

TRANSPORTE DE SEDIMENTOS POR ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS EM UMA PEQUENA BACIA NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS

Flávia Maiese Pizani Peruzza

Engenheira Ambiental, mestranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da FEC/Unicamp.

José Anderson do Nascimento Batista

Professor Doutor da FEC/Unicamp, Doutor em Ciências da Eng. Ambiental (EESC/USP).

RESUMO:

O escoamento superficial direto é a fase do ciclo hidrológico responsável pelo carreamento de sedimentos gerados a partir de atividades antrópicas ou naturais em uma dada bacia urbana. O transporte de sedimentos pode ocasionar problemas de assoreamento nas estruturas de microdrenagem e contaminação nos cursos hídricos. Diante da importância do tema, se faz necessário buscar conhecimento sobre o comportamento dos sedimentos em campo. Este trabalho relaciona, por meio de pluviometria, fluviometria e coletas de amostras, o transporte de sedimentos com eventos pluviométricos no início do período chuvoso de 2014 e 2015. A área de estudo consiste em uma bacia de 0,8 km² localizada no município de Campinas, São Paulo. As concentrações de sólidos dos eventos apresentaram uma variação de 70,0 mg/l a 990,0 mg/l com média de 244,4 mg/l. Foi observado, por um lado, uma relação direta significativa entre as concentrações de sólidos e a precipitação efetiva, por outro, uma relação menos direta com o período antecedentes sem chuva.

PALAVRAS-CHAVE: transporte de sedimentos, poluição difusa, microdrenagem.

1. INTRODUÇÃO

Diversos fatores podem influenciar na eficiência da drenagem das águas pluviais urbanas, e, um destes fatores corresponde ao grau de pavimentação de uma região. A obra de pavimentação faz com que as áreas impermeabilizadas aumentem, provocando o aumento do escoamento superficial, e a diminuição da infiltração das águas pluviais no solo (IBGE, 2008). A impermeabilização também provoca um aumento na geração de poluentes nas bacias hidrográficas. O transporte de tais poluentes pode causar impactos, como o assoreamento e contaminação, no sistema de drenagem e no corpo receptor que receberá o volume escoado. (DOTTO, PAIVA e SILVA, 2007)

O escoamento superficial carrega o material disponível até os corpos d'água, constituindo desta forma cargas poluidoras significativas. Em áreas com alto grau de impermeabilização o escoamento superficial tende a ter um aumento das velocidades de escoamento, gerando maior capacidade de arraste e, portanto, maiores cargas poluidoras. (DOTTO, PAIVA e SILVA, 2007)

A quantidade de poluentes carreados no escoamento pluvial pode variar de acordo com o uso do solo, a intensidade e a duração dos eventos de precipitação e do período entre esses eventos. O uso do solo pode ser um indicador dos tipos e concentrações de poluentes encontrados em uma bacia, já a intensidade e duração dos eventos de precipitação, contribuem para o arraste e transporte de poluentes até os cursos de água. Durante o período entre os eventos de precipitação acumula-se os poluentes no ambiente urbano (DOTTO, 2007).

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo quantificar concentrações e vazões sólidas dos sedimentos presentes em águas pluviais urbanas na fase inicial do período chuvoso, período de maior incidência de ventos, para avaliar a influência 1) da precipitação efetiva sobre a vazão sólida e 2) do período antecedente sem chuva sobre a concentração média de sólidos. Foram monitorados eventos de novembro de 2014 e de setembro de 2015.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. PRINCIPAIS FONTES GERADORAS DE SEDIMENTOS EM SISTEMAS DE MICRODRENAGEM

O sistema de microdrenagem é constituído pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais e canais de pequenas dimensões. Quando bem projetadas, executadas e mantidas, tais estruturas trabalham para evitar a ocorrência de inundações na área urbana, evitando transtornos à população e as propriedades. Atualmente um problema frequente encontrado no sistema de microdrenagem é a deposição de sedimentos em pontos de menor declividade e com velocidades baixas, condições que aumentam a largura do escoamento, podendo propiciar inundações (DAEE/CETESB,1980).

Segundo Tucci (2005), os diferentes estágios do desenvolvimento urbano contribuem de forma distinta na produção de material sólido que acaba sendo incorporado na drenagem urbana, sendo que, os principais estágios são: pré desenvolvimento, estágio inicial de desenvolvimento urbano, estágio intermediário e estágio de área desenvolvida. O primeiro estágio ocorre naturalmente, já que a bacia hidrográfica produz uma quantidade de sedimentos que é transportada pelos rios devido às funções naturais do ciclo hidrológico. O segundo estágio acontece quando existe a modificação da cobertura da bacia pela retirada da sua proteção natural, fazendo com que o solo fique desprotegido e a erosão aumente em períodos chuvosos. O terceiro estágio ocorre quando parte da população está estabelecida, porém ainda existe significativa movimentação de terra devido a novas construções, contribuindo para a formação de sedimentos. O último estágio, ou, estágio de área desenvolvida pode ser caracterizado quando praticamente todas as superfícies urbanas estão consolidadas, propiciando uma produção residual de sedimentos em função das áreas não impermeabilizadas. Segundo Dotto, Paiva e Silva (2007) os sedimentos são gerados a partir de fontes conhecidas como material proveniente da superfície de estradas, obras, lavagem de áreas adjacentes, construção civil, atividades comerciais e industriais, vegetação, poluição oriunda de esgoto, solo junto às estruturas de microdrenagem, telhados e deposição atmosférica.

3.2. CARGA DE LAVAGEM, ACÚMULO E CARREAMENTO DE SEDIMENTOS

Para os estudos do comportamento dos sedimentos em sistemas de microdrenagem se faz importante a familiarização de algumas definições comumente utilizadas em trabalhos e pesquisas sobre o tema. Dentre os termos utilizados podemos destacar o acúmulo de sedimentos, o pico da concentração de sólidos suspensos (carga de lavagem) e a carga total de sedimentos carreados. O acúmulo de sedimentos, que é influenciado pela ação dos ventos, ocorre a partir da deposição de poluentes em superfícies impermeáveis durante os dias secos. Os sedimentos depositados nas superfícies são carreados em eventos de chuva por meio do escoamento superficial. Denomina-se carga de lavagem, a remoção inicial do material acumulado no período entre chuvas sobre a bacia hidrográfica. O pico de concentração dos poluentes ocorre normalmente no início do escoamento e os mesmos estão relacionados com altas concentrações de sedimentos e outros poluentes na primeira parte do escoamento. (DOTTO, PAIVA e SILVA, 2007)

3.3. CARACTERÍSTICAS DOS SEDIMENTOS EM ÁGUAS PLUVIAIS

De acordo com Tucci (1997), algumas bibliografias apresentam dados com os valores médios da concentração de sólidos totais (mg/l) encontrados a partir de análises de águas pluviais, e tais valores variam de 450 mg/l a 14.600 mg/l. Gomes (2010) apresentou em seu artigo resultados relacionados a carga de lavagem, e os números variaram de 3,48 mg/l a 6205 mg/l. Dotto, Paiva e Silva (2007) por sua vez, apresenta por meio de citações referentes a outros trabalhos valores médios de sedimentos presentes em águas pluviais onde os valores variam de 20 mg/l a 11.000 mg/l.

