

ANÁLISE ESTATÍSTICA DE CORRELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Paula Lidia Santana^{1*}; *Rejane Helena Ribeiro da Costa*²; *Maria Eliza Nagel-Hassemer*³; *Cesar Augusto Pompeo*⁴

RESUMO

O presente trabalho visa analisar a relação entre a precipitação e os parâmetros oxigênio dissolvido, condutividade e turbidez e também a relação entre os pares pontos de monitoramento localizados no perímetro do Campus da UFSC, pertencente a Bacia Hidrográfica do Rio do Meio em Florianópolis/SC. Por meio da utilização de Sonda Multiparâmetros e Oxímetro realizaram-se amostragens semanais para os parâmetros já citados e os dados de precipitação foram obtidos no pluviógrafo da estação meteorológica da universidade. Para análise estatística utilizou-se o portal SEstatNet que é um ambiente flexível de ensino-aprendizagem de estatística por meio da internet. Como teste de hipóteses utilizou-se o método de correlação de Spearman empregado para variáveis quantitativas, quando estas não atendem a restrição de normalidade. O conjunto de resultados obtidos permite inferir que a qualidade da água dos córregos estudados possa estar mais fortemente correlacionada com outros fatores, como as características do entorno e as atividades antrópicas realizadas dentro da propriedade do Campus, já que, de um modo geral, as correlações obtidas são fracas, muito fracas ou ainda ausentes. Já a comparação ponto a ponto apresentou como resultado um forte indicativo de relação entre eles, o que é esperado no sentido de escoamento da bacia.

Palavras-Chave: Precipitação; Correlação.

STATISTICAL ANALYSIS OF CORRELATION BETWEEN PRECIPITATION AND WATER QUALITY PARAMETERS

ABSTRACT

This article presents the purpose of analyze the relation between precipitation and parameters of dissolved oxygen, conductivity and turbidity between pairs of points located on the perimeter of UFSC Campus, that belong to the hydrographic basin Rio do Meio in Florianópolis/SC. Weekly samples to the previously mentioned parameters were done through the use of Multiparameter Probe and Oximeter and precipitation data were obtained with a pluviograph existent on the university weather station. For a statistical analysis the SEstatNet portal, an flexible environment of teaching-learning statistics online, was used. As hypothesis test Spearman's correlation test used for quantitative variables was applied, when those don't attend the normality restriction. The obtained results allow to conclude that the water quality of the studied streams is more likely to be correlated with other factors, as the surroundings characteristics, as well as with the antropic activities performed inside Campus property, since, in general, the correlations obtained were weak, very weak or even absent. On the other hand, the point-to-point comparison has presented as result a strong indicator of relation between them, the expected in the sense of basin flow.

Keywords: Precipitation; Correlation.

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, p.l.28@hotmail.com.

² Universidade Federal de Santa Catarina, rejane.costa@ufsc.br.

³ Universidade Federal de Santa Catarina, maria.eliza@ufsc.br.

⁴ Universidade Federal de Santa Catarina, cesar.pompeo@ufsc.br.

* Autor Correspondente.

INTRODUÇÃO

As alterações na qualidade das águas superficiais de corpos hídricos podem ser realizadas por diversas formas. Markich & Brown (1998) destacam que a identificação e quantificação destas influências são de extrema importância para o gerenciamento do uso do solo e das águas de uma determinada bacia hidrográfica. As águas apresentam características de qualidade muito variadas, que lhes são conferidas pelos ambientes de origem, por onde circulam, percolam ou onde são armazenadas (REBOUÇAS et al., 2006).

Segundo Schäfer (1984), uma das características mais importantes da água no funcionamento dos ecossistemas aquáticos é a capacidade de solubilização de gases, em especial o oxigênio, cuja presença ou ausência influi decisivamente nas comunidades aquáticas e no balanço de vários nutrientes. Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais (CETESB, 2009).

