

IV-066 - RELAÇÃO ENTRE A OCUPAÇÃO DO SOLO E QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM-SP, BRASIL

Admilson Írio Ribeiro⁽¹⁾

Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Mestre e Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICT-UNESP)

Bruno Paes De-Carli⁽²⁾

Biólogo Marinho pela Universidade Santa Cecília (UNISANTA). Mestre em Ciências Ambientais no Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICT-UNESP). Doutorando de Ciências Ambientais no Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICT-UNESP)

Gerson de Araújo de Medeiros⁽³⁾

Engenheiro Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Mestre e Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICT-UNESP)

Jocy Ana Paixão de Sousa⁽⁴⁾

Engenheira Florestal pela Universidade Federal do Recôncavo Baiano (UFRB). Mestranda de Ciências Ambientais no Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICT-UNESP)

José Carlos de Souza⁽⁵⁾

Geógrafo pela Universidade Estadual de Goiás (UEG). Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Doutorando de Ciências Ambientais no Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICT-UNESP)

Endereço⁽¹⁾: Avenida Três de Março, 511 Bairro: Alto da Boa Vista CEP: 18087-180 - Sorocaba, SP e-mail: admilson@sorocaba.unesp.br

RESUMO

Expansões urbanas e agrícolas de forma desordenada podem comprometer seriamente os recursos hídricos. Nesse sentido, esse trabalho determinou se a ocupação do solo está associada as mudanças de qualidade da água na Bacia do Rio Jundiaí-Mirim, estado de São Paulo. Para isso, medições *in situ* por meio de sonda multiparâmetros e amostras de água para determinação de nutrientes foram realizadas em cinco pontos de amostragem durante os meses de setembro e outubro de 2016. Através de imagens de satélite e software de geoprocessamento, foram descritos os principais usos do solo. Os dados foram padronizados e o grau de relação entre as variáveis foi mensurado através da correlação de Pearson. Pode-se observar águas com pH ácido e elevada concentração de nutrientes. Verificou-se predomínio de pastagem (31%), seguida de reflorestamento (28%) e solo exposto (10%). Os resultados demonstram que as edificações rurais podem estar contribuindo com a piora da qualidade e a presença de matas pode ser um fator importante para controlar a poluição aquática.

PALAVRAS-CHAVE: Eutrofização, Recursos Hídricos, Geoprocessamento, Uso do solo, SIG.

INTRODUÇÃO

O gerenciamento de recursos hídricos compreende um conjunto de fatores quali-quantitativos, tomadas de decisão, ações preventivas e/ou corretivas. Assim, medidas disciplinadoras do uso do solo são imprescindíveis para a conservação hídrica. Desse modo, a qualidade da água está intimamente relacionada as atividades específicas que são desenvolvidas em toda a bacia (MERTEN, MINELA, 2002; TUNDISI, 2008; FERNANDES et al., 2011)

A Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí-Mirim localiza-se próximo a grandes centros urbanos e industriais, sendo o reservatório localizado em sua foz a principal fonte de abastecimento do município de Jundiaí. Além disso, cabe destacar sua representatividade em produção agrícola, o que tem contribuído para a valorização de suas terras e o processo de urbanização.

Não obstante, a escassez e os conflitos devido aos usos múltiplos, bem como a degradação da paisagem e a poluição hídrica fazem parte da realidade enfrentada por essa bacia, conforme investigado por diferentes estudos nela realizados (BEGHELLI et al., 2015; FENGLER et al., 2015; FRANÇA et al., 2014; BATALHA, 2006).

Com base no mencionado, o presente estudo teve por objetivo determinar a relação entre o uso do solo e a qualidade da água na Bacia do Rio Jundiá-Mirim, com o intuito de verificar a influência do entorno sobre as características físico-químicas da água.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia consistiu de inspeções durante os meses de setembro e outubro de 2016 por toda a Bacia do Rio Jundiá-Mirim, para o reconhecimento da área e delineamento amostral. Assim, foram selecionados cinco pontos de amostragem estratégicos para a análise da água e demarcação dos usos do solo (Tabela 1)

Nos cinco locais, a temperatura (TEMP, pH, potencial redox (ORP), condutividade elétrica (CE), turbidez (TURB), oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais (TDS) foram registrados *in situ* por meio de sonda multiparâmetros Horiba U-50. A análise de fósforo total foi realizada por meio de digestão de amostras de água não filtrada com 5,0 ml de persulfato de potássio, 2,0 ml de hidróxido de sódio e 0,5 ml de molibdato. Para o nitrogênio total, adicionou-se persulfato nas amostras de água bruta para digestão. Os procedimentos foram realizados com espectrofotômetro (Modelo Hach) no laboratório de Biologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Sorocaba.

