

FLUXO HIDROQUIMICO NA DESEMBOCADURA DO RIO AMAZONAS EM DIFERENTES PERIODOS SAZONAIS

Renan L. D. Arrelias¹; Selma dos Santos Melo²; Daímio Chaves Brito³; Joel Estevão de Melo Diniz⁴

^{1,2,4} UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ (UNIFAP)

³ UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPÁ (UEAP)

E-mail: renanleao01@gmail.com

RESUMO

A grandeza do rio Amazonas, com suas dimensões continentais, apresenta particularidade em relação a composição de suas águas, com grande presença de CO₂, metano, carbono e nitrogênio orgânico e inorgânico dissolvidos, entre outros elementos. Esta pesquisa objetivou conhecer o fluxo hidroquímico de cátions (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) e ânions (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻) no baixo rio Amazonas nos diferentes períodos sazonais (cheia, seca, vazante, enchente). Para as análises foram usadas técnicas do American Public Health Association (APHA). Os resultados mostram que o rio Amazonas, no trecho estudado, apresentou predominância do cátion Ca²⁺ e do ânion SO₄²⁻ com maiores concentrações no período de seca e enchente e menores no período de cheia e vazante.

Palavras-chave: Rio Amazonas; Fluxo hidroquímico; Desembocadura

1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Amazonas é a mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, ramificando-se por todos os países do norte da América Latina, desde os sopés andinos até o Oceano Atlântico (EVA; HUBER, 2005), contando com 25.10³ km de rios navegáveis em cerca de 7.10⁶ de km², dos quais 3,8.10⁶ estão no Brasil (VAL et al., 2010; IBGE, 2007). Portanto, esta bacia continental estende-se por quase todo o norte da América do Sul, concentrando aproximadamente 63 % de sua extensão em território brasileiro (KOHLHEPP, 2002). Dada a dimensão continental da bacia amazônica, sua escala hidrográfica exige normalmente uma abordagem complexa sobre os processos biogeoquímicos da água, bem como suas interações com a paisagem e a atmosfera.

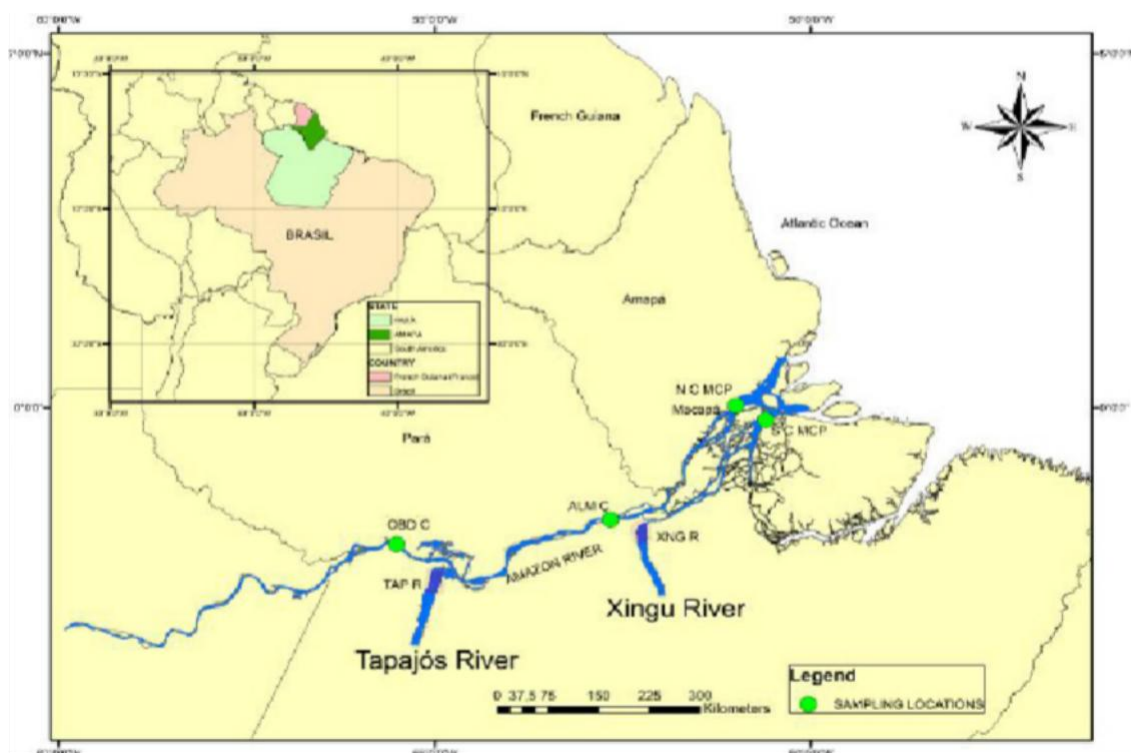
Esta pesquisa teve como objetivo conhecer a fluxo de cátions e ânions influenciados pelos diferentes períodos hidrógrafos/sazonais no canal principal do baixo

