segundo Lacerda et al. (1987), a distribuição dos elementos entre as duas fases é função do tipo de elemento e da carga total de elementos lançados nos rios. Nessa linha, rios que recebem grandes cargas de rejeitos industriais apresentam, na maioria dos casos, grandes concentrações de elementos na forma dissolvida, enquanto que rios sem contribuições antrópicas apresentam a maior parte da carga total de elementos-traço associada ao material particulado em suspensão (Esteves, 1998).

Em relação ao elemento cádmio no período avaliado, os resultados ficaram abaixo do limite de quantificação do método (0,1 mg/kg) em todas as estações monitoradas e, conseqüentemente, estando abaixo dos valores de nível 2 para sedimento (3,5 mg/kg), segundo a Resolução CONAMA 454/2012.

Em relação ao elemento estanho os resultados ficaram abaixo do limite de quantificação do método (1 mg/kg) em quase todas as estações monitoradas no período avaliado, excetuando a estação JAC.01 que apresentou concentração de 5,6 mg/kg.

O elemento mercúrio, durante este período hidrológico ficou abaixo do limite de quantificação do método (0,05 mg/kg) em todas as estações de monitoramento situadas no rio Madeira. Quanto as estações situadas nos tributários, o mercúrio só foi quantificado em JAC.01 (0,13 mg/kg). Nas demais estações avaliadas, esse elemento ficou abaixo do limite de quantificação do método (0,05 mg/kg).

No rio Madeira, a concentração média de alumínio foi de 5.243 ± 2.617 mg/kg, ao passo que nos tributários a concentração média foi de 4.862 ± 6.098 mg/kg. As concentrações máxima e mínima foram registradas nas estações CAR (399 mg/kg) e JAC.01 (17.001 mg/kg), respectivamente (Figura 5.2.4-11).

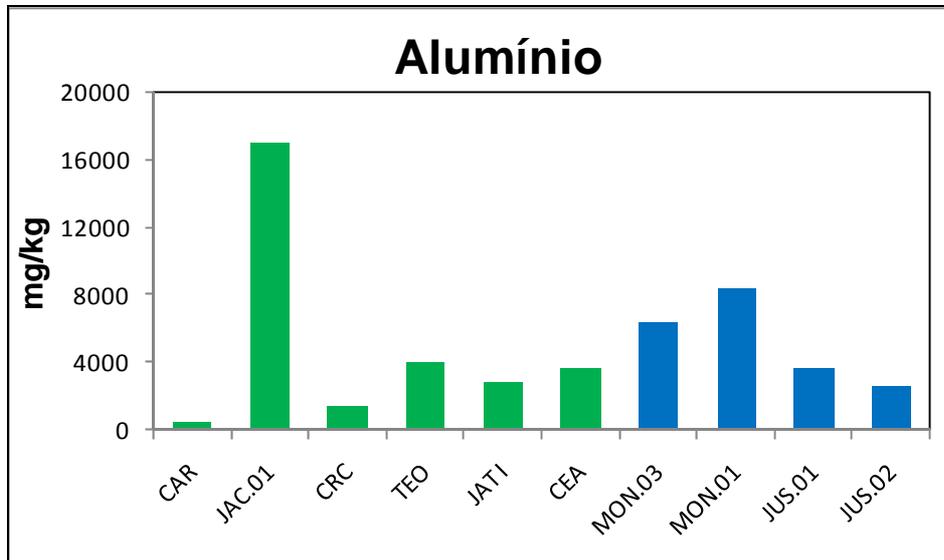


Figura 5.2.4-11 - Concentrações de alumínio nos sedimentos amostrados no mês de janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

No rio Madeira, a concentração média de bário foi de 69 ± 28 mg/kg, ao passo que nos tributários a concentração média foi de 62 ± 40 mg/kg. As concentrações máxima e mínima, respectivamente foram registradas nas estações CAR (2,2 mg/kg) e JAC.01 (119 mg/kg), conforme observado para o alumínio (Figura 5.2.4-12).

