

Remoção de material particulado num canal gramado. Um caso de estudo

Particulate matter removal in grass channel

Rodrigo B.Moruzzi.†,

Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP - Univ Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, Rio Claro, São Paulo, Brasil

Ademir P. Barbassa, Alexandre H.Shinzato.

*Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil
São Carlos, São Paulo, Brasil*

RESUMO

Este trabalho busca avaliar o desempenho de canal gramado na remoção de material particulado. O canal de estudo foi construído em escala real e possui geometria trapezoidal com seção transversal de 0,70 m de base; 1,30 m de superfície livre máxima; 0,15 m profundidade máxima e talude na proporção 2:1. Seu comprimento total é de 100 m com declividade constante de 2%. A superfície do canal foi coberta com grama do tipo Batatais com altura de 49 ± 5 mm. Três hidrogramas de chuva afluente ao canal foram simulados por meio do descarregamento de volumes controlados de 5, 7 e 10 m³. Para cada hidrograma diferentes concentrações afluentes foram investigadas, quais sejam: 65 mg/L; 130 mg/L; 196 mg/L; 262 mg/L, 327 mg/L e 400 mg/L. Para todas as concentrações investigadas, verificou-se que a média das máximas eficiências foram da ordem de $64\pm 3\%$ para posição de 31 ± 26 m, para o descarregamento de 5m³. Para descarregamento de 7 m³, a média dos máximos desempenhos foram da ordem de $73\pm 3\%$ para posições de 59 ± 24 m. Finalmente, para descarregamento de 10 m³, a média dos máximos desempenhos foram da ordem de $65\pm 3\%$ nas posições de 73 ± 15 m. Em todas as situações investigadas pode-se constatar inequivocamente a passagem da onda de cheia por meio dos registros espaciais e temporais da lâmina de água. Todavia, as lâminas temporais médias de água apresentaram maior uniformidade durante a passagem de onda de cheia para o descarregamento de 10 m³. Todo o conjunto de dados foi correlacionado e os resultados deixam claro que o comprimento do canal e a altura da lâmina de água registradas em posições e tempos distintos devido a passagem da onda de cheia são parâmetros significativos no desempenho do canal gramado.

Palavras-chave: drenagem urbana, poluição difusa, remoção de poluentes, canal gramado, escoamento superficial simulado.

ABSTRACT

This study aims to investigate a channel performance on particulate matter removal. The channel was built in real scale and has trapezoidal geometry with cross-section of 0.70 m

† Professor, Dr., Msc. (rmoruzzi@rc.unesp.br)

base; 1.30 m maximum free surface; 0.15 m maximum depth and slope in a proportion of 2: 1. Its total length is 100 m with a constant slope of 2%. The channel surface is covered with Batatais grass type with 49 ± 5 mm height. Three rain hydrograms produced by controlled discharged volumes of 5, 7 and 10 m^3 were investigated. Different concentrations for each inlet hydrographs were investigated such as: 65 mg/L; 130 mg/L; 196 mg/L; 262 mg/L, 327 mg/L e 400 mg/L. For all concentrations, it was found that the average of maximum efficiencies were about $64 \pm 3\%$ for 31 ± 26 m, corresponding to discharging of 5 m^3 . For the hydrograms produced by 7 m^3 , the average of maximum performance was around $73 \pm 3\%$ to 59 ± 24 m. Finally, for the hydrograms generated from 10 m^3 of discharge, the average of maximum performances was about $65 \pm 3\%$ to 73 ± 15 m. In all investigated cases water depth was adequate to represent the passage of the water along the channel. The results clearly showed that the length of the channel and the water depth wave significant parameters to assess the performance of particulate removal along the grass channel.

Keywords: urban drainage, diffuse pollution, particulate matter, grassed swale, simulated runoff

1. INTRODUÇÃO

São muitos os desafios relacionados a drenagem urbana diante de um cenário de incremento populacional, de ampliação das áreas impermeáveis urbanas e da necessidade de manutenção da qualidade dos corpos hídricos. Nesse contexto faz-se necessária a revisão dos aspectos funcionais de sistemas de drenagem tradicionais. Nesse contexto, os canais de drenagem são tipicamente dispositivos de transporte das águas escoadas, as quais são transferidas de montante a jusante de forma preferencialmente acelerada, de forma a permitir a redução de sua geometria.

Tais premissas, que versam pelo rápido afastamento e pelo enfoque centrado no transporte da água pluvial coletada fazem parte dos princípios higienistas, largamente difundidos e ainda muito utilizado por projetistas para dimensionamento de partes constituintes de sistemas.

Recentemente, o conceito de urbanização de baixo impacto (LID) trouxe novos requisitos ao sistema de drenagem, dentre eles a remoção de poluentes (PRINCE GEORGE'S COUNTY, 2009; TAVANTI, BARBASSA, 2012).

Na literatura podem ser encontrados trabalhos que descrevem a remoção de poluentes em faixas gramadas, com diferentes comprimentos, cobertura vegetal e cargas de poluentes, podendo-se citar alguns tais como: Patty *et al.* (1997); Lalonde (1998); Muñoz-Carpena *et al.* (1999); Pan *et al.* (2011). Todavia, o desempenho dessas estruturas foram majoritariamente avaliados por meio de medidas da carga de entrada e de saída, ao final da faixa. Ainda, o funcionamento hidráulico de faixas gramados é completamente distinto de canais gramados.

