

## MODELAGEM DA REMOÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DIRETO POR REATOR PISTONADO DE CINÉTICA DE PRIMEIRA ORDEM

*Mayara Caroline Felipe*<sup>1\*</sup>; *Rodrigo Braga Moruzzi*<sup>2</sup>; *Ademir Paceli Barbassa*<sup>3</sup>; *Ruy de Sousa Júnior*<sup>4</sup>; *Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira*<sup>5</sup>; *Luciana Marcia Gonçalves*<sup>6</sup>; *Luana Fernanda da Silva Baptista*<sup>7</sup>; *Natália Tecedor*<sup>8</sup>

### Resumo

Este trabalho visa apresentar os fundamentos referentes à aplicação de modelo de reator pistonado como potencial ferramenta para pré-avaliação da cinética de remoção de material particulado de água pluvial proveniente de escoamento superficial direto. As constantes cinéticas apresentadas na literatura foram aplicadas para as condições específicas de sistema de plano de infiltração contendo filtro de grama. O Plano foi construído em escala real no *campus* da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, localizado na Cidade de São Carlos – SP. Os resultados permitiram avaliar o efeito da taxa específica e do comprimento do plano na remoção de poluentes. As constantes cinéticas precisam ser confirmadas por meio de experimentos, os quais serão futuramente avaliados.

**Palavras-Chave** – reator pistonado; qualidade da água pluvial; material particulado.

## MODELING OF PARTICULATE MATERIAL REMOVAL OF RUNOFF IN DIRECT PLUG-FLOW KINETICS OF FIRST ORDER

### Abstract

This paper presents the foundations for the application of plug-flow model as a potential tool for pre-evaluation of the kinetics of removal of particulate from rainwater runoff. Kinetic constants reported in the literature were applied to the specific system plan infiltration containing filter grass. The Plan was built in scale on the campus of the Federal University of São Carlos - UFSCar located in the city of São Carlos - SP. The results allowed us to evaluate the effect of the specific rate and the length of the plan in removing pollutants. Kinetic constants need to be confirmed by experiments, which will be further evaluated.

**Keywords** – plug-flow; water quality; material particulate.

<sup>1</sup> Engenheira Ambiental. Mestranda pelo Programa de Pós Graduação UFSCar (GHidro); [mayara\\_felipe@hotmail.com](mailto:mayara_felipe@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professor Doutor pelo Departamento de Engenharia Ambiental- UNESP (GHidro); [rmoruzzi@rc.unesp.br](mailto:rmoruzzi@rc.unesp.br)

<sup>3</sup> Professor Doutor pelo Departamento de Engenharia Civil- UFSCar (GHidro); [barbassa@ufscar.br](mailto:barbassa@ufscar.br)

<sup>4</sup> Professor Doutor pelo Departamento de Engenharia Química- UFSCar; [ruy@ufscar.br](mailto:ruy@ufscar.br)

<sup>5</sup> Professor Doutor pelo Departamento de Engenharia Civil- UFSCar (GHidro); [bernardo@ufscar.br](mailto:bernardo@ufscar.br)

<sup>6</sup> Professora Doutora pelo Departamento de Engenharia Civil- UFSCar (GHidro); [lucianamg@ufscar.br](mailto:lucianamg@ufscar.br)

<sup>7</sup> Arquiteta e Urbanista. Mestranda pelo Programa de Pós Graduação UFSCar (GHidro); [baptista.luana@yahoo.com.br](mailto:baptista.luana@yahoo.com.br)

<sup>8</sup> Tecnóloga em Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Mestranda pelo Programa de Pós Graduação UFSCar (GHidro); [natytecedor@hotmail.com](mailto:natytecedor@hotmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

À medida que as cidades se expandiram, em geral, ocorreram os seguintes impactos: aumento das vazões máximas, provocando aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies; degradação da qualidade da água, devido a lavagem das ruas, transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto sanitário na rede pluvial; aumento da produção de sedimentos devido a desproteção das superfícies do solo e o carreamento de resíduos sólidos; (TUCCI e COLLISCHONN, 1998).