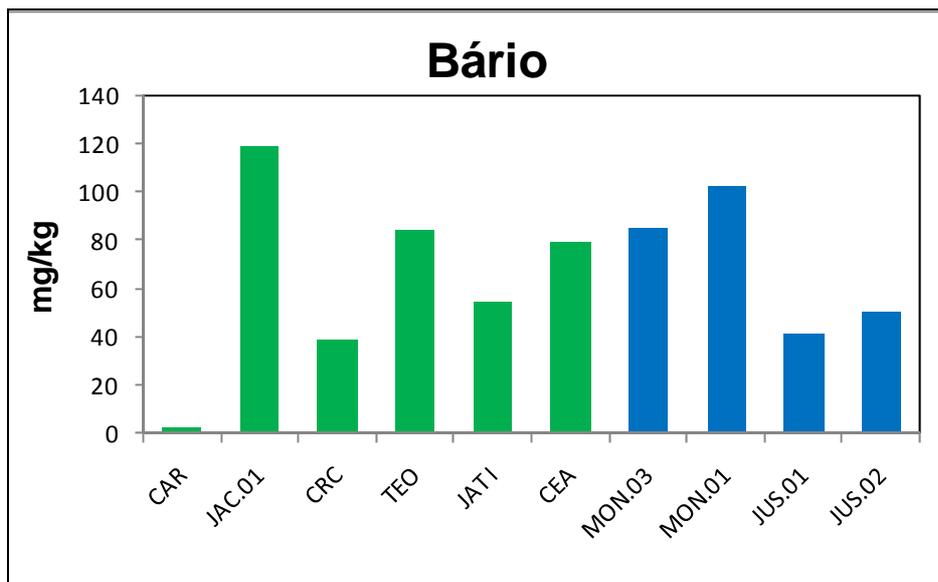


Figura 5.2.4-12 - Concentrações de bário nos sedimentos amostrados no mês de janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

As concentrações médias de chumbo foram de $7,0 \pm 2,8$ mg/kg no rio Madeira e $12,7 \pm 19,5$ mg/kg nos tributários. A concentração mínima ocorreu nas estações CAR e CRC, que apresentaram resultados inferiores ao limite de quantificação do método (1 mg/kg), ao passo que a máxima foi observada na estação JAC.01 (52 mg/kg; Figura 5.2.4-13). O valor de alerta de 91,3 mg/kg de chumbo estipulado para sedimentos nível 2 pela Resolução CONAMA 454/2012 não foi ultrapassado em nenhuma estação.

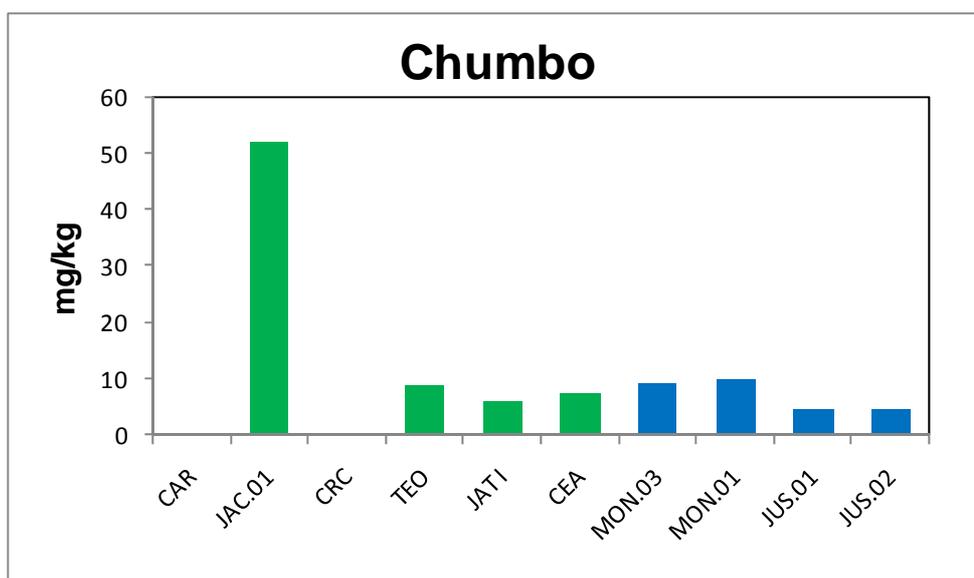


Figura 5.2.4-13 - Concentrações de chumbo nos sedimentos amostrados no mês de janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

As concentrações médias de cobalto foram de $7,5 \pm 2,0$ mg/kg no rio Madeira e $2,9 \pm 2,5$ mg/kg nos tributários. As concentrações mínimas ocorreram nas estações CAR, CRC e JAT I, que apresentaram resultados inferiores ao limite de quantificação do método (1 mg/kg), ao passo que a máxima foi observada na estação MON.01 (9,4 mg/kg; Figura 5.2.4-14).

