

## Determinação da quantidade de óleo na água de escoamento superficial: simulação de evento pluviométrico e da poluição por óleo lubrificante

### *Determination of the amount of oil in rainwater runoff: physical event simulation of rainfall and lubricating oil contamination*

Rafael Carvalho da Cunha<sup>1</sup>; Karla Santos de Araújo<sup>2</sup>; Marquede Amorim Tonhela<sup>3</sup>; Geoffroy Roger Pointer Malpass<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mestre em Inovação Tecnológica, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mail: rccunha@gmail.com

<sup>2</sup>Aluna de Doutorado pelo Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mail: karla.s.araujo@gmail.com

<sup>3</sup>Mestre em Química pelo Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. Orcid: 0000-0002-6132-1428 E-mail: marquede.tonhela@gmail.com

<sup>4</sup>Professor do Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. Orcid: 0000-0002-0036-5750. E-mail: geoffroy.malpass@uftm.edu.br

**RESUMO:** Precipitações em áreas urbanas podem incidir sobre estacionamentos impermeabilizados contaminados com óleos lubrificantes, gerando efluente poluído, que legalmente deve ser tratado. Como as concentrações de óleos são decrescentes em relação ao intervalo de tempo, o artigo objetiva quantificar a concentração/carga poluente de óleo lubrificante na água, minuto de pico máximo, de relativa estabilização, efeito da limpeza química e mecânica. Para tal foi desenvolvido modelo físico experimental (superfície e escoamento) e teste de delineamento. As amostras foram analisadas através da metodologia padrão de extração *Soxhlet*, definindo a concentração por litro ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e a carga poluente ( $\text{mg min}^{-1}$ ). Os resultados verificaram pico de concentração entre 3 e 4 minutos, estabilizando em 10 minutos, influência da vazão e eficiência de limpeza através da remoção química e mecânica. Os testes de campo e análises laboratoriais confirmam os objetivos quanto à investigação do modelo experimental e procedimentos, sendo adequados em estudo de escala reduzida, permitindo variações para situações específicas.

**Palavras-chave:** Gestão Ambiental. Modelo Experimental. Óleo Lubrificante.

**ABSTRACT:** Rainfall in urban areas may take place in closed parking lots contaminated with lubricating oil, generating polluted effluent, which must be treated. With the hypothesis that oil concentrations decrease over time, the article aims to quantify the concentration/pollutant load of lubricating oil in water, peak-time maximum and relative stabilization effect of chemical and mechanical cleaning. To do this a experimental physical model (surface and flow) of rain fall was designed and tested. Samples were analyzed by standard Soxhlet extraction methodology, defining the concentration per liter ( $\text{mg L}^{-1}$ ) and the pollutant load ( $\text{mg min}^{-1}$ ). The results observed peak concentration after 3 to 4 minutes, stabilizing after 10 minutes. The principal influences are the flow-rate and cleaning efficiency through chemical and mechanical removal. Field tests and laboratory tests confirm the objectives and the investigation of the experimental model and procedures, and appropriate small-scale study, allowing for variations to specific situations.

**Keywords:** Environmental Management. Experimental Model. Lubricating Oil.

## INTRODUÇÃO

O processo de urbanização nas últimas décadas é caracterizado por crescimento populacional e mudanças radicais da paisagem, com aumento considerável de áreas impermeáveis e passíveis de contaminação, provocando impactos ambientais e socioeconômicos (SANTOS et al., 2013). Estudos para reduzir a degradação/impacto sobre o meio ambiente são fundamentais e essenciais, destacando os recursos hídricos, onde a água e seus parâmetros são indicadores da sustentabilidade ambiental do local.

Em áreas urbanas, o efluente sanitário, comprovadamente contaminado, geralmente é segregado do escoamento da água pluvial, que não recebe nenhum tipo de tratamento. Se a precipitação incidir em superfícies contaminadas, tais como ruas, telhados e outras áreas pavimentadas e impermeabilizadas, o escoamento/efluente resultante poderá carrear contaminantes, podendo provocar impactos ambientais (ZULAUF, 2000).

