

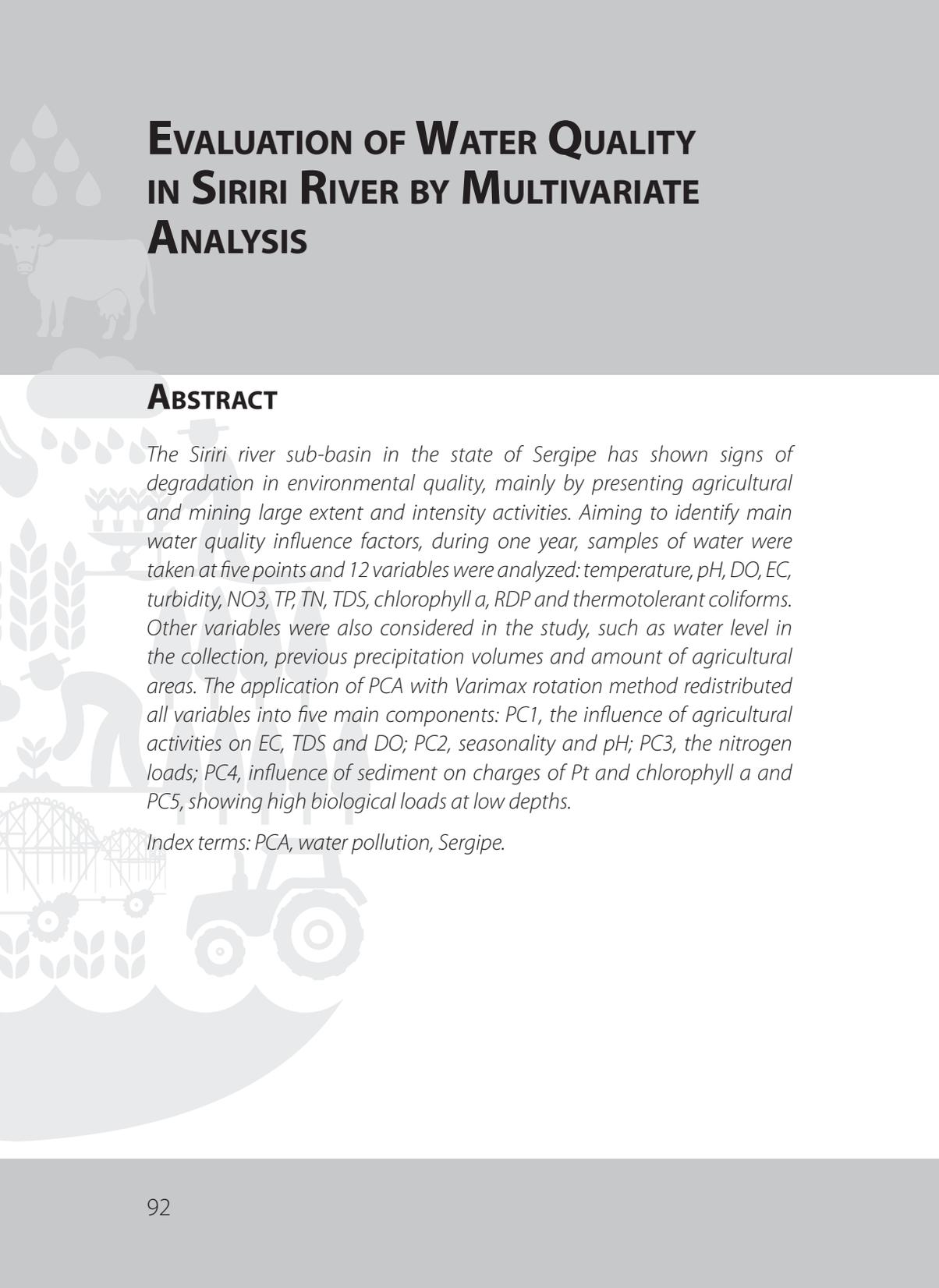
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO SIRIRI POR MEIO DE ANÁLISE MULTIVARIADA

AMANDA DE AZEVEDO GONÇALVES; MARCUS AURÉLIO SOARES CRUZ; JULIO ROBERTO ARAUJO DE AMORIM; RICARDO DE ARAGÃO; PAULO VINÍCIUS MELO DA MOTA

