

## HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E FONTE SUBTERRÂNEA DA ÁREA URBANA E ENTORNO DA CIDADE DE PRESIDENTE FIGUEIREDO – AM

Kadja Santana dos SANTOS<sup>1</sup>  
Márcio Luiz da SILVA<sup>2</sup>  
Roberto Naves DOMINGOS<sup>3</sup>  
Amauri Antônio MENEGARIO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bolsista IC INPA-PIBIC/CNPq;

<sup>2</sup>Orientador INPA/CPCR;

<sup>3</sup>Colaborado UNESP;

<sup>4</sup>Colaborado UNESP

### INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental para a existência de todas as formas de vida na Terra, e é também, um recurso natural indispensável ao desenvolvimento econômico e ao bem estar dos povos (Mendonça 2004). O uso da água gera conflitos em razão de sua multiplicidade e finalidades diversas, as quais demandam quantidade e qualidades diferentes, uso este que podem intensificar impactos mais severos pondo em risco os recursos hídricos (Tundisi 2003). Em 1981, foi criado o município de Presidente Figueiredo, com altitude média de 120 m, a 107 km ao norte de Manaus com acesso pela rodovia BR-174 (Manaus/Roraima). Tem seus limites definidos com os municípios de Urucará, São Sebastião do Uatumã, Itapiranga, Rio Preto da Eva, Manaus, Novo Airão e o estado de Roraima (SEPLAN 2007).

O município de Presidente Figueiredo pode ser dividido em dois domínios geológicos distintos. O primeiro, composto por rochas proterozóicas, predominantemente ígneas e metamórficas que integram a porção sul do Escudo das Guianas, correspondendo à porção setentrional do Cráton Amazônico. O segundo, por rochas fanerozóicas depositadas na própria bacia sedimentar intracratônica do Amazonas (CPRM 1998).

No decorrer dos últimos anos a população do município aumentou significativamente, passou de 7.089, em 1991, para 27.175 em 2010, conforme dados do IBGE. Esse incremento populacional requer maior demanda dos recursos hídricos, podendo comprometer a qualidade dos corpos de água, devido as ações indevidas do homem o que pode resultar em prejuízos (IBGE 2013).

O principal ponto de apoio da economia municipal é a agricultura. Presidente Figueiredo é detentor de um dos mais belos patrimônios naturais do Estado que incluem cachoeiras, corredeiras, grutas, cavernas, áreas de preservação ambiental (Reserva Biológica do Uatumã e Área de Proteção ambiental de Presidente Figueiredo), sítios arqueológicos reservas dos índios Uaimiri-Atroari; além da mineração do Estanho pelo Grupo Paranapanema que gerou a vila do Pitinga, uma das mais importantes do município (SEPLAN 2007).

O maior potencial, por sua condição geográfica e exuberância de seus recursos naturais, são as condições plenamente favoráveis para o exercício de atividades turísticas diversificadas constituindo-se em atividades econômicas com extraordinária capacidade de desenvolvimento. No entanto, essas atividades prescindem de uma série de serviços fundamentais para o desempenho sustentável. Pois as atividades de transformação de recursos naturais em bens úteis à sociedade, normalmente causam impactos ambientais significativos, tanto como consumidora de recursos naturais não renováveis quanto como agente poluidor (Castro 2000). Entre essas atividades se inserem os serviços de captação e distribuição de água à população, serviços estes administrados pelo SAAE, embora a captação seja feita na fonte de água de empresa particular.

Pela relevância que os recursos hídricos têm perante todas as atividades da vida e pelas suas particularidades, em geral, como é o caso do Brasil, são alvos de uma abordagem específica. Porém os conceitos básicos que orientam a gestão ambiental em geral também orientam a gestão da água (Leal 1998). Dessa forma, medidas preventivas como a preservação das fontes de água e o tratamento das águas já comprometidas, são atividades necessárias para mitigar o risco da perda destes corpos hídricos. Assim, o principal foco desta pesquisa é o reconhecimento dos recursos hídricos de superfície na área urbana e entorno no município de Presidente Figueiredo, para detectar possíveis impactos naturais e ou antrópicos, com a função de contribuir com a gestão dos recursos hídricos.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Presidente Figueiredo, cuja sede situa-se a 03° 18' S e 60° 12' W (Figura 1).