São poucas as pesquisas que exploram especificamente o desempenho de canais gramados sob o aspecto da remoção de poluentes ao longo do seu comprimento. Alguns estudos reportam que essas unidades podem possibilitar a infiltração e a remoção de parte do material particulado suspenso no escoamento superficial direto (ESD), conforme constatado por Moruzzi, Felipe, Barbassa (2016).

Dessa forma, esse trabalho buscou avaliar o desempenho de um canal gramado frente a variação da concentração afluente e da distribuição longitudinal da lâmina de água, proveniente do caminhamento da onda de cheia. Tais resultados podem contribuir no entendimento do comprimento adequado do canal gramado, visando remoção de material particulado.

2. METODOLOGIA

O canal gramado de geometria trapezoidal foi inicialmente projetado para uma chuva de intensidade de 46 mm/h e área de contribuição de cerca de 1500 m². Sua dimensão transversal é de 0,70 m de base; 1,30 m de superfície livre máxima; 0,15 m profundidade máxima e talude na proporção 2:1. Seu comprimento total é de 100 m com declividade constante de 2%. A grama do tipo Batatais foi plantada diretamente sobre o solo e sua altura foi monitorada e mantida constante durante os experimentos com 49±5 mm.

O hidrograma de chuva foi simulado por meio do descarregamento de volumes controlados de 5, 7 e 10 m³ (Figura 1). Para cada ensaio realizado, foram obtidas as alturas de lâmina de água ao longo do canal em função do tempo. Os níveis foram medidos com auxílio de estacas instaladas em pontos determinados, contados de montante para jusante nas posições: 0 m; 15 m; 30 m; 45 m; 60 m; 75 m e 90 m. Foram realizadas coletas simultâneas em todos os pontos em intervalo de tempo de 5 minutos, contados a partir do descarregamento.

Diferentes concentrações afluentes foram investigadas para os hidrogramas simulados, quais sejam: 65 mg/L; 130 mg/L; 196 mg/L; 262 mg/L; 327 mg/L e 400 mg/L. O próprio solo local foi empregado na contaminação da água com material particulado, após peneiramento em malha 200, correspondente a frações granulométricas menores que 75 µm. O solo foi classificado como Areia Média Argilosa – SC, segundo a Classificação Unificada citada por Souza Pinto (2000) e pelo método Soil Conservation Service (SCS), conforme Lucas et al. (2015). O teor de finos (material que passa na peneira nº200), constituído de silte e argila, variaram de 30 a 40% da razão mássica das amostras de solo.

Assim, foram realizados 15 ensaios com diferentes combinações de volume descarregado e concentração de material particulado, com ensaios em triplicatas para cada evento. O nível inicial (t=0) no interior dos reservatórios foi mantido constante para cada condição inicial dos ensaios. Na saída dos reservatórios foram instalados tubo curto de PCV de 75 mm, conectado a um registro esfera, a um cotovelo de 90°. O registro de esfera foi sempre mantido na posição totalmente aberto, quando dos ensaios. As vazões foram calibradas no laboratório de Hidráulica da UFSCar, São Carlos - SP. O nível dos reservatórios foi monitorado por meio do medidor de nível modelo OTT *Orpheus Mini* em intervalos de registros de 1 minuto.

A eficiência de remoção de material particulado foi medida por meio da Equação 1 a partir da coleta de amostras em diferentes posições ao longo do comprimento do canal. Foi construída a curva que relaciona as medidas de sólidos suspensos totais (SST) e Turbidez (UNT). O critério para escolha da equação de ajuste foi o maior coeficiente de determinação (R²) para a curva com intercepto na origem. Optou-se pelo intercepto na origem, pois a ausência de turbidez indicaria a inexistência de material em suspensão, medido por meio do SST. As medidas de turbidez foram realizadas com auxílio de um turbidímetro de bancada e os valores expressos em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT), conforme APHA (2005). Os 26 coletores foram distribuídos e instalados ao longo do eixo longitudinal do canal gramado com a seguinte configuração, contada de montante para jusante: 10 coletores espaçados de 1 m; 5 coletores espaçados de 2 m; 6 coletores espaçados de 5 m e 5 coletores espaçados de 10 m.

As amostras foram coletadas em coletores com capacidade de 206 mL, posicionado a cada ponto de amostragem (Figura 2 e Figura 3).

Antes da realização de cada ensaio o canal gramado foi lavado com água proveniente de poço, descarregada pelo mesmo reservatório empregado nos ensaios. Tal procedimento visou minimizar o efeito do transporte de material particulado depositado em tempo pretérito, bem como manter o solo nas mesmas condições de umidade antecedente.

Correlações matemáticas foram empregadas para auxiliar na avaliação das variáveis envolvidas na remoção de material particulado sob condições dinâmicas de escoamento.

$$E = 1 - (N/N_0) \quad (1)$$

Em que: N = residual remanescente de material particulado correspondente a sua posição;
 N_0 = concentração afluente de material particulado medida no ponto de descarregamento.