RESUMO

A sub-bacia do Rio Siriri no Estado de Sergipe tem apresentado sinais de queda de sua qualidade ambiental, principalmente por apresentar atividades agrícolas e de extração mineral de grande extensão e intensidade. Visando identificar fatores atuantes sobre a qualidade da água, durante um ano foram realizadas coletas de amostras de água em cinco pontos e analisadas 12 variáveis: temperatura, pH, OD, CE, turbidez, NO_3^- , Pt, Nt, SDT, clorofila-a, PRD e coliformes termotolerantes. Foram também consideradas no estudo outras variáveis, como nível d'água na coleta, precipitação antecedente e quantidade de áreas agrícolas. A aplicação da ACP com rotação Varimax redistribuiu as variáveis em cinco componentes principais: PC1, englobando a influência das atividades agrícolas sobre CE, SDT e OD; PC2, a sazonalidade e pH; PC3, as cargas nitrogenadas; PC4, influência dos sedimentos sobre cargas de Pt e Clorofila a e PC5, refletindo altas cargas biológicas a baixas profundidades.

Termos para indexação: ACP, poluição hídrica, Sergipe.



EVALUATION OF WATER QUALITY IN SIRIRI RIVER BY MULTIVARIATE ANALYSIS

ABSTRACT

The Siriri river sub-basin in the state of Sergipe has shown signs of degradation in environmental quality, mainly by presenting agricultural and mining large extent and intensity activities. Aiming to identify main water quality influence factors, during one year, samples of water were taken at five points and 12 variables were analyzed: temperature, pH, DO, EC, turbidity, NO₃, TP, TN, TDS, chlorophyll a, RDP and thermotolerant coliforms. Other variables were also considered in the study, such as water level in the collection, previous precipitation volumes and amount of agricultural areas. The application of PCA with Varimax rotation method redistributed all variables into five main components: PC1, the influence of agricultural activities on EC, TDS and DO; PC2, seasonality and pH; PC3, the nitrogen loads; PC4, influence of sediment on charges of Pt and chlorophyll a and PC5, showing high biological loads at low depths.

Index terms: PCA, water pollution, Sergipe.

INTRODUÇÃO

A alteração do uso e cobertura do solo é um dos principais fatores que afetam a qualidade da água dos corpos hídricos (ZAMPELLA; PROCOPPIO, 2009). A avaliação dos potenciais impactos ambientais de fontes de poluição pontual e difusas em nível de escala regional é necessária para atingir o desenvolvimento sustentável com a conservação dos recursos naturais, como solo e água. (OLIVEIRA; MAILLARD, 2015). Para identificação e controle da poluição é necessário monitorar o corpo hídrico regularmente, analisando parâmetros de qualidade da água. A Análise de Componentes Principais (PCA) é um método que permite que os dados multivariados sejam reorientados de modo que as primeiras dimensões expliquem o maior número de informações possíveis (LATTIN et al., 2011), eliminando a informação redundante em um menor número de variáveis não correlacionadas que representam toda a estrutura dos dados originais (SIMEONOV et al., 2003). Este artigo apresenta os resultados da aplicação de PCA a variáveis monitoradas no rio Siriri em Sergipe buscando identificar o grau de influência destas na variabilidade da qualidade da água nesta sub-bacia.

MATERIAL E MÉTODOS

A sub-bacia hidrográfica do rio Siriri, com cerca de 429 km², está localizada entre as coordenadas geográficas 37° 12' 52" O, 10° 24' 20" S e 36° 54' 22" O, 10° 45' 44", sendo uma importante contribuinte do rio Japarutuba em Sergipe (CRUZ et al., 2012) (Figura 1A). A precipitação na bacia apresenta valores anuais médios de 1.500 mm próximo à sua foz no rio Japarutuba e cerca de 700 mm/ano na sua porção extrema noroeste, com período chuvoso concentrado nos meses de maio a agosto (CRUZ et al., 2012). Esta sub-bacia tem apresentado sinais de queda de sua qualidade ambiental, principalmente, decorrentes de atividades agrícolas e de extração mineral de grande extensão e intensidade.

