



Monitoramento da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Rio Siriri/SE: resultados preliminares

Amanda de Azevedo Gonçalves^{1}; Marcus Aurélio Soares Cruz²; Julio Roberto Araujo de Amorim³; Ricardo de Aragão⁴; Paulo Vinícius Melo da Mota⁵*

Resumo – A sub-bacia hidrográfica do Rio Siriri, afluente do Rio Japarutuba no estado de Sergipe, destaca-se por sua diversidade no uso da terra, possuindo: atividades de exploração mineral (petróleo e potássio); agropecuária (cana-de-açúcar e pastagens); industrial (fertilizantes e agroenergia); e zonas urbanas. O monitoramento das variáveis da qualidade da água nos rios pode ser utilizado como indicador para mensurar a influencia das atividades antrópicas na qualidade ambiental do corpo hídrico. O presente estudo objetivou avaliar a variação nos níveis de temperatura, pH, turbidez, clorofila a, fósforo total (P_{tot}), nitrogênio total (N_{tot}) e oxigênio dissolvido (OD) no Rio Siriri, por meio de coletas e análises laboratoriais de amostras de água, visando estabelecer relações entre as alterações de uso e cobertura da terra e a qualidade da água na sub-bacia. Para tanto, foram realizadas análises estatísticas exploratórias e verificados os limites da legislação ambiental. As amostras indicam uma queda da qualidade da água na sub-bacia no sentido de montante para jusante, resultado provável da presença de esgotos urbanos e da ausência de matas ciliares; excetua-se o nitrogênio total, que apresenta maiores concentrações na parte alta da bacia, o que pode estar relacionada à poluição difusa proveniente de atividades agrícolas.

Palavras-chave - qualidade da água, impactos ambientais, análise estatística.

Water quality monitoring in the Siriri river basin/SE: preliminary results

Summary - The Siriri river sub-basin, a tributary of the Japarutuba river in Sergipe state, stands out for its diversity in land use: mineral exploration (oil and potassium); agriculture (sugarcane and pasture); industrial (fertilizers and agro-energy); and urban areas. Such activities impact the water resources of this sub-basin and continuous monitoring of water quality parameters and nutrient concentrations can be used as an indicator to measure the influence of human activities on the quality of water resources. In this sense, this study evaluated the variation of temperature, pH, turbidity, chlorophyll a, total phosphates (P_{tot}), total nitrogen (N_{tot}) and dissolved oxygen (DO) in the Siriri river, taking water samples and conducting laboratory tests. Statistical analyses were performed trying to evaluate a relation between land use and water quality variables. The results indicated a decline in water quality in the sub-basin toward downstream, probability related to the presence of urban sewage and the lack of riparian forests. In this case, the parameter total nitrogen had a different spatial behavior, with higher concentrations in the upper basin, which can be related to diffuse pollution from agricultural activities.

Keywords - water quality, environmental impacts, statistical analysis.

¹ Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, UFS, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, amanda_engambiental@hotmail.com;

² Pesquisador Embrapa Tabuleiros Costeiros, Avenida Beira Mar 3250, Jardins, Aracaju, SE, CEP 49025-040, marcus.cruz@embrapa.br;

³ Pesquisador Embrapa Tabuleiros Costeiros, Avenida Beira Mar 3250, Jardins, Aracaju, SE, CEP 49025-040, julio.amorim@embrapa.br;

⁴ Professor Associado, UFPA, Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Areia, Paraíba, CEP 49025-040, ricardoaragao@yahoo.com;

⁵ Graduando em Geologia, UFS, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP 49100-000, paulovin@live.com;



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca por seus recursos hídricos; no entanto, algumas regiões do país sofrem com a distribuição irregular da água doce na superfície e a má qualidade da água, muitas vezes ocasionadas por ações antrópicas. A qualidade das águas em uma bacia está diretamente relacionada ao manejo e uso das terras nessa bacia, visto que a ocupação do solo e o tipo de uso determinam os contaminantes presentes; e a capacidade de assimilação das cargas poluentes é definida, sobretudo, pelo tamanho e tipo do recurso hídrico de destino (Bollmann et al., 2006). Assim, fertilizantes e pesticidas empregados nas atividades agrícolas são carregados pela chuva e pelo escoamento superficial, causando alterações nos parâmetros físico-químicos da água. Além disso, o lançamento dos efluentes domésticos e industriais sem tratamento impactam a qualidade das águas dos rios, comprometendo a saúde da população e o desenvolvimento adequado dos organismos aquáticos.