Como as águas de drenagem urbana podem conter substâncias contaminantes, o presente estudo é relevante por confrontar os resultados obtidos frente à legislação nacional relativa a recursos hídricos, Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997) e Resolução nº 430 (CONAMA, 2011), além de elaborar e propor medidas iniciais de gestão ambiental de áreas impermeáveis passíveis de contaminação por óleos e graxas. Estas são convenientes, pois a gestão racional pode gerar aproveitamento da água pluvial incidente, minimização de enchentes, e

principalmente a redução de impactos ambientais negativos, adequando aos diplomas legais vigentes (SOUZA et al., 2006).

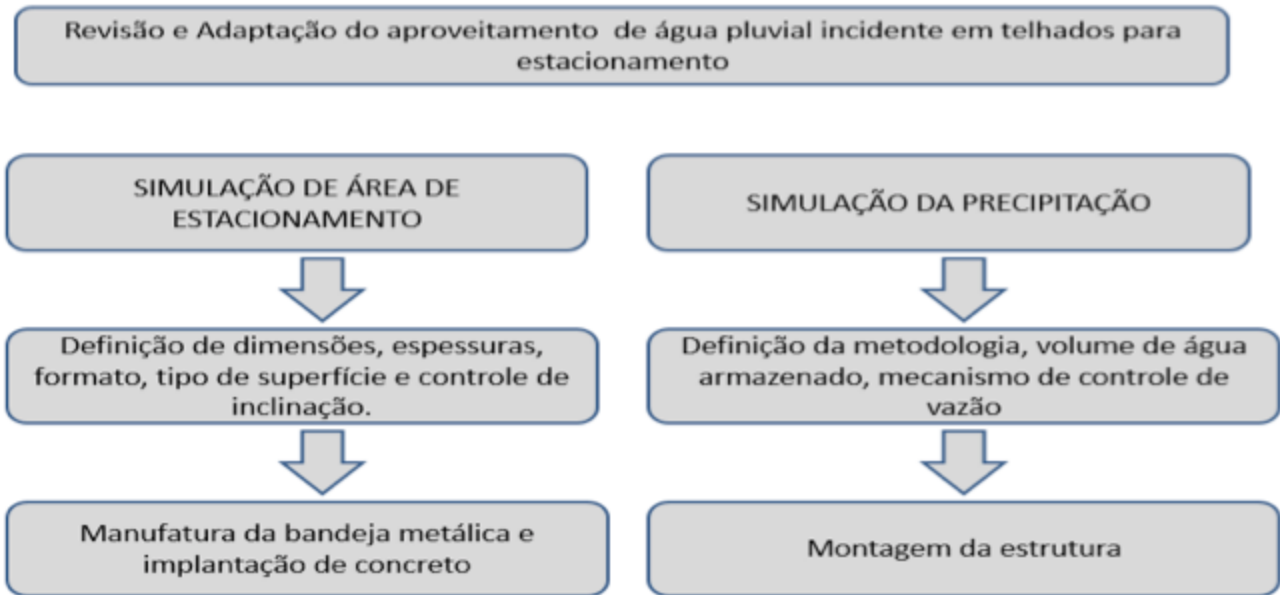
Como referenciais e dados técnico-científicos, tornou-se necessária apropriação de diversas áreas da ciência com o objetivo de avaliar a contaminação da água de escoamento superficial pluvial por óleo lubrificante em área de estacionamento de veículos. A hipótese é que as concentrações de óleo na água (efluente) são decrescente com o intervalo de tempo, comportamento semelhante aos estudos de aproveitamento de água de chuva de telhados.

Com a dificuldade de realizar o experimento em estacionamento ou rua, devido à quantidade de variáveis, fez-se necessário a simulação de escoamento superficial interligado a sistema físico de superfície impermeabilizada contaminada com óleo lubrificante, além do desenvolvimento de metodologia e delineamento superficial.

