

I-376 - CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS ABIÓTICAS E BIÓTICA EM ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO EM GOIÁS

Cláudia Alves de Souza⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Mestranda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG). Bióloga do Saneamento de Goiás-Saneago.

Sílvia Moreira dos Santos⁽²⁾

Bióloga pela Universidade Católica de Goiás (UCG). Mestre em Ecologia e Desenvolvimento Sustentável pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. (PUC-GO). Bióloga do Saneamento de Goiás- Saneago.

Rosana Aparecida Costa⁽³⁾

Bacharel em Química Industrial pela Universidade Estadual de Goiás (UEG). Especialista em Processos Químicos pelo Senai-GO. Química do Saneamento de Goiás-Saneago.

Wedusleia Alves Oliveira⁽⁴⁾

Bióloga pela Faculdade Araguaia (FARA). Bacharel em Processamento de dados pela Faculdade Anhanguera de Ciências Humanas. Técnica em Saneamento Ambiental pela Escola Técnica Federal de Goiás.

Paulo Sérgio Scalize⁽⁵⁾

Engenheiro Civil e Biomédico com Mestrado e Doutorado em Hidráulica e Saneamento pela USP São Carlos. Professor Associado da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Vereador José Monteiro, 1953 – Negrão de Lima - Goiânia - GO - CEP: - - Brasil - Tel: (62) 3269-9800 - e-mail: kasouzaa.frei@gmail.com

RESUMO

O comprometimento da qualidade da água pode ser causado tanto por resultado de efeitos antrópicos sobre os ambientes aquáticos, em maior escala, como por fatores naturais, em menor escala. A poluição das águas nas bacias hidrográficas tem, como origem, fontes, dentre as quais se destacam: efluentes domésticos, efluentes industriais e carga difusa urbana e agrícola. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a existência de correlação entre as variáveis abióticas: temperatura da água, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, fósforo total, sólidos totais dissolvidos, nitrogênio amoniacal, demanda bioquímica de oxigênio, condutividade elétrica, nitrato e nitrito, e a variável biótica *Escherichia coli*, de mananciais superficiais utilizados no abastecimento público do Estado de Goiás. Mananciais estes, compreendidos em 14 bacias hidrográficas localizadas em 12 municípios do Estado. Foram utilizados dados de 10 anos de monitoramento, referentes as análises de qualidade da água realizado pela concessionária de saneamento do estado de Goiás. Os dados foram agrupados e tratados pelo programa R para cálculo da correlação de Spearman. As variáveis turbidez, nitrito, fósforo total, nitrogênio amoniacal e *E. coli*, não se correlacionaram com o pH. O pH apresentou correlação positiva com as variáveis OD, sólidos totais dissolvidos, DBO, condutividade elétrica e nitrato. Os sólidos totais dissolvidos, a condutividade elétrica e o nitrato não apresentaram correlação com a turbidez. O nitrito, o fósforo total, o nitrogênio amoniacal, a *E. coli* e a DBO tiveram correlação positiva e, apenas OD demonstrou correlação negativa. Os resultados encontrados servem para balizar e ancorar decisões sobre a frequência de monitoramento das variáveis estudadas indicadoras de poluição minimizando os custos com a produção de água tratada destinada ao consumo humano.

PALAVRAS-CHAVE: Variáveis abióticas, variável biótica, mananciais de superfície, correlação de Spearman.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional urbano e progresso econômico cresce também a poluição produzida neste processo, e como consequência o comprometimento da qualidade de vida de gerações futuras. Com implicações na degradação dos ambientes naturais. As alterações antrópicas no uso e ocupação da terra decorrente da expansão urbana provocam desequilíbrios nos ecossistemas terrestres e aquáticos acelerando a degradação ambiental. (TELLES; GÓIS, 2013).

O comprometimento da qualidade da água pode ser causado tanto por resultado de efeitos antrópicos sobre os ambientes aquáticos, em maior escala, como por fatores naturais, em menor escala. A poluição das águas nas bacias hidrográficas tem, como origem, fontes, dentre as quais se destacam: efluentes domésticos, efluentes industriais e carga difusa urbana e agrícola (FIA et al., 2015). Dessa forma, os efeitos das atividades humanas podem ser balizados através da avaliação de parâmetros físico, químicos e biológicos (ALVES et al., 2013), garantido água de qualidade para o abastecimento público.