A Resolução CONAMA/357 de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005) estabelece que, para manter as condições e padrões de qualidade de um corpo hídrico visando atender a uma proposta de enquadramento, deve-se monitorá-lo periodicamente mediante um conjunto de parâmetros de qualidade da água. Parâmetros físicos, químicos e biológicos são necessários para a caracterização da qualidade da água, realizada por meio de coletas de amostras e análises laboratoriais, ou seja, a caracterização espacial e temporal do corpo d'água amostrado (Rolim et al., 2013).

A sub-bacia hidrográfica do Rio Siriri destaca-se por sua diversidade no uso e ocupação do solo, citando-se, por exemplo: cultivo de cana-de-açúcar, de capim forrageiro, pastagem, atividades agrícolas, centros urbanos e atividades de exploração mineral. A água é utilizada principalmente para a lavagem de roupas, banho, dessedentação de animais, abastecimento humano e irrigação. Essas atividades geram impactos negativos na qualidade da água dos corpos hídricos, devido ao aumento da concentração de nutrientes, diminuição de oxigênio, multiplicação exagerada de algas, formação de bancos de sedimentos no leito do rio, redução da vazão, proliferação de doenças, impacto visual, odor no período seco e elevação no custo do processo de tratamento da água para abastecimento humano. Neste sentido, o presente estudo objetivou avaliar a variação nos níveis de pH, temperatura, turbidez, clorofila a, fósforo total (P_{tot}), nitrogênio total (N_{tot}) e oxigênio dissolvido (OD) nas águas do Rio Siriri, por meio de coletas e análises laboratoriais de amostras de água, visando estabelecer relações entre as alterações no uso e ocupação da terra e a qualidade da água nessa sub-bacia.

MATERIAIS E MÉTODO

Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Japarutuba - terceira menor bacia hidrográfica do estado de Sergipe – nasce na Serra da Boa Vista, entre os municípios de Feira Nova e Graccho Cardoso e deságua no oceano Atlântico, no município de Pirambu. O rio Siriri é o principal afluente do rio Japarutuba pela margem direita e sua sub-bacia hidrográfica está localizada entre as coordenadas geográficas 37° 12' 52" O, 10° 24' 20" S e 36° 54' 22" O, 10° 45' 44" S, com cerca de 429 km², (Figura 1) (Aragão et al., 2014).



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

A sub-bacia hidrográfica do Rio Siriri tem apresentado sinais de queda de sua qualidade ambiental, principalmente relacionados aos impactos sobre os recursos hídricos, como alterações de regime hidrológico e da qualidade das águas. Essas mudanças podem ser reflexo das atividades agrícolas e de extração mineral presentes na bacia (Aragão et al., 2014). Nove municípios fazem parte da bacia (Divina Pastora, Maruim, General Maynard, Santo Amaro das Brotas, Carmópolis, Pirambu, Nossa Senhora das Dores, Siriri e Rosário do Catete), sendo Nossa Senhora das Dores, Siriri e Rosário do Catete os maiores centros urbanos (Figura 1).

