

ÍNDICE

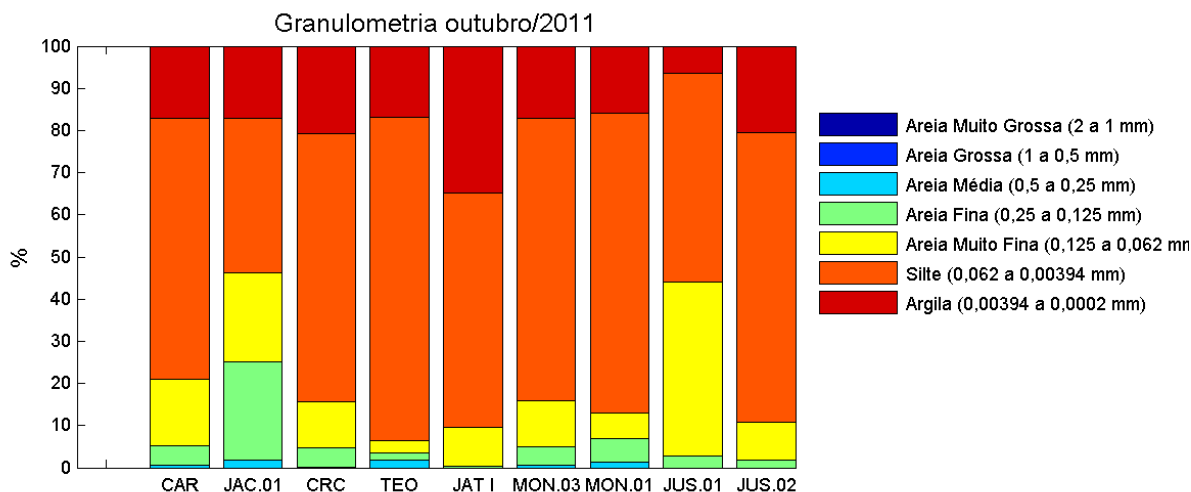
5.2.4 -	Sedimentos	1/29
5.2.4.1 -	Granulometria	1/29
5.2.4.2 -	Matéria orgânica, carbono orgânico total e teores de cinzas	4/29
5.2.4.3 -	Nutrientes: nitrogênio e fósforo	8/29
5.2.4.4 -	Macronutrientes: sódio, potássio, cálcio e magnésio	11/29
5.2.4.5 -	Elementos-traço	15/29
5.2.4.6 -	Compostos orgânicos (biocidas)	27/29
5.2.4.7 -	Discussão	28/29

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). Segundo Singh et al. (2004), sedimentos finos possuem uma maior capacidade de retenção de poluentes, como metais pesados e hidrocarbonetos.

Em relação aos resultados de granulometria obtidos nas avaliações realizadas em outubro e dezembro de 2011 no presente programa, observou-se de forma geral, uma predominância de frações mais finas como silte em todas as estações localizadas no rio Madeira e tributários (Figura 5.2.4-1).



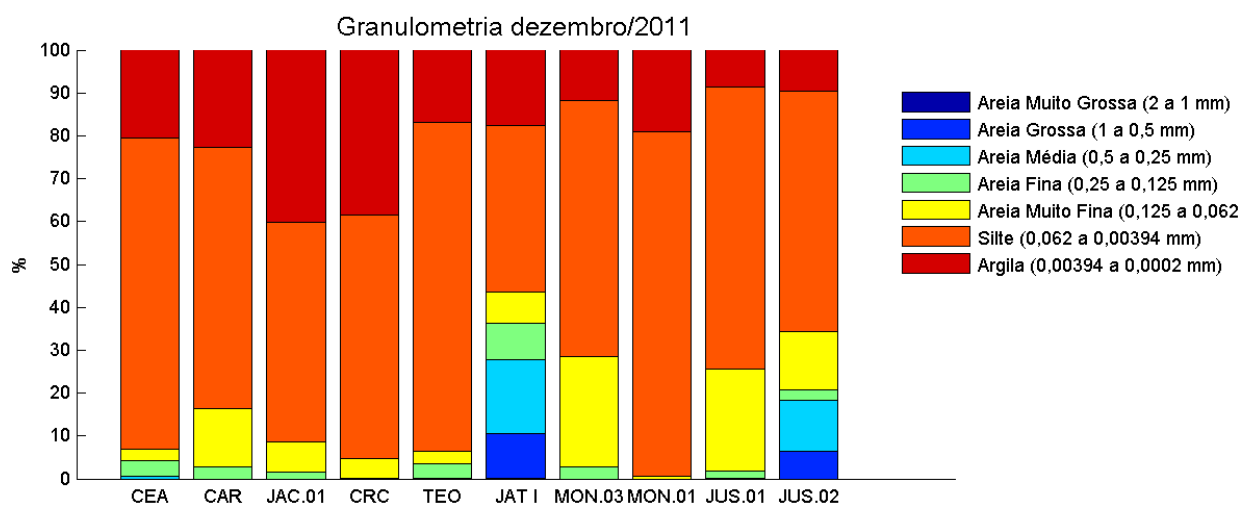


Figura 5.2.4-1 - Granulometria dos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11).

A fração areia muito grossa (2 a 1 mm) não foi registrada nos sedimentos de fundo de nenhuma das estações amostradas nos meses de outubro e dezembro de 2011, a exceção de uma contribuição mínima em JAT I (1 g/Kg). Durante as campanhas realizadas no período de junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média foi de $93,6 \pm 210,5$ g/kg (média \pm DP) nos tributários, ao passo que no rio Madeira as estações JUS.02 e JUS.01 foram as únicas que registraram a ocorrência de areia muito grossa, nos períodos de enchente de 2010 e vazante de 2011, respectivamente.

A fração areia grossa (1 a 0,5 mm) não foi registrada nos sedimentos de fundo de nenhuma das estações amostradas nos meses de outubro e dezembro de 2011, a exceção de uma contribuição de 104 g/Kg em JAT I. Durante as campanhas realizadas no período de junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média foi de $105,0 \pm 154,1$ g/kg (média \pm DP) nos tributários, ao passo que no rio Madeira a variação foi entre 0 - 170 g/kg (mínimo - máximo), sendo que essa fração foi predominante na estação JUS.02.

O teor médio de areia média (0,5 a 0,25 mm) nos sedimentos de fundo amostrados nos meses de outubro e dezembro de 2011 foram de $6,7 \pm 7,3$ g/kg e $30,0 \pm 62,6$ g/kg (média \pm DP), respectivamente. Essa fração não foi registrada nas estações JAT I, JUS.01 e JUS.02 em outubro de 2011. Também não foi registrada nas estações CAR, JAC.01, CRC, MON.03 e MON.01 em dezembro de 2011, porém correspondeu a 174 g/kg na estação JAT I. Durante as campanhas

realizadas no período de junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média foi $132,3 \pm 125,5$ g/kg (média \pm DP) nos tributários e $24,5 \pm 39,8$ g/kg (média \pm DP) no rio Madeira.

O teor médio de areia fina (0,25 a 0,125 mm) nos sedimentos de fundo amostrados nos meses de outubro e dezembro de 2011 foram, respectivamente, de $55,2 \pm 69,2$ g/kg e $26,9 \pm 23,5$ g/kg (média \pm DP). Esta fração só não foi registrada em MON.01 em dezembro/2011. A concentração a máxima em outubro de 2011 foi de 234 g/kg, registrada na estação JAC.01 e em dezembro de 2011 foi de 84 g/kg, registrada na estação JAT I. Durante as campanhas realizadas no período de junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média foi $140,9 \pm 136,8$ g/kg (média \pm DP) nos tributários e $69,0 \pm 57,6$ g/kg (média \pm DP) no rio Madeira.

O teor médio de areia muito fina (0,125 a 0,062 mm) nos sedimentos de fundo amostrados nos meses de outubro e dezembro de 2011 foram, respectivamente, de $140,8 \pm 114,6$ g/kg e $101,5 \pm 87,8$ g/kg (média \pm DP). No mês de outubro de 2011, a concentração mínima foi de 29,0 g/kg registrada na estação TEO, e a máxima de 412,0 g/kg registrada na estação JUS.01. No mês de dezembro de 2011, a concentração mínima foi de 7,0 g/kg registrada na estação MON.01, e a máxima de 256,0 g/kg registrada na estação MON.03. Durante as campanhas realizadas no período de junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média foi $115,4 \pm 88,9$ g/kg (média \pm DP) nos tributários e $187,2 \pm 97,3$ g/kg (média \pm DP) no rio Madeira.

O teor médio de silte (0,062 a 0,00394 mm) nos sedimentos de fundo amostrados nos meses de outubro e dezembro de 2011 foram, respectivamente, de $612,3 \pm 123,5$ g/kg e $619,0 \pm 124,4$ g/kg (média \pm DP). No mês de outubro de 2011, a concentração mínima foi de 365,0 g/kg registrada na estação JAC.01, e a máxima de 767,0 g/kg registrada na estação TEO. No mês de dezembro de 2011, a concentração mínima foi de 388,0 g/kg registrada na estação JAT I, e a máxima de 802,0 g/kg registrada na estação MON.01. Durante as campanhas realizadas no período de junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média foi $336,7 \pm 264,4$ g/kg (média \pm DP) nos tributários e $566,7 \pm 125,8$ g/kg (média \pm DP) no rio Madeira.

O teor médio de argila (0,00394 a 0,0002 mm) nos sedimentos de fundo amostrados nos meses de outubro e dezembro de 2011 foram, respectivamente, de $185,0 \pm 73,7$ g/kg e $205,6 \pm 108,9$ g/kg (média \pm DP). No mês de outubro de 2011, a concentração mínima foi de 65,0 g/kg registrada na estação JUS.01, e a máxima de 348,0 g/kg registrada na estação JAT I. No mês de dezembro de 2011, a concentração mínima foi de 87,0 g/kg registrada na estação JUS.01, e a máxima de 401,0 g/kg registrada na estação JAC.01. Durante as campanhas realizadas no período de junho de

2009 a agosto de 2011, a concentração média foi $75,8 \pm 69,2$ g/kg (média \pm DP) nos tributários e $109,2 \pm 54,6$ g/kg (média \pm DP) no rio Madeira.

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 em uma fonte externa de compostos orgânicos de importância vital para a biota.

O teor médio de Matéria Orgânica nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $3,36 \pm 2,14$ % p/p (média \pm DP). A concentração mínima foi de 0,35 % p/p registrada na estação CAR, e a máxima de 8,28 % p/p registrada na estação CRC, ambas observadas no período de Enchente/12 (Figura 5.2.4-2).

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a porcentagem média (n=45) de Matéria Orgânica no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $2,10 \pm 1,85$ % p/p (média \pm DP). No rio Madeira a porcentagem média (n=36) de matéria orgânica encontrado foi de $2,16 \pm 1,09$ % p/p (média \pm DP). Excetuando-se a estação MON.03, não se observou uma variação na porcentagem de matéria orgânica no sedimento do rio Madeira e dos tributários.