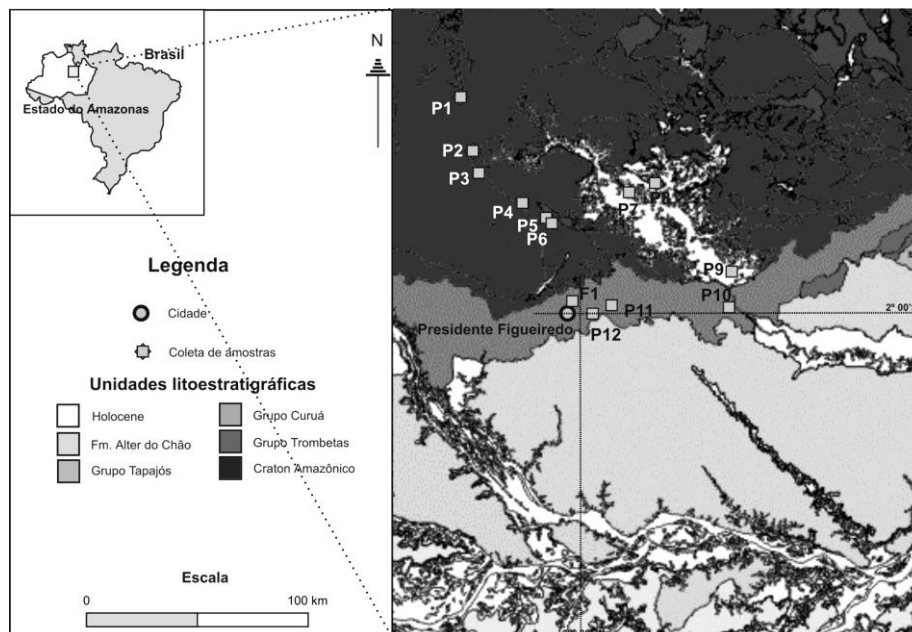


Figura 1. Localização dos pontos de coleta no município de Presidente Figueiredo – AM.

As coletas foram feitas em 3 pontos no lago de Balbina, 10 em seu entorno e 1 na área urbana do município de Presidente Figueiredo/AM, totalizando 14 amostras. Os pontos de coletas foram: Igarapé Temere (P1), Igarapé Wakyna Syna (P2), Igarapé BA (P3), Igarapé Taboca (P4), Igarapé Sargento Picanço (P5), Igarapé Coruja (P6), Lago Balbina Pitinga (P7), Lago Balbina Uatumã (P8), Lago Represa Balbina (P9), Igarapé da Onça (P10), Igarapé km 21 (P11), Igarapé Água Viva (P12), Corredeira do Urubuí (P13) e Fonte (P14).

Foram coletadas amostras no período de setembro a outubro de 2012 e fevereiro, março, maio, junho, julho setembro, outubro e novembro de 2013 pela manhã e tarde (horários de 08:12 às 17:39h), para análises de pH, turbidez, cor, condutividade elétrica, alcalinidade, cloretos, nitrato, nitrito, amônio, sílica, cálcio, magnésio, sódio, potássio, ferro total e dissolvido, sulfato e fosfato e elementos traços.