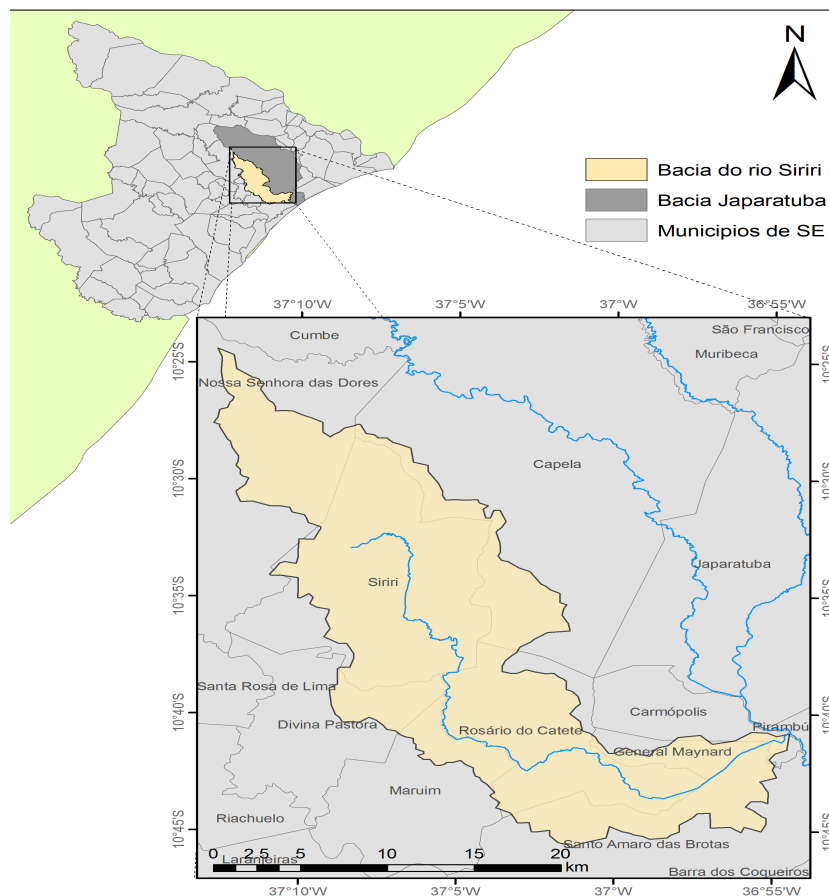


Figura 1 - Localização da sub-bacia do Rio Siriri no estado de Sergipe (Fonte: EMBRAPA, 2012)

A precipitação média anual sobre a bacia varia de 1.500 mm, próximo à sua foz no Rio Japarutuba, a 700 mm na sua porção extrema noroeste. O período chuvoso ocorre entre os meses de maio e agosto (Cruz et al., 2012). O clima varia de subúmido a úmido, na região da foz do Rio Japarutuba, subúmido a seco, na região do médio Japarutuba, e semiárido, na região do alto Japarutuba. Da área total da bacia, 9,63 % pertencem à região semiárida, 30,18 %, a porção litoral úmido e 60,17 % estão localizadas no agreste (Aragão e Almeida, 2009). Os solos predominantes são os Argissolos, com ocorrência de Latossolos, Vertissolos e Gleissolos. O uso do solo é caracterizado pela existência de áreas urbanas e rurais, polos industriais e intensa exploração de petróleo e de potássio (Cruz et al., 2012; EMBRAPA, 2012).



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

Para analisar a qualidade das águas no Rio Siriri, foram selecionados cinco pontos para a coleta de amostras de água, incluindo dois em que há monitoramento de vazão pela Agência Nacional de Águas (ANA), estações Siriri (cod. 50046000, ~140 km²) e Rosário do Catete (cod. 50047000, ~308 km²). Na Figura 2, apresenta-se a localização dos pontos de coleta na sub-bacia e na Tabela 1, suas características principais. Os pontos foram selecionados levando-se em consideração o acesso, a proximidade de aglomerados urbanos, áreas agrícolas e também de plantas industriais.