3.4. DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO

Segundo Gomes (2010) o termo descarga sólida refere-se à quantidade de sedimentos em movimentos, sendo que, o cálculo da descarga sólida total pode ser obtido através de medições diretas de vazão líquida e concentração de sedimentos em uma determinada seção. (GOMES, 2010)

A vazão sólida é definida como o transporte sólido em suspensão e é obtida pelo produto da concentração de sedimentos pela vazão líquida (Equação 1).

$$Q_s = Q_l \times C_s$$

Equação (1)

Sendo:

Q_s = Vazão sólida (kg/s);

Q_l = Vazão líquida (l/s);

C_s = Concentração de sólidos (mg/l).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para a realização do estudo e consequente alocação do equipamento de amostragem (ISCO 6712), foi a área de drenagem do ponto de lançamento de águas pluviais próximo à Faculdade de Educação Física (FEF), no campus da Unicamp. O monitoramento foi realizado no poço de visita (PV) localizado nas coordenadas 287209.00 mE e 7475685.00 mS, zona 23. O local foi escolhido em função da sua cota altimétrica relativamente baixa no campus, com área de drenagem heterogênea em relação ao uso e ocupação do solo. A bacia de contribuição deste trabalho apresenta duas características distintas de urbanização: a área externa da UNICAMP apresenta um alto grau de urbanização, enquanto o interior do campus apresenta uma área parcialmente urbanizada, com alternância de áreas construídas e áreas verdes.

A área de drenagem foi delimitada a partir da carta topográfica do IBGE (1:50.000) e plantas planialtimétricas do plano diretor do campus universitário. A bacia de contribuição estudada possui 0,800 km² (Figura 1).

Figura 1: Imagem com a localização do PV, a delimitação da bacia e a rede de drenagem contribuinte.



O PV onde as coletas foram realizadas possui as seguintes características (Tabela 1):

Tabela 1: Características do PV analisado.

CARACTERÍSTICAS DA GALERIA	
Material	Concreto
Diâmetro	1200 mm
Profundidade (considerando cota de fundo e tampa)	1,70 m
Declividade	0,03182 m/m
Cota	580 m

4.3. REGIME DE PRECIPITAÇÕES

Para a realização do trabalho em questão se fez necessário o acompanhamento das precipitações no município de Campinas-SP. Os dados de chuvas diárias do ano de 2014 e 2015 (até o mês de outubro) foram fornecidos pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura.

Embassado nas informações coletadas pelo pluviógrafo da CEPAGRI, foi elaborada a Tabela 2 para que houvesse um melhor entendimento da situação do município quanto às chuvas:

Tabela 2: Dados do volume de precipitação e dias de chuva do município de Campinas no ano de 2014.

ANO	2014		2015								
Meses	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Dias de chuva	11	14	15	18	19	6	10	3	12	4	12
Total (mm)	120,1	270,3	107,95	216,12	235,73	24,13	99,57	4,83	33,28	26,67	155,49

4.4. INSTRUMENTAÇÃO

Para o levantamento de dados necessários à elaboração da pesquisa, utilizou-se o equipamento Portable Samplers, modelo ISCO 6712 (módulo 750). O amostrador que é composto por vinte e quatro frascos (com capacidade de coleta de no máximo 1 litro por frasco) trabalha com a coleta de amostras compostas, onde cada frasco é preenchido em um intervalo de até dois minutos. As amostras são coletadas a partir do momento que o sensor do equipamento capta o nível de água no ponto de interesse, desta forma inicia-se a medição das alturas das lâminas d'água e de suas correspondentes velocidades. Salienta-se que, para que não houvesse interferentes externos aos eventos pluviométricos nas amostragens, o equipamento foi programado para iniciar as coletas somente quando a lâmina d'água dentro da galeria atingisse cinco centímetros.

4.5. PLANO DE AMOSTRAGEM E VARIÁVEIS MONITORADAS

Os eventos de chuva foram coletados no final dos meses de novembro de 2014 e setembro de 2015. Por questões de tempo despendido para a realização das análises assim como pelas limitações do laboratório, definiu-se que as análises seriam realizadas de forma intercalada. Também foi determinado que o amostrador seria alocado na área de coleta quando houvesse previsões de chuva, e que o mesmo seria programado para iniciar as coletas quando a altura da lâmina escoada atingisse cinco centímetros, para que desta forma fosse evitado a coleta de possíveis contribuições indesejáveis no poço de visita.

Em todos os eventos coletados foi analisada a concentração de sólidos totais de acordo com o Standard Methods nº 2540. Os dados fornecidos pela CEPAGRI foram utilizados para a determinação do período seco antecedente às coletas e para a obtenção da altura precipitada durante os eventos monitorados. Para a

obtenção da vazão, utilizou-se os dados de velocidade e lâmina d'água fornecidos pelo módulo doppler 750 do amostrador ISCO 6712, assim como dados da galeria, para que desta forma fosse possível conseguir as vazões.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho serão apresentados nos sub - tópicos 5.1 Eventos e 5.2 Comparação com estudos anteriores. No item 5.1 serão mostrados dois gráficos por evento coletado, e será discutido o comportamento da concentração de sólidos totais em função da vazão e das intensidades das chuvas e o comportamento da vazão sólida também em função da vazão líquida e das intensidades das chuvas. O item 5.2 fará comparações entre os resultados obtidos por este trabalho e pelo trabalho de Deletic e Maksimovic (1998), analisando a carga de sólido acumulada e o escoamento acumulado durante os eventos monitorados.

