

# RETENÇÃO DE FOSFATO EM CÓRREGOS URBANOS: APLICAÇÃO DO MODELO TASCC (TRACER ADDITION FOR SPIRALING CURVE CHARACTERIZATION) EM UM RIACHO TROPICAL (SP, BRASIL)

Nícolas Reinaldo Finkler – [nicolas.finkler@usp.br](mailto:nicolas.finkler@usp.br)

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Hidráulica e Saneamento.

Endereço: Av. Trabalhador São Carlense, 400  
CEP: 13566-590 – São Carlos – São Paulo

Wesley Aparecido Saltarelli – wesley.saltarelli@gmail.com

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Hidráulica e Saneamento

Adriana Cristina Poli Miwa – [adrimiwa@sc.usp.br](mailto:adrimiwa@sc.usp.br)

Adriana Cristina F. G. Miwa [adrianiwa@sc.usp.br](mailto:adrianiwa@sc.usp.br)  
Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Hidráulica e Saneamento

Davi Gasparini Fernandes Cunha – davig@sc.usp.br

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Hidráulica e Saneamento

**Resumo:** Este estudo buscou avaliar a aplicação de uma metodologia para estimativa da retenção de nutrientes em um córrego urbano localizado no município de São Carlos (SP). A metodologia TASCC (Tracer Addition for Spiraling Curve Characterization) possibilitou a quantificação dos principais parâmetros da ciclagem e transporte de fosfato no corpo hídrico estudado para a avaliação da capacidade do meio em reter fosfato. Os resultados dos principais parâmetros cinéticos como a taxa de retenção total ( $U_{tot}$ ) e a velocidade total de retenção ( $V_{f,tot}$ ) indicaram correlação significativa com a concentração total de fosfato ( $R^2 = 0,989; 0,991$ , respectivamente). O modelo permitiu ainda a caracterização dos parâmetros ambientais (sem a adição de nutrientes) da espiral. Os valores ambientais da distância de retenção ( $S_{w-amb}$ ), taxa de retenção ( $U_{amb}$ ) e velocidade de retenção ( $V_{f-amb}$ ) foram de 9 m,  $3463 \mu\text{g.m}^{-2}\text{min}^{-1}$  e  $387 \text{ m}.\text{min}^{-1}$ , respectivamente. Embora o teste tenha caráter pontual e os resultados sejam preliminares, isso pode sugerir que o trecho analisado possui elevada capacidade de reter fosfato em elevadas concentrações, além de possuir certa sensibilidade ao aporte de nutriente. Tais considerações devem ser utilizadas para orientar os gestores a planejar ações em córregos urbanos de maneira a revitalizá-los e maximizar os benefícios obtidos com o serviço ecossistêmico de retenção de nutrientes.

**Palavras-chave:** ciclagem de nutrientes; riachos urbanos; serviços ecossistêmicos; gerenciamento de recursos hídricos.

# PHOSPHATE RETENTION IN URBAN STREAMS: APPLICATION OF TASCC MODEL (TRACER ADDITION FOR SPIRALING CURVE CHARACTERIZATION) IN A TROPICAL STREAM (SP, BRAZIL)

## REALIZAÇÃO

## CORREALIZAÇÃO

## INFORMAÇÕES



**Abstract:** This study aimed to assess preliminarily the application of a nutrient uptake model in an urban stream in São Carlos (SP, Brazil). The TASCC methodology (Tracer Addition for Spiraling Curve Characterization) was used to quantify the principal phosphate uptake metrics and its transport in the water body. The results of the main kinetic parameters as total areal uptake rate ( $U_{tot}$ ) and total uptake velocity ( $V_{f-tot}$ ) showed significant correlation with the total phosphate concentration ( $R^2 = 0.989$ ; 0.991, respectively). Furthermore, the model allowed the characterization of environmental parameters (without the nutrient addition) of spiraling. The values of uptake length ( $S_{w-amb}$ ), uptake velocity ( $V_{f-amb}$ ) and areal uptake rate ( $U_{amb}$ ) for the ambient conditions were 9 m, 3463  $\mu\text{g.m}^{-2}\text{min}^{-1}$  and 387  $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ , respectively. Although this study was a point and preliminary approach, the results suggest that the stream has a higher capacity and sensibility of phosphate uptake with high nutrient concentration. Such considerations should be used to answer how managers can plan actions in urban streams in order to maximize the benefits to the ecosystem service of nutrient retention.

**Keywords:** nutrient cycling; urban streams; ecosystems services; water resources management.

## 1. INTRODUÇÃO

A ciclagem de nutrientes é uma das principais funções ecossistêmicas de corpos hídricos. Além de controlar as taxas de metabolismo autotrófico e heterotrófico, o fenômeno envolve a retenção de nutrientes pela biota aquática e por diversos mecanismos físicos e químicos nesses ambientes. Como um processo fundamental no equilíbrio do ecossistema, a retenção de nutrientes deve ser considerada tanto em pesquisas ecológicas, como na tomada de decisão em processos de gestão de recursos hídricos, tendo em vista a sua importância no controle do transporte de nutrientes para zonas a jusante, assim como no efeito local decorrente da saturação de suas concentrações (COVINO et al., 2012; PAYN et al., 2005).