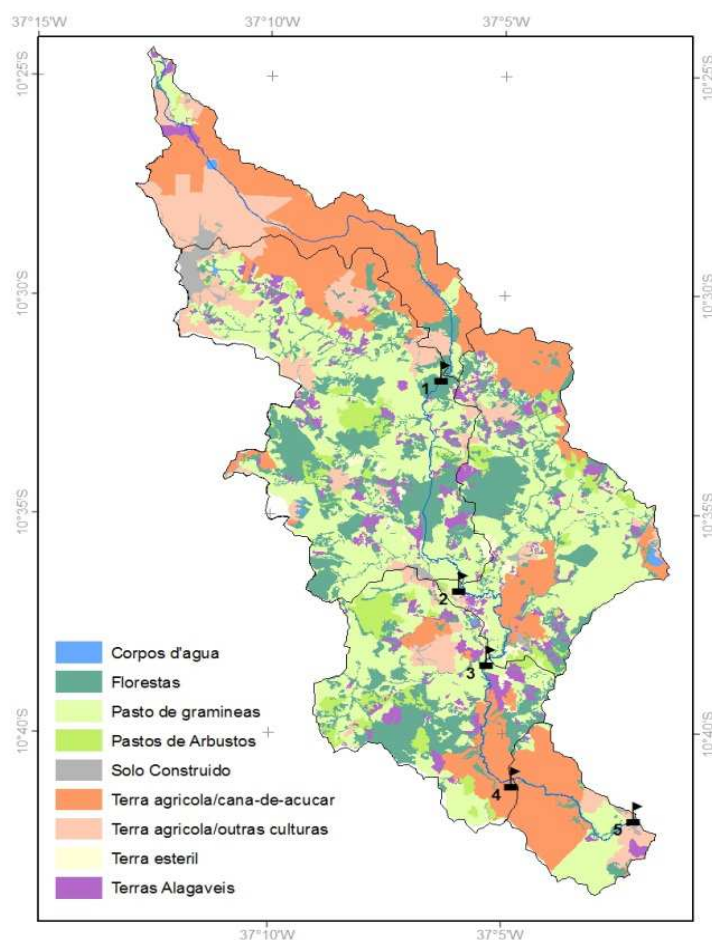


Figura 2 - Localização dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do Rio Siriri

Tabela 1 - Pontos de Coleta e suas respectivas coordenadas.

Pontos	Descrição	Município	Latitude	Longitude	Área (km ²)
1	Riacho Sangradouro	Siriri	10° 31' 46.4" S	37° 6' 18.9" W	46,7
2	Rio Siriri	Siriri	10° 36' 34.2" S	37° 5' 54.6" W	156,1
3	Rio Siriri	Siriri	10° 38' 15.4" S	37° 5' 18.5" W	228,1
4	Rio Siriri	Rosário do Catete	10° 41' 2.2" S	37° 4' 45.6" W	286,1
5	Rio Siriri	Rosário do Catete	10° 41' 49.0" S	37° 2' 8.7" W	307,8

As coletas foram realizadas no período de outubro de 2014 a abril de 2015, sendo realizadas sete campanhas até o presente momento de um total previsto de 12 meses. Os parâmetros avaliados foram: temperatura, pH, turbidez, nitrogênio total (N_{tot}), fósforo total (P_{tot}), oxigênio dissolvido



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

(OD) e clorofila a. Os valores foram obtidos por meio do uso de uma sonda multiparamétrica modelo Aquared AP 2000 (temperatura, pH, turbidez e OD), bem como análises laboratoriais segundo metodologias recomendadas por *Standard Methods* (Clesceri & Greenberg, 2005). As amostras coletadas foram analisadas no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS). A Resolução CONAMA 357/05 foi utilizada como parâmetro para avaliação ambiental da qualidade dos recursos hídricos visando a caracterização do estado das águas ao longo do ano. Foram utilizadas análises exploratórias estatísticas para buscar correlacionar os resultados iniciais com as características das sub-bacias contribuintes aos pontos monitorados, para tanto se fez uso de planilha de cálculo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, apresentam-se os valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação para todas as variáveis medidas nos cinco pontos da sub-bacia hidrográfica do Rio Siriri durante sete coletas. Observa-se que, considerando-se os valores finais totais para os parâmetros de qualidade da água avaliados, as variáveis situaram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA/357 relativos à Classe 1, com exceção de OD, cujo valor ficou um pouco abaixo do limite para esta Classe (6 mg/L). Tal comportamento poderia indicar que as águas do Rio Siriri são próprias para usos nobres; porém, cabe aqui uma análise mais pontual e deve-se ressaltar que não foram avaliadas, neste estudo, todas as variáveis necessárias a esta conclusão. A variação dos valores das variáveis no tempo e espacialmente pode ser considerada baixa, ao avaliar os coeficientes de variação totais. Isso pode estar relacionado ao fato de as campanhas de coletas terem se concentrado no período de poucas chuvas, com expectativa de alteração nesse comportamento já nas próximas campanhas, em virtude do início do período de maiores alturas pluviométricas na região.