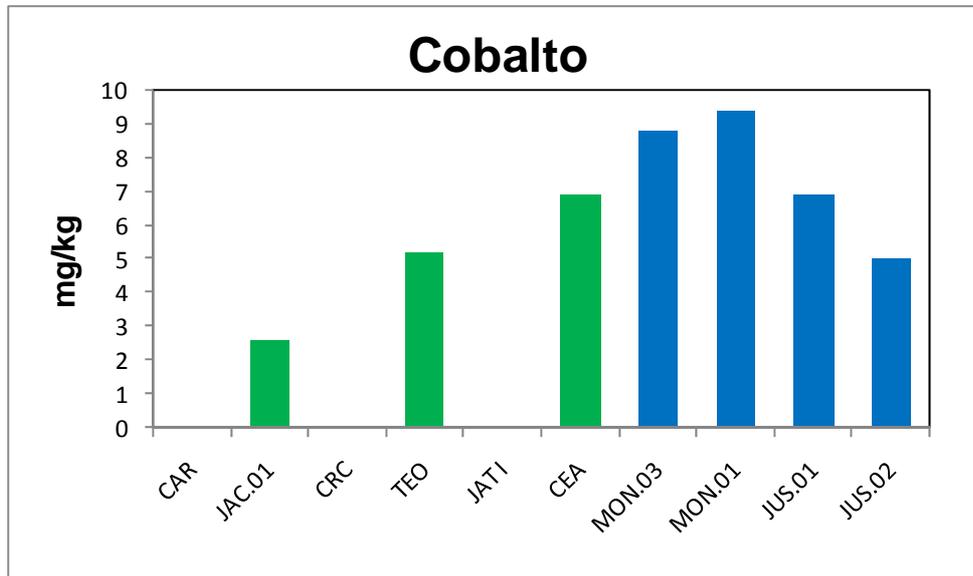


Figura 5.2.4-14 - Concentrações de cobalto nos sedimentos amostrados no mês de janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

As concentrações médias de cobre foram de $18,0 \pm 7,0$ mg/kg no rio Madeira e $15,8 \pm 13,6$ mg/kg nos tributários. A concentração mínima foi registrada na estação CAR, que apresentou resultado inferior ao limite de quantificação do método (1 mg/kg), ao passo que a máxima foi observada na estação JAC.01 (39,0 mg/kg; Figura 5.2.4-15). O valor de alerta de 197,0 mg/kg de cobre estipulado para sedimentos nível 2 pela Resolução CONAMA 454/2012 não foi ultrapassado em nenhuma estação.

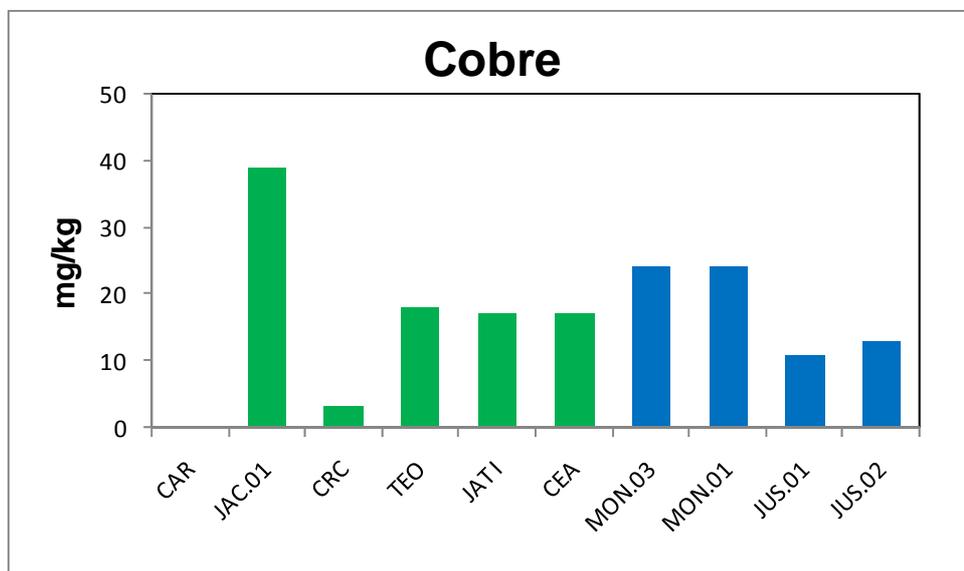


Figura 5.2.4-15 - Concentrações de cobre nos sedimentos amostrados em janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