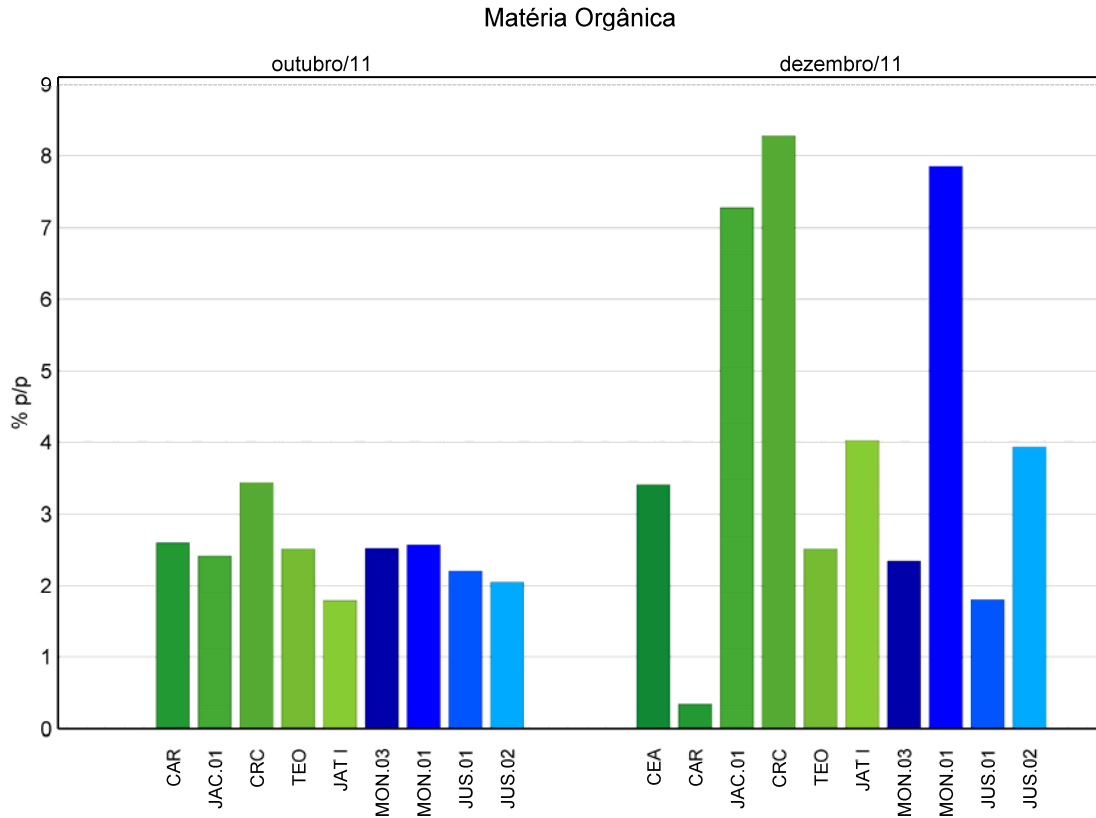


Figura 5.2.4-2 - Concentração de Matéria Orgânica (% p/p) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Carbono Orgânico Total nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $0,68 \pm 1,14$ % p/p (média \pm DP). A concentração esteve abaixo do limite de quantificação nas estações CRC, TEO, MON.01, JUS.01 e JUS.02 no período de Águas baixas/11 e nas estações CAR, MON.03, JUS.01 e JUS.02 no período de Enchente/12. A concentração a máxima foi de 4,50 % p/p, observada na estação CRC, no período de Enchente/12 (Figura 5.2.4-3).

A Resolução CONAMA 344/2004 estabelece o limite de 10% como crítico para os teores de carbono orgânico total. Os valores registrados foram sempre inferiores a 5,0 % p/p nas estações monitoradas na região do médio Madeira e, portanto, estão bem abaixo do valor estipulado pela referida resolução. De maneira geral, as concentrações de carbono orgânico no sedimento das estações do rio Madeira foram ligeiramente menores que nos tributários.

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a porcentagem média (n=45) de carbono orgânico no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $0,62 \pm 0,66$ % p/p (média \pm DP), No rio Madeira a porcentagem média (n=36) de carbono orgânico encontrada foi de $0,49 \pm 0,50$ % p/p (média \pm DP).

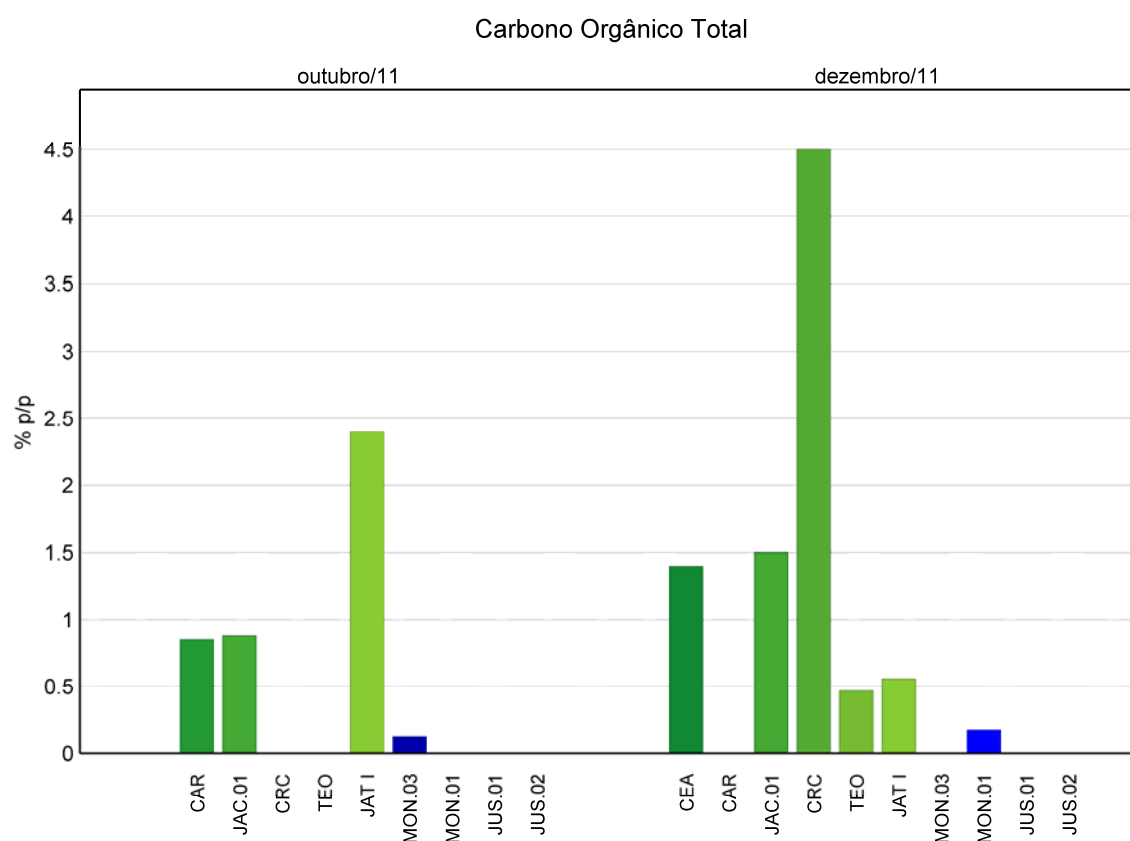


Figura 5.2.4-3 - Concentração de Carbono Orgânico Total (% p/p) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de cinzas (Base Seca) nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $94,67 \pm 3,87$ % p/p (média \pm DP). A concentração mínima foi de 83,80 % p/p, registrada na estação CRC, e a máxima de 99,50 % p/p na estação CAR, ambas observadas no período de Enchente/12 (Figura 5.2.4-4).

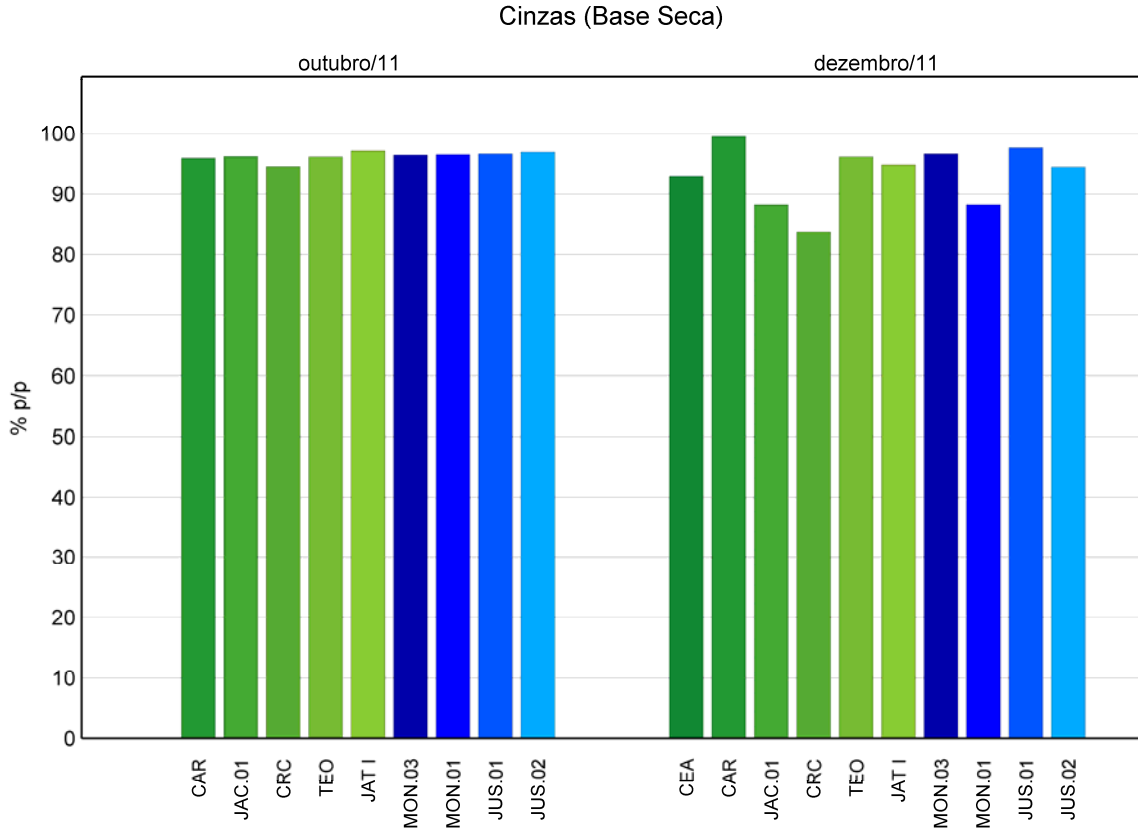


Figura 5.2.4-4 - Cinzas (base seca) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Cinzas (Base Úmida) nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $62,11 \pm 8,33$ % p/p (média \pm DP). A concentração mínima foi de 42,70 % p/p registrada na estação CRC, e a máxima de 75,60 % p/p na estação JAT I, ambas observadas no período de Enchente/12 (Figura 5.2.4-5).