Em uma análise mais detalhada, verificou-se que a variável OD, juntamente com a clorofila a, apresentaram valores em desacordo com os limites definidos pela Resolução CONAMA, para águas da Classe 1, para os pontos 3 e 5, e com valores críticos em 5. Além disso, o valor de OD também se mostrou baixo no ponto 4, no qual o valor de clorofila a apenas aproximou-se do limite estabelecido (10 µg/L). No ponto 5, também foram observados os maiores valores para as concentrações de fósforo total (P_{tot}), sendo o único local em que o limite definido pela Resolução para ambientes intermediários (0,05 mg/L) foi ultrapassado. As cargas de P_{tot} geralmente estão associadas também à presença de sólidos em suspensão nos rios, ou seja, refletindo a sua turbidez. Observa-se que, ainda que os valores de turbidez não tenham ultrapassado os limites da Resolução, esta se mostrou crescente no sentido de do ponto 1 para o ponto 5, e deve-se considerar que o período de amostragem ainda está concentrado na época seca. Este comportamento mostra que o Rio Siriri, neste período de poucas precipitações, apresenta-se rico em nutrientes nesses locais, com condições propícias à proliferação de algas e microorganismos que consomem nutrientes utilizando o oxigênio dissolvido das águas. Como há nessa época uma redução do escoamento turbulento em alguns trechos do rio associado ainda ao seu assoreamento, sem a consequente troca e aeração da água pela baixa frequência de chuvas no período, as concentrações de OD podem cair, atingindo níveis muito baixos, como ocorrido no ponto 5, que em uma das coletas registrou valor próximo a 3,0 mg/L, que já representa risco à vida das comunidades aquáticas. Observa-se pelos gráficos da Figura 3B, C, D e F, que turbidez, clorofila a, fósforo total e OD, apresentaram comportamentos relacionados, considerando os sentidos de montante para jusante na sub-bacia. À medida que se avança no sentido das cabeceiras ao exutório da sub-bacia, as concentrações de P_{tot} , clorofila a e



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

turbidez vão aumentando e há o decaimento na presença de oxigênio dissolvido na água. Certamente isto está relacionado à presença de nutrientes nos esgotos domésticos despejados e nos sedimentos do Rio neste trecho da sub-bacia, onde estão localizados os centros urbanos dos municípios de Siriri e Rosário do Catete.

A variável nitrogênio total (N_{tot}) (Figura 3-E) mostrou comportamento diverso, com as maiores concentrações ocorrendo no ponto 1 e variação nos demais pontos, com redução gradual nos pontos 2 e 3 e novo aumento médio para os pontos 4 e 5. No entanto, observa-se que os valores médios obtidos ficaram situados sempre abaixo do limite definido pela resolução, que varia de acordo com o pH (3,7 mg/L para $pH < 7,5$), ainda que em algumas coletas este limite tenha sido ultrapassado no ponto 1. Este comportamento pode ser atribuído à poluição difusa, decorrente da presença de atividade agrícola intensa na área contribuinte ao ponto 1 com elevadas taxas de aplicação de fertilizantes. Nesta área contribuinte a atividade agrícola responde por 85% da ocupação. Mesmo que as coletas ainda não contemplaram os períodos chuvosos, ocorreram algumas precipitações esporádicas no período e há a presença de irrigação em alguns locais, o que provoca o carreamento de sólidos para o Rio que transportam estes nutrientes.

As variável pH (Figura 3-A) mostrou baixa variabilidade ao longo do trecho em estudo, apenas com valor inferior no ponto 1, no entanto, sempre situou-se dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA. Tal fato pode estar relacionado à presença maior de compostos nitrogenados neste local, que pode produzir ácidos orgânicos e diminuir o valor do pH da água. A temperatura da água apresentou pequena variação, com aumento de montante para jusante, no entanto, deve-se atribuir esta característica ao horário da realização das coletas, sempre iniciadas no começo da manhã e concluídas à tarde, partindo do ponto 1 até o ponto 5.