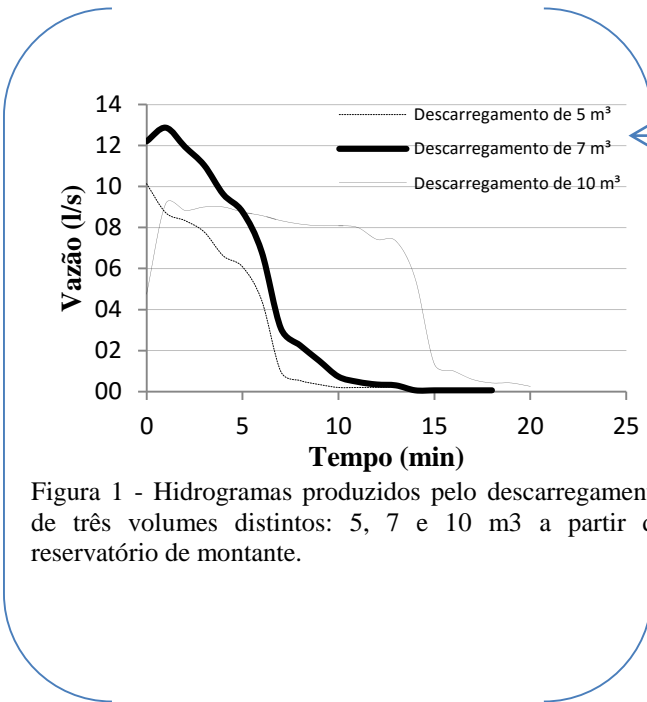


Figura 1 - Hidrogramas produzidos pelo descarregamento de três volumes distintos: 5, 7 e 10 m³ a partir de reservatório de montante.

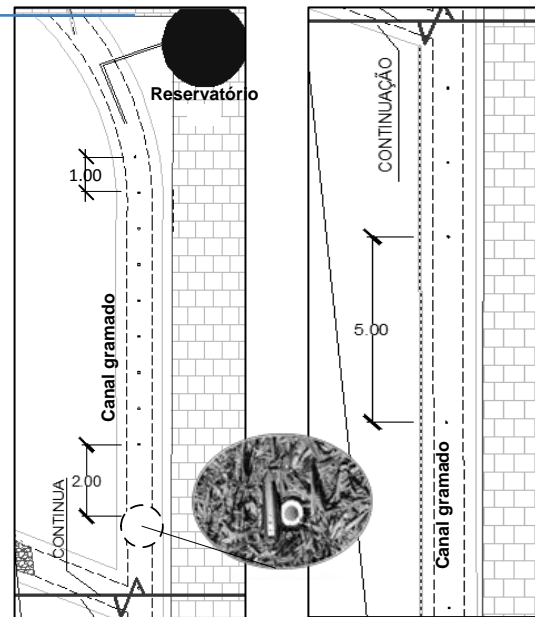


Figura 2 - Vista seccionada em planta do canal gramado com indicação do reservatório para descarregamento e dos coletores espaçados ao longo do comprimento do canal. A vista foi seccionada na posição indicada, para facilitar visualização. Em detalhe fotografia do coletor ao lado de um objeto de 12 cm. Sem Escala.

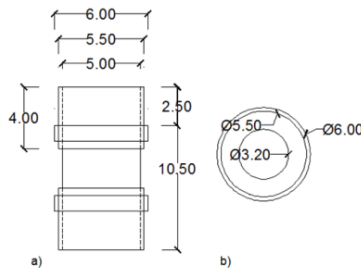


Figura 3 – a) Vista lateral do coletor de amostra montado com tubo de PVC e b) Vista superior do coletor com abertura superior de 32 mm. Sem escala. Medidas em cm.

3. RESULTADOS

Na Figura 4 pode-se verificar a relação entre sólidos suspensos totais (SST) e turbidez, construída para o material particulado empregado nesse estudo. O coeficiente de determinação da reta de ajuste (R^2) com intercepto na origem foi de 0,97, indicando boa representação dos valores de SST por meio da turbidez. Assim, pode-se avaliar a concentração de material particulado através da medida indireta da turbidez, compatibilizando o tempo de resposta requerido ao tempo de análise das amostras nos diferentes ensaios.

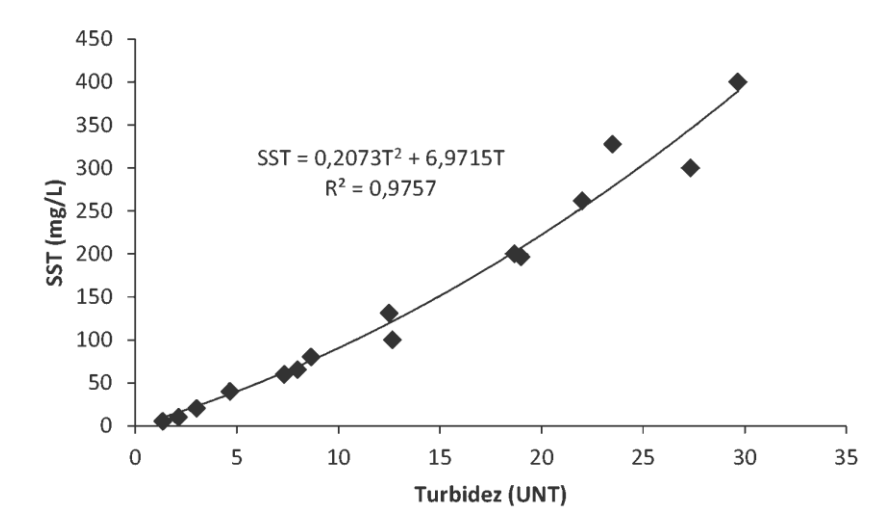


Figura 4 – Relação entre SST e Turbidez construída para o material particulado introduzido no reservatório de descarregamento no canal gramado.