A urbanização implica em alterações significativas no meio ambiente, de forma geral, e em particular nos processos hidrológicos, resultantes de intervenções diretas no uso e na ocupação do solo. São bem conhecidos e descritos na literatura especializada os impactos sobre o regime hidrológico e, em especial, sobre a dinâmica de cheias, como consequência da impermeabilização de superfícies, da canalização de cursos d'água e do significativo aumento da densidade de drenagem decorrente da construção de vias e de redes de drenagem (KIBLER, 1982).

O uso e ocupação do solo podem alterar a camada superficial do solo que tem sua estrutura modificada, resultando em menor resistência à erosão. O mesmo pode ocasionar em bacias urbanas, no decorrer do processo de alteração de uso do solo. Áreas de campos, florestas ou até banhados são ocupadas na periferia das cidades por loteamentos. Geralmente os loteamentos urbanos são antecedidos por intensa atividade de retirada da cobertura vegetal, desestruturação da camada superficial de solo e movimentação de volumes de terra (TUCCI e COLLISCHONN, 1998).

As técnicas compensatórias são medidas estruturais alternativas que podem apresentar geometria predominante na forma pontual, linear, ou plana visando a retenção e/ou detenção dos excessos gerados em lotes ou loteamentos. Existe uma grande diversidade de técnicas compensatórias em drenagem pluvial. Na maioria das vezes, essas técnicas centram-se em processos de infiltração e de armazenamento de águas pluviais (ELLIS, 2008).

Sabe-se que a poluição do escoamento superficial direto representa de 75 a 85% da poluição total (SCHUELER, 1987 *apud* TUCCI, 2005) e que a qualidade da água, neste caso, varia muito no espaço e no tempo. Nesse sentido, a redução da poluição difusa, por meio da separação dos materiais particulados presentes no escoamento superficial direto constitui um benefício complementar à essas técnicas. No entanto, pouco se sabe a respeito desses efeitos e dos fenômenos de separação predominantes nessas técnicas.

Dessa forma, esse artigo buscou trazer elementos, da hidráulica de reatores para avaliação da remoção de material particulado, por meio do emprego de modelo de um reator pistonado ideal com cinética de decaimento de primeira ordem, em técnicas compensatórias construídas em escala real. Tem finalidade de simular o funcionamento do reator pistonado utilizando constantes cinéticas apresentadas na literatura, particularmente aplicada ao plano de infiltração construído em escala real no *campus* da UFSCar.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Impactos na qualidade das águas pluviais

Do ponto de vista da qualidade das águas pluviais, os impactos da urbanização são também significativos pela carga de poluição dessas águas. Até recentemente consideradas aparentemente limpas, mostram-se, na realidade, superiores as cargas poluentes dos efluentes sanitários nos instantes iniciais do escoamento (NASCIMENTO, BAPTISTA, BARRAUD, 2011).

Na Tabela 1 são apresentados a comparação de cargas de poluentes de efluentes sanitários e de águas pluviais, observa-se que há parâmetros mais elevados nas águas pluviais do que o esgoto

sanitário, nota-se essa afirmação, a partir da divisão dos poluentes encontrados na água pluvial pelos mesmos encontrados no esgoto.

Tabela 1: Comparação das cargas poluentes das águas pluviais e servidas

Intervalo de tempo	Relação da carga poluente das águas pluviais e de esgotamento sanitário		
	Ano	Dia	Hora
SST	1/2	1/2	50
DBO <sub>5</sub>	1/27	1/6	4
DQO	1/9	1/2	12
TKN	1/27	1/7	3,5
Pb	27	80	2000
Zn	1/1	4	100
Hg	1/1	7	-
Cd	1/1	5	-

SST- Sólidos Suspensos Totais; DBO- Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO- Demanda Química de Oxigênio; TKN- Nitrogênio Total Kjeldahl; Pb- Chumbo; Zn- Zinco; Hg- Mercúrio; Cd- Cádmio.

Fonte: NASCIMENTO *et al.*, 2000 citado por NASCIMENTO, BAPTISTA, BARRAUD, 2011.

Os poluentes que ocorrem na área urbana variam muito, desde compostos orgânicos até metais altamente tóxicos. Alguns poluentes têm origem em diferentes funções no ambiente urbano tais como fertilizantes e inseticidas, o chumbo proveniente das emissões dos automóveis e os óleos de vazamento de caminhões, ônibus e automóveis. A fuligem resultante das emissões de gases dos veículos, das indústrias e da queima de resíduos se depositam na superfície e são lavados pela chuva. A água, resultante desta lavagem chega aos rios contaminada. Os principais poluentes encontrados no escoamento superficial urbano são os sedimentos, as bactérias e os vírus patogênicos, os nutrientes, os metais pesados, os hidrocarbonetos de petróleo e as substâncias que consomem oxigênio (TUCCI, 2005).