Os recursos hídricos urbanos são de grande importância para os municípios que têm desenvolvimento econômico crescente e aumento demográfico, sendo que a manutenção da qualidade da água dos mananciais de abastecimento para a população é imprescindível para a saúde e para diminuir o custo econômico (PELÁEZ, 2001).

A segurança hídrica requer o gerenciamento contínuo dos recursos, o qual compreende a avaliação de vários parâmetros de qualidade que servirão de retrato das condições do local de estudo. No entanto, muitas vezes, uma variável analisada isoladamente, pode não representar a real situação do objeto de estudo e não constituirá diretrizes para a tomada de decisões. Por outro lado, um conhecimento amplo e relacionado das características físicas, químicas e biológicas da água da Bacia hidrográfica, e sua comparação com estudos anteriores permitirá identificar os problemas prioritários para o desenvolvimento de ações corretivas e de recuperação do ambiente (PELÁEZ, 2001).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a existência de correlação entre as variáveis abióticas: temperatura da água, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, fósforo total, sólidos totais dissolvidos, nitrogênio amoniacal, demanda bioquímica de oxigênio, condutividade elétrica, nitrato e nitrito, e a variável biótica *Escherichia coli*, em mananciais de superfície de abastecimento público do Estado de Goiás.

MATERIAIS E MÉTODOS

O local de estudo foram 14 bacias hidrográficas de captação de água para abastecimento público localizadas em 12 municípios do estado de Goiás (Figura 1). Foram utilizados dados de 10 anos de monitoramento, entre o período de 2007 à 2016, referentes as análises de qualidade da água realizado pela concessionária de saneamento do estado de Goiás (SANEAGO). Todos os dados referentes as bacias estudadas foram agrupadas e tratadas pelo programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011) para cálculo da correlação de Spearman utilizando as seguintes variáveis abióticas: temperatura da água, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, fósforo total, sólidos totais dissolvidos, nitrogênio amoniacal, demanda bioquímica de oxigênio, condutividade elétrica, nitrato e nitrito. Como variável biótica foi utilizada a *Escherichia coli*. Este teste não paramétrico possibilita obter a intensidade da relação entre variáveis, sendo que quando p-valor é menor que 0,05 diz-se que as duas variáveis são correlacionadas.