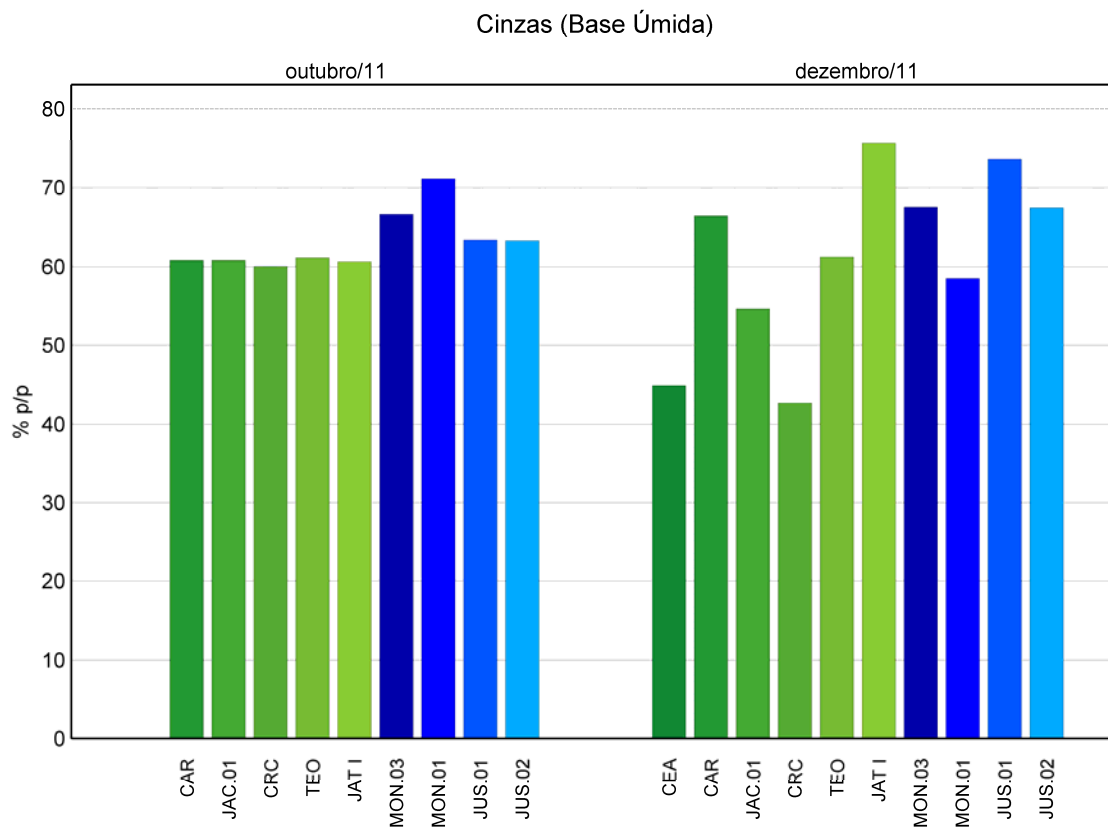


Figura 5.2.4-5 - Cinzas (base úmida) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

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.

O teor médio de Nitrogênio Total Kjeldahl nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $561,2 \pm 358,8$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 240,0 mg/kg registrada na estação JAT I, e a máxima de 1809,0 mg/kg na estação CRC, ambas observadas no período de Enchente/12 (Figura 5.2.4-6).

Em todas as estações, as concentrações de nitrogênio ficaram abaixo de 4.800 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 344/2004. As concentrações observadas nas diferentes estações foram bastante parecidas, com exceção da estação CRC, que apresentou valor mais alto que as demais em ambos os períodos avaliados.

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de Nitrogênio Total Kjeldahl no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $816,2 \pm 808,8$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira a concentração média (n=36) de nitrogênio encontrada foi de $871,9 \pm 858,3$ mg/kg (média \pm DP).

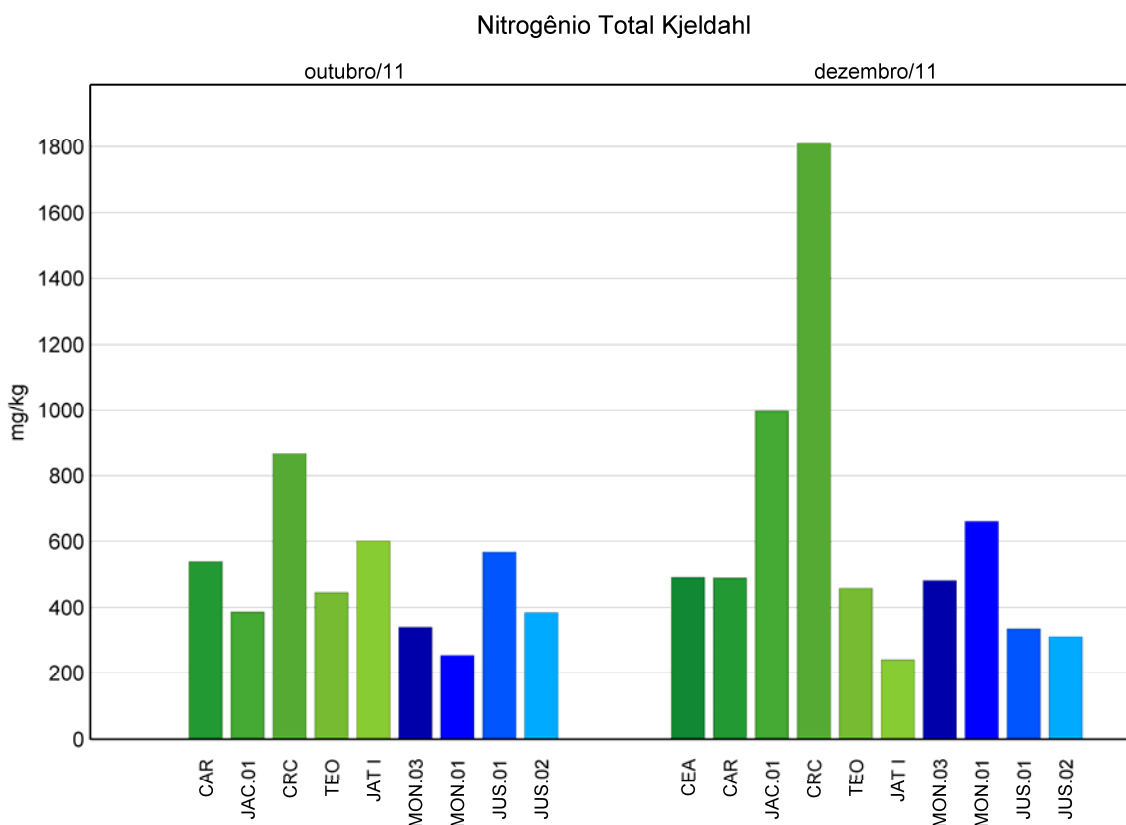


Figura 5.2.4-6 - Concentração de Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Fósforo nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $387,2 \pm 151,3$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 76,0 mg/kg, registrada na estação JAT I no período de Águas baixas/2011, e a máxima de 626,0 mg/kg, observada na estação MON.01 no período de Enchente/12 (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 344/2004. A exceção da estação TEO, as concentrações de fósforo no sedimento do rio Madeira foram maiores se comparada a dos tributários.

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de fósforo no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $227,1 \pm 250,6$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, a concentração média (n=36) de fósforo encontrada foi de $484,8 \pm 183,6$ mg/kg (média \pm DP).

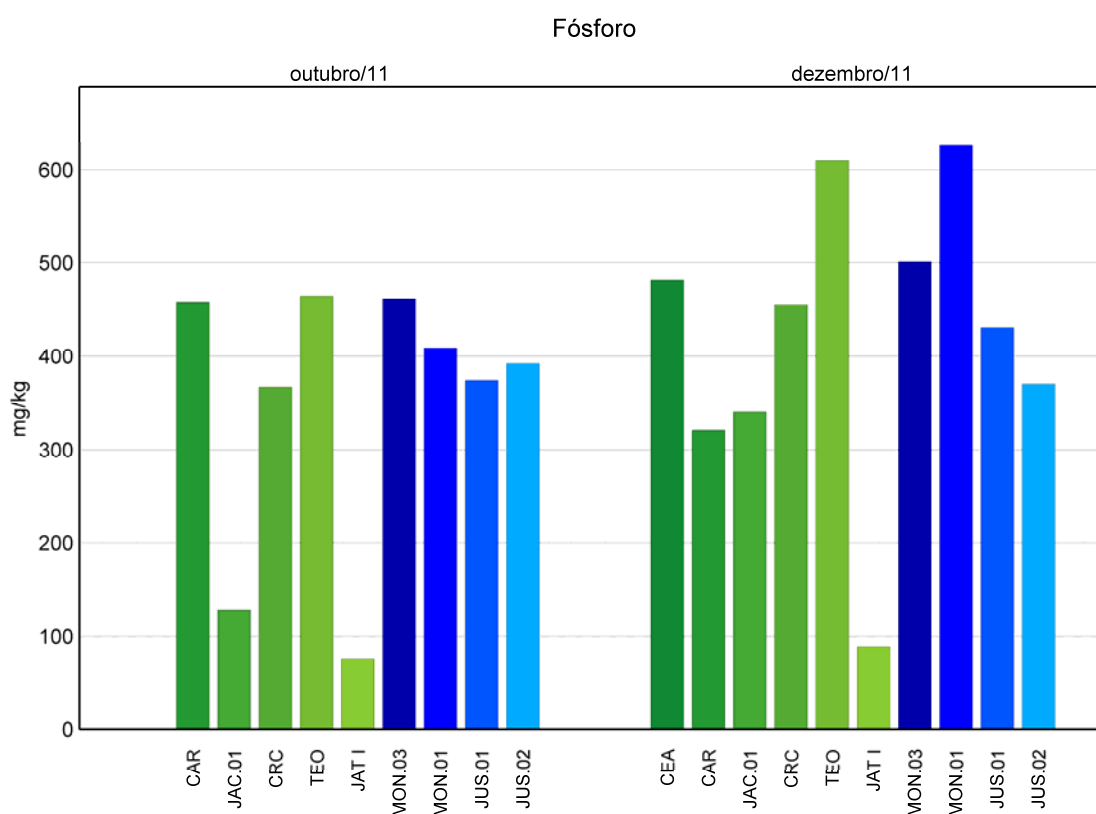


Figura 5.2.4-7 - Concentração de Fósforo (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

5.2.4.4 - Macronutrientes: sódio, potássio, cálcio e magnésio

O teor médio de Sódio nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $13,05 \pm 26,49$ mg/kg (média \pm DP). A concentração esteve abaixo do limite de quantificação nas estações MON.01 e JUS.01 no período de Águas baixas/2011, MON.03 no período de Enchente/12 e nas estações CAR, CRC, JAC.01, TEO, JAT I e JUS.02 em ambos os períodos. A concentração máxima foi de 78,00 mg/kg, observada na estação MON.03 no período de Águas baixas/2011 (Figura 5.2.4-8)

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de sódio no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $98,36 \pm 92,44$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, a concentração média (n=36) de sódio encontrada foi de $68,90 \pm 57,85$ mg/kg (média \pm DP).