A vazão média, considerando os eventos analisados por este trabalho, foi de 0,046 m³/s e a concentração média de sólidos foi de 244,4 mg/l variando entre 70 mg/l e 990 mg/l. Dotto, Paiva e Silva (2007) apontou em seu trabalho que a concentração de sólidos analisados durante os eventos de chuva variou de 8,0 mg/l a 6000 mg/l, apresentando valor médio de 537,05 mg/l.

5.1. EVENTOS ESTUDADOS

O evento do dia 07/11/2014 (Figura 2) foi monitorado após um período de um dia sem chuva. Nos primeiros momentos da chuva analisada o volume precipitado alcançou 6 mm, ocasionando um aumento da vazão e da concentração de sólidos carregados, permitindo-se observar a ascensão inicial brusca de concentração de sólidos em relação à ascensão do escoamento. A variação das concentrações ocorreu entre 70 e 390 mg/l e média, 244,3 mg/l. Observa-se que a elevação das concentrações está relacionada diretamente à intensidade da precipitação e não ao curto período antecedente sem chuva. Após a redução da intensidade da precipitação para 0,5 mm em 20 minutos, observa-se a diminuição da vazão e o aumento da concentração de sólidos analisada.

Analisando o comportamento da vazão sólida e líquida no evento do dia 07/11/2014 (Figura 3), observa-se que o pico de vazão sólida é mais influenciado pelo pico de vazão líquida do que pelo pico de concentração de sólidos. Nota-se também que após o pico obtido, a vazão sólida tende a cair e se mantém aproximadamente constante até o final do evento. Este comportamento final mostra que o aumento de concentração de sólidos se deve à redução da coluna de água do escoamento e à acumulação de sedimentos por baixa velocidade.

Figura 2: Polutograma, hietograma e hidrograma do evento de 07/11/2014.

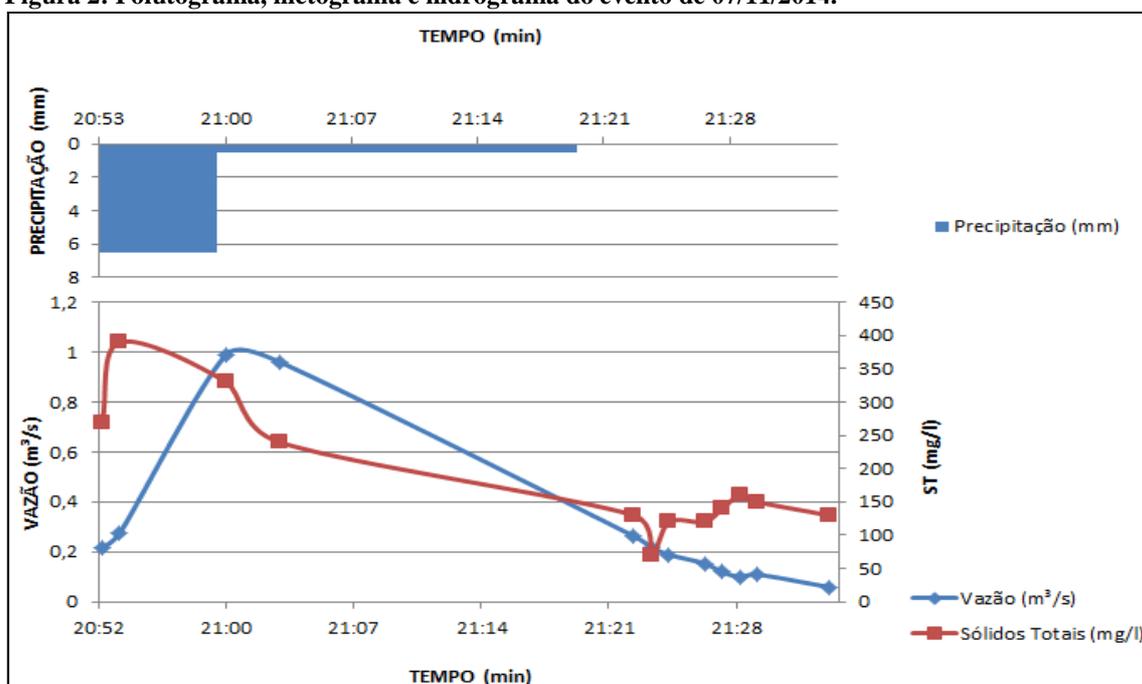
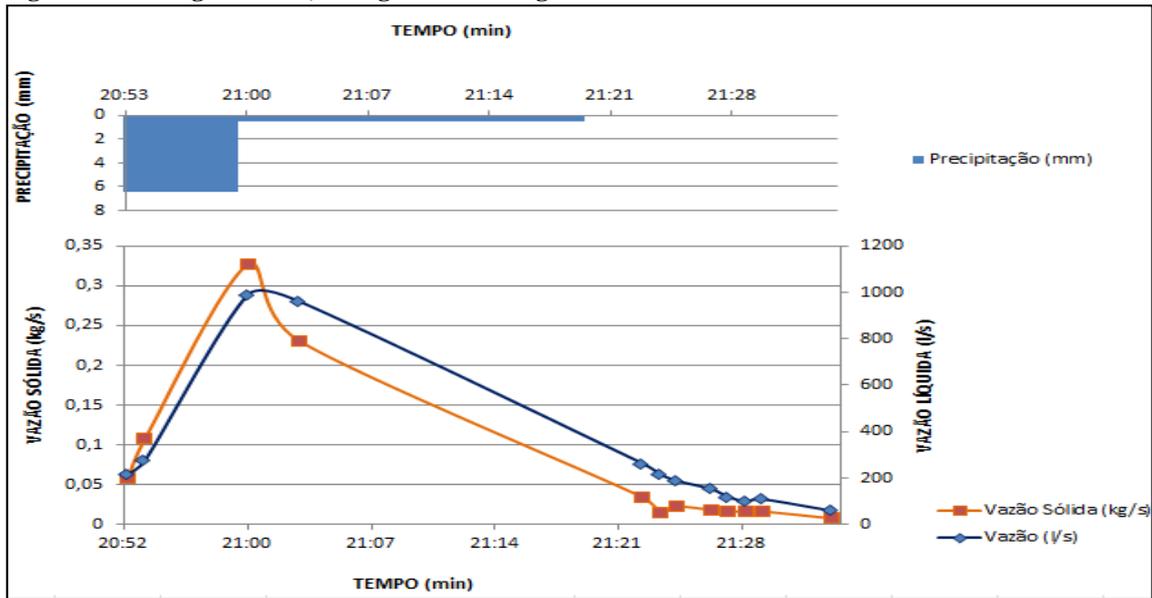