As amostras foram coletadas próximo à superfície, com auxílio da garrafa coletora Van Dorn. Os parâmetros: pH, temperatura e condutividade foram determinados *in loco* analisados por equipamento da marca Digimed modelo DM 3P. Para os parâmetros físicos e químicos, a água coletada foi acondicionada em frascos de polietileno previamente lavados e identificados e cuidadosamente manuseadas, para evitar contaminação e em seguida, levadas Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA, para análises hidroquímica. O método de turbidimetria foi usado para a determinação da turbidez e a espectrofotometria, para a cor, o ferro total e ferro dissolvido e sílica sendo filtrado 100 mililitros com filtro millipore (<0,45m). Para determinação de cátions e ânions foi utilizada a cromatografia líquida onde é filtrado 100 mililitros da amostra preservando em timol e mantendo sob refrigeração em seguida é analisada por equipamento da marca DIONEX ICS 1000

As análises de elementos traços foram feitas nos laboratório do Centro de Pesquisas Ambientais da UNESP, campus de Rio Claro, por intermédio de ICP MS (Inductively coupled plasma-mass spectrometry) utilizando nebulizador V Groove e por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP – método EPA 6020A).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas das águas superficiais variaram de 21,0 °C a 34,9 °C. Campos (1994) estudando igarapés ao longo da BR-174 encontrou valor médio de 27,6 °C. Melo *et al.* (2005) encontraram nas águas dos igarapés da bacia hidrográfica do São Raimundo, Educandos e Tarumã-Açu temperaturas variando de 23,1 °C a 33,0 °C. Os maiores valores apresentados nesse trabalho foram os das águas do lago de Balbina. Possivelmente, relacionados a pouca velocidade de escoamento, maior área superficial do lago, pouca profundidade e sem cobertura vegetal.

O pH ficou entre 4,3 e 8,1. Campos (1994) encontrou valor médio de 4,8. Melo *et al.* (2005), encontraram valores dessa variável os igarapés do Quarenta e Mindú, sujeitos a forte ação antrópica, variando de 5,8 a 7,2. Esses valores de pH em torno da neutralidade encontrados no lago de Balbina podem estar relacionados às rochas do entorno ou base do lago, mas é preciso que haja trabalhos de prospecção geoquímica em escala de detalhe na área de estudo.

A alcalinidade é típica de pH ácido a levemente ácido, pois ficou entre 0 (que corresponde a pH igual ou menor que 4,3) a 6,1 mgHCO<sub>3</sub>/L. Melo *et al.* (2005) identificaram nos igarapés da bacia do Tarumã e nas nascentes do igarapé do Quarenta e Mindú, valores menores que 3,05 mgHCO<sub>3</sub>/L.

A Condutividade elétrica variou entre 6,4 µS/cm e 20,7 µS/cm. Horbe (2008) estudando igarapés de água preta encontrou valores variando de 6,80 µS.cm<sup>-1</sup> a 20,80 µS.cm<sup>-1</sup> valores estes similares aos encontrados neste trabalho. Esses baixos valores de condutividade elétrica encontrados estão relacionados à ambientes naturais na região que possuem baixa concentração de eletrólitos.

A cor variou de 7,48 mgPt/L a 179,8 mgPt/L. Campos (1994) estudando igarapés ao longo da BR-174 encontrou valores variando de 20 mg Pt/L a 300 mg Pt/L. A turbidez variou entre 0 NTU e 7,28 NTU. Campos (1994) encontrou valores oscilando de 0,5 NTU a 50,0 NTU. Neste trabalho o maior valor encontrado foi no ponto P13, o que indica que é baixa presença de material em suspensão nos pontos amostrados.

O ferro total variou de <0,1 mg.L<sup>-1</sup> a 1,049 mg.L<sup>-1</sup> e o ferro dissolvido de <0,1 mg.L<sup>-1</sup> a 0,368 mg.L<sup>-1</sup>; a sílica ficou entre <0,1 mg.L<sup>-1</sup> e 5,989 mg.L<sup>-1</sup> e o fosfato entre 0 mg.L<sup>-1</sup> e 0,566 mg.L<sup>-1</sup>. Os baixos teores desses elementos são característicos dos ambientes naturais da região.