As concentrações médias de cromo foram de $7,1 \pm 3,4$ mg/kg no rio Madeira e $7,2 \pm 4,2$ mg/kg nos tributários. A concentração mínima ocorreu na estação CRC, que apresentou resultado inferior ao limite de quantificação do método (1 mg/kg), ao passo que a máxima foi observada na estação CAR (14 mg/kg; Figura 5.2.4-16). O valor máximo de 90 mg/kg de cromo estipulado para sedimentos nível 2 pela Resolução CONAMA 454/2012 não foi ultrapassado em nenhuma estação.

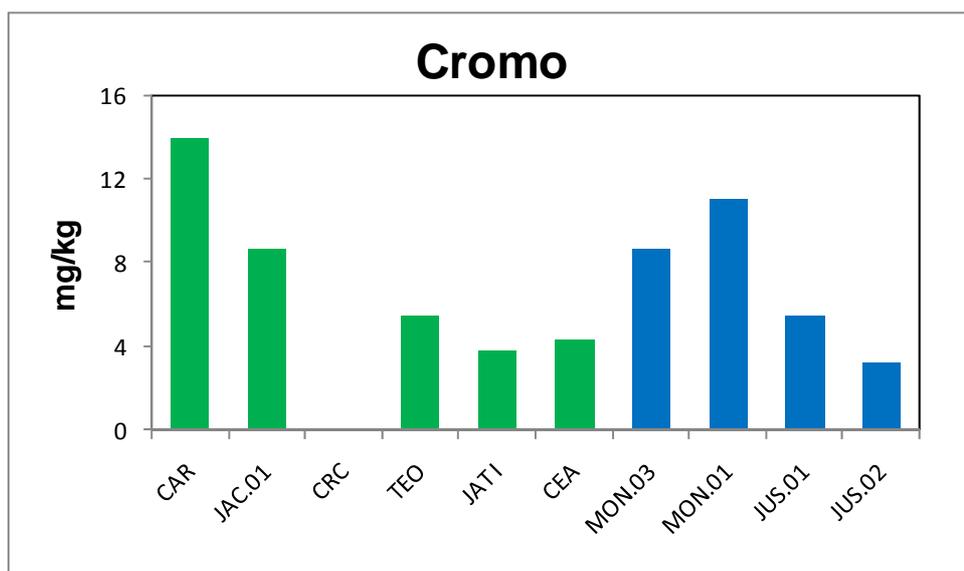


Figura 5.2.4-16 - Concentrações de cromo nos sedimentos amostrados em janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

As concentrações médias de ferro foram de 15.771 ± 5.589 mg/kg no rio Madeira e 8.264 ± 5.687 mg/kg nos tributários. A concentração mínima ocorreu na estação CAR (752 mg/kg), ao passo que a máxima foi observada na estação MON.01 (22.405 mg/kg; Figura 5.2.4-17).

