

# MONITORAMENTO TRIDIMENSIONAL DO COMPORTAMENTO DA PLUMA E DA CONCENTRAÇÃO DO TRAÇADOR EM CURSO D'ÁGUA NATURAL

Michele dos Santos Lopes Cerqueira<sup>1</sup>, Mauro Menzori<sup>2</sup>, Elaine Cristina Catapani Poletti<sup>3</sup> e Lubienska Cristina Lucas Jaquiê Ribeiro<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

E-mail: sl.michele@hotmail.com, mauro@ft.unicamp.br, elaine@ft.unicamp.com, lubi@ft.unicamp.br

## Introdução

A gestão das águas urbanas, nos dias de hoje, não é tarefa simples. Ela é feita de três maneiras: planejamento, administração e regulamentação. Para se realizar a gestão dos recursos hídricos é necessário o entendimento dos fatores que influenciam a quantidade e qualidade dos corpos hídricos, assim como o levantamento do arcabouço legal e institucional para gerenciar esses recursos e o quão variáveis podem ser em um futuro previsível (Peixoto, 2016; Stewart, 2015; Campos, 2001).

Com o avanço da urbanização houve um aumento não só da demanda, mas também do impacto das cidades no ambiente hídrico local. Sendo marcada pelo aproveitamento do uso do solo urbano e a geração de resíduos (Peixoto, 2016). Portanto, a intensificação das atividades antrópicas, pelo crescimento desordenado, tanto industrial como urbano, pode ser notada na contaminação do ar, da água e do solo. Essas atividades, frequentemente geram efluentes, e os cursos d'água passam a ser utilizados para diluir e transportar os resíduos oriundos dessas atividades.

Conhecer como esse curso d'água se comporta ao receber uma carga poluidora, ou seja, compreender o fluxo do rio, o comportamento da dispersão e da decomposição do efluente, é importante pois com essas informações é possível escolher um ponto favorável de emissão do efluente, determinar a distância necessária para a dispersão e a mistura completa deste efluente.

E é dentro desse contexto que este estudo se situa, com o objetivo de monitorar a formação e o comportamento da pluma de um traçador, em modelo tridimensional, na Bacia do Ribeirão Pinhal, Limeira-São Paulo/Brasil.

## Área de estudo

O município de Limeira, situado no interior de SP, conta com dois mananciais para captação de água para abastecimento: Rio Jaguari e Ribeirão Pinhal, ambos localizados na Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Bacia PCJ), ambos são classificados como classe 2 (BRK, 2018).

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foram realizados experimentos no curso d'água do Ribeirão Pinhal, que possui 37 km de extensão e seu contorno é caracterizado pelas atividades agrícolas de produção de laranja e de cana de açúcar.

## Metodologia

A primeira etapa para desenvolvimento do estudo foi reconhecer o comportamento do curso d'água, através do levantamento topográfico do trecho estudado da área da bacia.

Após o levantamento foi possível definir a área de estudo, e definir os pontos de coleta e despejo do traçador conservativo (Cloro de Sódio – NaCl).

A segunda etapa, foi realizada toda a caracterização hidráulica da área de estudo: comprimento total, largura transversal, alturas das lâminas d'água, perfil de velocidade,

vazão, declividade, raio hidráulico e comprimento da zona advectiva.

Para a terceira etapa, a partir da metodologia desenvolvida por Lopes (2016) adequou-se e aprimorou-se a técnica de laboratório para ser utilizada em campo, afim de garantir a eficiência no ensaio de estímulo-resposta com injeção de traçador. Por fim, para a leitura das concentrações coletadas foi levantada a curva de calibração do traçador através do condutivímetro.

## Levantamento de campo

O trecho estudado possui aproximadamente 20 metros de comprimento e aproximadamente 4 metros de largura, e uma geometria irregular. O curso d'água foi separado em 11 compartimentos, e cada compartimento foi separado em 3 partes, totalizando 33 seções, conforme Figura 1.

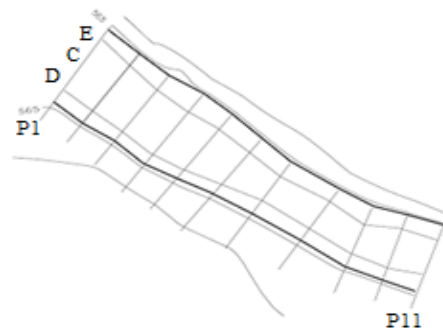


Figura 1.- Vista superior do curso d'água.

A denominação "Pn", refere-se aos compartimentos, já a denominação "D,C,E", referem-se a posições direita, centro e esquerda, respectivamente, em relação ao fluxo do escoamento.

Caracterização hidráulica da bacia:

i) O perfil de velocidade (utilizando equipamento molinete), foi medido levando em consideração a altura da lâmina d'água em cada ponto de coleta, como mostrado na Figura 2.

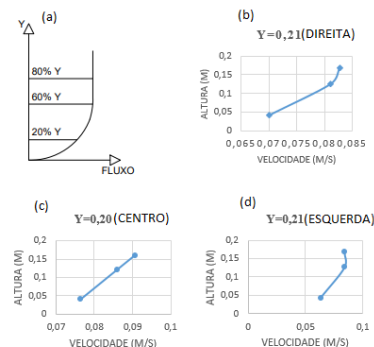


Figura 2.- Perfil de Velocidade. (a): modelo de medição, (b),(c),(d): exemplo do perfil de velocidade do compartimento 1.

ii) Para o cálculo da velocidade de atrito utilizou-se a equação 1 e para comprimento da zona advectiva utilizou-se a equação 2, sendo:

$$u_* = \sqrt{g \cdot Rh \cdot So} \quad [1]$$

$$Lx = 0,0532 \frac{U \cdot B^2}{H^{3/2} So^{1/2}} \quad [2]$$

Onde:  $u$  é a velocidade de atrito ( $L^2T^{-1}$ ),  $g$  (aceleração da gravidade,  $L^2T^{-1}$ ),  $Rh$  (raio hidráulico,  $L$ ) e  $So$  (declividade,  $L/T$ ),  $Lx$  é comprimento da zona advectiva ( $L$ ),  $U$  (velocidade média,  $LT^{-1}$ ),  $B$  (largura média,  $L$ ) e  $H$  (profundidade média,  $L$ ).