Figura 3: Descargas sólidas, hietograma e hidrograma do evento de 07/11/2014



O evento monitorado no dia 24/11/2014 (Figura 4) foi antecedido por um período seco de cinco dias. Observa-se que um maior período antecedente sem chuva, para uma precipitação e um hidrograma aproximadamente equivalentes aos do evento do dia 07/11/2014, não houve alteração significativa no comportamento do polutograma. As concentrações variaram entre 120 e 410 mg/l, com valor médio de 250,9 mg/l. Observando-se a Figura 4, percebe-se comportamento semelhante ao do evento anterior (07/11/2014), em que a concentração de sólidos inicia elevada antes da resposta da vazão, e, ao final, a concentração de sólidos tende a aumentar devido à redução da coluna de água e da velocidade do escoamento. Observa-se também que o pico da vazão sólida é mais influenciado pela vazão líquida do que pelo pico de concentração de sólidos no evento do dia 24/11/2014 (Figura 5)

Figura 4: Polutograma, hietograma e hidrograma do evento de 24/11/2014.

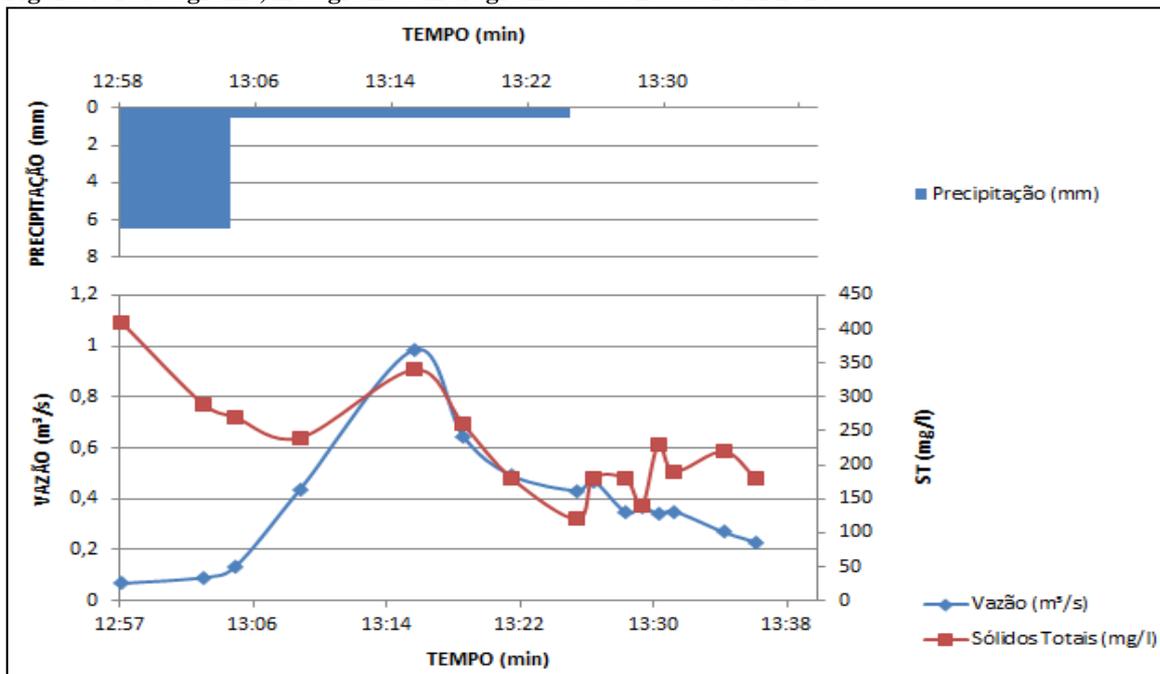
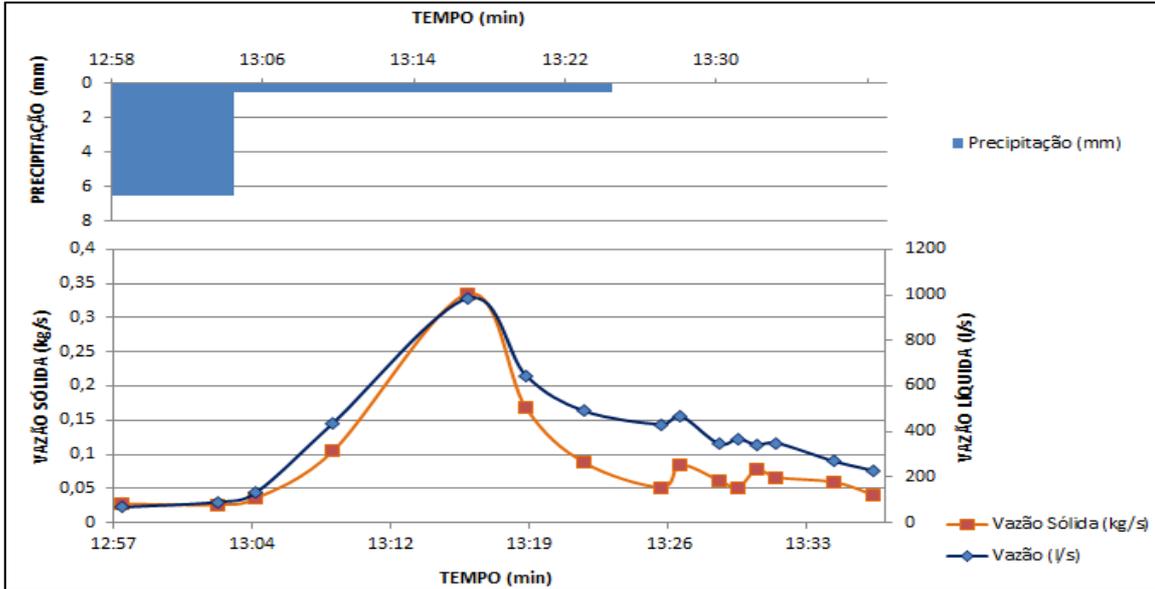


Figura 5: Descargas sólidas, hietograma e hidrograma do evento de 24/11/2014.