O nitrogênio nas formas dos íons amônio, nitrito e nitrato tiveram valores mínimos de 0 mg.L<sup>-1</sup> para o amônio, 0 mg.L<sup>-1</sup> para o nitrito e 0 mg.L<sup>-1</sup> para o nitrato. Suas concentrações máximas são, respectivamente, 0,047 mg.L<sup>-1</sup>, 0,055 mg.L<sup>-1</sup> e 0,352 mg.L<sup>-1</sup>. Silva *et al* (2006) encontraram valores de nitrito, como máximo de 0,01 mg.L<sup>-1</sup>. Nascimento *et al.* (2005) encontrou valor máximo de 1,53 mg.L<sup>-1</sup> valores estes de nitrato e nitrito inferiores aos deste trabalho. Campos (1994) encontrou para amônio valor médio de 58,3 mg.L<sup>-1</sup>, valores inferior 5,0 mg.L<sup>-1</sup> para nitrito e para nitrato valor médio de 1.3 mg.L<sup>-1</sup>. O nitrito geralmente é raro em águas doces naturais, no entanto, em concentrações elevadas é normalmente encontrado em ambientes sob ação antrópica. Os valores desses elementos comparados com os da resolução nº 357 do CONAMA (2005), classifica essas águas como ambientes naturais da classe II ou classe especial.

Os macro cátions cálcio, magnésio, sódio e potássio tiveram valores máximos de 1,472 mg.L<sup>-1</sup>, 0,224 mg.L<sup>-1</sup>, 3,980 mg.L<sup>-1</sup> e 0,573 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente. O sódio foi que apresentou maiores valores. Horbe (2008) encontrou valores de cálcio variando de 0,04 mg.L<sup>-1</sup> a 2,07 mg.L<sup>-1</sup>, para o magnésio variando de <0,01 mg.L<sup>-1</sup> a 0,50 mg.L<sup>-1</sup>, para o sódio variando de 0,20 mg.L<sup>-1</sup> a 1,39 mg.L<sup>-1</sup> e para o potássio valores variando de 0,16 mg.L<sup>-1</sup> a 4,47. mg.L<sup>-1</sup> Nascimento e Silva (2010) encontraram valores em ambiente natural variando de 0,8 mg.L<sup>-1</sup> e 0,82 mg.L<sup>-1</sup> e na área urbanizada de 3,7 mg.L<sup>-1</sup> a 19,4 mg.L<sup>-1</sup>, para o sódio. Nos mesmos ambientes, para o potássio esses autores encontraram valores entre 0,32 mg.L<sup>-1</sup> e 0,44 mg.L<sup>-1</sup>, nos locais de águas naturais e oscilando de 0,87 mg.L<sup>-1</sup> a 4,21 mg.L<sup>-1</sup>.

Os ânions cloretos e sulfato também são de baixa ocorrência nas águas naturais da região. Nas águas amostradas nesta pesquisa o íon cloretos variou de 0,233 mg.L<sup>-1</sup> a 2,194 mg.L<sup>-1</sup> enquanto o sulfato ficou entre 0,007 mg.L<sup>-1</sup> a 0,225 mg.L<sup>-1</sup>. Campos (1994) encontrou valores variando de 1,0 mg.L<sup>-1</sup> a 4,0 mg.L<sup>-1</sup>. Nascimento e Silva (2010) encontraram em ambiente natural valores de sulfato variando de 2,42 mg.L<sup>-1</sup> a 2,49 mg.L<sup>-1</sup>.

Quanto aos metais pesados, foram analisadas as amostras do lago de Balbina e da fonte de água subterrânea. Para todas as amostras, o magnésio foi o elemento mais abundante, seguido do alumínio e do bário. A água da fonte apresentou menor concentração de magnésio que as águas do lago, porém com maior concentração para o alumínio (Figura 2). Bringel *et al.* (2009) encontrou na Reserva Ducke valores Abaixo do limite de detecção <0.01.