rio Amazonas entre a cidade de Óbidos no oeste do estado do Pará e a cidade de Macapá, no estado do Amapá, além de complementar estudos já realizados no médio e alto rio Amazonas, melhorando a série histórica de dados, como uso de novas técnicas e metodologias de análises de água e sedimentos, auxiliando diferentes áreas de conhecimento no entendimento da dinâmica e composição do rio Amazonas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As coletas de água e sedimentos para análise do fluxo de cátions e ânions do rio Amazonas foram realizadas nos meses de maio (cheia) e novembro (seca) de 2017, julho (vazante) de 2018 e fevereiro (enchente) de 2019, em um trecho de aproximadamente 800 km (Fig.01).

Figura 01: Percurso de realização das amostragens de água e sedimentos para análise de cátion e ânions ao longo do baixo Rio Amazonas.



Todas as técnicas analíticas utilizadas nas análises das amostras coletadas no Rio Amazonas e afluentes foram usadas as técnicas da AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA, 1999). Em cada canal foram realizadas 06 (seis) coletas de amostragens, 02 (duas) na margem direta, 02 (duas) na esquerda e 02(duas) no centro do rio, sendo uma amostragens na superfície a aproximadamente, 50 centímetros do

espelho d'água e outra a 60% da profundidade total do canal medida a partir da superfície. O perfil de profundidade do rio foi medido com o ecobatímetro Garmin GPS 420.