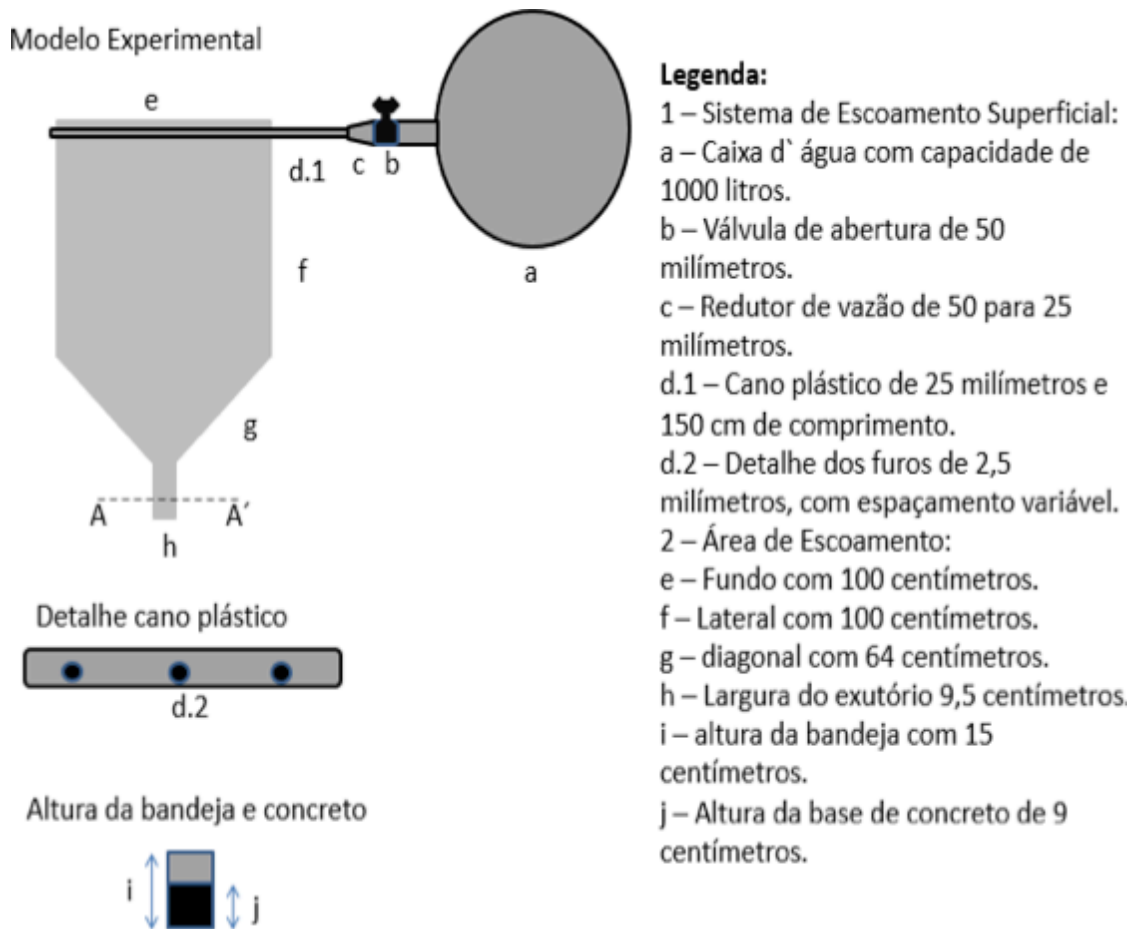
## MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão bibliográfica (**Figura 1**) objetivou a idealização do modelo experimental (**Figura 2**), que simula escoamento superficial da água pluvial e área de estacionamento impermeabilizada com formato de microbacia hidrográfica contaminada por óleo lubrificante (**Figura 3**). Para o teste da hipótese, alterou-se a vazão e quantidade de óleo (contaminante). A quantidade de água infiltrada e evaporada foi desprezada.