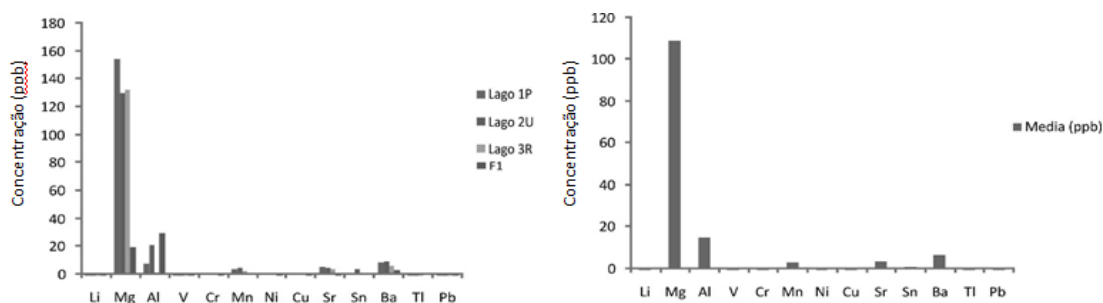


Figura 2. Concentrações de metais pesados em águas do lago de Balbina e fonte de água subterrânea no município de Presidente Figueiredo – AM.

Quanto às concentrações de urânio e tório nas águas, foi verificado que o tório apresenta valores abaixo do limite de detecção do equipamento. Com relação às concentrações de urânio e tório, o urânio apresentou valor de 2,1 ng/L na amostra Lago 1P, de 9,2 ng/L Lago 3R, de 12 ng/L no igarapé taboca, de 25 ng/L no igarapé sargento picanço e de 21 ng/L no igarapé coruja. As demais amostras apresentaram valores abaixo do limite de detecção. Na crosta terrestre, a distribuição do urânio e tório esta relacionada com as atividades magmáticas. Bonotto (1996) afirma que os teores de urânio nas águas subterrâneas (ppb) variam bastante dependendo da litologia e/ou proximidade das jazidas desses elementos, considerando-se muitas vezes como anômalos os valores acima de 4 µg/L.

Os valores dos cátions apresentaram, no primeiro período, concentrações de  $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$  para a amostra nº 05;  $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$  para as amostras nº 07 e 09 e  $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$  para as amostras nº 01, 02, 03, 04, 06, 08, 10, 11, 12, 13. Os cátions apresentaram concentrações nº  $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$  para as amostras nº 04 e 05 do segundo período e nº 01, 02, 03, 04 e 05 para o terceiro período. Apresentaram a sequência de nº  $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$  para as amostras nº 01, 02, 03, 06, 10, 12 e 13 para o segundo período e  $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$  para a amostra nº 14 no segundo período e nº 06 do terceiro período. Quanto aos ânions apresentaram no primeiro período concentrações de  $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$  para as amostras nº 07, 08, 09;  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$  para as amostras nº 10, 11, 12 e 13 e  $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$  para amostras nº 01, 02, 03, 04, 05 e 06. Os ânions no segundo e terceiro período apresentaram concentrações de  $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$  para a amostra 03 do segundo período;  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$  para as amostras nº 12 e 13 do segundo período;  $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$  para as amostras nº 01, 02, 04, 05, 06, 10, 11 e 14 do segundo período, e nº 01, 02, 03, 04, 05, e 06 do terceiro período. Silva (1996) estudando águas naturais de igarapés encontrou a sequência de  $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ , relação idêntica para as águas amostradas nos pontos nº 01, 02 e 03 no primeiro período amostras nº 01, 02, 04, 05, 06, 10, 11 e 14 do segundo período, e nº 01, 02, 03, 04, 05, e 06 do terceiro período. No geral, para todos os períodos amostrados, as sequências de cátions e ânions não se alteraram, sendo  $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$  e  $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ . Diferente, dos encontrados por Cunha e Pascoaloto (2006), nas águas do rio Urubu, que encontraram a sequência de  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} = \text{Na}^+ = \text{K}^+$ .