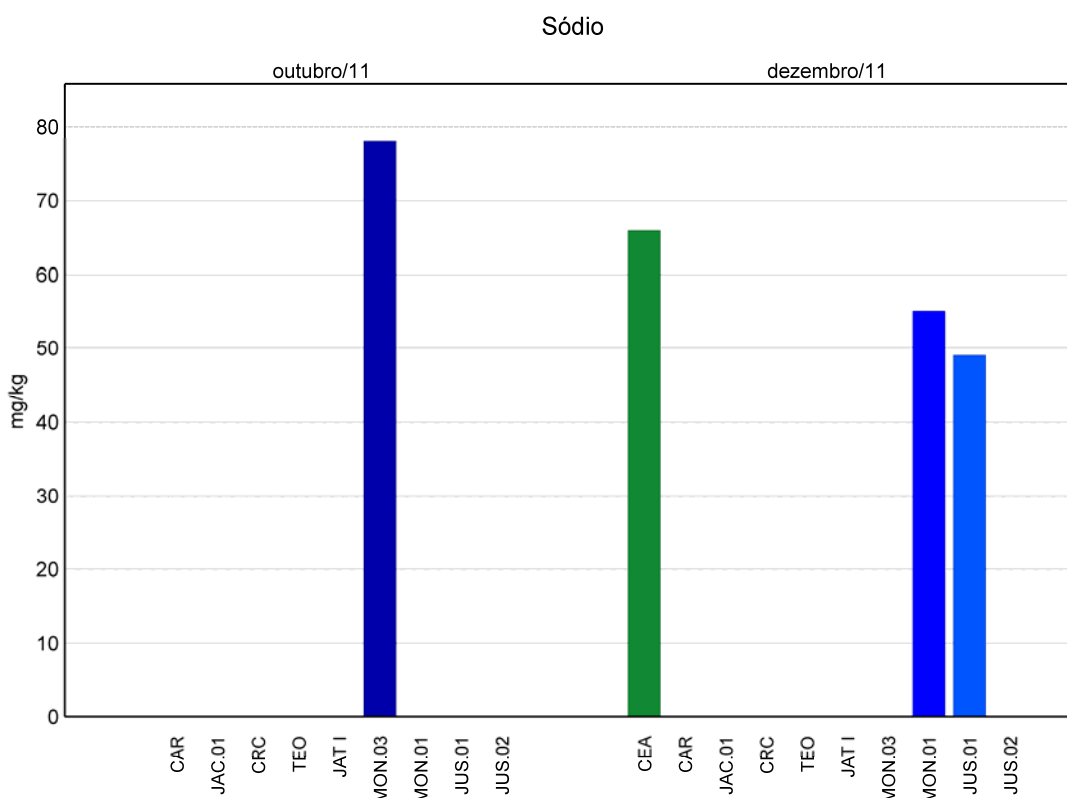


Figura 5.2.4-8 - Concentração de Sódio (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Potássio nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $687,2 \pm 264,9$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 151,0 mg/kg, observada na estação JAC.01, e a máxima de 1108,0 mg/kg observada na estação MON.03, ambas registradas no período de Águas baixas/2011 (Figura 5.2.4-9).

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de potássio no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $320,3 \pm 357,4$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, a concentração média (n=36) de potássio encontrada foi de $582,0 \pm 206,6$ mg/kg (média \pm DP).

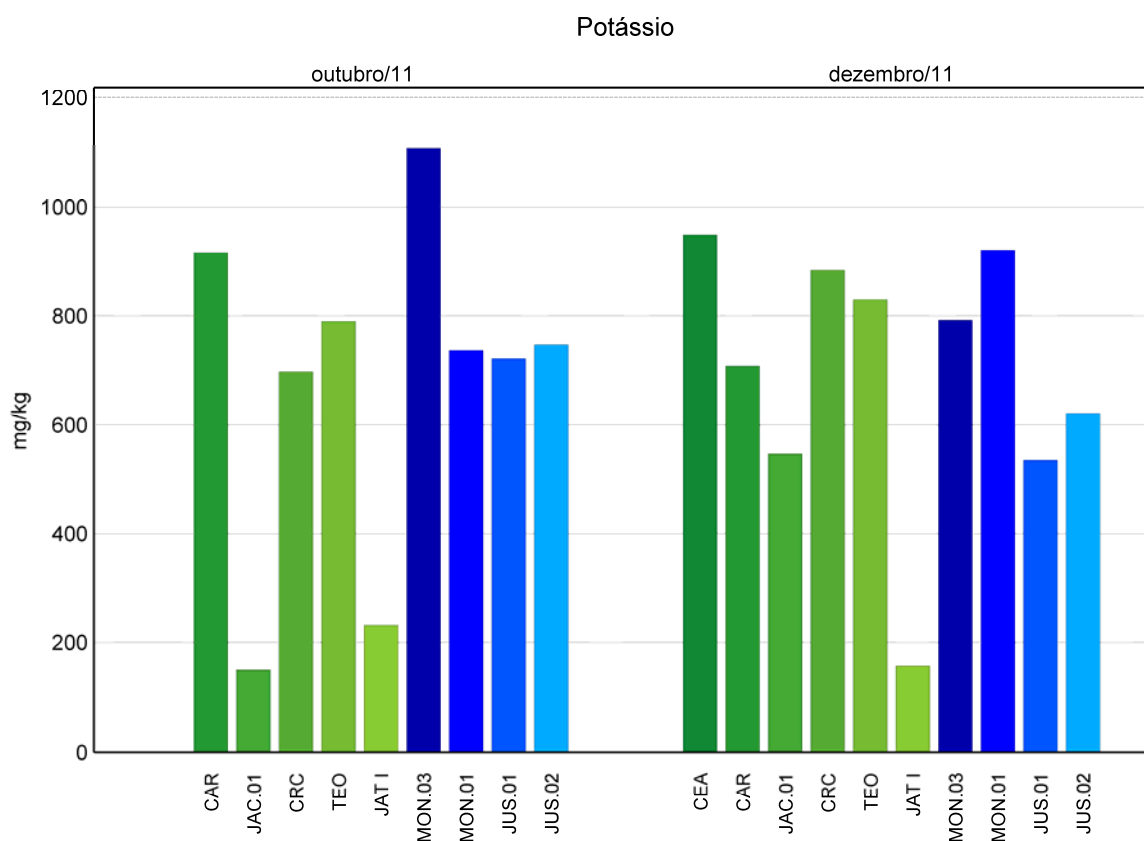


Figura 5.2.4-9 - Concentração de Potássio (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Cálcio nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $927,3 \pm 487,7$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 108,0 mg/kg registrada na estação JAT I, no período de Águas baixas/2011, e a máxima de 1592,0 mg/kg na estação MON.01, observada no período de Enchente/12 (Figura 5.2.4-10).

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média de Cálcio no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados (n=45) foi de $374,2 \pm 438,4$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira (n=36), a concentração média de cálcio encontrada foi de $1040,1 \pm 356,5$ mg/kg (média \pm DP).

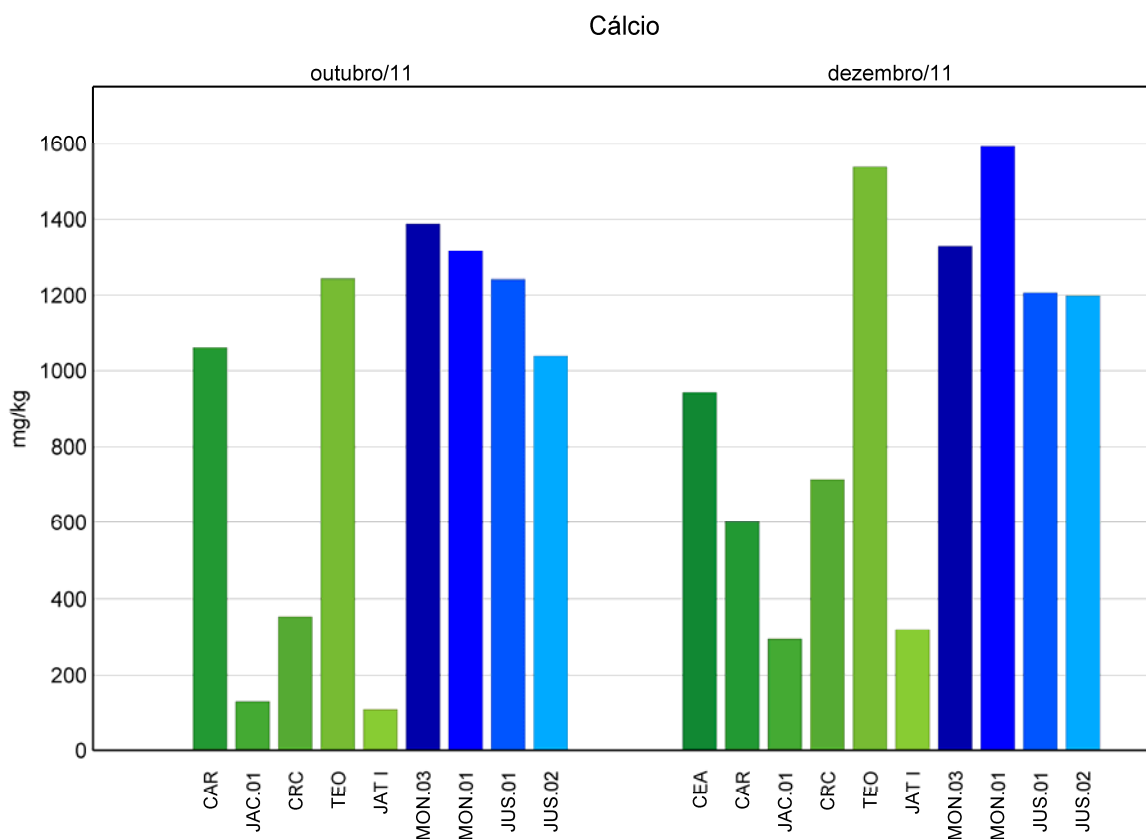


Figura 5.2.4-10 - Concentração de Cálcio (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Magnésio nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $1944,1 \pm 998,8$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 97,0 mg/kg registrada na estação JAC.01 no período de Águas baixas/2011, e a máxima de 3204,0 mg/kg na estação MON.01, observada no período de Enchente/12 (Figura 5.2.4-11).

Dentre os tributários, a estação CEA apresentou, geralmente, as maiores concentrações de íons, assim como de nitrogênio e fósforo. No rio Madeira, as maiores concentrações de íons, fósforo e nitrogênio foram registradas em JUS.02.

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de Magnésio no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $982,9 \pm 1.126,8$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, a concentração média (n=36) de magnésio encontrada foi de $1.779,6 \pm 592,0$ mg/kg (média \pm DP).

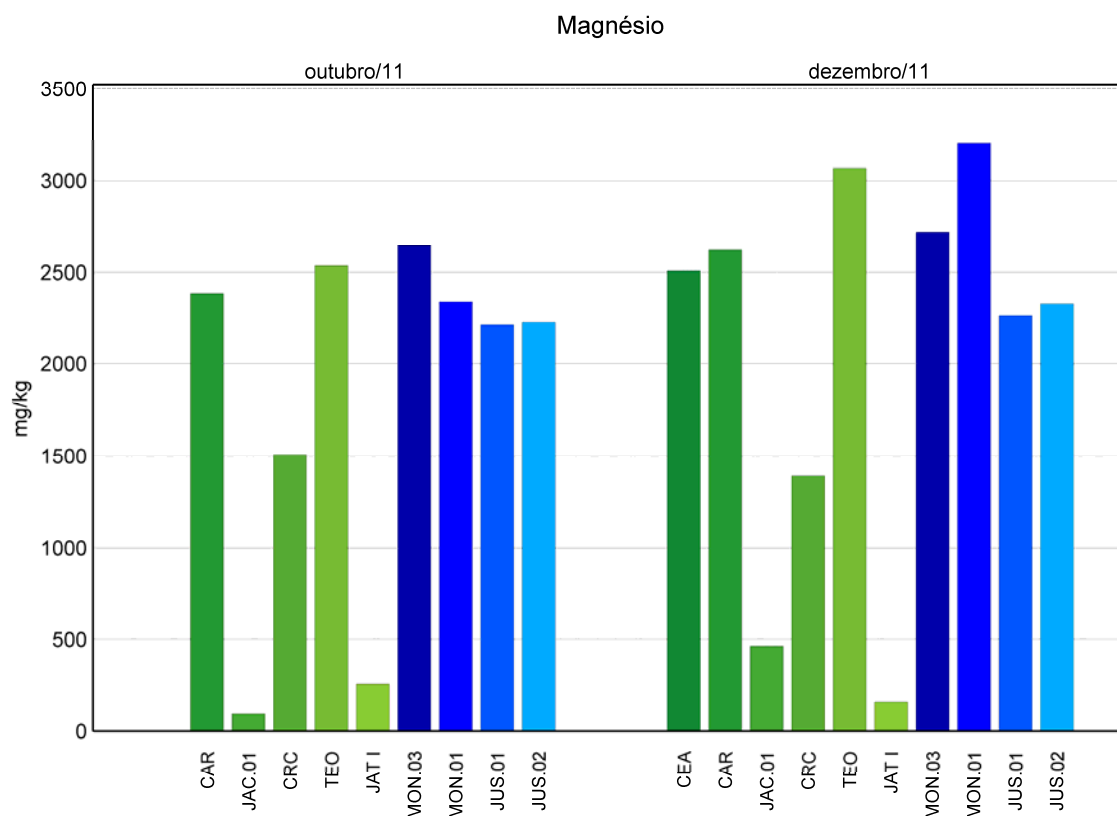


Figura 5.2.4-11 - Concentração de Magnésio (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

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 presentes. 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 em 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).