A precipitação influencia diretamente a vazão e a qualidade de um corpo de água. Contudo, é complexo estabelecer uma relação direta entre precipitação e qualidade de água, já que diferentes intensidades de precipitação constituem variados níveis de impactos no solo, de acordo com o uso e ocupação das terras, umidade do solo e outros fatores que influenciam diretamente na taxa de escoamento superficial. A precipitação desencadeia processos erosivos que aumentam a turbidez, a cor e o teor de matéria orgânica nas águas, uma vez que durante as precipitações predominam as entradas de água de escoamento superficial nos mananciais (FRITZSONS et al., 2003).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a possível influência da precipitação sobre os parâmetros de qualidade de água: oxigênio dissolvido (OD), condutividade e turbidez nos sete pontos de monitoramento pertencentes à bacia hidrográfica do Rio do Meio em Florianópolis/SC no perímetro pertencente a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E objetiva também avaliar a relação de interferência que um córrego possa oferecer a outro no sentido de escoamento da bacia.

ÁREA DE ESTUDO

O Campus da UFSC localiza-se na bacia hidrográfica do Rio do Meio em Florianópolis/SC. Com uma área de 4,01 km², a bacia encontra-se quase em toda sua extensão dentro de área urbana, onde os leitos dos córregos foram canalizados e retificados. Dessa forma com intuito de avaliar a qualidade da água foram definidos sete pontos de monitoramento no interior do perímetro do Campus indicados na Figura 1.

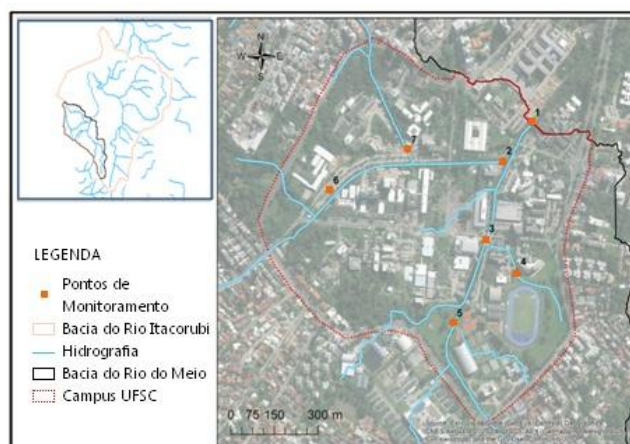


Figura 1 - Mapa de localização dos pontos de monitoramento.

Como critério para determinação dos pontos de monitoramento utilizou-se o controle de qualidade das águas no percurso dentro do Campus, ou seja, optou-se por pontos de entrada e saída dos córregos e também confluência dos mesmos dentro do perímetro da UFSC. A seleção também foi realizada de acordo com a estabilidade da seção e a existência de uma lâmina de água adequada para a utilização dos equipamentos.

METODOLOGIA

O período de estudo compreendeu-se entre 31 de agosto de 2015 a 24 de outubro de 2016. Medições in loco foram realizadas semanalmente nos pontos de monitoramento com emprego da Sonda Multiparâmetros YSI 6600-V2-2 (Figura 2) e do Oxímetro Alfakit AT-130 (Figura 3). A Sonda Multiparâmetros foi equipada com sensores de temperatura, turbidez, pH e condutividade. Para sua utilização todos os sensores eram calibrados a cada campanha de medidas com suas devidas soluções de calibração.



Figura 2 - Sonda Multiparâmetros YSI 6600-V2-2

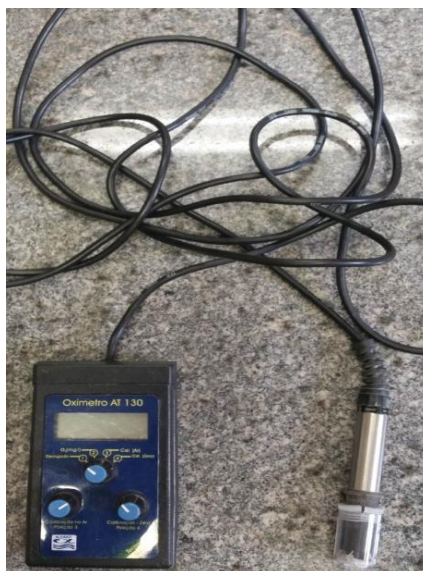


Figura 3 - Oxímetro Alfakit AT-130



Figura 4 - Estação meteorológica UFSC.