**Figura 1.** Fluxograma na elaboração do modelo de superfície impermeabilizada e escoamento superficial.



**Figura 2.** Detalhes do modelo experimental.



**Figura 3.** Modelo experimental.

A NBR 10.844 (ABNT, 1989) define precipitação como altura pluviométrica e, a sua duração como intervalo de tempo de referência, salientando que são variáveis. Deduzindo que o escoamento superficial da água pluvial é a precipitação direta mais a água incidente a montante, a escolha dos valores de vazões foi aleatória, e para o presente estudo simulou-se vazão de  $4,05$  e  $5,60 \text{ L min}^{-1} \text{ m}^2$

O elemento de referência escolhido para simular a poluição foi o óleo lubrificante mineral veicular para motores, da marca *Bardahl Maxoil Long Life 20W50®* (API SL/CF, ACEA A3/A2), e para o cálculo do volume de óleo disposto, foi considerado que um veículo de médio porte ocupa área útil de  $6,0 \text{ m}^2$  e a bandeja elaborada possui  $1,2 \text{ m}^2$ , o espaço poderia conter 20% da área de um veículo. Determinando uma vaga com circulação de 12 veículos diários, que 10% destes apresentam vazamentos com perda unitária de óleo de 4 ou 7 mL, em período de estiagem de 4 meses, tem-se 120 ou 200 mL.

Houve modificações entre os ensaios, com escopo de adaptar as

metodologias, hipóteses e coletar o maior número de informações.

Estas alterações foram:

- vazão de escoamento;
- volume de óleo lubrificante;
- intervalo de tempo de coleta do efluente (1 ou 2 minutos);
- volume de efluente após a remoção química (1 litro ou volume total no intervalo de 1 minuto); e
- número de amostras coletadas após remoção química e mecânica (1 ou 4 amostras sequenciais em tempos diferentes).

As análises foram realizadas no Laboratório de Química do Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica (PMPIT) no Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas I (ICTE) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, *Campus* Univerdecidade, Uberaba, Minas Gerais.

O procedimento para determinação do teor de óleo foi realizado conforme metodologia padrão (*Standard Methods – 5220 OilandGrease*) de extração **Soxhlet** (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

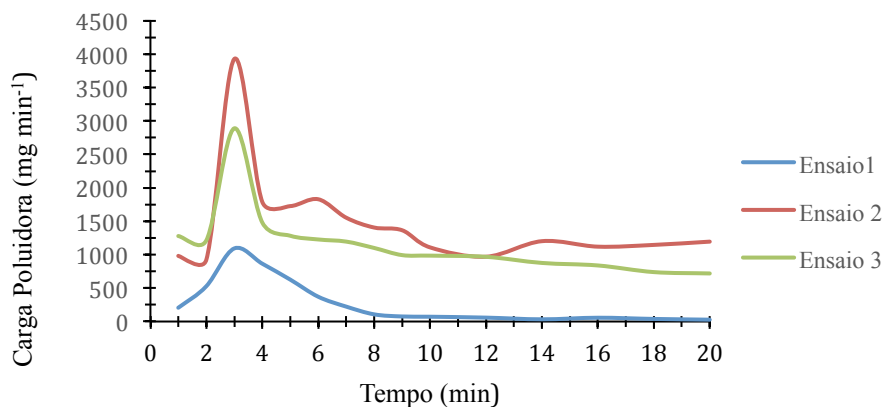
Para aproveitamento de água pluvial incidente em telhados, há diversos mecanismos de descarte dos primeiros milímetros da precipitação, evitando captação de água pluvial de baixa qualidade física, química e biológica, evitando contaminação por poeira, detritos de animais e outros detritos (LOPES, 2012). Os volumes descartados variam conforme o estudo de 0,8 a 1,5 L m<sup>-2</sup> (DACA, 2004), 0,4 L/m<sup>2</sup> (TOMAZ, 2003) ou 2,0 milímetros (ABNT, 2007).