Além da contaminação decorrente do escoamento superficial, a composição química da água da chuva é uma combinação das gotículas que compõem as nuvens e das substâncias que se agregam às gotas de chuva no decorrer da precipitação. Portanto, a água da chuva, retrata as características da massa de ar, no que diz respeito ao conteúdo de partículas e gases solúveis em água, através da qual atravessam as gotas de chuva durante a precipitação. Nota-se a evidência desse fato na variação da composição química da água da chuva em relação ao tempo, que pode ser observado no decorrer de um evento de precipitação. Outra evidência é a relação inversa que há entre o total de íons dissolvidos e a quantidade de chuva precipitada, indicando que a maior parte dos íons presentes na água da chuva se incorpora a ela durante a precipitação (DE MELLO, *et al.*, 2006).

Nesse contexto, as técnicas compensatórias podem ser uma alternativa à remoção de poluentes do escoamento superficial direto.

## 2.2. Técnicas compensatórias

Para Baptista, Nascimento e Barraud (2011), as técnicas compensatórias podem ser classificadas em três metodologias: *técnicas para controle na fonte*, inseridas em pequenos conjuntos e associadas a pequenas superfícies de drenagem, sendo elas: poços de infiltração, valas e valetas, micro reservatórios domiciliares e telhados armazenadores; *técnicas lineares*, inseridas junto com os sistemas viários, pátios, estacionamentos e arruamentos com grandes áreas de drenagem associadas,

através de pavimentos porosos, valas de retenção e trincheiras de infiltração; e as *técnicas para controle centralizado*, que são bacias de retenção e retenção associadas às áreas de drenagem de maior porte.

As técnicas compensatórias são estruturas que visam à retenção e/ou retenção de águas precipitadas, fazendo com que as vazões sejam rearranjadas temporalmente e que haja uma diminuição do volume escoado, visando à redução das inundações e possivelmente obtendo ganhos na qualidade das águas pluviais. Essas estruturas podem assumir diferentes formas, podendo ser incorporadas ao meio ambiente e as áreas urbanas, através de espaços para estacionamento, áreas de lazer, parques e quadras esportivas (BAPTISTA, NASCIMENTO E BARRAUD, 2011).

O *layout* das estruturas precisa atender a paisagem e satisfazer as exigências estéticas como uma característica das águas urbanas, para isso ocorrer é necessária que se mantenha a eficácia no tratamento das águas pluviais, e o não comprometimento no comportamento hidrodinâmico do sistema (PERSSON, *et al.*, 1999).

Para Persson, J. *et al.* (1999) a eficiência hidráulica depende de duas características básicas do desempenho hidrodinâmico das *wetlands*, a primeira é a distribuição do fluxo uniformemente no sistema de retenção, e a segunda é a quantidade de mistura, ou seja, desvios de fluxo.

O reator ideal de escoamento pistonado, ou reator de fluxo em pistão, desloca-se a uma velocidade uniforme no sentido do escoamento, sem dispersão longitudinal ou mistura, desde a entrada a saída (LEVENSPIEL, 1999). Às parcelas da corrente de entrada e saída, determinadas pela continuidade, são computadas a geração ou a degradação do composto de interesse. A velocidade da reação é geralmente única atribuída a cada poluente ou componente de interesse (HOLLAND *et al.*, 2005).

Para tal, será utilizado um reator pistonado para tratamento de material particulado em um plano de infiltração, no qual esses poluentes não sofreram mistura e nem reação, e sim um decaimento de sua concentração devido à vegetação, que reterá esse material nas primeiras faixas de vegetação, podendo ocorrer posteriormente uma simulação de chuva sem as concentrações iniciais desses poluentes, arrastando-os do interior do filtro, ocorrendo assim o transporte desses de poluentes, “surgimento” de material particulado.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Análise da eficiência da remoção de poluentes