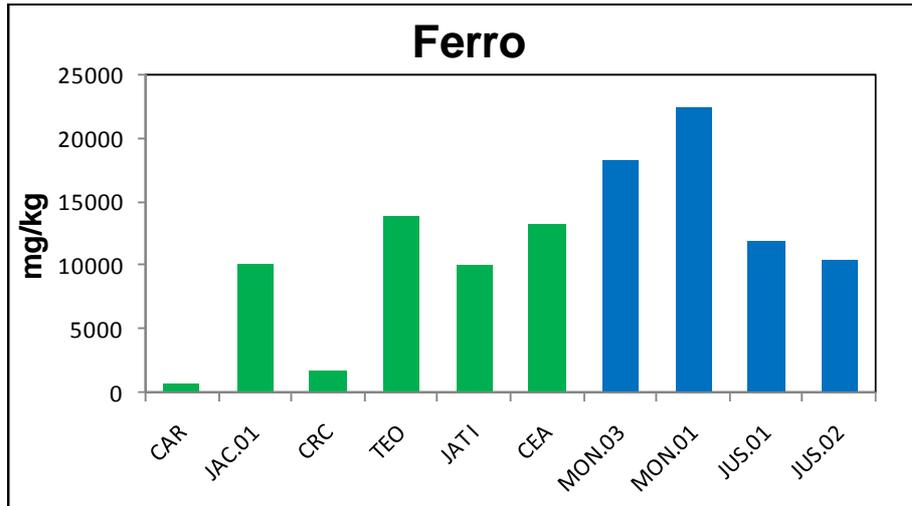


Figura 5.2.4-17 - Concentrações de ferro nos sedimentos amostrados em janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

As concentrações médias de manganês foram de 382 ± 120 mg/kg no rio Madeira e 160 ± 179 mg/kg nos tributários. A concentração mínima ocorreu na estação CAR (2,6 mg/kg), ao passo que a máxima foi observada na estação MON.01 (504 mg/kg; Figura 5.2.4-18).

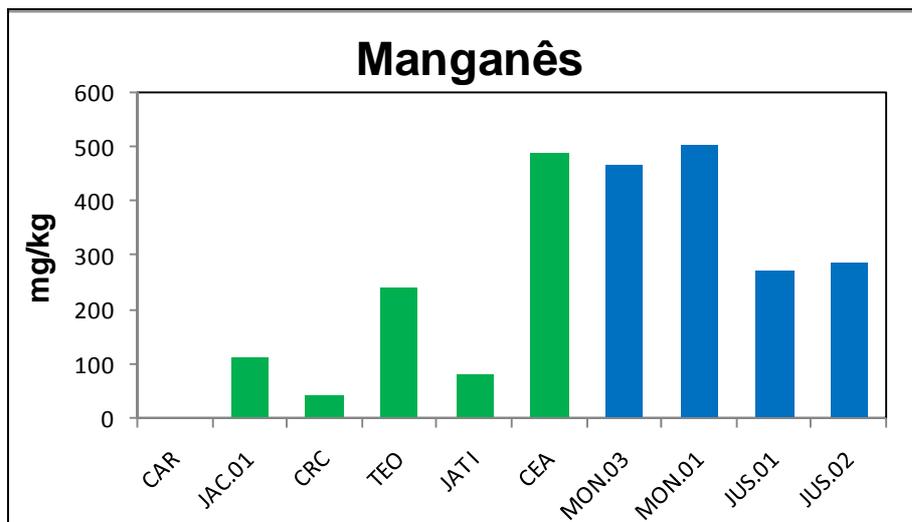


Figura 5.2.4-18 - Concentrações de manganês nos sedimentos amostrados em janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

As concentrações médias de níquel foram de $11,4 \pm 4,2$ mg/kg no rio Madeira e $4,48 \pm 2,9$ mg/kg nos tributários. A concentração mínima ocorreu na estação CRC, que apresentou resultado inferior ao limite de quantificação do método (1 mg/kg), ao passo que a máxima foi observada na estação MON.01 (16,0 mg/kg; **Figura 5.2.4-19**). Todos os valores medidos foram inferiores a 35,9 mg/kg, limite estipulado para sedimentos nível 2 segundo a Resolução CONAMA 454/2012.

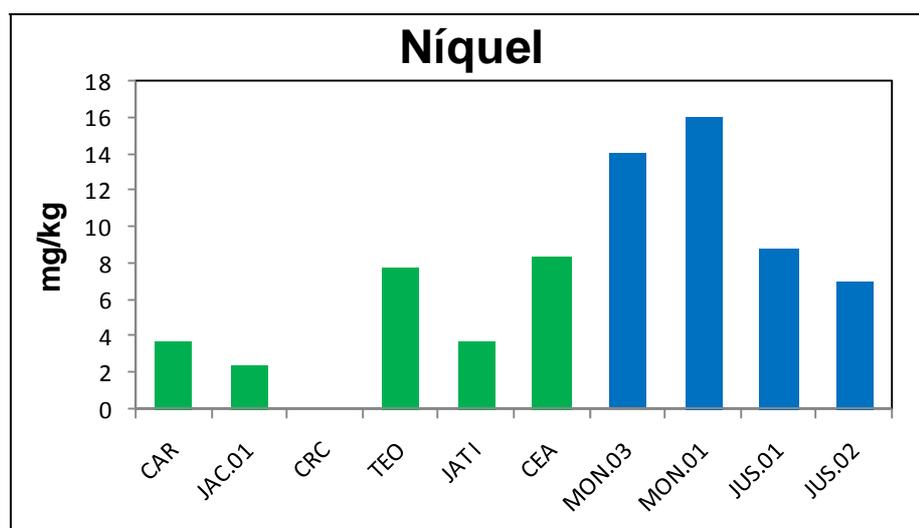


Figura 5.2.4-19 - Concentrações de níquel nos sedimentos amostrados em janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