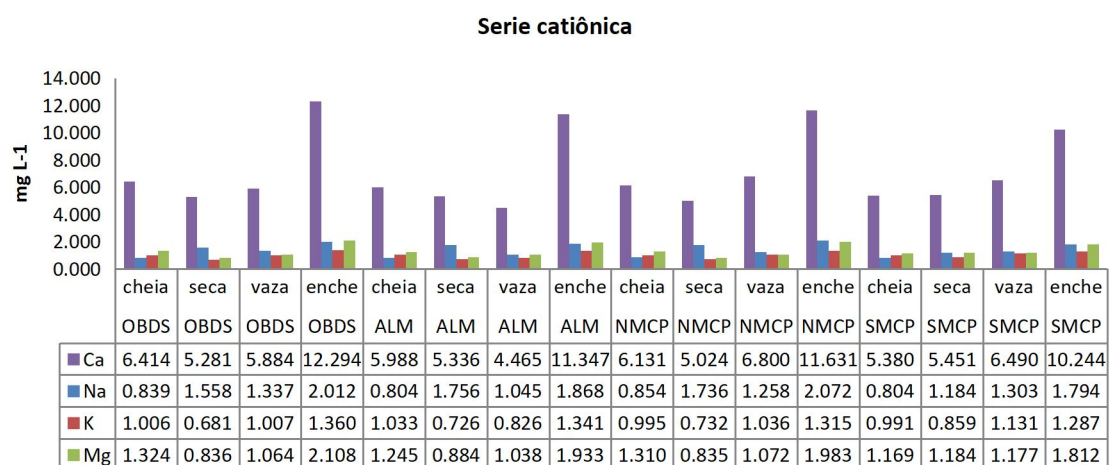
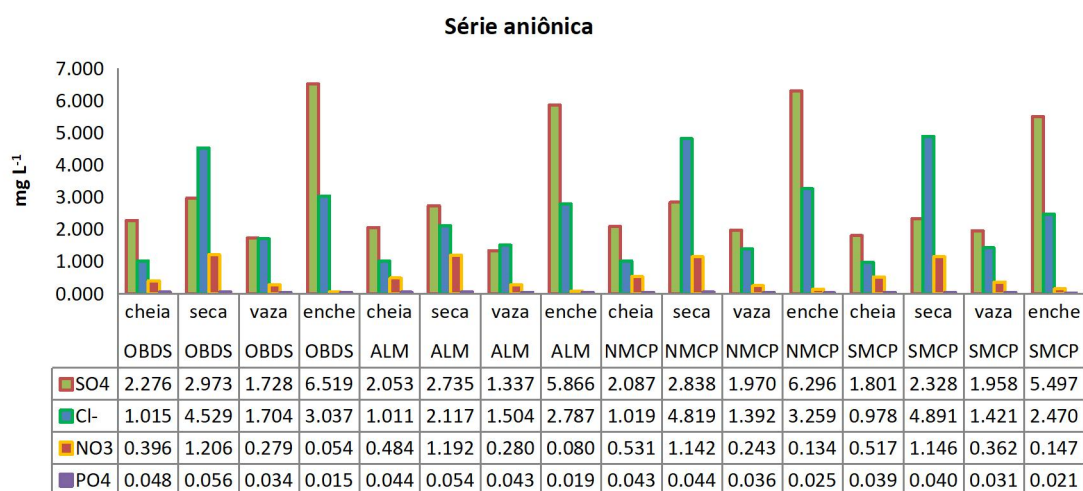
As amostras de profundidade foram obtidas pela imersão de uma bomba peristáltica (SHURflo 1.5 GPM) até a profundidade calculada. Para as amostragens das águas superficiais foi usado o mesmo procedimento de profundidade, somente a bomba coletora (Rule 360 GPH) é diferente.

As análises dos parâmetros químicos (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-}). As análises químicas das amostragens foram feitas com uma combinação de cromatografia iônica (Dionex DX-500), espectroscopia de emissão óptica com plasma acoplado (ICP-OES, Jobin Yvon Horiba, ULTIMA2e colorimetria (Foss Tecator automatizado do sistema FIA, 5000 FIAStar. Os parâmetros carbono orgânico e inorgânico dissolvido e concentrações de nitrogênio total são determinadas com Shimadzu TOC Analyzer TOC-VCPH.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As características hidrodinâmicas e biogeoquímicas do trecho de 800 Km correspondente ao longo do baixo Rio Amazonas entre a cidade de Óbidos, oeste do Estado do Pará e a foz do Rio Amazonas em seus canais norte e sul entre os Estados do Pará e Amapá podem apresentar diferenças significativas quanto a sua pluviometria. Distribuem-se em dois períodos distintos da região amazônica: inverno amazônico, de janeiro a junho, com uma máxima de 450 mm em março/abril e verão amazônico, nos meses restantes, quando ocorre uma redução significativa da pluviosidade na região, com um mínimo de 26 mm em setembro/outubro (KUHN et al., 2010; SOUZA; CUNHA, 2010; SOUZA et al., 2009). Na foz do Amazonas, no período chuvoso incidem mais de 85% das precipitações registradas anualmente (BRITO, 2013).

Figura 02 Fluxo hidroquímico de ânions e cations analisados ao longo do baixo rio Amazonas em diferente período hidrográfico.



Nas análises realizadas ao longo de trecho estudado a concentração de cloro na forma de cloreto (Cl^-) ficou entre $4,891 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,98 \text{ mg L}^{-1}$, ambas registradas no canal sul Macapá, a média geral de $2,372 \pm 1,3903 \text{ mg L}^{-1}$. O cloro apresentou maior concentração no período seco e menor no período de cheia do rio, em relação ao

comportamento ao longo do canal principal o cloro apresentou redução na concentração do canal Óbidos ao canal Almeirim, e leve aumento em direção aos canais de Macapá. Em comparação a estudos já realizados anteriormente sobre o cloro em rios da região amazônica, observamos que os valores calculados ao longo do baixo rio Amazonas foram superior aos encontrados em estudos de Sousa et al. (2008) no rio Acre e por Marmos (2007) nos rios Urubu, Preto da Eva, Cuieiras, Tarumã-Açu, Negro.