Para a avaliação da eficiência na remoção de sólidos em suspensão em alagados construídos (*wetlands*), Wong, T. *et al.* (2006) utilizou um modelo fenomenológico de remoção de poluentes. A qualidade da água é descrito por um modelo de cinética de primeira ordem, chamado de “modelo K-C\*”, expressa a taxa na qual se move a concentração de poluentes no sentido de uma concentração de equilíbrio.

$$q \frac{dC}{dx} = -Kd(C - C^*) \quad (1)$$

Onde:

q= Taxa de carga hidráulica (m/ano), definido como a taxa de vazão de entrada e taxa superficial do sistema;

x= Fração da distância entre a entrada e a saída (adimensional);

C= Concentração do parâmetro de qualidade de água (mg/L);

C\*= Concentração de equilíbrio (mg/L);

K= Taxa de decaimento (T<sup>-1</sup>).

Os parâmetros K e C\* representam os efeitos de remoção de poluentes, onde K é uma constante de decaimento e C\* é a concentração de equilíbrio, parâmetros esses que necessitam de ajuste conforme os dados encontrados em campo. *Wetland* tem uma maior capacidade de tratamento

quando os valores de decaimento  $K$  forem mais elevados do que a concentração  $C^*$ , desde que,  $C^*$  seja menor que  $C$ .

Wong, T. *et al.* (2006) afirmam que o modelo  $K-C^*$  pode ser aplicado a uma grande variedade de poluentes, podendo ser: sólidos suspensos, fósforo total, nitrogênio total, entre outros.

O modelo  $K-C^*$  descreve a movimentação dos poluentes em direção ao equilíbrio físico na sedimentação de partículas ou filtração.

No estudo proposto a remoção de poluentes será feita através um reator pistonado de cinética de decaimento de poluente primeira ordem, cuja forma diferencial apresenta-se na Equação 2. O sinal negativo exprime o decaimento do composto alvo, representado por  $C$ . O escoamento predominantemente unidirecional e o trânsito da onda de cheia favorecem a hipótese de dispersão longitudinal nula, presente no modelo de reator ideal de fluxo pistonado.

$$\frac{dC}{dt} = -K \cdot C \quad (2)$$

Nas Equações de 3 a 8 são apresentados o balanço de massa para o composto de interesse no Estado Estacionário. Dessa forma, o balanço de massa para o elemento infinitesimal de controle pode ser desenvolvido como segue:

$C$  = concentração do composto em um tempo; EE = Estado Estacionário.

Acumulação = Entrada - Saída + Geração - Decaimento

$$\frac{d(V \cdot C)}{dt} = Q_e \cdot C_0 - Q_s \cdot C + r_g \cdot V - r_d \cdot V \quad (3)$$

$$\frac{dV}{dt} \cdot C + \frac{dC}{dt} \cdot V = Q(C_0 - C) + r_g \cdot V - r_d \cdot V$$

Onde:

$Q_e$  = Vazão de entrada ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )

$C_0$  = Concentração inicial de material particulado (mg/L)

$Q_s$  = Vazão de saída ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )

$C$  = Concentração de material particulado (mg/L)

$r$  = remoção do material particulado;  $r_g$  = transporte;  $r_d$  = remoção.

$r_g = K_g(C_0 - C^*)$  Assumindo zero nesse momento, porque haverá uma lavagem do filtro antes da simulação na chuva, conseqüentemente não haverá transporte de material particulado;

Substituindo:  $r_d = K_d(C - C^*)$ ;  $C^*$  = Limite mínimo para  $t = \infty$

$$\frac{dC}{dt} \cdot V = Q(C_0 - C) - K_d(C - C^*) \cdot V \quad (4)$$

$$Q = Vel \cdot A$$

$$Vel = \frac{Q}{A} = q \text{ (vazão específica)}$$

Volume  $V$  é escrito como:

$$V = \Delta x \cdot A$$

Onde,  $\Delta x$  = elemento de distância percorrida.