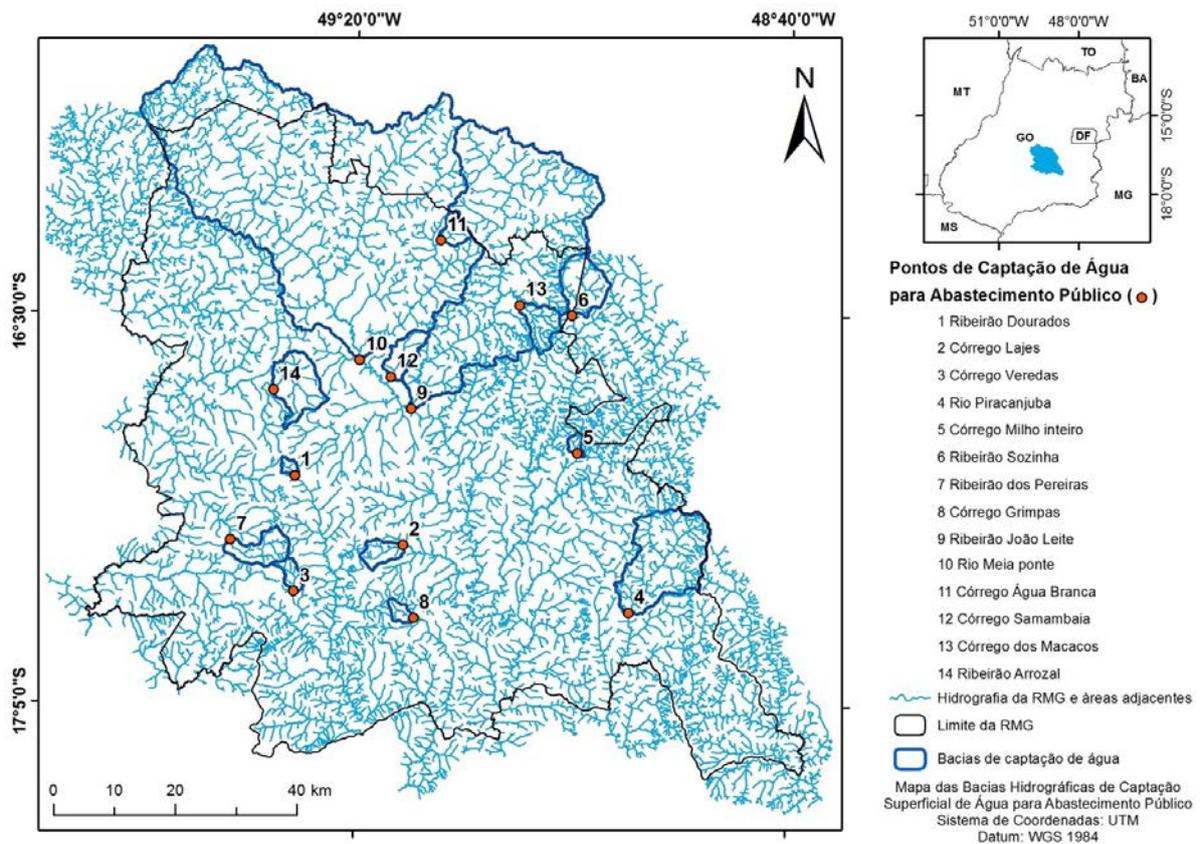


Figura 1: Mapa de Localização das Bacias Hidrográficas de Captação Superficial de Água para Abastecimento Público com seus, respectivos, pontos de coleta de Água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentado o resultado da matriz de correlação das variáveis abióticas e biótica, os valores representativos estão destacados, onde é possível observar que as variáveis pH, nitrito, fósforo total, sólidos totais dissolvidos, nitrogênio amoniacal, *E. coli*, condutividade elétrica e nitrato não apresentaram correlação com a temperatura, enquanto a turbidez e a DBO apresentaram correlação positiva. O oxigênio dissolvido teve correlação negativa com a temperatura. Nesse contexto, Guedes et al. (2012), encontraram resultados semelhantes ao avaliarem a qualidade da água e identificarem os grupos de poluição presentes no médio Rio Pomba.

Tabela 1: Matriz de correlação das variáveis abióticas e biótica contendo coeficientes de correlação e p-valor do teste.

| VARIÁVEIS | T | pH | Turb | OD | NO ₂ ⁻ | PT | STD | NH ₃ | <i>E. coli</i> | DBO | CE |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|-----------------|----------------|------|------|
| pH | -0,02 | | | | | | | | | | |
| | 0,70 | | | | | | | | | | |
| Turb | 0,11 | -0,07 | | | | | | | | | |
| | 0,03 | 0,17 | | | | | | | | | |
| OD | -0,25 | 0,20 | -0,16 | | | | | | | | |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | | | |
| NO ₂ ⁻ | -0,01 | 0,03 | 0,33 | -0,01 | | | | | | | |
| | 0,84 | 0,61 | 0,00 | 0,77 | | | | | | | |
| PT | 0,05 | 0,04 | 0,37 | -0,13 | 0,21 | | | | | | |
| | 0,29 | 0,48 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | | | | | | |
| STD | 0,06 | 0,49 | 0,03 | -0,01 | 0,08 | 0,06 | | | | | |
| | 0,23 | 0,00 | 0,54 | 0,83 | 0,09 | 0,24 | | | | | |
| NH ₃ | -0,01 | -0,08 | 0,19 | -0,14 | 0,04 | 0,27 | -0,14 | | | | |
| | 0,87 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | | | | |
| <i>E. coli</i> | 0,08 | -0,01 | 0,51 | -0,08 | 0,25 | 0,29 | -0,08 | 0,15 | | | |
| | 0,13 | 0,83 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | | | |
| DBO | 0,10 | 0,14 | 0,11 | 0,21 | -0,03 | 0,03 | 0,21 | 0,04 | 0,05 | | |
| | 0,05 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,54 | 0,59 | 0,00 | 0,41 | 0,36 | | |
| CE | 0,06 | 0,49 | 0,03 | -0,01 | 0,09 | 0,06 | 0,99 | -0,15 | -0,07 | 0,20 | |
| | 0,20 | 0,00 | 0,57 | 0,87 | 0,07 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | |
| NO ₃ ⁼ | -0,05 | 0,17 | -0,01 | 0,02 | -0,14 | -0,05 | 0,18 | 0,09 | -0,13 | 0,12 | 0,18 |
| | 0,37 | 0,00 | 0,80 | 0,66 | 0,01 | 0,30 | 0,00 | 0,07 | 0,01 | 0,02 | 0,00 |