As concentrações médias de zinco foram de 43 ± 16 mg/kg no rio Madeira e 24 ± 17 mg/kg nos tributários. A concentração mínima ocorreu na estação CAR (2,3 mg/kg), ao passo que a máxima foi observada na estação MON.01 (61,0 mg/kg; **Figura 5.2.4-20**). Todos os valores medidos foram inferiores a 315 mg/kg, limite estipulado para sedimentos nível 2 segundo a Resolução CONAMA 454/2012.

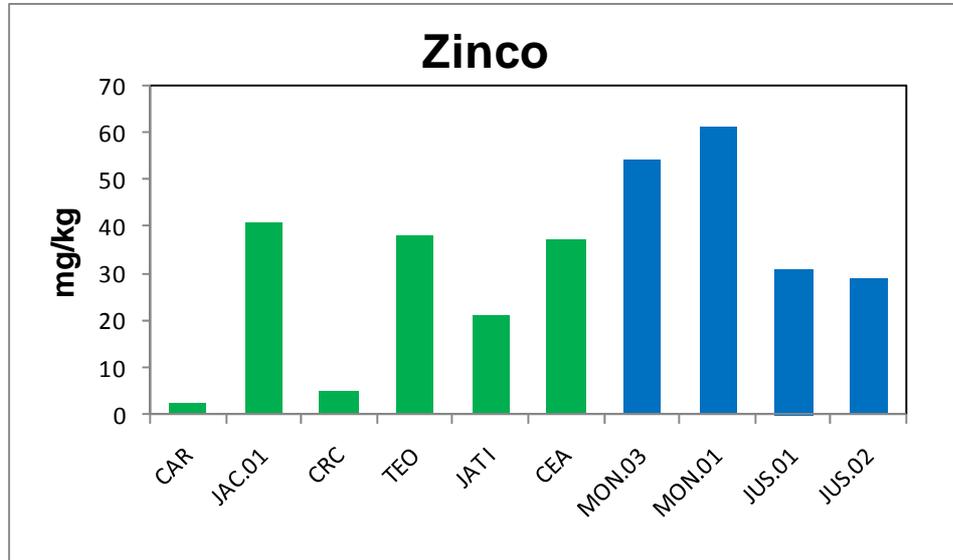


Figura 5.2.4-20 - Concentrações de zinco nos sedimentos amostrados em janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

As concentrações médias de silício foram de 303 ± 86 mg/kg no rio Madeira e 329 ± 109 mg/kg nos tributários. A concentração mínima ocorreu na estação CAR (310 mg/kg), ao passo que a máxima foi observada na estação JAT I (819 mg/kg; Figura 5.2.4-21).