Atividades antrópicas têm alterado profunda e progressivamente a dinâmica de nutrientes, principalmente de nitrogênio (N) e fósforo (P), na medida em que aumentaram a entrada e disponibilidade destes nas águas superficiais, provocando eventos de eutrofização em lagos, rios e zonas costeiras de todo o mundo (ALEXANDER et al., 2000; PETERSON et al., 2001; RUGGIERO et al., 2006).

Nessa pesquisa, o modelo TASCC (*Tracer Addition for Spiraling Curve Characterization*), detalhadamente descrito em Covino et al. (2010), possibilitou a quantificação dos principais parâmetros da ciclagem e transporte de nutrientes no corpo hídrico estudado. Uma das vantagens do método TASCC é o cálculo da distribuição dos parâmetros da espiral de nutrientes (*sensu nutrient spiraling concept*; Newbold et al. 1981) como função de várias concentrações de nutriente adicionado. Outra vantagem em comparação a outros métodos (e.g., Ruggiero et al. 2006; Tank et al. 2008) é que o cálculo dos parâmetros da espiral permite avaliar condições de remoção que ocorrem naturalmente no nutriente e, ainda, a resposta do riacho à adição de nutrientes e sua retenção, sendo que ambos são calculados conforme a metodologia TASCC.

O objetivo principal da presente pesquisa foi quantificar e avaliar de forma preliminar as taxas de retenção de uma forma dissolvida de fósforo (fosfato) através da aplicação da metodologia TASCC a um riacho de primeira ordem localizado no bioma Cerrado (SP), como contribuição à avaliação dos serviços ecossistêmicos desempenhados por ambientes de água doce.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

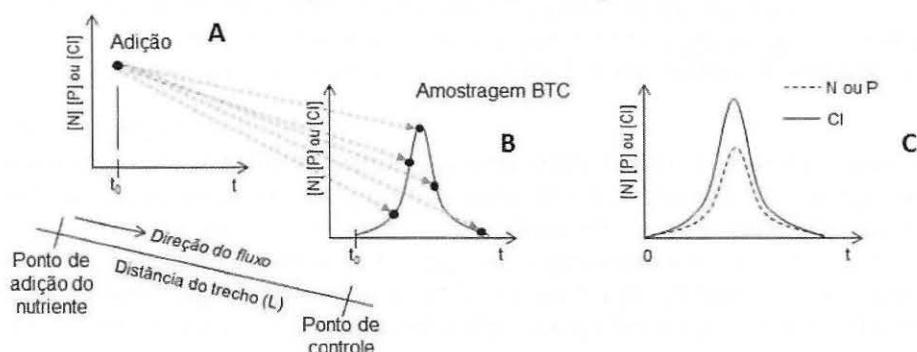
Para a realização desse estudo, foi selecionado um trecho do córrego Cambuí, considerado de pequeno porte (vazão não superior a 100 L/s). Localiza-se no município de São Carlos (SP) e pertence à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRH) 13, dos rios Tietê/Jacaré. O trecho analisado ( $21^{\circ}59'42.15''$  S;  $47^{\circ}54'45.01''$  O) está inserido em uma bacia altamente urbanizada, cuja vegetação apresenta sinais de degradação. Observa-se também substrato alterado, além da presença de lançamento de efluentes domésticos, descarga de águas pluviais e resíduos sólidos.

### Quantificação das taxas de retenção de macro nutrientes (modelo TASCC)

A presente pesquisa utilizou o método proposto por Covino et al., 2010 para caracterizar as curvas cinéticas da retenção de nutrientes. O método divide-se em levantamento de dados em campo e posterior formulação matemática dos principais parâmetros cinéticos. Foi investigada a retenção da forma dissolvida de fósforo (fosfato;  $\text{PO}_4^{3-}$ ).

O método TASCC considera uma adição instantânea de sais de nutrientes e do NaCl (sóluto conservativo) no ponto inicial do trecho analisado (Figura 1A). Ao final do trecho, medem-se, em tempo real, os valores de condutividade para determinar quando serão coletadas as amostras ao longo das curvas de ascensão e descenso da condutividade e das concentrações de nutrientes – denominadas BTC (Breakthrough Curves) (Figuras 1B, 1C). A frequência de amostragem está associada à declividade da curva de condutividade, sendo as amostras coletadas mais frequentemente durante períodos com maior alteração na condutividade. Em geral, são esperadas de 14 a 21 amostras em cada teste.