T = temperatura (°C); pH = potencial hidrogeniônico; Turb = turbidez (uT); OD = oxigênio dissolvido (mg/L); NO₂⁻ = nitrito (mg/L); PT = fósforo total (mg/L); STD = sólidos totais dissolvidos (mg/L); NH₃ = nitrogênio amoniacal (mg/L); *E. coli* = *Escherichia coli* (NMP/100 mL); DBO = demanda bioquímica de oxigênio (mg/L); CE = condutividade elétrica (µS/cm); NO₃⁼ = nitrato (mg/L).

As variáveis turbidez, nitrito, fósforo total, nitrogênio amoniacal e *E. coli*, não estão correlacionadas com o pH. Observa-se que o pH apresentou correlação positiva com as variáveis OD, sólidos totais dissolvidos, DBO, condutividade elétrica e nitrato.

Quando analisados os sólidos totais dissolvidos, a condutividade elétrica e o nitrato observa-se que não apresentaram correlação com a turbidez. Porém o nitrito, o fósforo total, o nitrogênio amoniacal, a *E. coli* e a DBO tiveram correlação positiva e, apenas OD demonstraram correlação negativa. A relação entre a turbidez e OD é inversamente proporcional, uma vez que a incidência dos raios solares no corpo d'água é reduzida em razão do aumento da turbidez, o que pode interferir na produtividade dos organismos fotossintetizantes, diminuindo a produção de OD no ecossistema aquático (ROCHA; PEREIRA, 2016). Bonnet et al. (2008) ao investigarem relações entre a qualidade da água e o uso do solo em bacias hidrográficas de mananciais superficiais de abastecimento público em Goiás, constataram a existência de correlações entre *E. coli* e turbidez.

O oxigênio dissolvido não apresentou correlação significativa com nitrito, sólidos totais dissolvidos, *E. coli*, condutividade elétrica e nitrato. Mas teve correlação positiva com a DBO e negativa com o fósforo total e o

nitrogênio amoniacal. De acordo com Menezes et al. (2016), o fósforo total representa cargas de fontes antropogênicas que por processos de decomposição diminuem a concentração de OD na água.

A variável nitrito não possui correlação com os sólidos totais dissolvidos, nitrogênio amoniacal, DBO e condutividade elétrica. Porém, apresentou correlação positiva com o fósforo total e *E. coli* e negativa com o nitrato. A correlação apresentada pelo nitrito com *E. coli* pode ser resultado do despejo de esgoto doméstico na água e/ou sedimentos ressuspensos, resultado este também encontrado por Alves et al. (2012), ao estudar a qualidade das águas superficiais e do estado trófico do Rio Arari.

Sólidos totais dissolvidos, DBO, condutividade elétrica e nitrato não apresentaram correlação com o fósforo total, enquanto que com nitrogênio amoniacal e *E. coli* expressou uma correlação positiva.

Os sólidos totais dissolvidos correlacionaram-se positivamente com a DBO, condutividade elétrica e nitrato e negativamente com o nitrogênio amoniacal, não demonstrando nenhuma correlação com *E. coli*. A correlação entre sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica foi significativa de acordo com Guedes et al. (2012).

Não houve correlação do nitrogênio amoniacal com a DBO e o nitrato. Porém expressou correlação positiva com a *E. coli* e negativa com a condutividade elétrica.

A *E. coli* correlacionou-se negativamente com o nitrato não apresentando correlação com a DBO e com a condutividade elétrica. No estudo realizado na sub-bacia do rio Vacacaí-Mirim no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, com diferentes usos e ocupação do solo demonstrou correlação significativa entre *E. coli* e DBO (SOUZA; GASTADINI, 2014).