O teor médio de Alumínio nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $7997,1 \pm 2969,3$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 1994,0 mg/kg registrada na estação JAT I, no período de Águas baixas/2011, e a máxima de 13011,0 mg/kg na estação CRC, observada no período de Enchente/12 (Figura 5.2.4-12).

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de alumínio no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $3.319,2 \pm 3.844,5$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, a concentração média (n=36) de alumínio foi de $6.505,5 \pm 2.823,6$ mg/kg (média \pm DP).

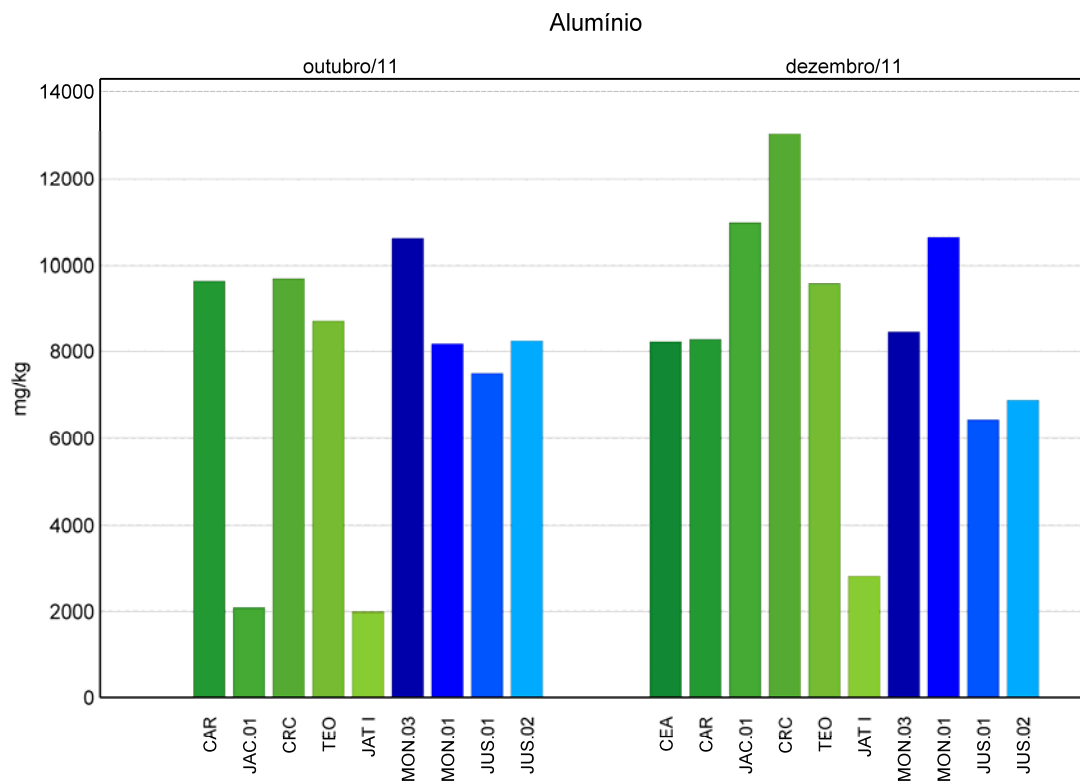


Figura 5.2.4-12 - Concentração de Alumínio (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Bário nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $65,68 \pm 26,91$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 9,00 mg/kg, registrada na estação JAT I, e a máxima de 117,00 mg/kg na estação CRC, ambas observadas no período de Enchente/12 (Figura 5.2.4-13).

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de bário no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $27,93 \pm 29,77$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, a concentração média (n=36) de bário encontrado foi de $49,68 \pm 18,50$ mg/kg (média \pm DP).

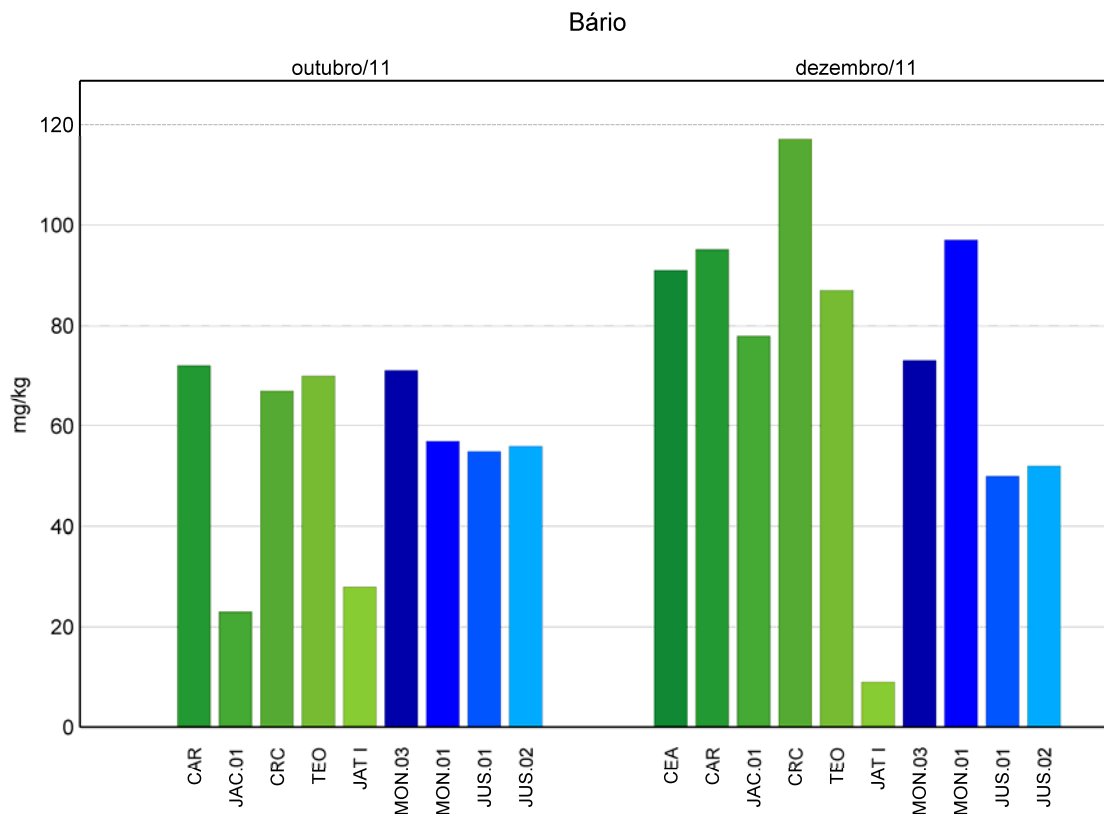


Figura 5.2.4-13 - Concentração de Bário (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

Durante o período considerado, o elemento Cádmiio (Cd) esteve abaixo do limite de detecção do método em todas as estações.

O teor médio de Chumbo nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $11,43 \pm 3,57$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 1,68 mg/kg, registrada na estação CAR, no período de Enchente/12 e a máxima de 16,23 mg/kg na estação CRC, observada no período de Águas baixas/2011 (Figura 5.2.4-14). As concentrações ficaram abaixo de 91,3 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 344/2004 para sedimento Nível 2.

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de chumbo no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $8,47 \pm 5,04$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, a concentração média (n=36) de chumbo encontrado foi de $9,56 \pm 2,59$ mg/kg (média \pm DP).

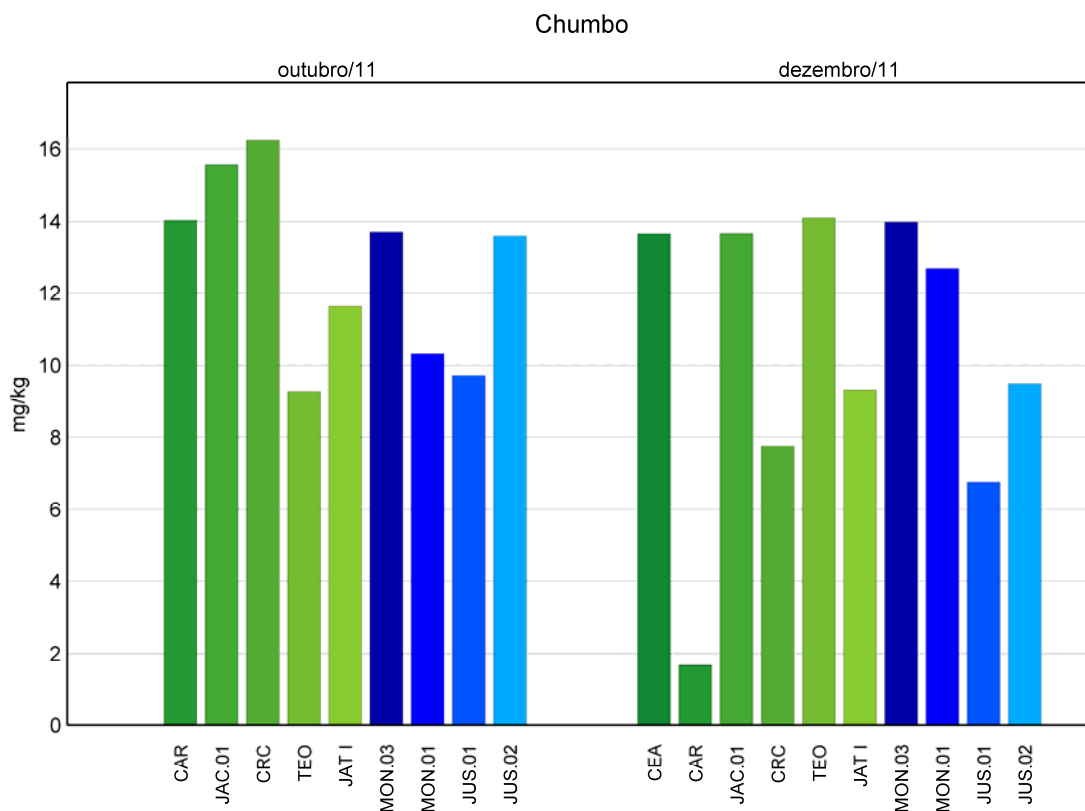


Figura 5.2.4-14 - Concentração de Chumbo (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Cobalto nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $9,18 \pm 3,33$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 1,09 mg/kg registrada na estação JAT I, no período de Enchente/12, e a máxima de 12,99 mg/kg na estação CAR, observada no período de Enchente/12 (Figura 5.2.4-15).