Assim, reescrevendo:

$$\frac{dC}{dt} \cdot \frac{V}{V} = \frac{q \cdot A}{V} (C_0 - C) - (-rd) \cdot \frac{V}{V} \quad (5)$$

$$\frac{dC}{dt} = \frac{q}{\Delta x} (C_0 - C) - (-rd)$$

Para  $\Delta x = 0$

$$\frac{dC}{dt} = -q \frac{dC}{dx} - (-rd) \quad (6)$$

Para EE – não há variação da concentração em função do tempo, a chuva será simulada através de um reservatório já com a concentração de material particulado fixa.  $\frac{dC}{dt} = 0$

$$q \frac{dC}{dx} = -(-rd) \quad (7)$$

Reescrevendo:

$$q \frac{dC}{dx} = -Kd(C - C^*) \quad (8)$$

Para o dimensionamento de q:

$$q = \frac{Q}{A} \quad (9)$$

q= vazão específica ( $L T^{-1}$ ); Q= vazão de entrada ( $L^3T^{-1}$ ); A= área do plano de infiltração ( $L^2$ )

Onde Q é a vazão de entrada simulada por Angelini Sobrinha (2012) através de um reservatório de 5.000 litros com um tubo de PVC de 75 mm na saída, e o tempo de esvaziamento de aproximadamente 27 minutos, onde essas vazões de entradas foram determinadas através do índice de duração e frequência da cidade de São Carlos no ano de 2011, utilizando Tempo de Retorno (TR) de 10 anos.

Após, será simulado uma mesma chuva, porém sem  $C_0$ , onde será observado a geração do material particulado, ou seja, o arraste do material existente anteriormente no filtro. Mantendo a concentração  $C_0$  encontrada nos primeiros metros do filtro sendo  $C_0 = 650 \text{mg/L}$ , adotado pela literatura.

#### 4. RESULTADOS

O plano de infiltração foi dimensionado para receber as águas procedentes do telhado do prédio do departamento de Fisioterapia, e o método adotado para o dimensionamento da estrutura foi o da curva-envelope, e uma chuva com intensidade de 46,16 mm/h, com duração de 60 min, utilizando a equação de chuva da cidade de São Carlos. O período de retorno utilizado foi de 10 anos. A permeabilidade resultante de um ensaio de duplo anel foi  $K = 5,0 \times 10^{-5}$ .

Dimensionamento da estrutura:

Área inundada = 384,69 m<sup>2</sup>; Barramento = 0,60 m; Comprimento (canal em grama até a tubulação de saída) = 20,50 m; Diâmetro da tubulação de saída = 100 mm; Cota do canal em Brita = 858,90 m;

Cota da tubulação de saída = 858,30 m;

Declividade = 3%; Q restrição = 0,031 m<sup>3</sup>/s.

A Figura 1 apresenta a planta do plano de infiltração construído em escala real no campus da UFSCar, no qual serão realizadas as análises, as quais constituirão objeto preliminar de avaliação nesse estudo.

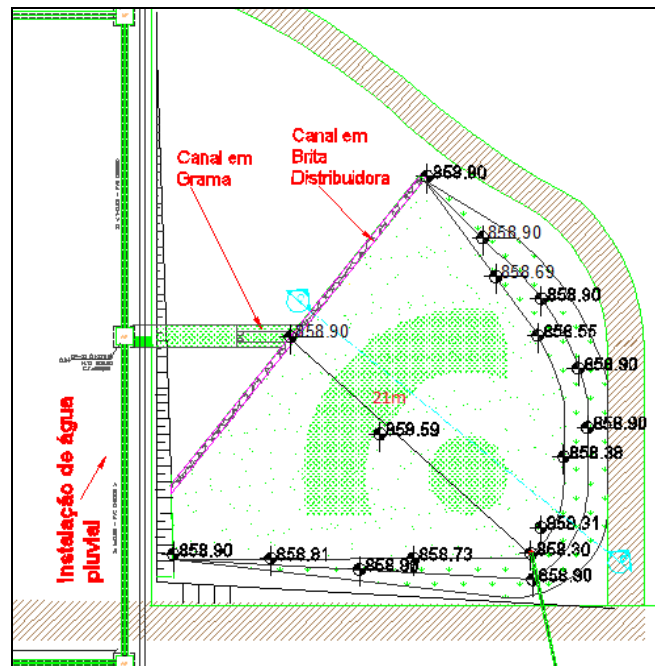


Figura 1: Esquema do plano de infiltração  
Fonte: GHidro (2012)

Por ora, são apresentados os valores simulados, os quais foram obtidos por meio de resultados da literatura, considerando o regime de escoamento pistonado com cinética de decaimento de primeira ordem. Assim, foram adotados os resultados encontrados em experimentos de campo por Wong, T. *et al.*, 2006 na Austrália:  $C_0 = 650 \text{ mg/L}$ ,  $C^* = 32,7 \text{ mg/L}$  e  $K_d = 0,000248 \text{ s}^{-1}$ . Utilizando a equação (8), solucionando-a analiticamente, conforme Equação 10.

$$C = (C_0 - C^*) \cdot e^{-1/q \cdot K_d \cdot x} + C^* \quad (10)$$

Na Tabela 2 são apresentados os valores de  $q$  para diferentes vazões de entrada. Os resultados são apresentados na Figura 2.