Ainda com relação à turbidez, percebe-se em campo que os trechos do rio que apresentam maiores valores mostram-se mais desprotegidos atualmente no que se refere à presença de matas ciliares. Além disso, os tipos de solos predominantes na porção centro-jusante da sub-bacia (pontos 3, 4 e 5) apresentam maior vulnerabilidade à erosão, como os Neossolos Flúvicos, enquanto que à montante predominam os Argissolos.

CONCLUSÕES

1. As variáveis médias totais relativas à qualidade da água na sub-bacia do rio Siriri situaram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA/357 considerando-se a Classe 1, com exceção de OD, que ficou um pouco abaixo do limite, em virtude das concentrações no ponto 5;
2. As variáveis apresentaram baixos coeficientes de variação, o que pode ter resultado do período de realização das campanhas de coletas até o momento, com baixa ocorrência de precipitações pluviais e pouca variação de nível no rio;
3. O ponto de coleta 5 apresentou concentrações críticas para fósforo total e clorofila a, além dos maiores valores para turbidez, e consequentemente, menores valores de OD. Tal resultado atribui-se à presença de esgotos domésticos dos centros urbanos neste trecho da sub-bacia e à baixa presença de mata ciliar com elevação da carga de sedimentos na água;



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

Tabela 2 – Análise estatística exploratória das variáveis de qualidade da água monitoradas em cinco pontos e na sub-bacia do Rio Siriri/SE

PONTOS	P1			P2			P3			P4			P5			BACIA		
PARÂMETROS	M	DP	CV	M	DP	CV	M	DP	CV	M	DP	CV	M	DP	CV	M	DP	CV
Temperatura (°C)	25,57	0,47	0,02	25,96	0,83	0,03	26,13	0,63	0,02	26,40	0,84	0,03	26,84	1,00	0,04	26,18	0,75	0,03
pH	6,87	0,20	0,03	7,38	0,17	0,02	7,26	0,20	0,03	7,34	0,18	0,03	7,39	0,21	0,03	7,25	0,19	0,03
Turbidez (UNT)	3,40	2,11	0,62	9,90	10,96	1,11	16,91	16,55	0,98	18,21	25,23	1,39	22,20	22,47	1,01	14,13	15,46	1,09
Clorofila a (µg/L)	2,29	0,90	0,39	2,27	0,81	0,36	10,32	20,93	2,03	7,70	13,16	1,71	13,37	28,37	2,12	7,19	12,83	1,79
P _{tot} (mg/L)	0,01	0,01	0,37	0,02	0,02	0,87	0,03	0,03	0,98	0,04	0,03	0,95	0,07	0,03	0,47	0,03	0,02	0,71
N _{tot} (mg/L)	2,49	1,42	0,57	1,45	1,18	0,81	0,66	20,93	31,48	0,90	13,16	14,69	1,05	28,37	27,04	1,31	13,01	9,92
OD (mg/L)	6,88	1,21	0,18	6,88	0,72	0,10	5,79	0,99	0,17	5,09	0,55	0,11	5,03	1,17	0,23	5,93	0,93	0,16

M – Média; DP – Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação.