No rio Amazonas as concentrações máxima e mínima de PO_4^{3-} foram, respectivamente, $0,120 \text{ mg L}^{-1}$ no canal Almeirim e $0,011 \text{ mg L}^{-1}$ no canal Óbidos e média geral de $0,046 \pm 0,0121 \text{ mg L}^{-1}$, mantendo-se estável em quase todo os períodos de coleta analisados. Ocorreu uma pequena redução na concentração de PO_4^{3-} do canal Óbidos aos canais de Macapá, isso pode ser explicado pela importância nutricional do fósforo, nutriente essencial a vida marinha, que é consumido longo do baixo Rio Amazonas.

As maiores concentrações de PO_4^{3-} foram encontradas no período de vazante do rio, o que pode ser explicado pela liberação do fósforo durante o processo de ressuspensão do sedimento (FORSBERG et al., 1988, SETARO; MELACK, 1984). A média de PO_4^{3-} medido no trecho estudado esta dentro da faixa encontrada em águas turbidas da região Amazônica (MAYORGA et al., 2005) que ficou entre $0,190 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,038 \text{ mg L}^{-1}$. As concentrações de fósforo ao longo do baixo rio Amazonas foram superiores as observadas por Horbe et al. (2005) no rio Puraquequara e Igarapé de água Branca, afluentes do rio Amazonas e inferiores aos observados por Santos et al.(2010) na plataforma continental do rio Amazonas.

Ao longo do baixo Rio Amazonas as concentrações de SO_4^{2-} ficaram entre $6,921 \text{ mg L}^{-1}$ no canal Óbidos e $0,458 \text{ mg L}^{-1}$ no canal Almeirim e média geral de $3,175 \pm 1.7916 \text{ mg L}^{-1}$. A concentração do íon sulfato aumenta no período de enchente e se reduz no período de vazante, apresenta-se inversamente proporcional a vazão, ou seja, reduz ao longo do canal principal da montante em Óbidos a jusante nos canais de Macapá. As análises realizadas ao longo do canal principal do baixo Amazonas de Óbidos aos canais de Macapá mostraram que a concentração de sulfato foram superiores as dos rios Juruá e Novo Remanso e inferiores as dos rios Jutá e Coari nos estudos realizados por Souto et al (2015) nos afluentes do rio Solimões/Amazonas.

No trajeto estudado o valor médio da concentração de íon nitrato foi de $0,558 \pm 0,419 \text{ mg L}^{-1}$ com máxima $1,726 \text{ mg.L}^{-1}$ no canal Almeirim e mínima $0,039 \text{ mg L}^{-1}$ no canal norte Macapá. As maiores concentrações foram observadas no período seco e as

maiores no período de vazante do rio Amazonas, sendo diretamente proporcional a a vazão do rio com aumento da montante em Óbidos a jusante nos canais de Macapá. A concentração do íon sulfato aumenta no período de enchente e se reduz no período de vazante, apresenta-se inversamente proporcional a vazão, ou seja, reduz ao longo do canal principal da montante em Óbidos a jusante nos canais de Macapá. O nível de nitrato calculado ao longo do baixo Amazonas foi superior ao nível medido nos rio Pedreira-Ap e Paracauari-Pa (SOUZA et al.,2015) e inferior aos medidos nos rios Anori (Purus), Manacapuru e Coari (Solimões) e Itacotiara (Amazonas).