O pico dos hidrogramas investigados foi da ordem de 11 ± 2 L/s e o tempo de base (t_B) determinado por meio da permanência da lâmina de água no ponto de descarregamento no canal variou de 15, 25 e 35 minutos. O tempo de trânsito no canal (t_T) foi da ordem de $10,5 \pm 2,5$ minutos, correspondente a velocidade de $0,14 \pm 0,02$ m/s.

Nas Figuras 5, 6 e 7 são apresentados os resultados da eficiência de remoção de material particulado (MP) ao longo do comprimento do canal gramado para as concentrações afluentes investigadas nos três volumes descarregados a montante. A eficiência tende a um valor máximo para todas as situações, referente a remoção de material particulado ao longo do comprimento do canal gramado. Notou-se variação da ordem de 47 a 81% em posições de 20 a 90 m.

Nas Figuras 8, 9 e 10 pode-se verificar a evolução espacial e temporal devido a passagem da onda de cheia representada por meio do registro das lâminas ao longo do comprimento do canal gramado para o descarregamento controlado de volume de 5, 7 e 10 m^3 , respectivamente. Adicionalmente, pode-se verificar nessas mesmas figuras a média das lâminas registradas para múltiplos de 15 min, tempo esse correspondente ao menor registro simultâneo de entrada e saída no canal comum aos três hidrogramas investigados. No caso da Figura 10, correspondente ao descarregamento controlado de 10 m^3 , as lâminas para o tempo de 15 e 30 min. são coincidentes, devido ao escoamento perdurar por maior tempo (40 min após o início do descarregamento). Assim, houve maior uniformidade das lâminas médias no espaço durante a passagem da onda de cheia para o maior volume descarregado.

Considerando todas as concentrações investigadas, verificou-se que para t_B de 15 minutos, a média das máximas eficiências foram da ordem de $64 \pm 3\%$ para posição de 31 ± 26 m. Para t_B de 25 minutos a média das máximas eficiências foram da ordem de $73 \pm 3\%$ para

posições de 59 ± 24 m. Finalmente, para t_B de 35 minutos a média das máximas eficiências obtidas foram da ordem de $65 \pm 3\%$ nas posições de 73 ± 15 m. As eficiências médias de remoção de MP agrupados por intervalos ao longo do comprimento do canal podem ser visualizados nas Tabelas 1, 2 e 3. Tais resultados foram empregados na obtenção de correlação matemática entre os registros de lâminas de água provenientes da onda de cheia e a eficiência para diferentes posições, nas distintas condições experimentais.

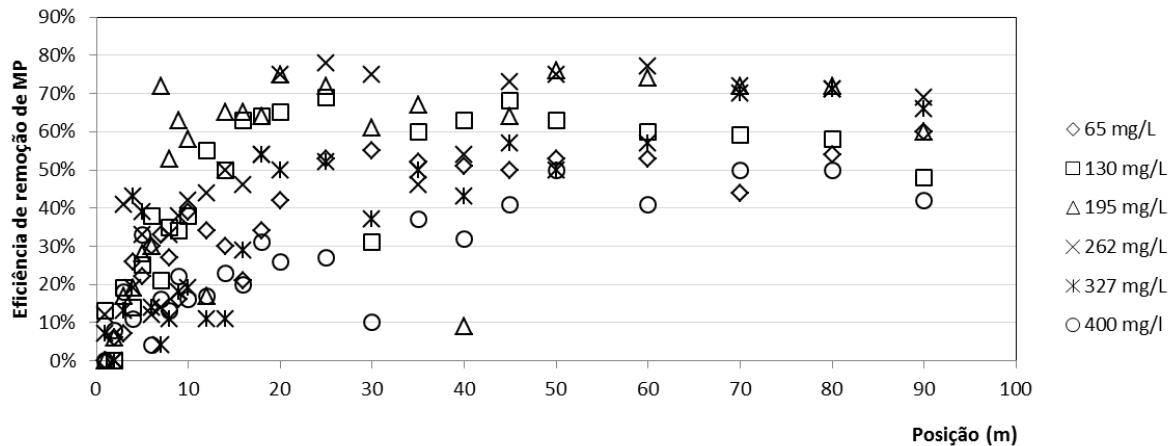


Figura 5 – Eficiências de remoção de material particulado (MP) em diferentes concentrações afluentes registradas ao longo do comprimento do canal gramado para o descarregamento de volume controlado de 5 m^3 de água.