Menezes et al. (2016), ao caracterizarem a variabilidade temporal e espacial da qualidade da água em uma bacia hidrográfica fortemente afetada pela urbanização e avaliar a relação entre a qualidade da água e o uso do solo, obtiveram como resultado correlação positiva entre DBO e nitrato e condutividade elétrica. Bortoletto et al. (2015) ao realizarem o monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Pirapó, Paraná, Brasil, obtiveram resultados com correlação positiva entre nitrato e DBO o que corrobora com os resultados apresentados para estas variáveis neste estudo. Tais resultados encontrados neste estudo podem ser explicados em razão do processo de lixiviação de sedimentos provenientes de áreas urbanas e de agricultura e pastagem, observadas em campo.

A condutividade elétrica apresentou correlação positiva com pH, sólidos totais dissolvidos, nitrato, nitrogênio amoniacal e DBO o que pode ser explicado pela decomposição da matéria orgânica que promove a elevação desses componentes no meio aquático (ESTEVES, 2011).

CONCLUSÕES

Por meio das análises de correlação apresentada no formato de matriz foi possível constatar que:

- As variáveis que correlacionaram positivamente com a temperatura, pH, turbidez, OD, nitrito, fósforo total, sólidos totais dissolvidos, nitrogênio amoniacal, DBO foram, respectivamente, turbidez e DBO; sólidos totais dissolvidos, DBO, condutividade elétrica e nitrato; nitrito, fósforo total, nitrogênio amoniacal, *E. coli* e DBO; DBO; fósforo total e *E. coli*; nitrogênio amoniacal e *E. coli*; DBO, condutividade elétrica e nitrato; *E. coli*; condutividade elétrica e o nitrato.
- A temperatura, turbidez, OD, nitrito, sólidos totais dissolvidos, nitrogênio amoniacal, *E. coli* apresentaram correlação negativa, respectivamente, com OD; OD; fósforo total e o nitrogênio amoniacal; nitrato; nitrogênio amoniacal; condutividade elétrica; nitrato.
- O estudo das variáveis abióticas e bióticas de monitoramento da qualidade da água para abastecimento público é de fundamental importância para gestão de recursos hídricos. Os resultados encontrados servem para balizar e ancorar decisões sobre a frequência de monitoramento das variáveis estudadas indicadoras de poluição, minimizando os custos com a produção de água tratada destinada ao consumo humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, I.C., EI-ROBRINI, M., SANTOS, M.D.L.S., MOURA, M.S., BARBOSA, L.P.F., GUIMARÃES, J.T.F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta Amazonica*, v. 42, n. 1, p. 115-124, 2012.
2. ALVES, R. I. S., CARDOSO, O. O., TONANI, K. A. A., JULIÃO, F. C., TREVILATO, T. M. B., SEGURA-MUÑOZ, S. I. Water quality of the Ribeirão Preto Stream, a water course under anthropogenic influence in the southeast of Brazil. *Environmental Monitoring Assessment*, v. 185, p. 1.151-1.161, 2013.
3. BONNET, B.R.P., FERREIRA, L.G., LOBO, F.C. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica. *Revista Árvore*, v. 32, n. 2, p. 311-322, 2008.
4. BORTOLETTO, E.C., SILVA, H.A., BONIFÁCIO, C.M., TAVARES, C.R.G. Water quality monitoring of the Pirapó River watershed, Paraná, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 75, n. 4, p. 148-157, 2015.
5. ESTEVES, F.A. Fundamentos de limnologia. Interciência, 3.ed, 2011.
6. FIA, R., TADEU, H. C., MENEZES, J. P. C., FIA, F. R. L., OLIVEIRA, L. F. C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 20, n. 1, p. 267 -275, 2015.
7. GUEDES, H.A., SILVA, D.D., ELESBON, A.A., RIBEIRO, C.B., MATOS, A.T., SOARES, J.H. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 5, p. 558-563, 2012.
8. MENEZES, J.P.C., BITTENCOURT, R.P., FARIAS, M.S., BELLO, I.P., FIA, R., OLIVEIRA, L.F.C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, n. 3, p. 519-534, 2016.
9. R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2011.
10. ROCHA C.H.B., PEREIRA, A.M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora. *Revista Ambiente & Água*, v. 11, n. 1, p. 176-187, 2016.
11. SOUZA, M.M., GASTALDINI, M.C.C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. 3, p. 263-274, 2014.
12. PELÁEZ, M.R. Avaliação da qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, 2001.
13. TELLES, D. D'A., GÓIS, J.S. Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão. Blucher, 2013.