Após a calibração os aparelhos eram transportados até os pontos de monitoramento e mergulhados na água do córrego em questão até que os sensores ficassem completamente imersos. Após estabilização, os valores obtidos eram anotados, passando-se então para o ponto seguinte. Posteriormente os equipamentos eram acondicionados e guardados apropriadamente até a próxima campanha de medidas.

Para obtenção dos dados de precipitação foi utilizada a estação meteorológica da UFSC (Figura 4) que é equipada com pluviógrafo. Os dados são disponibilizados em períodos de 15 minutos até o dia 21 de junho de 2016 e a partir desse mesmo dia os dados são espaçados em períodos de 1 minuto. Considerou-se para essa análise o valor total de precipitação a partir das 7hrs do dia anterior a amostragem até as 7hrs do dia em que a mesma foi efetivada.

Para a análise estatística utilizou-se o terminal SStatNet que é um ambiente flexível de ensino-aprendizagem de estatística através da internet. Por meio dele é possível aplicar procedimentos de descrição, estimação, testes de hipóteses e modelos de regressão para variáveis qualitativas e quantitativas.

TESTE DE HIPÓTESES

Um teste de hipóteses é um procedimento de inferência estatística para identificar um padrão de associação entre variáveis. Para isso utilizam-se os dados de uma amostra representativa para que as informações fornecidas sejam válidas sobre a população de estudo.

Em uma análise sobre a relação entre duas variáveis, considera-se que uma variável seja independente e a outra dependente, esses termos aplicam-se principalmente à pesquisa experimental no sentido de causa e efeito, respectivamente. Os testes de correlação permitem aferir se o valor do coeficiente de correlação é estatisticamente significativo, isto é, permite concluir se há associação entre as variáveis.

O coeficiente r_s de Spearman é uma medida numérica da associação linear entre variáveis qualitativas ordinais. E também é empregado para variáveis quantitativas, quando estas não atendem a restrição de normalidade. Neste caso o valor numérico é abandonado e trabalha-se com a ordem ou posto das variáveis. A Tabela 1 fornece um guia de interpretação do valor numérico do coeficiente de correlação.

Tabela 1 - Interpretação do valor numérico de uma correlação.

Valor de r_s (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 0,19	Uma associação ausente ou bem fraca
0,20 a 0,39	Uma associação fraca
0,40 a 0,69	Uma associação moderada
0,70 a 0,89	Uma associação forte
0,90 a 1,00	Uma associação muito forte ou perfeita

FONTE: SEstagnet

RESULTADOS

O tempo de recessão para a bacia hidrográfica estudada é inferior à 24hrs, dessa forma, em poucas horas após o pico de vazão ocasionado pelo evento chuvoso, o escoamento no córrego retorna para suas condições originais. Sendo assim, como dito anteriormente, o total de precipitação utilizado para a análise foi o de um dia anterior à amostragem. A Figura 5 traz a comparação entre o total de precipitação referente aos três dias anteriores a amostragem no dia em que foi verificado o maior valor de precipitação.

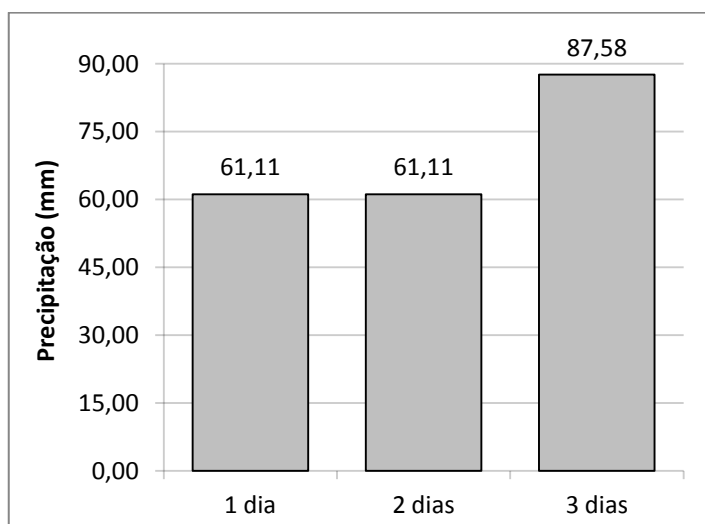


Figura 5 – Gráfico de totais de precipitação anteriores à amostragem.