Tabela 1: Pontos de amostragem, coordenadas geográficas e respectivas descrições da área de estudo

Pontos	Coordenadas UTM		Descrição
	Latitude	Longitude	
P1	7444334	318320	Transposição do rio Jundiá-Mirim com o rio Atibaia
P2	7442974	318456	Ponte próxima a área de pastagens, nascentes e matas
P3	7435749	314551	Confluência do rio Jundiá-Mirim com corpo d'água sem denominação
P4	7439129	315094	Área próxima à horticultura
P5	7439058	307464	Entrada de água para o reservatório

O mapeamento do uso do solo foi realizado através do software de geoprocessamento ArcGis 10.3® por classificação supervisionada e vetorização manual (ESRI, 2014). Imagens obtidas do Google Earth Pro® de junho de 2016 foram georreferenciadas e vetorizadas para definição das classes de cobertura do solo. As áreas vetorizadas compreendem um raio de 500 metros tomando como referência os pontos coletados em campo por navegador GPS. Os mapas foram elaborados no sistema de projeção UTM e Datum SIRGAS 2000 zona 23 Sul.

Os dados foram relacionados com os limites definidos pela resolução CONAMA 357 de 2005 (CONAMA, 2005). Avaliou-se a relação das variáveis do solo e da água por meio da correlação de Pearson (r). Por apresentar unidades diferentes, os dados foram padronizados. As análises estatísticas foram realizadas com nível de significância de 0,05 (95%) por meio do software PAST (Palaeontological Statistics, versão 2.16).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um sumário das variáveis limnológicas está representado na Tabela 2. A temperatura da água variou de 18,55 °C a 23,01 °C. A temperatura influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade (ESTEVEES, 2011). Os corpos d'água podem apresentar variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar poluição térmica.

Para o pH, os valores oscilaram entre 4,77 até 6,46. Nos ecossistemas aquáticos com baixo pH, pode ocorrer elevadas concentrações de ácidos de origem alóctone e autóctone. O pH e a condutividade são influenciados por solos intemperizados e a litologia da área. Além disso, a presença de matéria orgânica e a precipitação pluvial causam alteração no potencial hidrogeniônico (SILVA et al., 2011; ABREU, MAIA, 2002).

Tabela 2: Variáveis limnológicas mensuradas nos pontos de amostragem na Bacia do rio Jundiá-Mirim. Legendas: Média (\bar{X}), mínimo (Min), máximo (Max), coeficiente de variação (CV)). Os dados sublinhados indicam valores acima do máximo permitido pela resolução CONAMA 357 de 2005 (VMP).

Pontos/Variáveis	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	Max	Min	CV (%)	VMP
Temp (°C)	20,55	18,55	19,81	22,23	23,01	20,83	23,01	18,55	7,7	-
pH	<u>4,77</u>	<u>5,33</u>	<u>5,39</u>	6,46	6,31	<u>5,65</u>	6,46	4,77	11,3	6,0-9,0
ORP (mV)	261	252	263	414	247	287	414	247	22,1	-
CE (μ S/cm)	58	77	80	205	145	113	205	58	48,3	-
TURB (UNT)	14,4	3,9	9,8	8,0	37,0	14,6	37	3,9	79,9	< 40 UNT
OD (mg/L)	6,94	8,62	7,66	6,07	7,12	7,28	8,62	6,07	11,6	> 6,0 mg/L
TDS (mg/L)	39	50	52	133	94	73,6	133	39	43,6	500 mg/L
NT (mg/L)	0	3	7	2	0	2,4	7	0	120	-
PT (mg/L)	<u>0,27</u>	<u>0,26</u>	<u>0,26</u>	<u>0,26</u>	<u>0,27</u>	<u>0,26</u>	0,27	0,26	2,1	0,1 mg/L
N/P	0,0	25,5	59,6	17	0,0	20,4	59,6	0,0	120	-

No P1 foram observados a presença de reflorestamento de eucalipto e pecuária, atividades que por sua vez podem ter contribuído no carregamento de matéria orgânica tornando o pH mais ácido (OLIVEIRA, SOUZA, 2011). Os pontos 1, 2 e 3 apresentaram valores de pH fora do limite mínimo preconizado pela resolução CONAMA 357 de 2005.