Segundo May (2004), a captação de água do escoamento pluvial da superfície do solo tem menor qualidade, quando comparada de telhados e lajes, pelo fato de existir tráfego de veículos, podendo estar contaminada por óleos combustíveis e

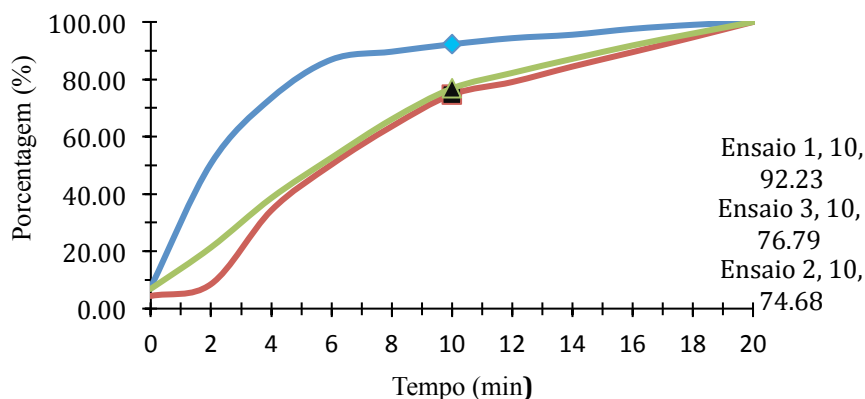
resíduos de pneus, corroborando o posicionamento de Anecchini (2005), que constatou que a coleta de água proveniente do escoamento superficial de superfície de solo impermeabilizada não é aconselhável. Porém, se a utilização da água (efluente) de escoamento não for aconselhável, a mesma provoca impacto ambiental negativo à jusante.

Na análise conjunta dos três ensaios realizados, os resultados obtidos podem ser visualizados na **Figura 4**, que evidencia que o pico da carga poluidora ocorre entre os minutos 3 e 4. Já a **Figura 5** mostra que 3/4 do óleo é carregado nos 10 minutos iniciais, dos 20 minutos do experimento, independente das variações de vazão e carga poluente inicial.

**Figura 4.** Carga poluidora nas amostras dos efluentes em relação ao tempo.



**Figura 5.** Comparativo entre os ensaios, através das remoções provenientes do escoamento superficial.



Avaliando as porcentagens acumuladas dos ensaios no minuto 10 (**Figura 5**), verifica-se que no Ensaio 1, cuja vazão foi  $5,6 \text{ L min}^{-1} \text{ m}^2$  e lançamento de 120 mL de óleo lubrificante veicular, tem-se a maior porcentagem acumulada. Comparando os Ensaio 2 e 3, praticamente não há diferença significativa nas porcentagens acumuladas, salientando que nestes ensaios utilizou-se vazão de  $4,05 \text{ L min}^{-1}$  e lançamento de 200 mL do óleo.

No estudo de verificação da necessidade de instalação de dispositivo de descarte da precipitação inicial para aproveitamento da água da chuva não potável, Faresin (2008) coletou a água diretamente da atmosfera, dos 5 minutos iniciais e do restante da precipitação, concluindo a necessidade do descarte da precipitação inicial como medida de gestão da qualidade da água.

Lima et al. (2001), em estudo de viabilidade do aproveitamento da água para fins não potáveis na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), na cidade de Campo Mourão (PR), coletaram amostras de água de chuva diretamente da atmosfera e do escoamento superficial do telhado, em intervalo de tempo de 0, 10, 30 e 60 minutos, observando: (a) piora da qualidade da água escoada em relação a coletada diretamente na atmosfera; (b) melhora da qualidade da água proveniente do escoamento em função do tempo, devido a remoção dos poluentes previamente depositados e; (c) que após 10 minutos do início da precipitação, os valores tendem a estabilizar.