Os valores encontrado são: para a velocidade de atrito  $1,2813m^2/s$ , para a profundidade média do escoamento  $0,1879m$ , a velocidade média do escoamento  $0,0921 m/s$ , para o raio hidráulico  $0,1674m$ , para a declividade  $0,0102m/m$ , para a largura média  $3,0578m$ , para a vazão  $0,0666m^3/s$  e para o comprimento da zona advectiva  $5,5683 m$ .

Após conhecer hidraulicamente o curso d'água, foi possível coletar as amostras. Os equipamentos de coleta e como as coletas foram realizadas podem ser visualizados nas Figuras 3 e 4.



Figura 3. - Coletores utilizados nas coletas.



Figura 4. – Coleta realizada.

As coletas foram realizadas de forma sequencial, iniciando-se pelo compartimento P11, e as posições D, C, E, foram coletadas simultaneamente. O despejo do traçador ocorreu pela margem esquerda a 1,5m do PIE, com concentração de aproximadamente  $7g/L$ . Em cada posição foram coletadas amostras em sistema tridimensional (utilizando as mesmas alturas do perfil de velocidade: 20%, 60% e 80% da lâmina d'água).

Após as coletas foram realizadas as leituras e verificados os valores de concentração do traçador em cada ponto. A formação da pluma pode ser vista na Figura 5, que mostra a relação entre: Compartimentos, Posição e Concentrações.

Na Figura 6 pode-se observar os resultados encontrados. Nota-se que o traçador ao ser lançado no corpo d'água vai das regiões de maiores concentrações para as regiões de concentrações mais baixas, e tende a se manter na margem em que foi lançado, aonde se sofre uma maior dispersão. O

traçador atingi a mistura lateral completa entre o compartimento 5 e 7, ou seja, a pluma se forma entre o compartimento 1 e 7, assim, a zona de equilíbrio é formada entre o compartimento 7 ao 11.

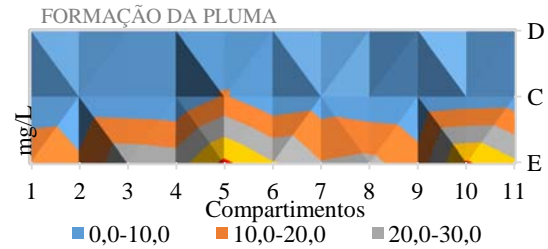


Figura 5. – Pluma da Dispersão Superficial.

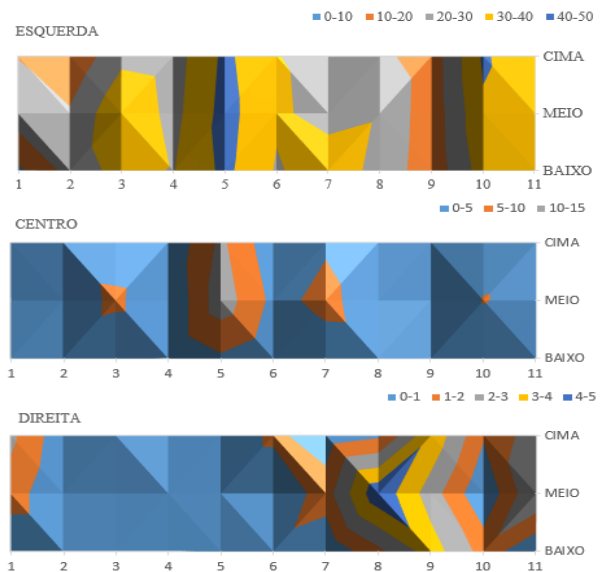


Figura 6.- Dispersão do traçador na bacia em estudo.

## Conclusão

Observa-se que o monitoramento tridimensional possibilitou um conhecimento maior do comportamento da dispersão, podendo assim acompanhar o fluxo real do traçador lançado. O estudo permitiu concluir que o monitoramento da pluma é essencial aos gestores hídricos, já que garante um conhecimento do comportamento que o curso d'água terá ao receber uma carga poluidora. Tal ferramenta auxilia na modelagem matemática, uma técnica que vem sendo muito utilizada na área de qualidade de água, no planejamento das demandas e ofertas das águas superficiais, de forma a garantir a sustentabilidade do sistema aquático.

## Referências

- BRK Ambiental** – Empresa Privada de Saneamento do Município de Limeira, disponível em :< <https://www.brkambiental.com.br/limeira/>>.2017.
- Campos, J.N.B.** *O Modelo Institucional In: Gestão das Águas: Princípios e Práticas.* 1 ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001.
- Lopes, M. S.** *Montagem de um canal retangular hidráulico para estudo de dispersão de um traçador conservativo.* Dissertação Unicamp. Limeira, Brasil. 2016.
- Peixoto, F. S., Studart, T. M. C., Campos, J. N. B.** *Gestão das águas urbanas: questões e integração entre legislações pertinentes.* DOI 10.21168, REGA, Porto Alegre, v. 13, n. 2,p. 160-174, jul./dez. 2016.
- Stewart, B.** *Measuring what we manage-the importance of hydrological data to water resources management.* Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, 366, 80. 2015.