O potencial redox (ORP) variou de 252 mV a 414 mV com maior valor registrado no P4. Valores positivos de ORP indicam condições oxidantes, enquanto que valores negativos indicam disponibilidade de elétrons ou condições redutoras. Muitas reações de importância na natureza envolvem tanto elétrons como prótons, o que faz com que sejam governadas tanto pelo pH como pelo ORP. Dependendo destas duas variáveis, ferro, manganês, carbono, nitrogênio e enxofre, entre outros elementos, podem alterar drasticamente sua mobilidade e, em alguns casos, a toxicidade num dado compartimento ambiental. Valores acima de 100 mV podem indicar a presença de diferentes formas de nitrogênio no meio aquático (JARDIM, 2014; MATOS et al., 2010).

A condutividade elétrica (CE) variou de 58 μ S/cm a 205 μ S/cm. A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 μ S/cm indicam ambientes impactados (ANA, 2016; CETESB, 2009). Assim como observado para o ORP, o maior valor de condutividade foi registrado P4, indicando possível lançamento de esgoto e poluição difusa. A baixa condutividade encontrada na amostra do ponto 1 pode ter relação com o aumento da vazão do fluxo e a diluição de substâncias devido a transposição de água do rio Atibaia.

A turbidez da água oscilou de 3,90 UNT a 37,00 UNT sendo o maior valor registrado na entrada de água do reservatório (P5). A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água (ARCOVA et al., 1993). A alta turbidez observada na entrada do reservatório do rio Jundiá-Mirim pode estar relacionado provavelmente ao reduzido volume de água observado no dia da coleta, aumentando a concentração de sólidos em suspensão. A erosão das margens dos rios que é intensificada pelo mau uso do solo em estações chuvosas, os esgotos domésticos e efluentes industriais também podem resultar em aumento da turbidez das águas.

As concentrações de sólidos em suspensão variaram de 39,00 mg/L até 133 mg/L. Nos estudos de controle de poluição das águas naturais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos). Sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado (MAIER, 1987). Como observado para sólidos, ORP e CE, o P4 apresentou os maiores valores, indicativo de interferência antrópica.

As concentrações de fósforo total oscilaram de 0,26 a 0,27 mg/L, com pouca variação espacial (CV = 2,1%). Cabe ressaltar que todos os valores registrados estiveram acima do limite máximo permitido para águas Classe 1 (0,1 mg/L). Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial de ecossistemas aquáticos. O excesso de fósforo é consequência de atividades como descarga de esgotos domésticos, descargas industriais e agrícolas (NOGUEIRA et al., 2009).

Para o nitrogênio total, os valores ficaram entre 3,0 mg/L a 7,0 mg/L. A razão entre N/P variou entre 17,03 e 59,61 indicando que o nutriente limitante no ambiente aquático foi o fósforo total. O lançamento de esgoto doméstico sem tratamento prévio, por exemplo, pode aumentar significativamente os teores de nitrogênio nos corpos receptores. A determinação de nitrogênio tem sido usada para avaliar o nível de poluição dos ambientes aquáticos. Altas concentrações de nitrogênio das águas da Bacia do Rio Jundiá-Mirim podem estar relacionados a práticas agrícolas e falta de saneamento. O nitrogênio é muito encontrado misturado ao oxigênio e/ou ao hidrogênio utilizado em fertilizantes.

Os teores de oxigênio dissolvido variaram de 6,94 mg/L a 8,62 mg/L. As concentrações de oxigênio nas amostras analisadas podem ter relação com diferentes variáveis e situações. A transposição de água do rio Atibaia para a bacia do rio Jundiá-Mirim contribui com a oxigenação devido à agitação produzida pela queda hidráulica, assim como o movimento do fluxo no percurso do rio com o aumento da vazão. Outras condições que podem contribuir com o aumento ou a diminuição do OD são as alterações topográficas que podem estancar ou mover o fluxo. Em águas correntes o conteúdo de oxigênio pode variar devido a alterações em suas características ambientais e em consequência das condições climáticas.

Foi possível observar que as áreas de pastagem (31%) predominaram, seguidas por reflorestamento (28%) e solo exposto (10%) (Figura 1). Observa-se uma tendência constante de deterioração da qualidade ambiental da vegetação natural nas últimas décadas, atribuída ao intenso processo de ocupação da bacia hidrográfica do Jundiá-Mirim (FENGLER et al., 2015). No P1 foi constatada maior porcentagem de solo exposto, seguida de pastagens e reflorestamento. No P2 verificou-se o predomínio de reflorestamento e pastagens assim como no P3 e P4. No P5 verificou-se o predomínio de áreas com linhas de transmissão e reflorestamento.