Com relação as concentrações do íon sódio notamos variação de $2,393 \text{ mg L}^{-1}$ no canal norte Macapá e $0,596 \text{ mg L}^{-1}$ no canal Almeirim e média de $1,404 \pm 0,4467 \text{ mg L}^{-1}$. As mais elevadas concentrações de íon sódio foram registradas na enchente e as baixas na cheia do Rio Amazonas, se reduzindo do canal Óbidos ao canal Almeirim e aumentando em direção aos canal norte de Macapá. indicando que esse elemento esta sendo carregado pelo rio, contribuindo para o aumento de sua concentração ao longo do canal principal do baixo Amazonas. Ao compararmos as concentrações do Na^+ ao longo no trecho estudado com estudos realizados anteriormente no rio Solimões e seus afluentes (SEYLER; BOAVENTURA, 2003) notamos que nossa média foi inferior a média de $4,222 \text{ mg.L}^{-1}$ registradas nesse rio e adjacentes.

As concentrações de íon potássio no baixo rio Amazonas variaram entre $1,438 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,654 \text{ mg L}^{-1}$ e média geral de $1,041 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,222 \text{ mg L}^{-1}$, ambas registradas no canal Óbidos. Com alta concentração no período de enchente e baixa no período de seca, aumentando ao longo do canal principal do Óbidos a Macapá. Os valores encontrados entre os canais Óbidos a Macapá foram semelhante aos encontrados por no Rio Amazonas na região compreendida entre os rios Solimões, Negro e Amazonas o qual apresentou concentração média de $1,005 \text{ mg L}^{-1}$.

Com concentração variando entre $2,160 \text{ mg L}^{-1}$ no canal Óbidos e $0,792 \text{ mg L}^{-1}$ no canal norte Macapá e média geral no trecho de $1,325 \pm 0,4172 \text{ mg L}^{-1}$, o magnésio (Mg^{2+}) apresentou concentração inferior ao sódio (Na^+) e cálcio (Ca^{2+}) e superior ao potássio (K^+) ao longo do baixo Rio Amazonas, e comportamento semelhante ao sódio (Na^+), com elevadas concentrações no período de enchente e baixa no período de seca.

As concentrações de íon cálcio (Ca^{2+}) variaram entre $13,032 \text{ mg L}^{-1}$ e $1,512 \text{ mg L}^{-1}$ e média geral de $7,211 \pm 2,6249 \text{ mg L}^{-1}$. Ao contrário dos íons Na^+ , K^+ e Mg^{2+} , o íon Ca^{2+} apresentou as maiores concentrações dentre os íons cátions analisados. Aumenta no período de enchente e diminui no período de seca, diminuindo do canal Óbidos ao

canal Almeirim e aumentando no sentido das seções norte e sul de Macapá. A concentração média de Ca no canal principal do baixo Amazonas foi bem inferior a média de 11,411 mg L⁻¹ observado por Souto et al. (2015) no rio Solimões-Amazonas.

CONCLUSÃO

A composição catiônica da água do baixo rio Amazonas indicou predomínio do cátion cálcio (Ca²⁺) em relação aos demais cátions (Ca²⁺ > Na⁺ > Mg²⁺ > K⁺), isso ocorre principalmente pela composição química classificada como cálcica para água do baixo rio Amazonas e afluentes. Em relação a composição aniônica da água, o baixo rio Amazonas apresentou uma concentração mais acentuada do ânion sulfato (SO₄²⁻) em relação aos demais ânions (SO₄²⁻ > Cl⁻ > NO₃⁻ > PO₄³⁻), isso pode estar relacionado ao solo da região, que em sua maioria apresenta composição geoquímica de origem argilosa e arenosa, principalmente dos sedimentos transportado ao longo do rio em direção ao oceano.

Para a influência dos períodos hidrológicos da região pesquisada, nossa análise mostrou que os ânions SO₄²⁻ e Cl⁻ apresentaram maior concentração no período de seca e enchente e menor no período de cheia e vazante, o ânion NO₃⁻ apresentou maior concentração no período de seca e menor no período de enchente, para o ânion PO₄³⁻ o período hidrológico não apresentou muita influência pois as concentrações foram relativamente baixas.

Para os cátions analisados ao longo do baixo Amazonas, observamos que Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ apresentaram maiores concentrações no período de enchente e menores no período de seca, enquanto que o Na⁺ apresentou maior concentração na seca e menor no período de cheia.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado do Amapá (FAPEAP), Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Laboratório de Química Ambiental e Saneamento do Curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do Centro de Energia Nuclear em Agricultura (CENA).