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de cobalto no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $5,38 \pm 4,15$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, a concentração média (n=36) de cobalto encontrado foi de $8,93 \pm 2,10$ mg/kg (média \pm DP).

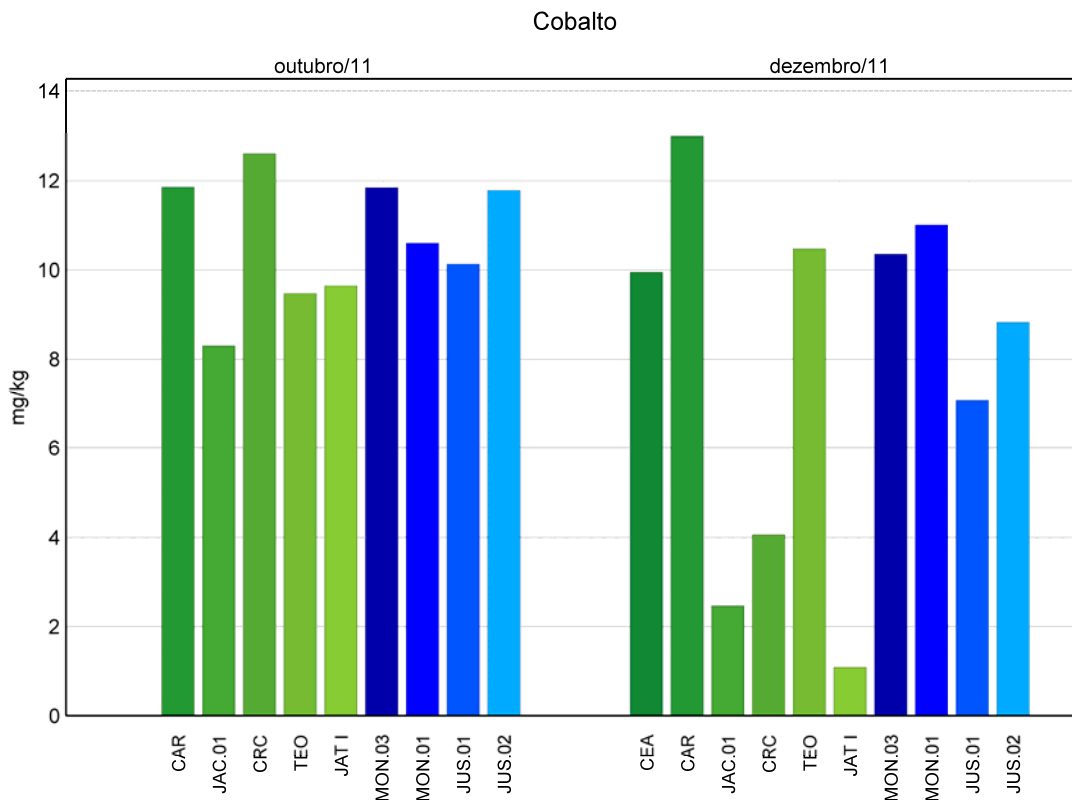


Figura 5.2.4-15 - Concentração de Cobalto (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Cobre nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $12,81 \pm 4,52$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 4,58 mg/kg registrada na estação JAC.01, no período de Enchente/12, e a máxima de 17,63 mg/kg na estação JUS.02, observada no período de Águas baixas/2011 (Figura 5.2.4-16). As concentrações ficaram sempre abaixo de 197 mg/kg, valor estabelecido pela Resolução CONAMA 344/2004 para sedimento Nível 2.

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de cobre no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $8,26 \pm 7,44$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, a concentração média (n=36) de cobre encontrada foi de $16,62 \pm 3,45$ mg/kg (média \pm DP).

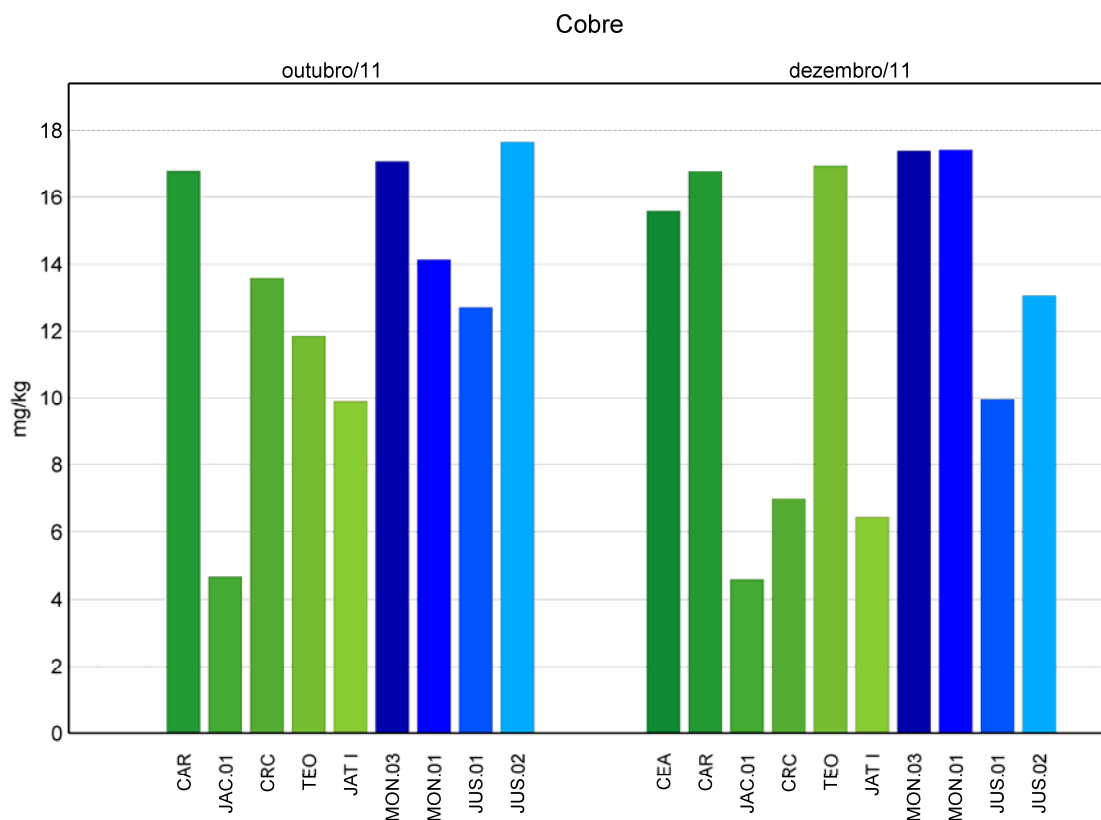


Figura 5.2.4-16 - Concentração de Cobre (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Cromo nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $6,85 \pm 2,02$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 2,51 mg/kg registrada na estação JAC.01, no período de Enchente/12, e a máxima de 9,48 mg/kg na estação MON.03, observada no período de Águas baixas/2011 (Figura 5.2.4-17). As concentrações ficaram abaixo de 90 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 344/2004 para sedimento Nível 2.

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de cromo no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $6,42 \pm 4,69$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, a concentração média (n=36) de cromo encontrada foi de $9,39 \pm 3,17$ mg/kg (média \pm DP).

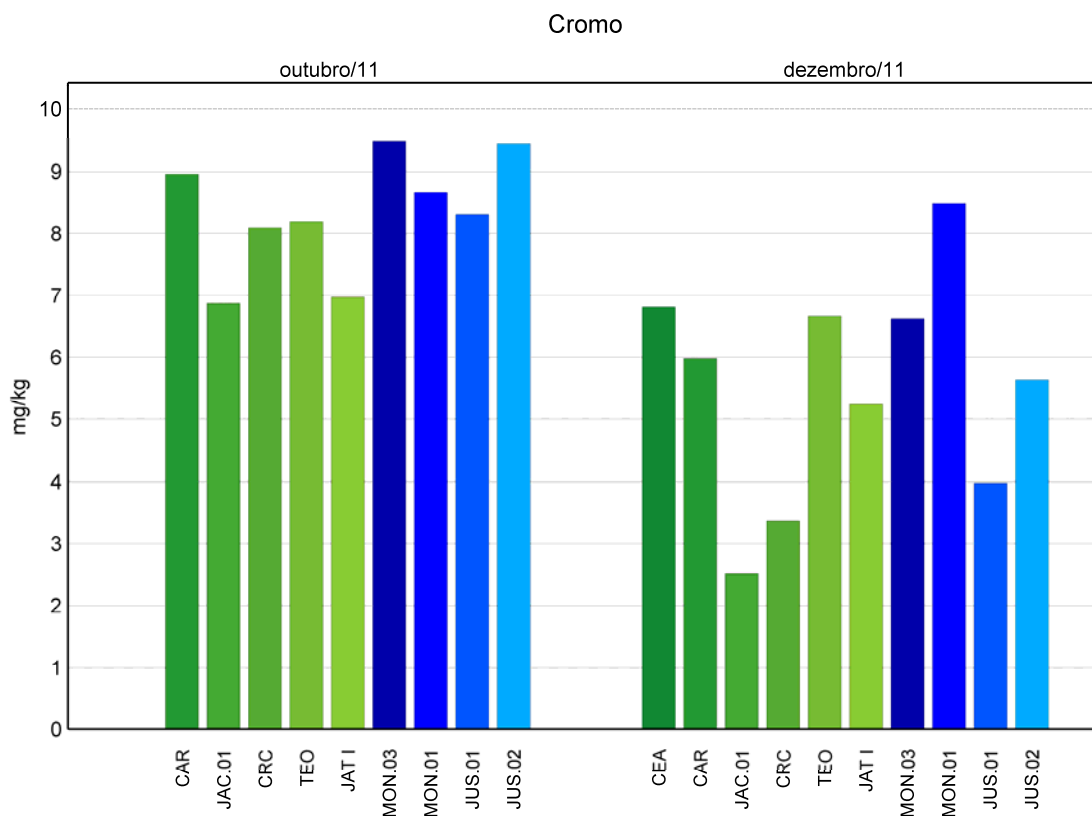


Figura 5.2.4-17 - Concentração de Cromo (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Estanho nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $0,41 \pm 0,99$ mg/kg (média \pm DP). A concentração esteve abaixo do limite de quantificação nas estações CRC e JAC.01 no período de águas baixas/2011, MON.03 no período de Enchente/12 e nas estações CAR, JAT I, TEO, JUS.01, JUS.02, MON.01 em ambos os períodos. A concentração máxima foi de 3,30 mg/kg registrada na estação JAC.01, no período de Enchente/12 (Figura 5.2.4-17).

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a abril de 2011, não foi detectada a presença de estanho, estando este elemento abaixo do limite de quantificação do método em todas as estações amostradas. Esse elemento foi registrado nas campanhas de agosto, outubro e dezembro de 2011, no entanto, em concentrações menores do que 10 mg/Kg.