O evento monitorado no dia 07/09/2015 (Figura 6), foi antecedido por um período de dez dias sem chuva. A precipitação do evento foi 3,0 mm, que corresponde à metade da precipitação do evento anterior. O período antecedente foi duas vezes superior. A concentração de sólidos foi observada entre 130 a 370 mg/l, média igual a 253,3 mg/l. Observa-se que as concentrações preservam o comportamento independentemente do período antecedente sem chuva e mesmo independentemente da intensidade da chuva. Os valores mais elevados das concentrações ocorrem no início, seguido de queda até o pico da vazão líquida, devido à redução da disponibilidade de sedimentos e ao aumento da coluna de água. Após o pico da vazão líquida, acentua-se a queda nas concentrações, devido à entrada de água mais limpa que no início do escoamento. Ao final, observa-se o mesmo fenômeno de redução da coluna de água e aumento da concentração, devido à acumulação de sedimentos pela baixa velocidade de escoamento. A Figura 7 mostra o padrão observado nos eventos anteriores do pico de vazão sólida correspondente ao pico da vazão líquida, seguido de manutenção do valor ao final, devido à redução de coluna de água e acumulação de sedimentos por baixa velocidade.

Figura 6: Polutograma, hietograma e hidrograma do evento de 07/09/2015.

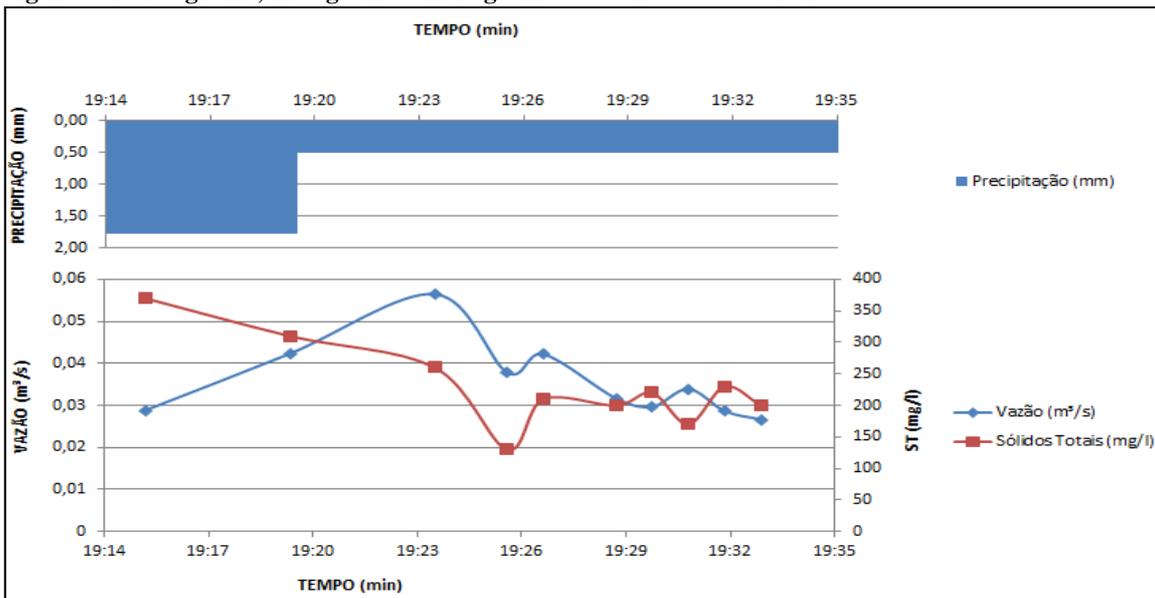
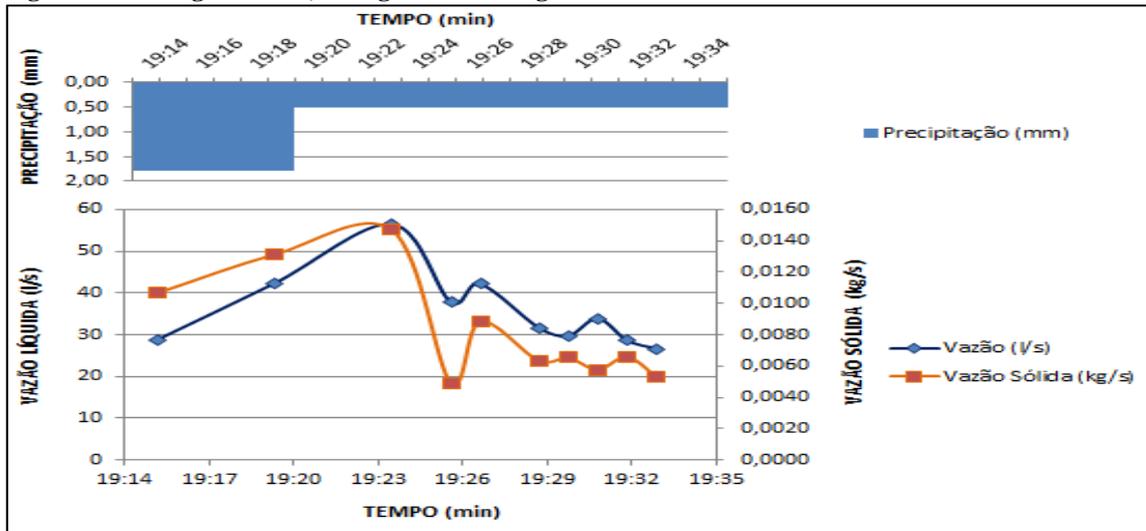


Figura 7: Descargas sólidas, hietograma e hidrograma do evento de 07/09/2015.



O evento monitorado no dia 26/09/2015 (Figura 8) foi antecedido por um período seco de onze dias. A precipitação foi observada com 12 mm em 4,33 horas. O hidrograma correspondente foi observado com dois picos, devidos aos dois instantes de maior intensidade do evento (4,0 mm em 20 min. e 6,0 mm em 1,0h). As concentrações de sólidos ficaram distribuídas de forma monótona e decrescente de 990,0 a 100,0 mg/l, com média igual a 202,6 mg/l. Observa-se que houve uma queda significativa na concentração média dos sólidos em relação aos eventos anteriores, que atribui-se principalmente ao fato da prolongação do evento de chuva. Observa-se nos primeiros instantes as concentrações mais elevadas, correspondentes à maior disponibilidade da fonte na superfície, seguidas de forte queda após o primeiro pico de vazão líquida. A maior elevação da concentração inicial neste evento está diretamente relacionada à combinação dos efeitos da maior prolongação do período sem chuvas e da intensidade inicial da chuva deste evento. O comportamento das concentrações não responde significativamente à presença do segundo pico de vazão, devido à eliminação significativa dos sedimentos disponíveis. A persistência da vazão líquida durante aproximadamente três horas após a eliminação de grande parte dos sedimentos disponíveis é o principal fator de redução da concentração de sólidos média deste evento em relação aos demais. Devido ao efeito do prolongamento da vazão líquida em relação ao período necessário à lavagem dos sedimentos, após o primeiro pico de vazão líquida, a vazão sólida segue simultaneamente a vazão líquida (Figura 9).