Tabela 2: Vazões específica para diferentes vazões de entrada

$C_0(\text{mg/L})$	$A \text{ (m}^2\text{)}$	$K \text{ (s}^{-1}\text{)}$	$C^*(\text{mg/L})$	$Q \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$	$Q \text{ (L} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$	$q \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$
650	376	0,000248	32,7	0,004	4,0000	0,000011
				0,003050619	3,0506	0,000008
				0,002219729	2,2197	0,000006
				0,000434295	0,4343	0,0000012

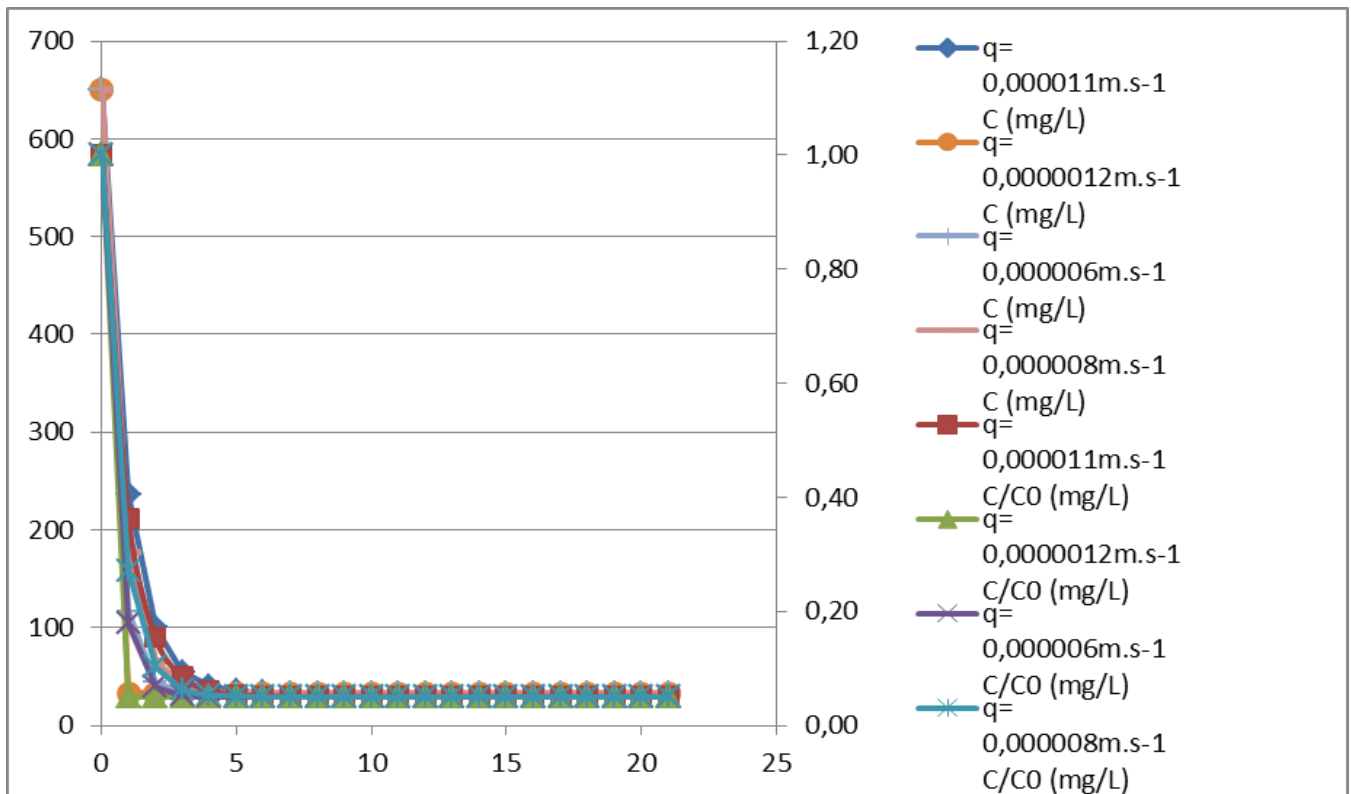


Figura 2: Decaimento das concentrações de Material Particulado em mg/L/m

A concentração de material particulado decai de uma forma significativa apresentando valores de residual remanescente da ordem de 32,7 mg/L para distâncias de cerca de 21 m. Tal fato pode ser atribuído a capacidade da vegetação de interceptar as partículas durante a sedimentação.

## CONCLUSÃO

O modelo fornece uma abordagem muito eficiente para descrever os processos no tratamento da qualidade da água, e um foco útil para aperfeiçoar e quantificar a compreensão dos fatores que influenciam no desempenho do tratamento das águas pluviais. Os experimentos possibilitarão a validação do mesmo.

## REFERÊNCIAS

- a) Livro  
 KIBLER, D. (1982). *Urban stormwater hydrology*. Water Resources Management Monograph vol. 7. Washington, American Geophysical Union,. 275p.  
 LEVENSPIEL, O. (1999). *Chemical Reaction Engineering*, 3rd ed. Wiley, New York. 563p.  
 NASCIMENTO, N.; BAPTISTA, M.; BARRAUD, S. (2005). *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. Porto Alegre: ABRH, 300p.  
 NASCIMENTO, N.; BAPTISTA, M.; BARRAUD, S. (2011). *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*: Porto Alegre: ABRH, 2ª edição, 318p.
- b) Capítulo de Livro  
 NASCIMENTO, N.; ELLIS, J. B.; BAPTISTA, M.; DEUTSCH, J. (2000). *Using detention basins:operational experience and lessons*. Urban Water, vol. 1, pp. 113-124.  