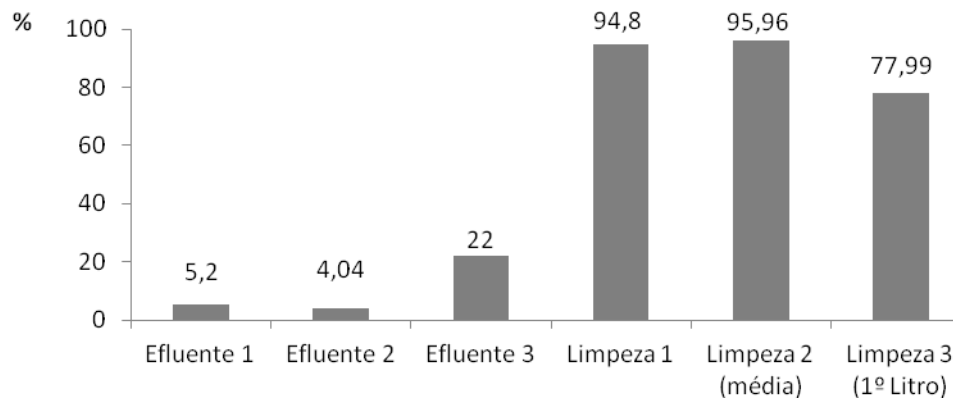
Estes resultados relativos à qualidade e aproveitamento de água de

escoamento de telhados, quando adaptados ao estudo objeto, corroboram com dados, pois constatou redução da carga poluente ou concentração com o aumento do intervalo de tempo, devido à remoção do óleo depositado, e que conforme estudo de Lima et al. (2001), após 10 minutos da precipitação os valores tendem a relativa estabilização. Este comportamento de certa forma é surpreendente devido à hidrofobia do óleo em relação à água.

Por não haver diplomas legais dos parâmetros mínimos para lançamento de efluente contaminado por óleo e graxas, utiliza os padrões da Resolução N° 430 (CONAMA, 2014), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, especificamente o Artigo N° 16, que determina concentração máxima de 20 mg/L para óleos minerais. Salienta que, independentemente da concentração, faz-se necessário outorga para lançamento do efluente diretamente no corpo hídrico. Exceto para o Ensaio 1, a concentração de óleo em qualquer minuto é superior ao parâmetro para lançamento em corpos hídricos, conforme Resolução N° 430 (CONAMA, 2014). É importante salientar, que a carga inicial de poluição da superfície impermeabilizada provavelmente foi superestimada, porém os resultados podem orientar na gestão ambiental de áreas impermeabilizadas.

Outro dado importante, semelhante em todos os ensaios, consiste na limpeza através da utilização de detergente concomitantemente com bucha doméstica e escova, mostrando-se no mínimo 78% mais eficiente que o escoamento superficial, conforme **Figura 6**.

**Figura 6.** Comparação entre eficiências do carreamento do óleo por escoamento superficial e por limpeza (mecânica e química).



Vivacqua e Santos (2005) em revisão sobre qualidade da água de escoamento superficial urbano, verificou que o modo e frequência de limpeza da superfície interfere na qualidade das amostras coletadas nos pátios e outras superfícies impermeabilizadas, e que para utilização devem ser analisados os parâmetros DBO<sub>5</sub>, DQO, NH<sub>3</sub>, P total, Pb, Cu, Zn, cor, patogênicos, óleos e graxas.

Os dados do presente estudo corroboram em parte com a revisão de Vivacqua e Santos (2005), pois a limpeza mecânica e química da superfície foi percentualmente mais eficiente que o carreamento provocado pelo escoamento superficial. É importante destacar que agente químico (detergente) não é o mais indicado e eficaz, assim como a utilização de buchas e escovas.