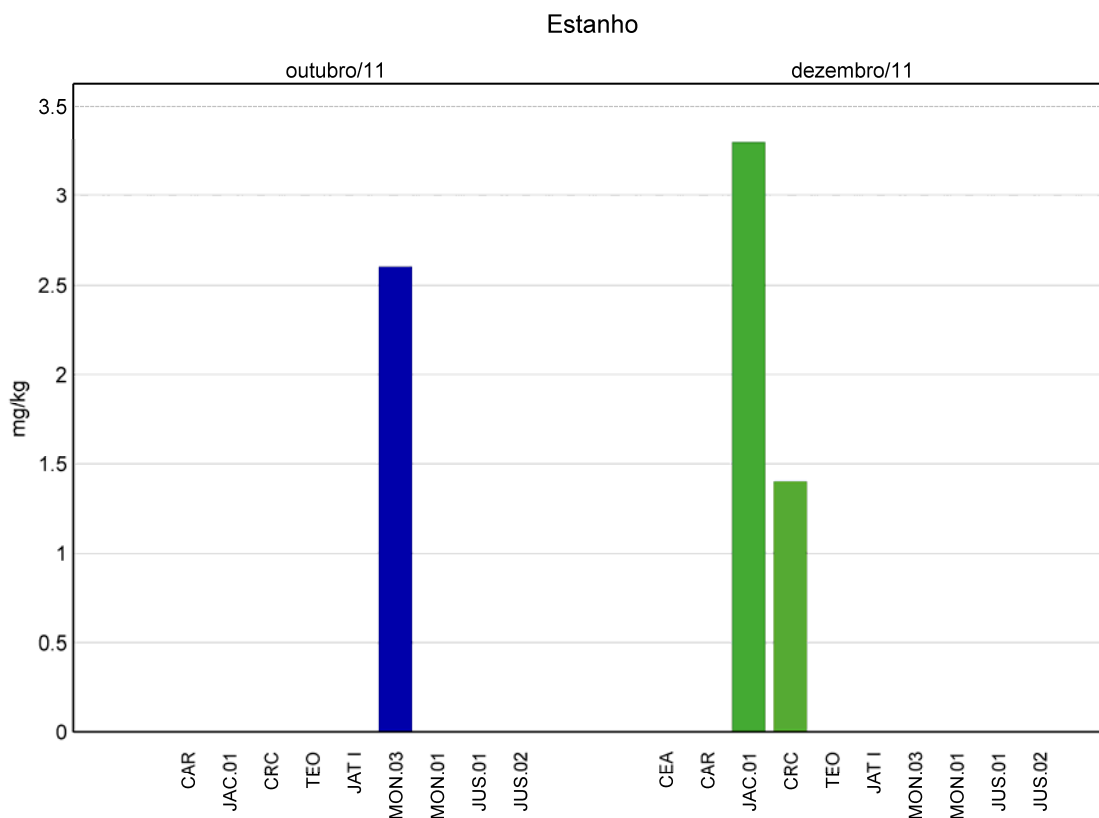


Figura 5.2.4-18 - Concentração de Estanho (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Ferro nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de 20114 ± 7504 mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 3836 mg/kg registrada na estação JAC.01, no período de Enchente/12, e a máxima de 27740 mg/kg na estação CAR, observada no período de Águas baixas/2011 (Figura 5.2.4-19).

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de ferro no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $13.193,3 \pm 12.688,5$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, a concentração média (n=36) de ferro encontrada foi de $26.416,2 \pm 10.049,8$ mg/kg (média \pm DP).

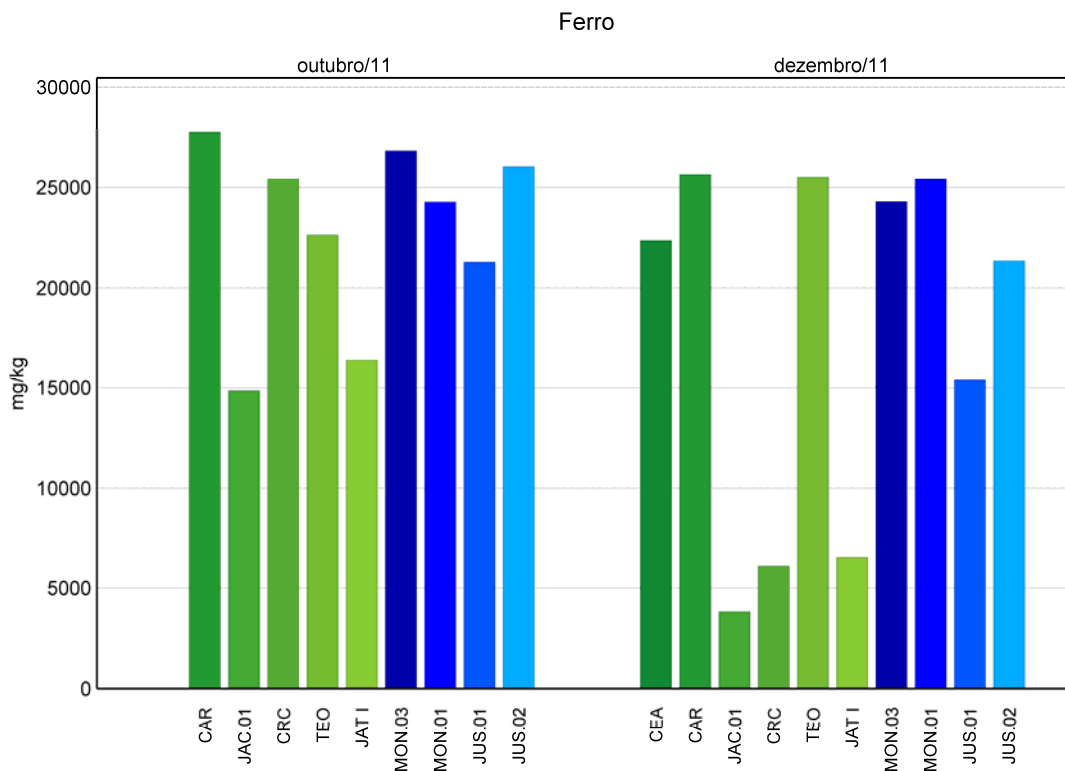


Figura 5.2.4-19 - Concentração de Ferro (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Manganês nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $288,9 \pm 145,0$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 3,82 mg/kg registrada na estação JAC.01, no período de Enchente/12, e a máxima de 458,3 mg/kg na estação MON.03, observada no período de Águas baixas/2011 (Figura 5.2.4-20).

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de manganês no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $135,45 \pm 140,63$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira a concentração média (n=36) de manganês encontrada foi de $348,69 \pm 100,81$ mg/kg (média \pm DP).

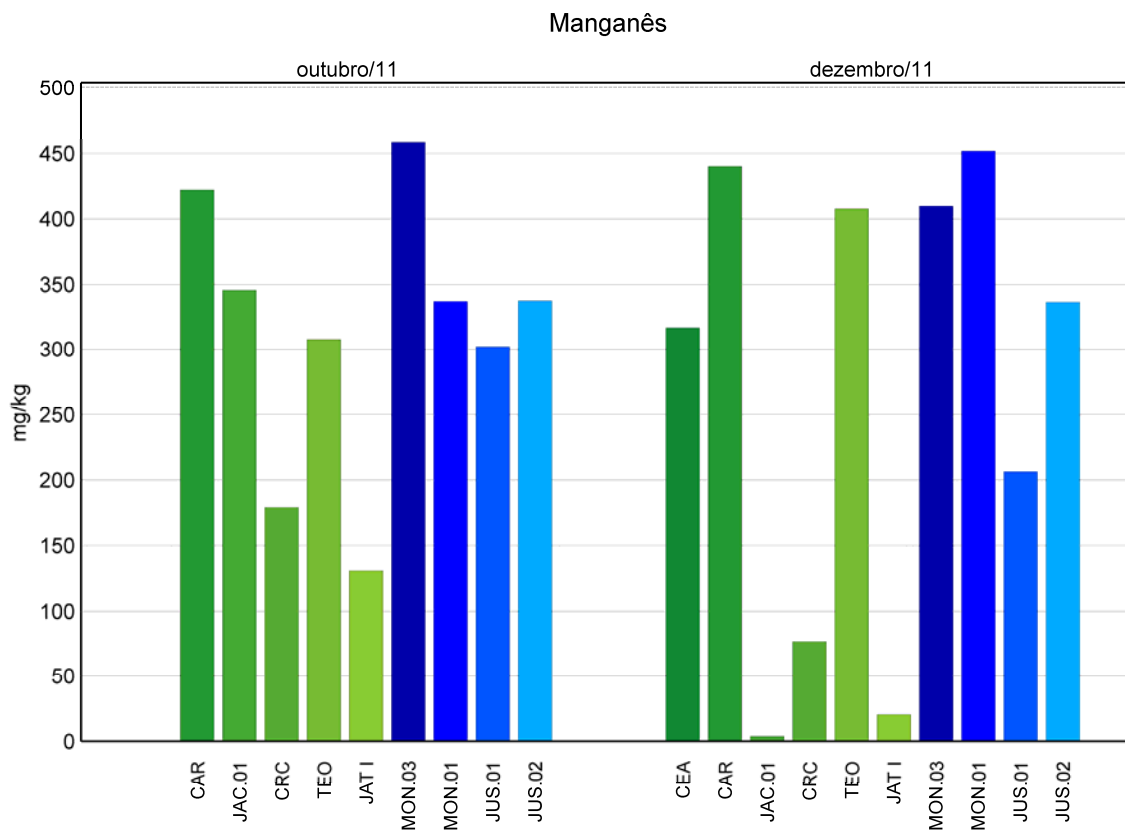


Figura 5.2.4-20 - Concentração de Manganês (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Mercúrio nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $0,05 \pm 0,03$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 0,01 mg/kg registrada na estação JUS.01, e a máxima de 0,14 mg/kg na estação JAT I, ambas observadas no período de Enchente/12 (Figura 5.2.4-21). As concentrações de Hg ficaram abaixo de 0,48 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 344/2004 para sedimento Nível 2.

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de mercúrio no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $0,047 \pm 0,030$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, a concentração média (n=36) de mercúrio encontrada foi de $0,034 \pm 0,010$ mg/kg (média \pm DP).