As variáveis analisadas são quantitativas contínuas, ou seja, elas podem assumir qualquer valor dentre um intervalo possível de valores. Sendo os valores discrepantes ou *outliers* atípicos da variável, ou seja, são valores muito altos ou muito baixos e se sobressaem dos demais valores do conjunto de dados e podem indicar eventos raros.

A presença desses valores influencia o resultado do teste de hipótese, pois acaba alterando critérios estatísticos como médias e desvios padrões, contudo, ainda assim optou-se por mantê-los na análise, já que se trata de precipitações com intensidades mais elevadas e que poderiam vir a indicar uma maior relação entre o evento chuvoso e os parâmetros físico-químicos de qualidade escolhidos para essa avaliação.

No contexto desse trabalho investigou-se a relação existente entre a precipitação e os valores para OD, condutividade e turbidez, sendo esses parâmetros avaliados para qualidade da água. Tomou-se como variável independente a precipitação e para tal foram encontrados os valores de correlação indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores do Coeficiente de Spearman para a correlação entre as variáveis de qualidade de água e a precipitação no dia antecedente.

Ponto	1	2	3	4	5	6	7
Oxigênio Dissolvido	0,36	0,53	0,18	-0,04	0,30	0,40	0,43
Correlação	Fraca	Moderada	Ausente ou bem fraca	Ausente ou bem fraca	Fraca	Moderada	Moderada
Condutividade	-0,20	-0,19	-0,08	0,01	-0,20	-0,21	-0,17
Correlação	Fraca	Ausente ou bem fraca	Ausente ou bem fraca	Ausente ou bem fraca	Fraca	Fraca	Ausente ou bem fraca
Turbidez	0,05	0,06	0,14	0,04	0,22	0,14	-0,006
Correlação	Ausente ou bem fraca	Ausente ou bem fraca	Ausente ou bem fraca	Ausente ou bem fraca	Fraca	Ausente ou bem fraca	Ausente ou bem fraca

Tomando por base os resultados indicados acima, pode-se avaliar que para o OD a relação encontrada é de forma geral positiva (com exceção do ponto 4), ou seja, quando há precipitação aumenta-se o teor de oxigênio dissolvido nas águas. As relações encontradas variam de ausente ou bem fraca até uma relação moderada.

Avaliando a relação com a condutividade percebe-se que a mesma é negativa (com exceção do ponto 4), ou seja, quando há precipitação a condutividade diminui nas águas. A correlação encontrada nos pontos é fraca e em sua maioria ausente ou bem fraca.

E por último analisando a relação da precipitação com a turbidez fica evidente que quando há, ela é positiva, do mesmo modo que o OD, e que nesse caso a relação é praticamente ausente ou muito fraca, exceto pelo ponto 5 que apresentou relação fraca.

A outra análise realizada por esse trabalho foi investigar estatisticamente a relação dos valores encontrados para os parâmetros de qualidade entre os pontos de monitoramento, ou seja, identificar a influência que um ponto pode fornecer ao outro. Os pares de pontos analisados foram aqueles de acordo com o escoamento natural na bacia, isto é, no sentido de montante para jusante. A Tabela 3 mostra os valores de coeficiente de Spearman para cada par de pontos e também o tipo de correlação encontrado em função da variável de qualidade.

Tabela 3 - Valores do Coeficiente de Spearman para a correlação entre pontos de monitoramento fisicamente relacionados nos fluxos dos escoamentos.