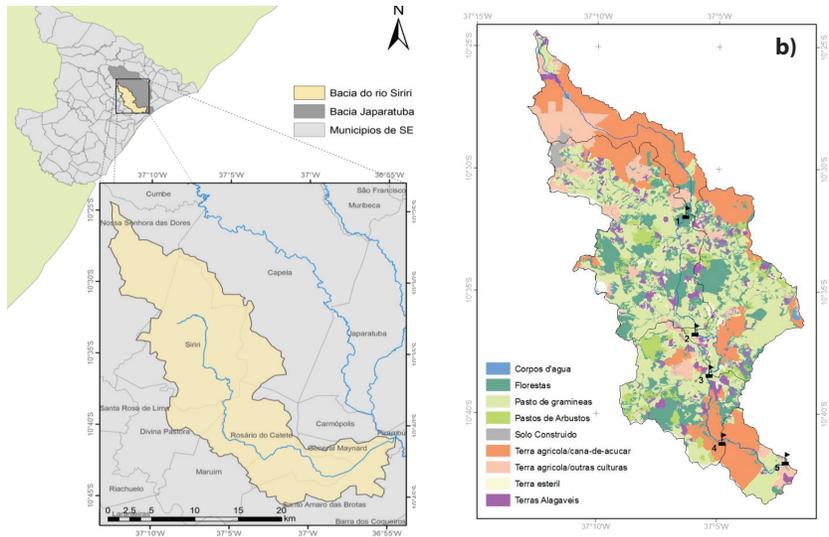


Figura 1. Localização da bacia do Rio Japarutuba/Siriri no Estado de Sergipe (A) e dos pontos de coleta de amostras de água na sub-bacia do Rio Siriri (B).

Os Argissolos ocupam aproximadamente 65% da área e têm como característica peculiar a presença do horizonte B textural, que reduz a capacidade de infiltração de água no solo. O uso do solo é caracterizado por áreas urbanas e rurais, apresentando polos industriais, extração mineral de petróleo, pequenos remanescentes de florestas, áreas úmidas, predominando a atividade agropecuária, com destaque para o cultivo da cana-de-açúcar e o estabelecimento de pastagens. Para analisar a qualidade das águas no rio Siriri, foram selecionados cinco pontos para a coleta de amostras de água, sendo dois com monitoramento de vazão pela Agência Nacional de Águas: estações Siriri (cod. 50046000, 140 km₂) e Rosário do Catete (cod. 50047000, 300 km₂). Os cinco pontos de coleta foram escolhidos considerando a diversidade das atividades do uso da terra (Tabela 1 e Figura 1B). As coletas mensais foram realizadas de outubro/2014 a setembro/2015. No momento da coleta foram realizadas as medidas de temperatura (T) pH, CE, OD, NO₃⁻, turbidez, SDT por meio de uma sonda multiparâmetro.

Tabela 1. Pontos de coleta e suas respectivas coordenadas na sub-bacia do rio Siriri.

Ponto	Descrição	Município	Latitude	Longitude	Área (km ²)
1	Riacho Sangradouro	Capela	10° 31' 46.4" S	37° 6' 18.9" W	46,65
2	Rio Siriri	Siriri	10° 36' 34.2" S	37° 5' 54.6" W	156,13
3	Rio Siriri	Siriri	10° 38' 15.4" S	37° 5' 18.5" W	228,08
4	Rio Siriri	Rosário do Catete	10° 41' 2.2" S	37° 4' 45.6" W	286,10
5	Rio Siriri	Rosário do Catete	10° 41' 49.0" S	37° 2' 8.7" W	307,77

Foram analisados em laboratório os seguintes parâmetros, segundo metodologias recomendadas por Standard Methods (CLESCERI; GREENBERG, 2005): pH, OD, CE, turbidez, NO₃⁻, fósforo total (P_t), nitrogênio total (Nt), SDT, Clorofila-a, fósforo reativo dissolvido (P_{RD}) e coliformes termotolerantes (CTT).

As análises estatísticas exploratórias e a aplicação da PCA e método Varimax foram realizadas por meio do programa R x64, versão 3.2.2. Além das variáveis de qualidade da água foram consideradas também a profundidade da água (Prof.), a quantidade de área agrícola (agricultura – Agr e pastagem – Pas) em cada sub-área contribuinte aos pontos monitorados, bem como as precipitações ocorridas previamente às datas das coletas, na forma de totais precipitados no dia anterior a coleta (Pr1d), dez dias (Pr10d) antes e 30 dias antes (Pr30d). Os valores pluviométricos foram obtidos no site do INPE através da plataforma de coleta de dados dos municípios de Capela, Nossa Senhora das Dores e Santo Amaro das Brotas, que tem influência sobre a sub-bacia hidrográfica e apresentam dados completos para os doze meses de coleta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi aplicada a rotação Varimax às componentes principais selecionadas que responderam por cerca de 75% da proporção da variância da