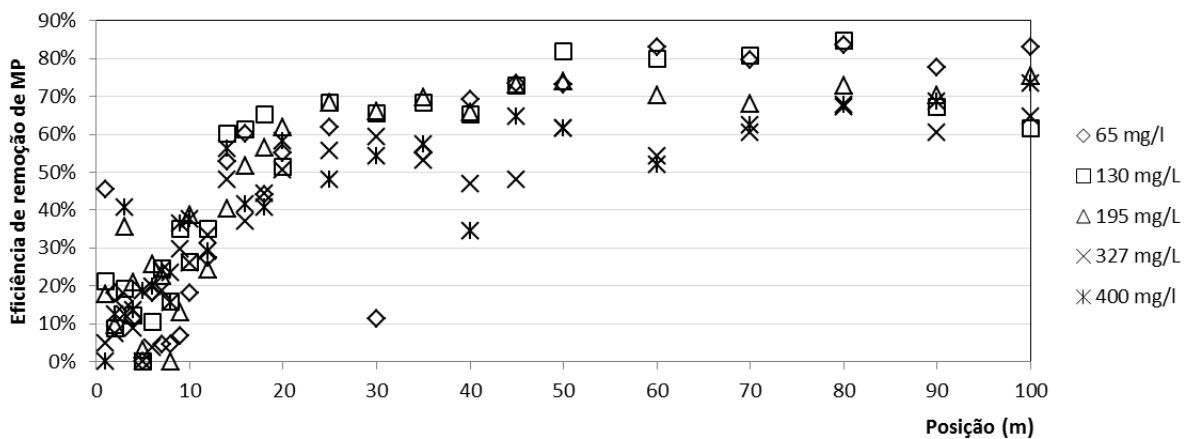


Figura 6 – Eficiências de remoção de material particulado (MP) em diferentes concentrações afluentes registradas ao longo do comprimento do canal gramado para o descarregamento de volume controlado de 7 m^3 de água.

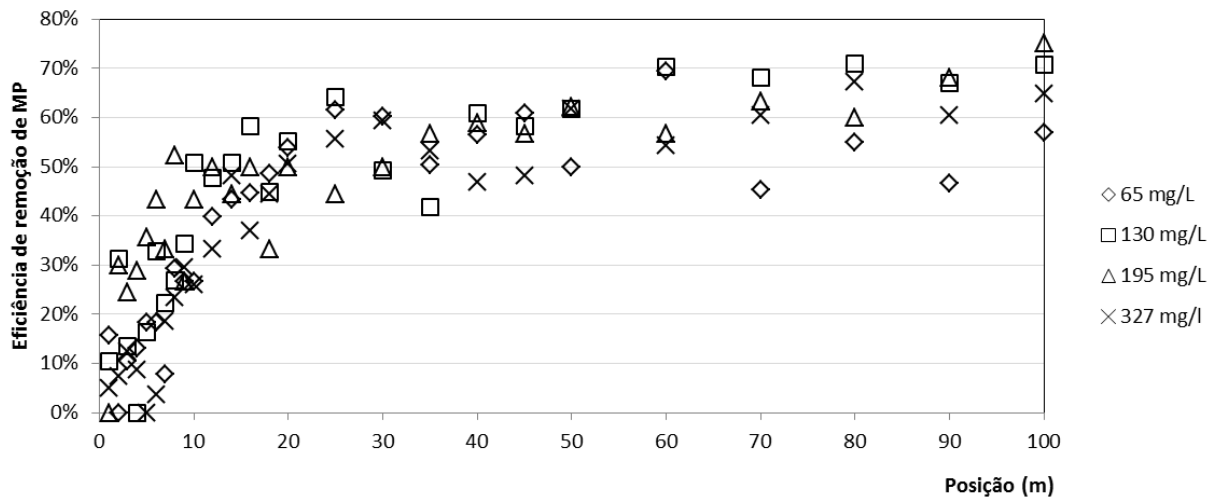


Figura 7 – Eficiências de remoção de material particulado (MP) em diferentes concentrações afluentes registradas ao longo do comprimento do canal gramado para o descarregamento de volume controlado de 10 m³ de água.

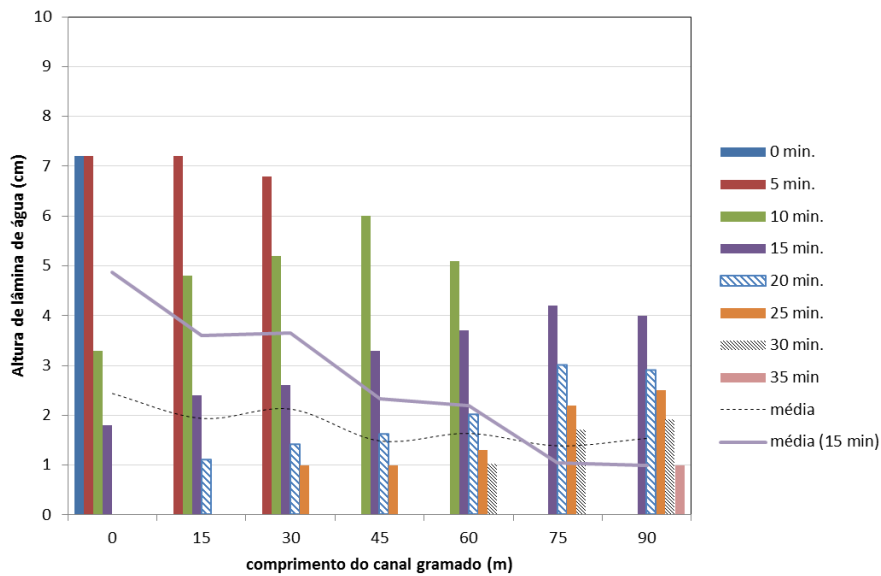


Figura 8 – Registros de lâminas de água ao longo do comprimento do canal gramado em diferentes posições, contadas a partir do descarregamento de volume de 5 m³.