 TUCCI, C. (2005). *Gestão de Águas Pluviais Urbanas*: Ministério das Cidades: Global Water Partnership: Wolrd Bank, capítulo 2, pp. 2-63.
- c) Artigo em revista



- DE MELLO, W.; SOUZA, P.; MALDONADO, J. (2006). Composição química da chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande, RJ: *Química Nova*: Rio de Janeiro: vol. 29, n. 3, pp. 471-476.
- FORNARO, A. (2006). Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil. *Rev. USP*, n.70, pp. 78-87.
- HOLLAND, J.; MARTIN, J.; GRANATA, T.; BOUCHARD, V.; QUIGLEY, M.; BROWNA, L. (2005). Analysis and modeling of suspended solids from high-frequency monitoring in a stormwater treatment wetland, *Ecological Engineering*, vol. 24, pp. 159-176.
- PERSON, J.; SOMES, N.; WONG, T. (1999). Hydraulics efficiency of constructed wetlands and ponds, *Water Science and Technology*. n.3, vol 40, pp. 291-300.
- WONG, T.; FLETCHER, T.; DUNCAN, H.; JENKINS, G. (2006). Modelling urban stormwater treatment- a unified approach, *Ecological Engineering*, vol 27, pp. 58-70.
- d) Artigo em anais de congresso ou simpósio
- ELLIS, J. (2008). Third generation urban surface water drainage: from rooftop to the receiving water subcatchment. In: *Proc. 11th International Conference on Urban Drainage*, Edinburgh, UK.
- TUCCI, C.; COLLISCHONN, W. (1998). Drenagem urbana e Controle de Erosão. *VI Simpósio nacional de controle da erosão*, Presidente Prudente, São Paulo.
- e) Teses e Dissertações
- SÁ, S. S. de. (2005). Caracterização geoquímica das precipitações atmosféricas do Município de Rio Grande, RS. *Dissertação* (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, FURG: Rio Grande, RS, p.91.
- ANGELINI SOBRINHA, L. (2012). Monitoramento e Modelagem de um Poço de Infiltração de Águas Pluviais em Escala Real e com Filtro na Tampa. *Dissertação* (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP, p. 147.
- GHidro (2012). *Grupo de Estudos em Sistemas Hídricos Urbanos*, UFSCar, campus São Carlos-SP.