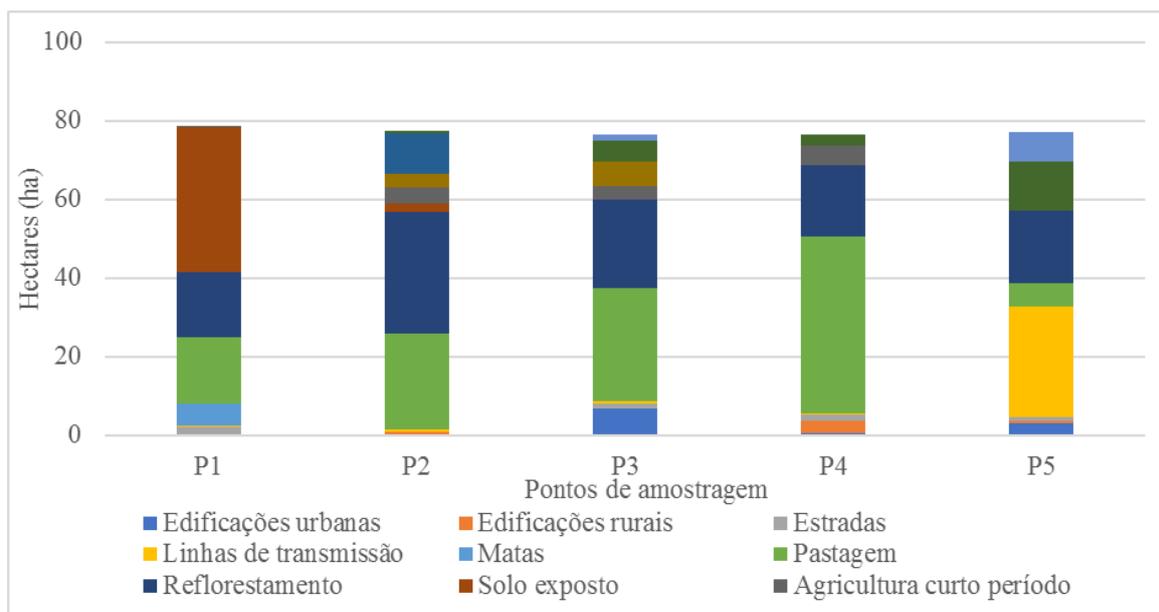


Figura 1: Usos/ocupação do solo (em hectares – ha) e parâmetros demográficos (km²) no entorno dos pontos de amostragem na Bacia do Rio Jundiá-Mirim.

Na Tabela 4 estão apresentadas as correlações da qualidade da água com o entorno da Bacia do Rio Jundiá-Mirim. Pode-se verificar que a classe de edificações rurais apresentou o maior número de correlações positivas significativas com ORP, CE e TDS. No ponto 4 registrou-se os maiores valores de ORP, CE e TDS podendo ser reflexo de seu entorno (solo exposto e agrícola). Esses fatores podem indicar o descarte de esgoto *in natura* devido à ausência de fossas sépticas. Além disso, por meio do ciclo hidrológico, as chuvas precipitadas sobre as vertentes irão formar o deflúvio (escoamento) superficial carreando sedimentos e poluentes para a rede de drenagem.

Tabela 4: Correlações das classes do uso do solo e densidade populacional com as variáveis limnológicas. Os valores em negrito indicam correlação significativa a 5%.

Variáveis	TEMP	pH	ORP	CE	NTU	OD	TDS	N	P
Edificações urbanas	0,01	0,05	-0,30	-0,13	0,22	0,15	-0,14	0,69	-0,14
Edificações rurais	0,45	0,78	0,88	0,90	-0,15	-0,53	0,90	-0,18	-0,39
Estradas	0,39	-0,20	0,12	-0,04	0,23	-0,66	-0,03	-0,16	0,49
Linhas de transmissão	-0,08	-0,69	-0,20	-0,50	-0,00	-0,20	-0,49	-0,46	0,61
Matas	-0,43	0,02	0,54	0,14	-0,84	0,02	0,13	0,76	-0,93
Pastagem	-0,68	-0,24	-0,60	-0,48	-0,19	0,95	-0,49	0,50	-0,39
Reflorestamento	-0,13	-0,72	-0,23	-0,53	-0,04	-0,14	-0,52	-0,46	0,59
Solo exposto	-0,53	0,09	0,36	0,10	-0,78	0,32	0,10	0,76	-0,99
Agricultura curto período	-0,66	-0,33	-0,33	-0,46	-0,43	0,62	-0,47	0,95	-0,61
Agricultura longo período	-0,70	-0,25	-0,27	-0,32	-0,45	0,79	-0,33	0,11	-0,40
Campos	0,60	0,54	-0,30	0,28	0,87	-0,05	0,27	-0,08	0,38
Várzea	0,63	0,49	-0,36	0,24	0,94	-0,05	0,24	-0,31	0,55
Vias asfaltadas	0,08	0,50	0,12	0,32	0,02	0,09	0,31	0,73	-0,56