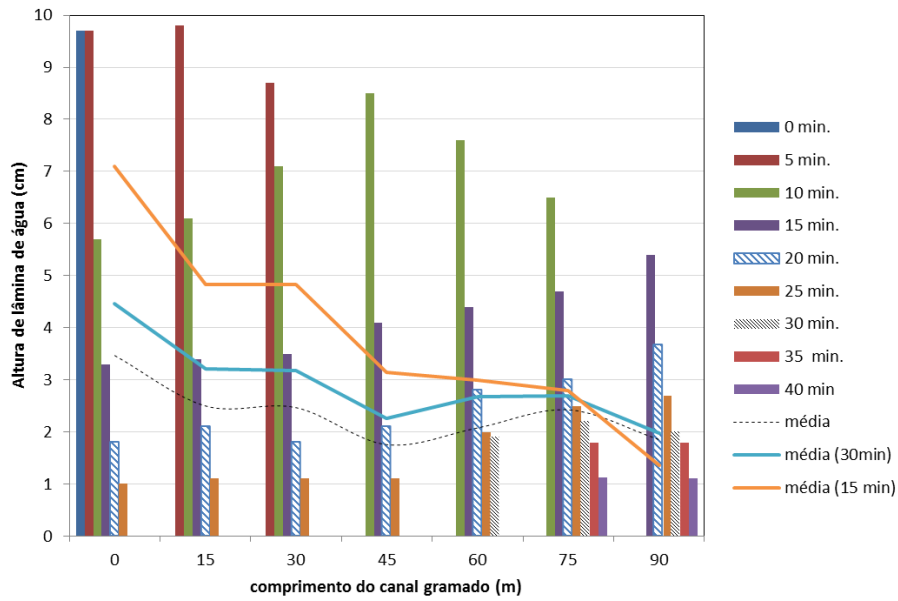


Figura 9 – Registros de lâminas de água ao longo do comprimento do canal gramado em diferentes posições, contadas a partir do descarregamento de volume de 7 m³.

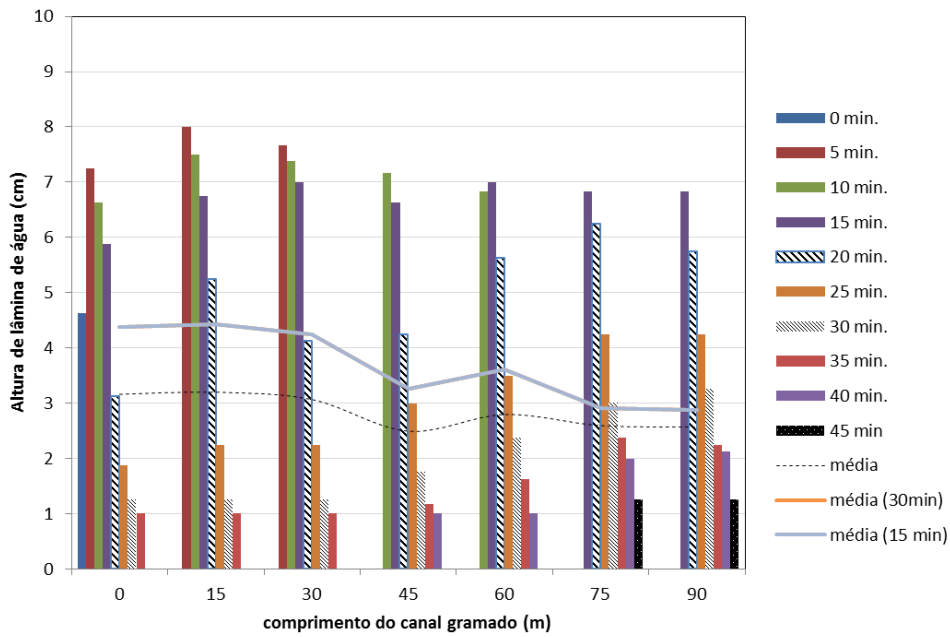


Figura 10 – Registros de lâminas de água ao longo do comprimento do canal gramado em diferentes posições, contadas a partir do descarregamento de volume de 10 m³.

Tabela 1 – Eficiência de remoção nos pontos experimentais ao longo do canal gramado, referente ao volume de descarregamento de 5 m³ de água.

Trechos analisados ao longo do canal (m)	C ₀ (mg/L)						Eficiência média de remoção do trecho	Desvio padrão (%)
	65	130	195	262	327	400		
0 a 15	25%	30%	39%	30%	17%	16%	24%	17%
15 a 30	41%	58%	67%	66%	44%	23%	50%	19%
30 a 45	51%	64%	47%	58%	50%	37%	51%	15%
45 a 60	53%	61%	75%	76%	54%	46%	61%	12%
60 a 75	49%	58%	72%	71%	71%	50%	62%	11%
75 a 90	60%	48%	60%	69%	66%	42%	58%	10%

Tabela 2 – Eficiência de remoção nos pontos experimentais ao longo do canal gramado, referente ao volume de descarregamento de 7 m³ de água.