REFERÊNCIAS

- APHA (American Public Health Association). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20. ed. Washington: **American Public Health Association; AWWA; WPCF**, 1569p. 1999.
- BRITO, D. C. **Balanço de carbono e modelagem de fluxos biogeoquímicos no continuum do estuário amazônico**. 126 p. [Tese de Doutorado] Universidade Federal do Amapá, Macapá-AP, 2013
- EVA, H. D.; HUBER, O. Proposta para definição dos limites geográficos da Amazônia. Luxemburgo: **Comunidades Européias**, 2005.
- FORSBERG, B. R.; DEVOL, A. H.; RICHEY, . E. ; MARTINELLI, L. A.; SANTOS, H. Factors controlling nutrient concentrations in Amazon floodplain lakes 1. **Limnology and Oceanography**, v. 33, n. 1, p. 41-56, 1988.
- HORBE, A. M. C., GOMES, I. L. F., MIRANDA, S. F., & SILVA, M. D. S. R. D. (2005). Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus-AM. **Acta Amazônica**, 35, 119-124.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (2017). Mapeamento da verdadeira nascente do rio Amazonas. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/> acessado em 02 de fevereiro de 2017.
- KOHLHEPP, G. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 45, p. 37-61, 2002.
- KUHN, P. et al. Previsão Numérica Operacional no Estado do Amapá utilizando o BRAMS. In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. (Eds.). **Tempo, Clima e Recursos Hídricos - Resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. Macapá-AP: IEPA**, p. 61 – 82, 2010.
- MARMOS, Jose Luiz. **Diagnóstico hidrogeoquímico do distrito agropecuário da SUFRAMA, municípios de Manaus e rio Preto da Eva (AM)**. [Dissertação Mestrado].Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Manaus. Amazonas, 2007.
- MAYORGA, E.; AUFDENKAMPE, A. K.; MACIELLO, C. A.; KRUSCHE, A. V.; HEDGES, J. I.; QUAY, P. D.; RICHEY, J. E; BROWN, T. A. Young organic matter as a source of carbon dioxide outgassing from Amazonian rivers. **Nature**, v. 436, p. 538-541, 2005.

SANTOS, M. L. S.; MUNIZ, K. Variação nictemeral de parâmetros abióticos e clorofila a em uma estação oceanográfica na plataforma continental do Amazonas. *Atlântica*, 32, 237-246, 2010.

SEYLER, P.; BOAVENTURA, G. R. Distribution and partition of trace Metals in the Amazon Basin. **Hydrological Processes**, 17: 1345-1361, 2003.

SOUZA, E. B.; LOPES, M. N. G.; ROCHA, E. J. P.; SOUZA, J. R. S.; CUNHA, A. C.; SILVA, R. R.; FERREIRA, D. B. S.; SANTOS, D. M.; CARMO, A. M. C.; SOUSA, R. A.; GUIMARAES, P. L.; MOTA, M. A. S.; MAKINO M.; SENNA, R. C.; SOUSA, A. M. L.; MOTA, G. V.; KUHN, P. A. F.; SOUZA, P. F. S.; VITORINO, M. I. Precipitação sazonal sobre a Amazônia Oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p. 111-124, 2009.

SOUZA, E. B.; CUNHA, A. C. **Climatologia de precipitação no Amapá e mecanismos climáticos de grande escala**. In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. (Eds.). Tempo, clima e recursos hídricos: Resultados do projeto REMETAP no Estado do Amapá. Macapá-Ap: IEPA, p. 177-195, 2010.

VAL, A. L.; VAL, V. M. F. A.; FEARNSIDE, P. M.; SANTOS, M.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W.; NOZAWA S. R.; SILVA, S. T.; DANTAS, F. A. C. **Amazônia: Recursos hídricos e sustentabilidade**. p. 95-109. In: Bicudo, C.E.M., TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (eds.) *Águas do Brasil: Análises Estratégicas*. Instituto de Botânica, São Paulo. p. 222, 2010.