Figura 1. Diagrama conceitual e ilustrativo da adição do soluto conservativo e dos sais de nitrogênio e fósforo. (A) adição de nutrientes no ponto a montante do trecho analisado; (B) amostragem conforme curva BTC no ponto de controle do trecho analisado; e (C) curva BTC para o nutriente e para o soluto conservativo. [N]: concentração da forma nitrogenada; [P]: concentração da forma fosfatada; [Cl]: concentração do soluto conservativo, estimada a partir da condutividade; t: tempo decorrido a partir da adição dos nutrientes, no tempo  $t_0$ .



Fonte: Adaptado de Covino et al. (2010).

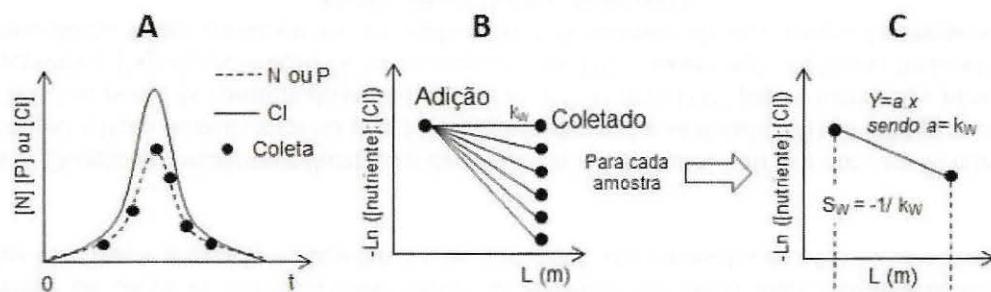
Nessa pesquisa, foram utilizados 39,9 g do sal fosfato de potássio dibásico anidro ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ) dissolvidos em 11 L de água do próprio riacho. O trecho analisado possui extensão de 37 m, considerado adequado para que haja tempo de contato suficiente para que se visualize a retenção dos nutrientes e se possa modelar a sua cinética. A profundidade e largura média do trecho são

respectivamente de 0,25 m e 1,50 m. As análises de fosfato foram realizadas segundo procedimentos descritos em APHA (2012).

Como citado anteriormente, o método TASCC tem como vantagem em relação a outros métodos, o cálculo da distribuição dos parâmetros da espiral de nutrientes como função de cada concentração de nutriente amostrado. Nessa pesquisa, a distribuição foi gerada a partir da taxa de retenção longitudinal ( $k_w$ ). A  $k_w$  assume que ocorre um declínio exponencial da concentração de nutrientes ao longo do trecho analisado.

As  $k_w$  foram calculadas a partir de regressão linear com os logaritmos naturais da razão “[nutriente]:NaCl” adicionado e observado (com concentração *background* corrigida) no ponto de controle, em função da distância (Figuras 2A e 2B). Para cada amostra, foi gerada uma regressão entre os pares de dados. Os coeficientes angulares (i.e., inclinações) de cada uma das curvas derivadas desses dados representam diferentes  $k_w$ . Logo, as distâncias de retenção  $S_w$  (parâmetro que avalia a eficiência da retenção relativamente ao fluxo) podem ser determinadas como sendo o inverso negativo dos valores de  $k_w$  (Figura 2C).

Figura 2. Determinação da  $k_w$  e  $S_w$  de cada amostra. (A) amostragem de nutriente durante o experimento; (B) regressão linear dos logaritmos naturais da razão “[nutriente]:Cl-” adicionado e coletado em função da distância do trecho; (C) equacionamento de  $k_w$  e  $S_w$ .



Fonte: Adaptado de Covino et al. (2010).

Com os valores de  $k_w$  e  $S_w$ , determinaram-se tanto a taxa de retenção (i.e.,  $U_{add}$ ), como a velocidade da retenção (i.e.,  $V_{f-add}$ ) dos nutrientes adicionados (Tabela 1, Eq. 1 e 2). A concentração conservativa do nutriente ( $[PO4^{3-}-P_{cons}]$ ) utilizada nessas equações foi definida como a concentração que chegaria ao ponto de controle se o nutriente tivesse percorrido todo o trecho de forma conservativa (i.e., sem retenção, valor máximo que seria observado), e calculada como o produto das concentrações de NaCl (com concentração *background* corrigida) e da relação “[nutriente]:NaCl” na solução adicionada.

As distâncias de retenção do ambiente ( $S_{w-amb}$ ) foram estimadas a partir da regressão entre os valores de  $S_w$  e as concentrações observadas no curso hídrico, extrapolando a curva para a concentração inicial do ambiente (Figura 3A). A retenção total do nutriente ( $U_{tot}$ ) durante os experimentos de adição refere-se à soma entre a retenção que ocorre naturalmente no ambiente ( $U_{amb}$ ) e a retenção do nutriente adicionado ( $U_{add}$ ), conforme Figura 3B (Tabela 1, Eq. 3-7). Uma síntese das equações utilizadas para a construção do modelo TASCC, além das variáveis medidas, calculadas e modeladas, é apresentada nas Tabelas 1 e 2 (COVINO et al., 2010).