Trechos analisados ao longo do canal (m)	C ₀ (mg/L)					Eficiência média de remoção do trecho	Desvio padrão (%)
	65	130	195	327	400		
0 a 15	19%	22%	21%	18%	25%	21%	15%
15 a 30	47%	62%	61%	49%	49%	54%	13%
30 a 45	66%	69%	70%	49%	52%	61%	12%
45 a 60	78%	81%	72%	58%	57%	69%	11%
60 a 75	82%	83%	70%	64%	65%	73%	9%
75 a 90	78%	67%	70%	60%	69%	69%	6%

Tabela 3 – Eficiência de remoção nos pontos experimentais ao longo do canal gramado, referente ao volume de descarregamento de 10 m³ de água.

Trechos analisados ao longo do canal (m)	C ₀ (mg/L)				Eficiência média de remoção do trecho	Desvio padrão (%)
	65	130	262	327		
0 a 15	21%	28%	34%	18%	25%	15%
15 a 30	54%	54%	46%	49%	51%	8%
30 a 45	56%	54%	57%	49%	54%	6%
45 a 60	60%	66%	59%	58%	61%	7%
60 a 75	50%	69%	62%	64%	61%	8%
75 a 90	47%	67%	68%	60%	61%	10%

As correlações entre as lâminas de água, registradas em posições distintas ao longo da passagem da onda de cheia, e os dados de eficiência apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 para os diferentes descarregamentos controlados são apresentadas nas Tabelas 4, 5 e 6.

Por meio dos resultados pode-se verificar forte correlação de ordem direta (>0,7) entre eficiência e posição ao longo do canal (no sentido de montante para jusante), tal como era esperado. Registrou-se também forte correlação matemática de ordem inversa entre as

eficiências e as lâminas de água, especialmente em relação a lâmina média. Considerando o escoamento permanente e não-uniforme, para fins de simplificação de análise, pode-se inferir que o fenômeno de remoção de material particulado por meio da sedimentação fica dificultado em baixas lâminas, devido as maiores velocidades locais. Assim, a remoção de material particulado em baixas lâminas deve ocorrer majoritariamente por meio do fenômeno de interceptação do material particulado pela grama. As correlações inversas entre eficiência e alturas médias de lâminas se mantem fortes, inclusive para tempos de 15 e 30 minutos, permitindo inferir que a altura continua a exercer papel importante de ordem inversa na remoção. Dessa forma, verifica-se que tanto o comprimento quanto a altura da lâmina de água exercem papel fundamental e indissociável na remoção de material particulado.

Especificamente em relação aos resultados apresentados na Tabela 6, referentes a correlação das variáveis para o descarregamento de volume controlado de 10 m³, destaca-se que a permanência da lâmina por período de tempo superior as demais situações investigadas resultou em menor correlação entre os registros de lâminas médias e máximas. Mesmo assim, a lâmina média foi adequada para representar a evolução da remoção do material particulado ao longo da posição do canal gramado.

Os resultados apresentados deixam claro que o comprimento do canal e a altura da lâmina de água registradas em posições e tempos distintos devido a passagem da onda de cheia são parâmetros significativos e indissociáveis no desempenho do canal gramado para remoção de material particulado em todas as concentrações afluentes investigadas.

A partir da constatação das variáveis significativas a avaliação de desempenho do canal gramado no que tange a remoção de material particulado, pode-se buscar a modelagem matemática do comportamento, permitindo assim avanços consideráveis no projeto dessas unidades, incorporando novo atributo a unidade constituinte do sistema de drenagem urbana.

Evidentemente, a remoção de material particulado é afetada pelo depósito de material particulado em tempo pretérito, que também resulta em acúmulo ao longo do canal, diminuindo sua seção transversal útil, ou seja, aquela que é efetivamente utilizada no transporte de água. Assim, o depósito altera as condições de escoamento e pode afetar o desempenho do canal, no que tange a remoção de material particulado. Nesse sentido, a limpeza do canal gramado, por meio da remoção de material particulado depositado, deve ser considerada como um procedimento necessário à manutenção do seu desempenho.

Tabela 4 – Correlações entre lâminas de água médias e máximas (cm) e concentrações afluentes (mg/L) para diferentes posições (m) ao longo do canal gramado considerando o volume descarregado de 5 m³.

	<i>Posição</i>	<i>Média</i>	<i>Média (15 min)</i>	<i>Máxima</i>	65	130	195	262	327	400
Posição	1,00									
Média	-0,86	1,00								
Média (15 min)	-0,97	0,94	1,00							
Máxima	-0,97	0,82	0,95	1,00						
65	0,85	-0,84	-0,84	-0,73	1,00					
130	0,72	-0,77	-0,73	-0,61	0,93	1,00				
195	0,79	-0,71	-0,77	-0,69	0,89	0,89	1,00			
262	0,85	-0,76	-0,81	-0,76	0,93	0,94	0,96	1,00		
327	0,96	-0,85	-0,94	-0,91	0,89	0,86	0,86	0,93	1,00	
400	0,95	-0,94	-0,96	-0,91	0,91	0,85	0,87	0,91	0,95	1,00

Tabela 5 – Correlações entre lâminas médias, mínimas e máximas (cm) e concentrações afluentes (mg/L) para diferentes posições (m) ao longo do canal gramado considerando o volume descarregado de 7 m³.