## CONCLUSÃO

As variáveis analisadas mostram que as águas superficiais dos igarapés, do lago de Balbina e da fonte de água subterrânea, em geral, são ácidas. Apenas as águas do lago de Balbina apresentaram uma tendência à basicidade motivada, provavelmente, pelo substrato rochoso da área de estudo. Todas as amostras apresentaram resultado de baixa condutividade elétrica e de concentrações de cátion e ânions. Quanto aos metais pesados, o magnésio foi o mais abundante, seguido do alumínio e do bário. As águas do lago de Balbina apresentaram as maiores concentração de metais.

## REFERÊNCIAS

- Bonotto, D.M. 1996. Comportamento hidrogeológico do  $^{222}\text{Rn}$  e isótopo de urânio  $^{238}\text{U}$  e  $^{234}\text{U}$  sob condições controladas de laboratório e em sistemas naturais. Tese (Livro de graduação) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 223P.
- BRINGEL, S.R.B. *et al* 2009. Relatório técnico solicitado pela Vara Especializada do Meio Ambiente e de questões agrárias. Manaus: INPA 95p.
- Campos, Z.D. 1994. Parâmetros físico-químicos em igarapé de água clara e preta ao longo da rodovia BR-174 entre Manaus e Presidente Figueiredo-AM. Manaus. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas-INPA/FUA. 90p.
- Castro, R.F. 2000. Composição Inorgânica de duas gramíneas no Distrito Industrial de Manaus – AM. Dissertação de Mestrado. Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 88p.
- CPRM. 1998. Recursos Minerais. Programa de Integração Mineral em Municípios da Amazônia. Manaus: CPRM. 30p.
- CONAMA Resolução Nº 357 de 17 de março de 2005. ([www.mma.gov.br/potrt/Conama/res/res05/res35705.pdf](http://www.mma.gov.br/potrt/Conama/res/res05/res35705.pdf)). Acessado em 28/01/2013.
- Horbe, A.M.C. 2008. Química de igarapés de água preta do nordeste do Amazonas – Brasil. *Acta Amazonica*, 38(4): 753 – 760.
- IBGE, 2013. Cidade (<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=130353#default>). Acessado em 02/01/2013.
- Leal, M.S. 1998. *Gestão ambiental de recursos hídricos: princípios e aplicações*. Rio de Janeiro: CPRM. 176p.
- Melo, E.G.F.; Silva, M.S.R.; Miranda, S.A.F. 2005. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus–Amazonas. ([www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/15445/873](http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/15445/873)). Acessado em (29/01/2013).
- Mendonça, R.B.S. 2004. Avaliação de parâmetros físico-químicos das águas do igarapé do Quarenta (Manaus – AM). Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 97p.
- Nascimento, C. do R.; Silva, M.S.R.; Bringel, S.R.B.; Cunha, H.B.; Miranda, S.A.F.; Pinto, A.G.N. 2005. Hidroquímica das águas de um igarapé sob diferentes graus de impactos, Manaus/AM. I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste.

- Nascimento, C.R. Silva; M.R.S. 2010. Alterações em parâmetros físicos e em concentrações de cátions e anions em uma micro-bacia hidrográfica de Manaus devido à expansão urbana. *Caminhos de Geografia, Uberlândia*, 11: 208 – 219.
- SEPLAN. 2007. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Perfil básico da Região Metropolitana de Manaus. Manaus: SEPLAN. 119p.
- Silva, S.L.; Ferreira, S.J.F.; Filho, A.O.M.; Vital. A.R.T.; Fajardo, J.D.V.; Miranda, S.A.F.; Oliveira, J.A.D.; Franken, W.K.; Barros, C.P. 2006. Características químicas de águas de superfície e Subterrânea em área de floresta primária na Amazônia Central. I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste.
- Tundisi, J.G. 2003. *Água no século XXI: Enfrentando a Escassez*. São Carlos: RiMa, IIE. 248p.