qualidade da água (Tabela 2). Assim, observou-se que na PC1 foram destacadas as variáveis CE, SDT, OD, P, agricultura e pastagem. Essa componente pode estar relacionada com a influência da atividade agrícola com aumento em CE, SDT, P e diminuição na concentração de OD nas águas. A componente 1 respondeu por 27% da variação da qualidade da água. Na PC2 destacaram-se as variáveis pH, precipitação em trinta dias, em dez dias e diária indicando a variação sazonal, ressaltando o peso de 16% relativo a ocorrência das precipitações. A PC3 respondeu por 15% da variação da qualidade da água, destacando-se Nt, nitrato e T, indicando que a T pode ter influência nas componentes nitrogenadas presentes. A PC4 representou 9% da variância da qualidade da água. Afetando as variáveis PRD, turbidez e clorofila-a, provavelmente relacionada à presença de sedimentos na água. Com maior peso para turbidez e clorofila-a. A PC5 respondeu por 8% da variância da qualidade da água. Destacando o CTT e a profundidade, podendo estar associado ao componente biológico por uma possível contaminação por esgoto doméstico, pontual e com intensificação em baixas vazões.

Tabela 2. Fatores das componentes da ACP rotacionada pelo algoritmo Varimax.

Variável	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
T	0,42	-0,12	-0,69	-0,24	0,31
pH	0,38	-0,46	-0,28	0,29	0,28
CE	0,92	-0,09	-0,11	-0,14	0,16
NO ₃ ⁻	-0,07	-0,04	0,94	-0,05	0,06
N	0,01	0,04	0,95	-0,15	-0,09
PRD	0,25	-0,09	0,03	-0,56	-0,02
P	0,48	0,10	0,28	0,12	-0,39
Turb	0,40	0,13	0,05	0,69	-0,26
SDT	0,92	-0,09	-0,11	-0,14	0,16
OD	-0,77	-0,04	0,37	0,14	0,14
Clor-a	0,13	0,26	-0,10	0,58	0,30
CTT	0,31	0,03	-0,02	0,19	0,62
Pr30d	-0,16	0,90	0,06	0,08	-0,05

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Variável	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Pr10d	-0,07	0,94	-0,06	0,08	-0,03
Pr1d	-0,06	0,80	0,03	0,35	-0,02
Prof.	0,11	0,10	0,05	0,07	-0,74
Agr	0,89	-0,23	0,03	0,27	0,05
Pas	0,87	-0,26	-0,01	0,29	-0,03
Autovalor	4,77	2,83	2,61	1,70	1,51
% Variância explicada	0,27	0,16	0,15	0,09	0,08
% Variância acumulada	0,27	0,42	0,57	0,66	0,75

T (°C) – temperatura; OD (mg.L⁻¹) – oxigênio dissolvido; CE (μS.cm⁻¹) – condutividade elétrica; Turb (UNT) – turbidez; SDT (mg.L⁻¹) – sólidos totais dissolvidos; NO₃ (mg.L⁻¹) – nitrato; N (mg.L⁻¹) – nitrogênio total; P (mg.L⁻¹) – fósforo total; PRD (mg.L⁻¹) – fósforo reativo dissolvido; Clor-a (μg.L⁻¹) – clorofila-a; CTT (NMP.100mL⁻¹) – coliformes totais; Pumd. (mm.dia⁻¹) – precipitação diária; P.d.d. (mm) – precipitação durante dez dias; Pt.d. (mm.mes⁻¹) – precipitação durante trinta dias; Prof (m) – profundidade; Agr (Km²) – agricultura; Pas (Km²) – pastagem; PC – Componentes Principais.

CONCLUSÕES

A ACP apontou a influência das atividades agrícolas prioritariamente sobre os sais e decaimento de OD, respondendo por 27% da variância.

A segunda componente concentrou a variabilidade das precipitações.

A terceira componente indicou a parcela relativa aos compostos nitrogenados.

A quarta componente refletiu a presença de sedimentos.

A quinta componente concentrou a parte biológica e sua relação com o nível d'água.

REFERÊNCIAS

- CLESCERI, L.; GREENBERG, A. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. São Paulo: Editora Pharmabooks, 2005. 300 p.
- 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**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 1 DVD.

LATTIN, J.; CARROLL, J. D.; GREEN, P. E. **Análise de dados multivariados**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 455 p.

OLIVEIRA, L. M. de; MAILLARD, P. Aplicação de árvores de decisão na modelagem das concentrações de nitrato e fósforo total: estudo de caso no rio das Velhas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 795-808, 2015.

SIMEONOV, V.; STRATIS, J. A.; SAMARA, C.; ZACHARIADIS, G.; VOUTSA, D.; ANTHEMIDIS, A.; SOFONIOU, M.; KOUIMTZIS, T. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. **Water Research**, n. 37, p. 4119-4124, 2003.

ZAMPELLA, R. A.; PROCOPIO, N. A. **Landscape patterns and water-quality relationships in New Jersey pinelands streams**. New Lisbon: Pinelands Commission, 2009. 11 p.