	Posição	Média	Média (15 min)	Média (30min)	Máxima	65	130	195	327	400
Posição	1,00									
Média	-0,73	1,00								
Média (15 min)	-0,95	0,89	1,00							
Média (30min)	-0,85	0,97	0,96	1,00						
Máxima	-0,97	0,58	0,87	0,74	1,00					
65	0,85	-0,50	-0,72	-0,61	-0,85	1,00				
130	0,88	-0,73	-0,84	-0,79	-0,81	0,88	1,00			
195	0,85	-0,80	-0,84	-0,83	-0,77	0,84	0,99	1,00		
327	0,92	-0,80	-0,90	-0,87	-0,84	0,80	0,97	0,97	1,00	
400	0,92	-0,86	-0,94	-0,92	-0,83	0,71	0,93	0,93	0,98	1,00

Tabela 6 – Correlações entre lâminas médias, mínimas e máximas (cm) e concentrações afluentes (mg/L) para diferentes posições (m) ao longo do canal gramado considerando o volume descarregado de 10 m³.

	Posição	Média	Média (15 min)	Média (30min)	Máxima	65	130	195	327
Posição	1,00								
Média	-0,84	1,00							
Média (15 min)	-0,92	0,96	1,00						
Média (30min)	-0,92	0,96	1,00	1,00					
Máxima	-0,26	0,30	0,40	0,40	1,00				
65	0,70	-0,70	-0,61	-0,61	0,11	1,00			
130	0,92	-0,77	-0,79	-0,79	0,02	0,89	1,00		
195	0,87	-0,77	-0,77	-0,77	0,20	0,83	0,96	1,00	
327	0,92	-0,79	-0,81	-0,81	-0,02	0,91	1,00	0,94	1,00

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados nesse artigo, pode-se concluir o que segue:

Considerando todas as concentrações investigadas, verificou-se que, para o hidrograma correspondente ao descarregamento de 10 m³, a média das máximas eficiências foi da ordem de 64±3% para posição de 31±26 m. No caso do hidrograma resultante do descarregamento de 7 m³, a média das máximas foram da ordem de 73±3% para posições de 59±24 m. Finalmente, para o hidrograma correspondente ao descarregamento de 10 m³, a média das máximas eficiências obtidas foram da ordem de 65±3% nas posições de 73±15 m.

Verificou-se forte correlação de ordem direta (>0,7) entre eficiência e o comprimento do canal gramado. Ainda, houve forte correlação matemática de ordem inversa entre as eficiências e as lâminas de água.

Assim, os resultados apresentados deixam claro que o comprimento do canal e a altura da lâmina de água registradas em posições e tempos distintos devido a passagem da onda de cheia são parâmetros significativos e indissociáveis no desempenho do canal gramado para remoção de material particulado em todas as concentrações afluentes investigadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FINEP pelos recursos empregados nessa pesquisa, referente ao Projeto MCT/FINEP/Ação Transversal Saneamento Ambiental e Habitação 07/2009 - MAPLU2 – Manejo de Águas Pluviais Urbanas 2.

6. REFERÊNCIAS

PRINCE GEORGE'S COUNTY. *Low-Impact Development Design Strategies: An Integrated Design Approach*. Maryland: Department of Environmental Resources, 150 p., 1999.

PAN, C.; MA, L.; SHANGGUAN, Z.; DING, A. Determining the sediment trapping capacity of grass filter strips, *Journal of Hydrology*. Vol. 405, pp. 209-216, 2011.

TAVANTI, D.R.; BARBASSA, A.P. Análise dos desenvolvimentos urbanos de baixo impacto e convencional. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Vol. 17, p.1-10, 2012.

MORUZZI, R.B., FELIPE, M.C., BARBASSA, A.P. Avaliação e modelagem matemática da remoção de material particulado em canal gramado construído em escala real. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH*. Vol. 21. n.1, 2016.

PATTY, L., RHEAL, B., GRIL, D J. J. The use of grassed buffer strips to remove pesticides, nitrate and soluble phosphorus compounds from runoff water. *Pesticides Science*. Vol. 49, p. 243-251, 1997.

LALONDE, M.N. Vegetative filter strips: impact of design parameters on removal of non-point pollutants from cropland runoff, M.Sc. dissertation presented to the faculty of graduate studies of the University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. 1998.

R. MUÑOZ-CARPENA, PARSONS, J.E. GILLIAM, J.W. Modeling hydrology and sediment transport in vegetative filter Strips. *Journal of Hydrology*. Vol. 214, p. 111–129, 1999.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, AND WATER ENVIRONMENT FEDERATION (APHA). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (21th ed) American Public Health Association, Washington, DC. 2005.

LUCAS, A. H., SOBRINHA, L.A., MORUZZI, R.B., BARBASSA, A.P. Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. *Eng. Sanit. Ambient.*, Vol.20, n.1, p.17-28, 2015.