CONCLUSÕES

Com relação às águas da Bacia do Rio Jundiá-Mirim, pode-se observar pH ácido e características oxidantes. Em todas as localidades, os teores de fósforo total estiveram acima do limite permitido pela legislação vigente, podendo contribuir com o processo de eutrofização. O nitrogênio foi relacionado com as práticas agrícolas de curto período e as regiões de matas podem favorecer a qualidade ambiental do recurso hídrico. Medidas como a redução do uso de agroquímicos, a implementação de saneamento básico em áreas urbanas e rurais, além de práticas conservacionistas na agricultura, devem ser adotadas para garantir águas com qualidade e quantidade para consumo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, R. M. M.; MAIER, M. H. 1992. Bacia do rio Acre (67°-71 W, 09°-11° S, Acre, Brasil) - Aspectos ecológicos: limnologia, fisiografia e clima. *Boletim do Instituto de Pesca*, 19: 39-47
2. ANA – Agência Nacional de Águas. 2016. Indicadores de Qualidade. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>. Acesso em: 19/11/2016.
3. ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.de.; SHIMOMICHI, P.Y. 1993. Qualidade da água e dinâmica dos nutrientes em a bacia hidrográfica recoberta por floresta de Mata Atlântica, *Revista Instituto Florestal de São Paulo*, 5(1):1-20.
4. BATALHA, R.M.P. 2006. Expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos na Bacia do Rio Jundiá-mirim. Dissertação (mestrado) em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas. 90p.
5. BEGHELLI, F.G.S.; CARVALHO, M.E.K.; PECHE-FILHO, A. MACHADO, F.H.; MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M.L.M; RIBEIRO, A.I.; MEDEIROS, G.A. 2015. Uso do índice de estado trófico e análise rápida da comunidade de macroinvertebrados como indicadores da qualidade ambiental das águas na bacia do rio Jundiá-Mirim – SP – BR. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 19(1):13-22.
6. CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2009. Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso: 08/11/2016
7. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, Ministério do Meio Ambiente, 2005.
8. ESRI. 2014. Economic and Social Research Institute. ArcGIS. 2014. Redlands, CA: 2014.
9. ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 3Ed. Interciência, Rio de Janeiro. 2011.
10. FENGLER, F.H.; MORAES, J.F.L.; RIBEIRO, A.I.; PECHE-FILHO, A.; STORINO, M.; MEDEIROS, G.A. 2015. Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim entre 1972 e 2013. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(4):402-408.
11. FERNANDES, M. M.; CEDDIA, M.B.; RAMOS, G.M.; GASPARG, A.; MOURA, M.R. 2011. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Glória, Macaé – RJ. *Engenharia Ambiental*, E.S. Pinhal, 8(2):105-116.

12. FRANÇA, L. V. G. et al. 2014. Modelagem Fuzzy Aplicada à Análise da Paisagem: Uma proposta para o diagnóstico ambiental participativo. *Fronteiras*, Anápolis, 3(3), p. 124-141.
13. JARDIM, W.F. 2014. Medição e interpretação de valores do potencial redox (EH) em matrizes ambientais. *Química Nova*, 37(7): 1233-1235
14. MAIER, M.H. 1987. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55" - 48°55"W; 22°30" - 21°55"S - Brasil): qualidade da água do rio principal. *Ciência e Cultura*, 39(2): 164-185.
15. MATOS, A.T. de.; FREITAS, W.D.S.; BRASIL, M.S.; BORGES, A.C. 2010. Influência da espécie vegetal cultivada nas condições redox de sistemas alagados construídos. *Engenharia Agrícola*, 39(3): 518-526.
16. MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. 2002. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, 3(4): 33-38.
17. NOGUEIRA, B.L.; WOTTER, S.E.T.; NIENCHESKI, L.F.H.; MILANI, M.R. 2009. Determinação de nitrogênio total por análise em fluxo (fia) em amostras de água. IN: 49º Congresso Brasileiro de Química, Porto Alegre, 2009.
18. OLIVEIRA, A.B.; SOUZA, L.D. 2011. Aumento do teor de fósforo e nitrogênio e eutrofização nas águas da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró. IN: 4º Congresso Norte-Nordeste de Química e 2º Encontro Norte-Nordeste de Ensino de Química.
19. SILVA, A.E.P.; ANGELIS, C.F.; MACHADO, L.A.T.; WAICHAMAN, A.V. 2008. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta Amazonica*, 38(4): 733-742.
20. TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.