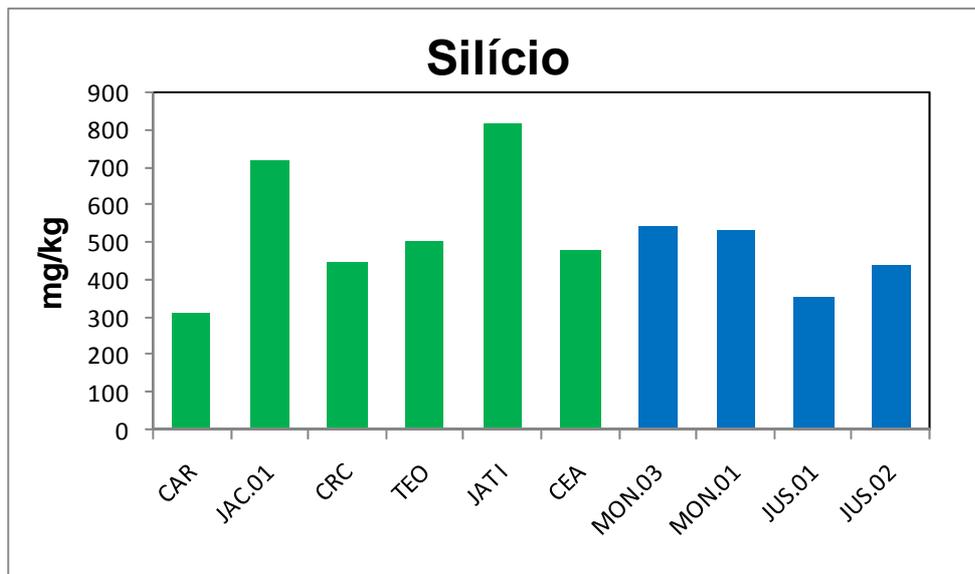


Figura 5.2.4-21 - Concentrações de silício nos sedimentos amostrados em janeiro de 2013 (enchente). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

5.2.4.6 - Compostos orgânicos (biocidas)

Em relação à lista de biocidas avaliados no período considerado (enchente), todos os PCBs, HPAs e demais compostos apresentaram resultados abaixo do limite de quantificação e, conseqüentemente, estiveram abaixo dos limites estabelecidos para sedimento nível 2 segundo a Resolução CONAMA 454/2012.

5.2.4.7 - Discussão

No período avaliado (janeiro/2013), houve um predomínio da fração de granulometria fina (principalmente silte) no sedimento do trecho médio do rio Madeira e seus tributários. Apesar da natureza do material transportado no rio Madeira se diferir da natureza de seus tributários, as estações situadas ao longo de seu curso apresentaram granulometria bem semelhante a dos rios e igarapés que nele desembocam. A estação com granulometria mais distinta foi CAR, que apresentou predominância de areia grossa. Esse mesmo padrão foi observado para as campanhas de monitoramento realizadas ao longo do ano de 2012. .

O conteúdo de nutrientes essenciais (N, P, Ca, K e Mg) no sedimento apresentou maior variação nas estações localizadas nos tributários e menor variação nas estações localizadas no rio Madeira, no período avaliado. O elemento sódio ficou abaixo do limite de quantificação do método em todas as estações de monitoramento avaliadas. Em geral, a estação CAR, que apresentou composição granulométrica distinta, com predomínio de frações mais grosseiras, foi a que teve o sedimento mais pobre no que diz respeito aos nutrientes supracitados. Segundo Singh et al. (2004), sedimentos finos possuem uma maior capacidade de retenção de poluentes, como metais pesados e hidrocarbonetos.

De forma geral, no período hidrológico avaliado, observou-se que o elemento cádmio ficou abaixo do limite de quantificação do método em todas as estações de monitoramento no período amostrado e que o mercúrio e o estanho só foram quantificados na estação situada no rio Jaci (JAC.01). As concentrações médias dos elementos-traço se apresentaram, em ordem decrescente, da seguinte forma:

$$Fe > Al > Mn > Ba > Zn > Cu > Pb > Cr > Ni > Co > Sn > Hg$$

Devido à sua origem andina, historicamente o rio Madeira transporta maiores concentrações desses elementos, que se depositam nas camadas do sedimento. Além disso, a natureza de granulometria mais fina do sedimento desses ambientes tende a apresentar maior capacidade de retenção de elementos-traço (Singh et al. 2004). A tendência, a partir do enchimento, é que a concentração desses elementos no sedimento das estações de monitoramento dos tributários, situadas em sua foz, sejam semelhantes as estações de monitoramento do rio Madeira situadas a montante do eixo da barragem.

De maneira geral, o rio Madeira e os tributários apresentaram baixas proporções de carbono orgânico total e matéria orgânica. Segundo Esteves (1998), o sedimento pode ser classificado como orgânico quando possui uma concentração de matéria orgânica superior a 10% de seu peso seco, e mineral, quando a concentração de matéria orgânica é inferior a 10% do peso seco. Sendo assim, os sedimentos dos ambientes aquáticos na região do médio rio Madeira podem ser classificados como minerais.

As concentrações de todas essas variáveis estão dentro da amplitude de variação registrada nas campanhas de monitoramento passadas, nos respectivos ambientes. Todas as variáveis também se mantiveram abaixo dos limites estabelecidos para sedimentos nível 2, pela Resolução CONAMA 454/2012.