Figura 8: Polutograma, hietograma e hidrograma do evento de 26/09/2015.

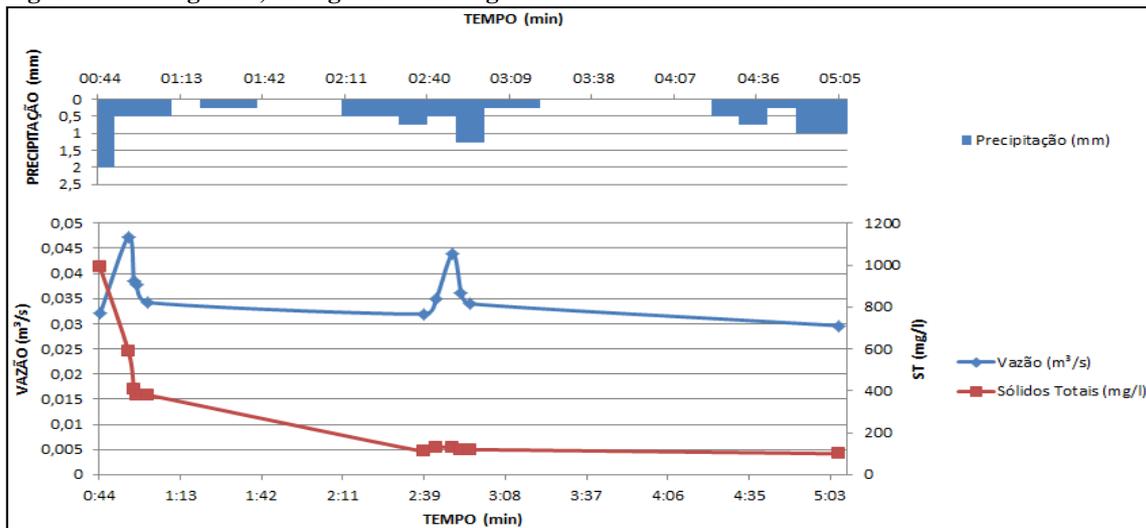
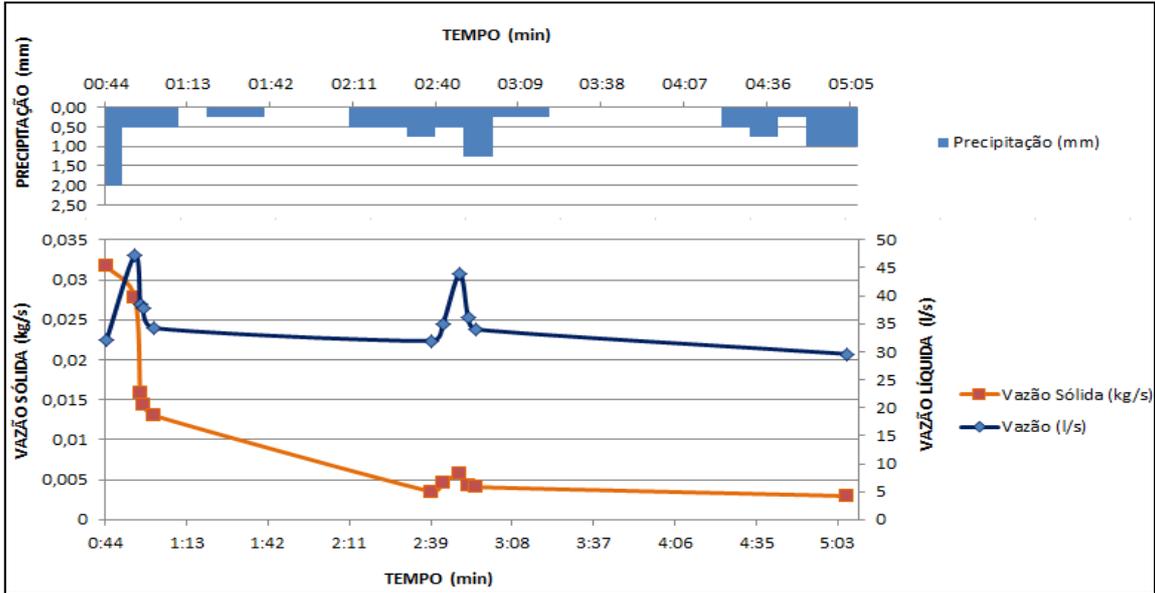


Figura 9: Descargas sólidas, hietograma e hidrograma do evento de 26/09/2015.



O evento coletado no dia 30/09/2015 foi antecedido por dois eventos de chuva, sendo 9,91 mm no dia 28/09 e 3,302 mm no dia 29/09 (ambos os eventos não foram coletados). Os eventos do dia 28/09 e 29/09 de 2015 foram antecedidos por um dia sem chuva. A concentração inicial e máxima dos sólidos foi 370 mg/l e a final, 110 mg/l, com média 270,9 mg/l (Figura 10). Observe-se que o curto período sem chuva e a sequência anterior de chuvas não reduziu as concentrações em relação aos eventos anteriores. Observa-se, que ao contrário, a concentração de sólidos média deste evento encontra-se ao lado da concentração média do evento do dia 24/11/2014, a mais elevada da série monitorada neste estudo. O fator determinante para a concentração média levemente, mas não significativamente mais elevada deste evento é a intensidade da precipitação. Na Figura 11, apresenta-se a distribuição da descarga sólida do evento, a qual demonstra ao lado dos demais eventos a influência da vazão líquida sobre a vazão sólida, predominantemente em relação à distribuição das concentrações.

Figura 10: Polutograma, hietograma e hidrograma do evento de 30/09/2015.