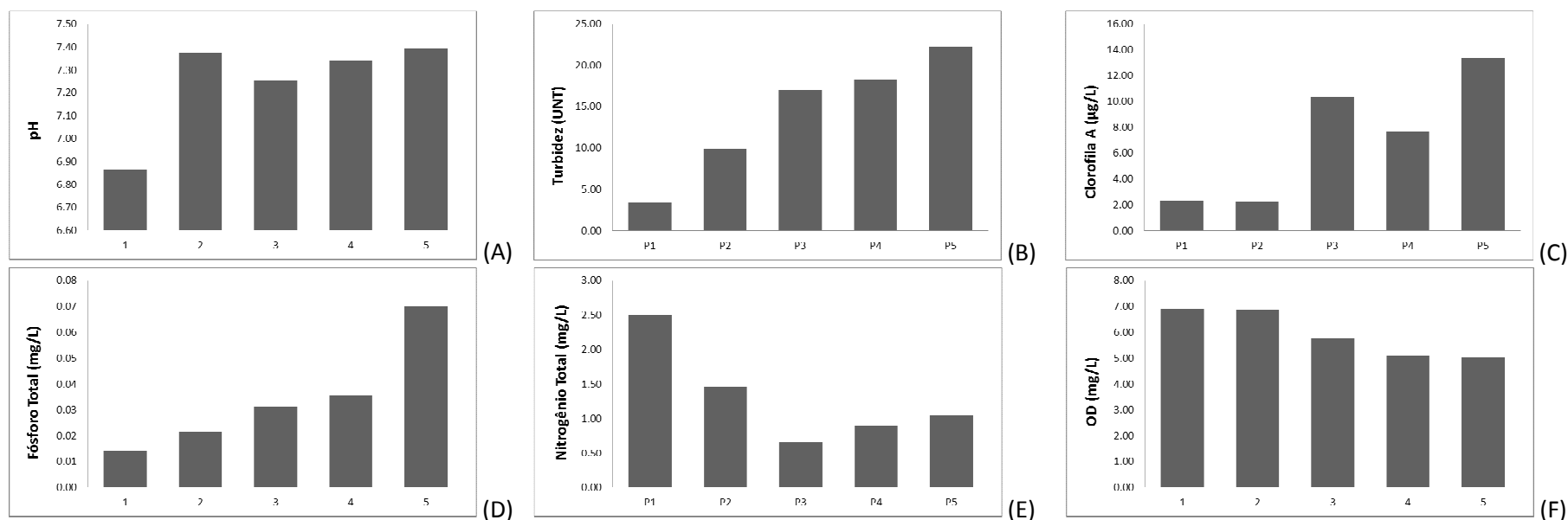


Figura 3 – Concentrações médias das variáveis de qualidade da água nos cinco pontos amostrais da sub-bacia do Rio Siriri/SE



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

4. O ponto 1 apresentou maiores concentrações para nitrogênio total, ainda que abaixo dos limites da legislação; o que pode ser atribuído à poluição difusa resultante das áreas agrícolas que predominam na região contribuinte a este ponto, ocupando 85% desta área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO, R. de; ALMEIDA, J. A. P. de. Avaliação Espaço Temporal do Uso do Solo na Área da Bacia do Rio Japarutuba – Sergipe Através de Imagens LANDSAT. Em: **Anais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2009, INPE, p. 1231-1238.
- BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. M. L. da M. Influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo em Rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 11 n. 4, p. 1413-4152, 2006.
- CLESCERI, L. & GREENBERG, A. (2005). **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 21th Edition. Editora Pharmabooks. 300p.
- CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 22 jan. 2015.
- ARAGÃO, R. de; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. de; PANTALEÃO, S. de M.; MENDONÇA, L. C.; FIGUEIREDO, E. E. de. Avaliação da Influência do Uso do Solo sobre a Qualidade da Água do Rio Siriri-Sergipe. Em: **Anais. XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 6 p., 2014.
- CRUZ, M.A.S., AMORIM, J.R.A., ARAGÃO, R., GOMES, L.J., MARQUES, M.N., SANTOS, R.C., VIANA, R. D., SOUZA, R.A., SOUZA, A.M.B., SILVA, R.R.S., MOTA, P.V.M. **Base de dados do Projeto Japarutuba**. 2012. Brasília-DF: Embrapa. 1 DVD.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2012. 306p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Água: Um recurso cada vez mais ameaçado**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/publicacao/> Acesso em: 22 jan. 2015.
- ROLIM, H. de O.; LEITA JÚNIOR, J. B.; GOMES FILHO, R. R.. **Qualidade da Água**. In: GOMES FILHO, R. R. (Org., 1ª Ed). **Gestão de Recursos Hídricos**. Goiânia: Gráfica e Editora América, e co-edição com a Editora da UEG, 2013. 312p.