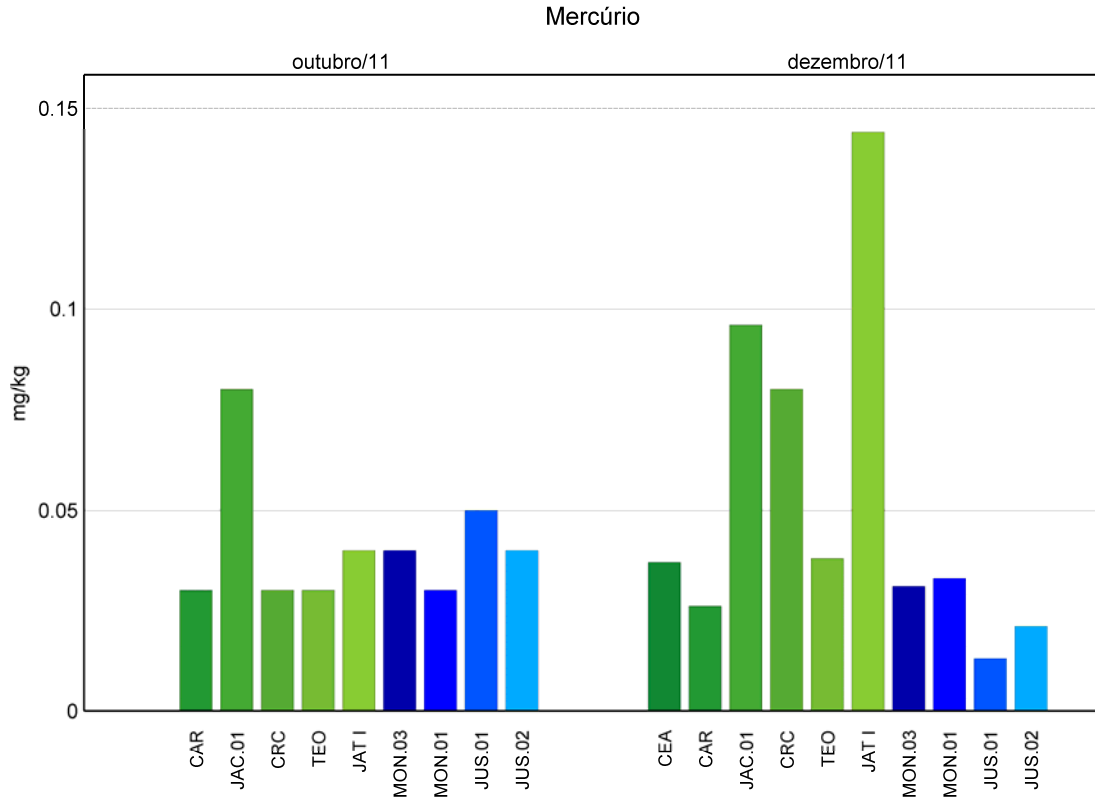


Figura 5.2.4-21 - Concentração de Mercúrio (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Níquel nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $10,20 \pm 5,19$ mg/kg (média \pm DP). A concentração esteve abaixo do limite de quantificação na estação JAT I, no período de Enchente/12. A concentração máxima foi de 16,31 mg/kg na estação MON.03, observada no período de Águas baixas/2011 (Figura 5.2.4-22). As concentrações ficaram abaixo de 35,9 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 344/2004 para sedimento Nível 2.

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de níquel no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $9,58 \pm 6,97$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira, o teor médio (n=36) de níquel encontrado foi de $15,13 \pm 2,79$ mg/kg (média \pm DP).

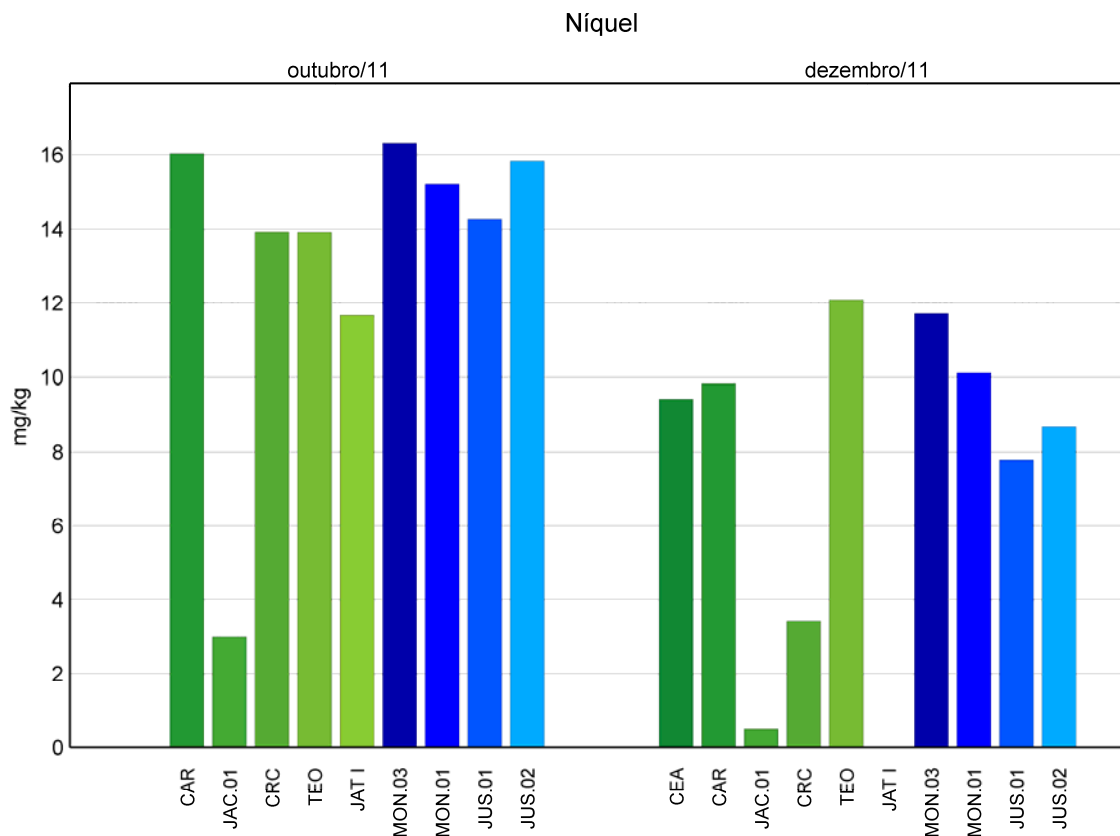


Figura 5.2.4-22 - Concentração de Níquel (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

O teor médio de Zinco nos sedimentos amostrados no rio Madeira e tributários foi de $50,77 \pm 18,50$ mg/kg (média \pm DP). A concentração mínima foi de 9,02 mg/kg registrada na estação JAT I, no período de Enchente/12, e a máxima de 72,07 mg/kg na estação MON.03, observada no período de Águas baixas/2011 (Figura 5.2.4-23). As concentrações ficaram abaixo de 315 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 344/2004 para sedimento Nível 2.

Durante as campanhas realizadas entre junho de 2009 a agosto de 2011, a concentração média (n=45) de zinco no sedimento de fundo amostrado nos tributários avaliados foi de $31,85 \pm 23,89$ mg/kg (média \pm DP). No rio Madeira a média (n=36) de zinco encontrada foi de $54,10 \pm 8,80$ mg/kg (média \pm DP).

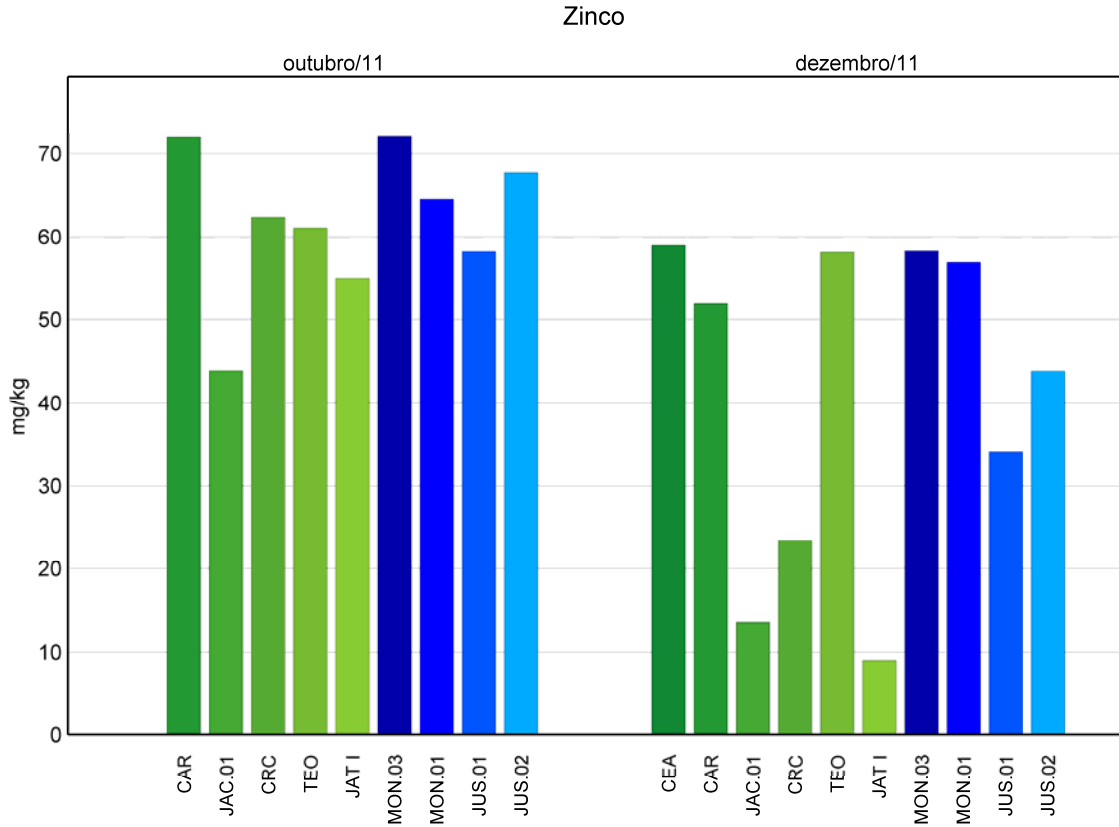


Figura 5.2.4-23 - Concentração de Zinco (mg/kg) nos sedimentos amostrados no período de águas baixas/2011 (outubro/11) e enchente/2012 (dezembro/11). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

5.2.4.6 - Compostos orgânicos (biocidas)

Em relação a lista de biocidas avaliados nos períodos considerados, todos os parâmetros (HPAs e PCBs) ficaram abaixo do limite de quantificação do método analítico, em todas as estações.

5.2.4.7 - Discussão

No período de águas baixas de 2011 e enchente de 2012, 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 do de seus tributários, as estações situadas ao longo de seu curso apresentaram granulometria bem semelhante a dos rios e igarapés que nele desembocam.

O conteúdo de nutrientes essenciais (N, P, Na, Ca, K e Mg) no sedimento apresentou grande variação nos tributários e menor variação no rio Madeira no período de águas baixas de 2011 e enchente de 2012. No entanto, a concentração média desses elementos nas estações localizadas nos tributários foram semelhantes as situadas no rio Madeira e estiveram dentro do intervalo de valores obtidos ao longo do “Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Áquaticas - Fase Implantação”.

De modo semelhante aos nutrientes essenciais, os elementos-traço Al, Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn apresentaram médias semelhantes no rio Madeira e nos tributários, nos períodos de águas baixas de 2011 e enchente de 2012. No período de águas baixas de 2011, observou-se que as concentrações de elementos-traço se dispõem, em ordem decrescente, da seguinte maneira:

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

No período de enchente de 2012, observou-se que as concentrações de elementos-traço se dispõem, em ordem decrescente, da seguinte maneira:

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

A tendência, com o enchimento, é que a concentração desses elementos no sedimento das estações dos tributários sejam semelhantes as do rio Madeira. No entanto, esse padrão também foi registrado nos períodos anteriores, estando associado as altas concentrações observadas nas estações que sofrem maior influência do rio Madeira. Devido a 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).

Comparando-se as concentrações de elementos-traço no período de enchimento com a fase pré-enchimento constata-se que a concentração desses elementos pouco variou no rio Madeira. Nos tributários, apenas pequenas diferenças foram encontradas, o que se deve a maior amplitude de variação nas concentrações dos elementos, comum a estes ambientes.

Não foram observadas diferenças na porcentagem média de matéria orgânica entre os tributários e o rio Madeira, ao passo que o carbono orgânico tendeu a ser maior nos tributários. De maneira geral, ambos os ambientes apresentaram baixas proporções dessas variáveis, nos períodos de águas baixas de 2011 e enchente de 2012. Segundo Esteves (1998), o sedimento é 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 do valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 344/2004 para sedimento Nível 2.