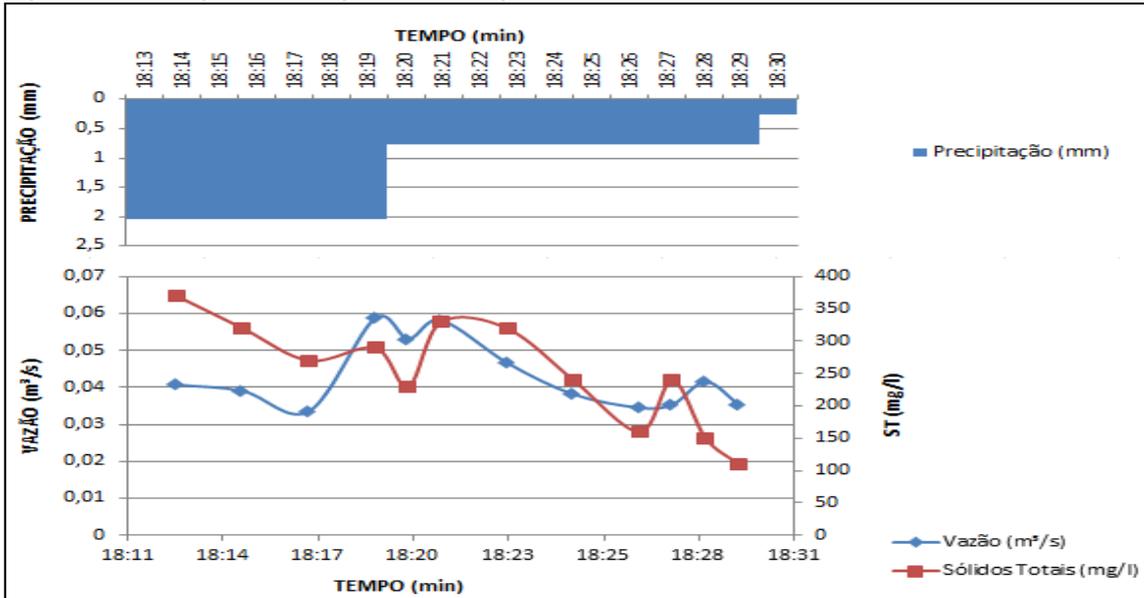
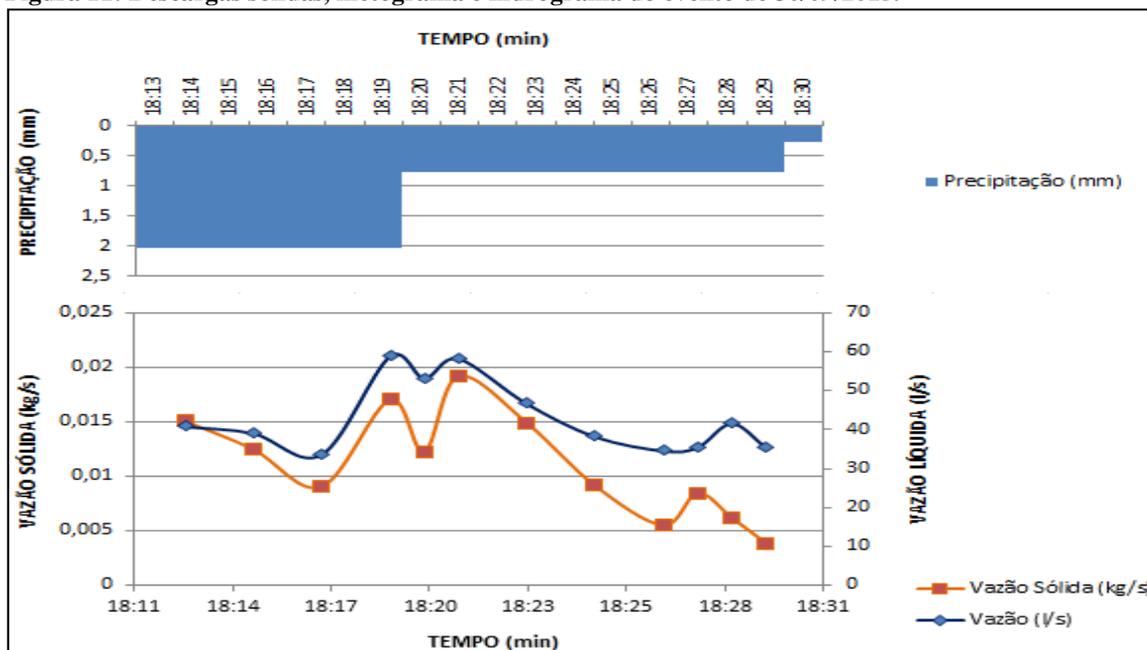


Figura 11: Descargas sólidas, hietograma e hidrograma do evento de 30/09/2015.



5.2. COMPARAÇÃO COM ESTUDOS ANTERIORES

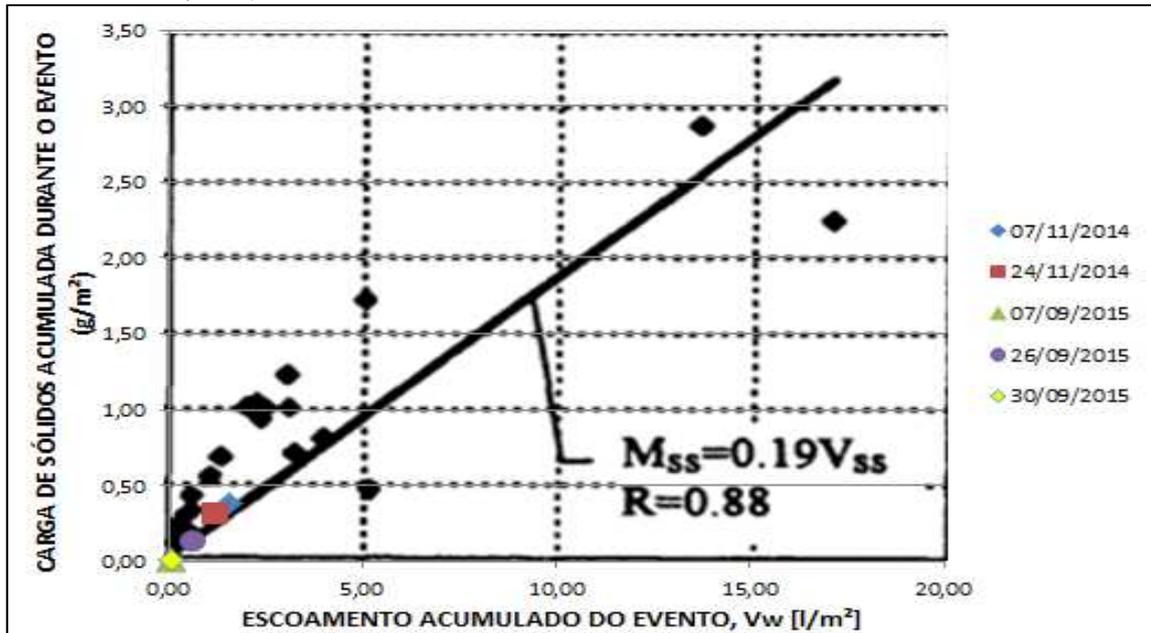
Deletic e Maksimovic (1998) apresentaram dados de sedimentos carregados em eventos de chuva de uma pequena bacia urbana com características residencial na cidade de Belgrado, na Sérvia. No local havia predominância de ruas asfaltadas, tráfego de veículos e rotas de ônibus, características condizentes com o cenário da bacia de estudo proposta por este trabalho.