O modelo desenvolvido mostrou-se eficiente na simulação de superfície impermeabilizada e do escoamento superficial, reduzindo um hipotético estacionamento para área de 1,2 m<sup>2</sup>, permitindo variações na vazão e na quantidade/qualidade/tipo do poluente inserido, facilitando a coleta de dados experimentais, orientando propostas e ações de aproveitamento da água precipitada, e principalmente minimizando impactos ambientais negativos provenientes das águas pluviais

contaminadas, presente em áreas de estacionamento, ruas de grande circulação, oficinas mecânicas, etc (*hotspot* de contaminação de óleo). Para validação do desempenho torna-se necessário comparar com situações reais.

## CONCLUSÕES

Para conhecimento do comportamento do óleo lubrificante em área de estacionamento, sobre influência do escoamento superficial, fez-se necessária revisão e adaptação de diversas áreas de conhecimento das ciências ambientais.

Após as definições de dimensões, estruturas, materiais e técnica para obtenção do modelo experimental, sua manufatura foi iniciada, e a cada obstáculo, novas revisões técnicas e interlocuções com profissionais eram analisadas, adaptando e “evoluindo” o modelo. Com a conclusão do modelo, fez-se necessário o teste das hipóteses e objetivos, que levou novas adaptações do modelo experimental da bandeja e escoamento superficial.

Os testes de campo e análises laboratoriais só corroboram os objetivos, permitindo investigar que o modelo experimental e procedimentos são adequados em estudo de escala reduzida,

e permite variações para situações específicas.

As análises laboratoriais evidenciaram que o comportamento do óleo sobre a passagem de escoamento superficial é semelhante aos poluentes observados em telhados, permitindo estudos complementares para diminuição dos impactos ambientais de estacionamento, ruas e outros *hotspots* de contaminação por óleos e graxas.

## REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1989. **NBR 10.844**: Instalações prediais de águas pluviais: procedimentos. 1. ed. Rio de Janeiro: ABNT, p. 13.
- ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 150 f. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527**: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2007, p. 12.
- BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 8 jan. 1997. p. 13.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 430**: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legi-abre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 25 jun. 2014.
- DACACH, N.G. **Saneamento Básico**. 2ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, p. 314. 1979.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, U.S. **Standart Methods 5520**: Oil and Grease, Washington, D.C: 2001.
- FARESIN, A. E. **Conservação de água em escolas com ênfase em aproveitamento de água de chuva: estudo de caso nas escolas da rede municipal de Erechim – RS**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 185 f. 2008.
- FERREIRA, D.C. et al. Molecular modeling study on the possible polymers formed during the electropolymerization of 3-hydroxyphenylacetic acid. **Journal of Molecular Graphics Modelling**, v. 29, n. 34, p.18-27, 2012.
- FONSECA, J.A.; MEURER, E.J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n.1, p. 47-50, 1997.
- GEROLA, A. P. et al. Estudos quimiométricos da phea formulada em Pluronic®: ação fotodinâmica sobre *Artemia salina*. **Química Nova**, v. 36, n. 1, p. 97-101, 2013.
- LIMA, A. N. et al. Avaliação da qualidade de água da chuva para aplicação em usos não potáveis. In: 26º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2011, Porto Alegre, RS. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2011. CD-ROM.
- LOPES, G. B. **Estudo de Viabilidade Técnica do Aproveitamento de Água de Chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 190 f. 2012.



**MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.**

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 189 f. 2004.

SANTOS, P. T. S. et al. Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial.

**Ambiente Construído**, v.13, n.1, p.161–174, 2013.

SOUZA, L. O. C. et al. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 31, p. 541– 548, 2006.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 2 ed. São Paulo: Navegar, 180 p. 2005.

VIVACQUA, M. C. R.; SANTOS, S. R. **Qualidade da Água do Escoamento Superficial Urbano – Revisão Visando o Uso Local**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 185 f. 2005.

ZULAUF, W. E. O meio ambiente e o futuro. **Estudos Avançados**, v. 14, n. 39, p. 85–100, 2000.