Pares de Pontos	Oxigênio Dissolvido	Correlação	Condutividade	Correlação	Turbidez	Correlação
P1 - P2	0,71	Forte	0,92	Muito forte ou perfeita	0,81	Forte
P1 - P3	0,6	Moderada	0,71	Forte	0,75	Forte
P3 - P4	0,36	Fraca	0,63	Moderada	0,67	Moderada
P3 - P5	0,73	Forte	0,71	Forte	0,79	Forte
P2 - P6	0,71	Forte	0,9	Muito forte ou perfeita	0,97	Muito forte ou perfeita
P2 - P7	0,79	Forte	0,91	Muito forte ou perfeita	0,93	Muito forte ou perfeita

Para o parâmetro OD os resultados encontrados apontam uma relação de forma geral forte, com exceção dos trechos P1-P3 e P3-P4 que apresentaram relação moderada e fraca respectivamente. Para a condutividade a maioria dos pares de pontos analisados apresentou uma relação muito forte ou perfeita, ainda que tenha apresentado casos moderados e fortes. Já para a turbidez os valores apontam relações fortes em sua maioria, apresentando também relação muito forte ou perfeita e ainda moderada no caso do trecho P3-P4.

CONCLUSÃO

Os resultados encontrados apontam que para as condições locais quando há precipitação na área de estudo os parâmetros de oxigênio dissolvido, condutividade e turbidez não sofrem grandes alterações por influência do evento chuvoso, o que em teoria deveria ser verificado.

É de conhecimento que quando há precipitação o escoamento superficial transporta sedimentos para os corpos hídricos o que tenderia aumentar o valor de turbidez. Com o aumento do volume d'água é esperado também que haja uma redução na condutividade por uma maior diluição dos íons e por promover uma agitação e ampliar a interface água-ar dever-se-ia notar um aumento no OD.

O conjunto de resultados obtidos, contudo, permite inferir que a qualidade da água dos córregos estudados possa estar mais fortemente correlacionada com outros fatores, como as características do entorno, bem como com as atividades antrópicas realizadas dentro da propriedade do Campus.

Vale ressaltar que o tempo de recessão para bacia estudada é pequeno, ou seja, em poucas horas após o pico do escoamento os córregos retornam a sua condição inicial e perdem o efeito da precipitação sobre as águas. Dessa forma, se no dia da análise houve precipitação e a amostragem foi realizada após o tempo de recessão, a relação encontrada não representa fielmente a influência da precipitação sobre os parâmetros.

Para que esse problema seja corrigido recomenda-se que em dias onde há precipitação que a amostragem seja realizada dentro do tempo de recessão, para que dessa forma o estudo avalie o real comportamento dos parâmetros estudados em função do evento chuvoso.

Com relação ao estudo de influência dos parâmetros entre os pontos pode-se concluir que ela existe e é forte. Isso já era esperado, uma vez que, os pontos de monitoramento são conectados e assim um córrego que seja afluente tende a aumentar a carga nos pontos de confluência e seguintes.

REFERÊNCIAS

CETESB. Relatório de qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, 2009. 44p.

ESTEVES, F.A. 1998. Fundamentos de Limnologia. Interciência, Rio de Janeiro. 602p.

FRITZSONS, E.; HINDI, E. C.; MANTOVANI, L. E. et al. As alterações da qualidade da água do rio Capivari com o deflúvio: um instrumento de diagnóstico de qualidade ambiental. Engenharia Sanitária e Ambiental. v. 8, n. 4, p. 239-248, out/dez 2003.

MARKICH, S. J.; BROWN, P. L. Relative importance of natural and anthropogenic influence on the fresh surface water chemistry of the Hawkesbury-Nepean River, South-Eastern, Australia. The Science of the Total Environment, v. 217, 1998.

NASSAR, Silvia M., WRONSCKI, Vilson R., OHIRA, Masanao et al. SEstatNet - Sistema Especialista para o Ensino de Estatística na Web. Disponível em <http://sestatnet.ufsc.br>. Acesso em 14 maio 2016.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3 ed., São Paulo: Escrituras, 2006. 748p.

SCHÄFER, A. Fundamentos de ecologia e biogeografia de águas continentais. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1984

TAVARES, A.R. 2005. Monitoramento da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e diagnóstico de conservação. Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica-ITA, São José dos Campos, São Paulo. 176p.