O gráfico da Figura 12 demonstra os resultados obtidos por este trabalho sobrepostos aos resultados obtidos por Deletic e Maksimovic (1998). O gráfico mostra a distribuição de cargas sólidas acumuladas por metro quadrado por evento em relação ao volume escoado por metro quadrado por evento, que corresponde à precipitação efetiva. Observa-se que a maior parte dos eventos analisados pelo trabalho de Deletic e Maksimovic (1998) apresentaram valores de carga sólida acumulada entre 0,0 e 1,0 (g/m²) e escoamento acumulado entre 0,0 e 5,0 (l/m²). Os valores de carga sólida resultantes da amostragem feita na Unicamp encontram-se no intervalo de 0,0 a 0,5 (g/m²) e o escoamento acumulado do evento entre 0,0 e 5,0 (l/m²). Nota-se, em ambos os trabalhos, a existência de uma maior frequência de eventos no intervalo de até 5,0 l/m², relação que demonstra qual o intervalo de maior probabilidade de ocorrência de transporte de sedimentos (5,0 l/m² e 1,0 g/m²). Os resultados obtidos no monitoramento do campus demonstram forte aderência visual à curva de tendência de Deletic e Maksimovic (1998).

O trabalho em questão apresentou carga média de sólidos de 244,4 mg/l para cinco eventos analisados, enquanto o trabalho de Deletic e Maksimovic (1998) apontou uma carga de sólidos média de 190 mg/l para vinte e três eventos. Uma vez determinada a tendência de valor central da concentração de sólidos nos eventos, igual a 190 mg/l (ou 0,19 g/l), é esperado que, mantendo-se as condições observadas, a descarga de sólidos de eventos futuros seja prevista satisfatoriamente em função apenas da precipitação efetiva. Embora os cinco eventos coletados por este trabalho, não permitam a interpolação de uma tendência representativa para o comportamento da bacia monitorada, pretende-se em trabalhos futuros monitorar uma maior quantidade de eventos, que permitirá o cálculo do desvio padrão das cargas e o teste de validação da curva de tendência de cargas de sólidos acumulados por volume escoado de Deletic e Maksimovic (1998).

Estabelecida a relação entre carga sólida e precipitação efetiva, torna-se viável a determinação de antemão da descarga sólida de uma área urbana, associada diretamente ao monitoramento pluviométrico, mediante determinação do coeficiente de deflúvio. Esta relação, portanto, é útil como conhecimento científico local e ferramenta para a avaliação de impactos ambientais da urbanização de bacias e para o planejamento de reservatórios urbanos temporários de amortecimento de cheias.

Figura 12: Comparação entre os dados obtidos na Unicamp (2014 e 2015) e em Mijakovac (DELETIC e MAKSIMOVIC, 1998)



6. CONCLUSÕES

Considerando os valores de concentração obtidos neste trabalho, observa-se que os mesmos encontram-se dentro de intervalos citados em bibliografias do tema. Os resultados obtidos possibilitaram observar que o período seco antecedente aos eventos monitorados não possuem significativa influência nas concentrações de sólidos totais. Por exemplo, o evento que apresentou a maior carga de sólidos (07/11/2014) ocorreu após apenas um dia sem chuva. Por outro lado, o evento que apresentou a menor carga (26/09/2015) ocorreu após onze dias sem chuva.

Perante a comparação feita, com o estudo de Deletic e Maksimovic (1998), nota-se que a relação entre carga sólida e precipitação efetiva se faz viável para a previsão da descarga sólida no campus da Unicamp. Esta previsão leva em conta apenas o monitoramento pluviométrico, uma vez determinado o coeficiente de deflúvio da área de contribuição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura: dados pluviométricos do ano de 2015 do município de Campinas-SP.
2. DAEE /CETESB. Manual de Projeto [por] Departamento de Águas e Energia Elétrica [e] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2ª Ed. Corrigida, 457p. São Paulo, DAEE/CETESB,1980.
3. DELETIC, A. The First Flush Load of Urban Surface Runoff. Water research, v. 32, n. 8, p. 2462-2470, 1998.
4. DELETIC, A.B; MAKSIMOVIC, C. T. Evaluation Of Water Quality Factors In Storm Runoff From Paved Areas. Journal of Environmental Engineering, v. 124, n. 9, p. 869-879, 1998.
5. DOTTO, C.B.S. Acumulação e balanço de sedimentos em superfícies asfálticas em área urbana de Santa Maria – RS. UFSM – Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil. 126p. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, 2006.

6. DOTTO, C.B.S.; PAIVA, E.M.C.D.; SILVA, L.F. Acumulação e balanço de sedimentos em superfícies asfálticas em área urbana de Santa Maria - RS.. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 12, p. 1-11, 2007.
7. GOMES, A.P; PAIVA, E.M.C.D. Acumulação e Transporte de Sedimentos na Microdrenagem: Monitoramento e Modelagem. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v 15, n.4, p.45-55, Out/Dez 2010.
8. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 219p, 2008.
9. SANTOS, S.A. Carga poluidora difusa na água e nos sedimentos de sub bacia do arroio Cadena-Santa Maria/RS. UFSM – Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil. 176p. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, 2014.
10. TUCCI, Carlos E.M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Ministério das Cidades. Global Water Partnership World Bank. Unesco, 2005.