

**Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.**

## **Desenvolvimento e montagem de coletor do primeiro escoamento – *first flush* – para pesquisa em aproveitamento de água de chuva**

Álvaro Diogo Sobral Teixeira<sup>1</sup>, Elisabeth Pelosi Teixeira<sup>2</sup>

**Resumo** – Com a crise hídrica que atingiu a Região Metropolitana de São Paulo o aproveitamento de água de chuva se popularizou. Há alguns cuidados sanitários para o armazenamento e aproveitamento desta água, mesmo quando trata-se apenas de usos não potáveis. O descarte do escoamento inicial é uma das etapas para se obter qualidade segura na água, portanto, entender e saber quantificar o quanto deve ser descartado é fundamental para que se obtenha eficiência sanitária no sistema. Este artigo tem por objetivo apresentar o desenvolvimento e montagem de coletor utilizado para captar o primeiro escoamento da água de chuva, de 0,5 a 3,0 milímetros de precipitação, para poder analisar, instante a instante, a qualidade da água coletada.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento de coletor, água de chuva, descarte do escoamento inicial.

**Abstract** – With the water crisis that hit the Greater São Paulo the rainwater harvesting was popularized. There are some health care for the storage and use of this water, even when it is only for non-potable uses. Divert the first flush is one of the steps to achieve safe quality in water, so understand and know quantify how much should be diverted is essential to get sanitary efficiency in the system. This paper aims to present the development and mounting of a collector used to catch first flush of rainwater, from 0.5 to 3.0 milimeters of rainfall to be able to analyse, moment to moment, the water quality collected.

### **Keywords:**

Collector development, rainwater, first flush.

---

<sup>1</sup> Aluno do Programa de Mestrado Profissional Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, do Centro Paula Souza - alvarodiogo\_st@yahoo.com.br;

<sup>2</sup> Docente do Programa de Mestrado Profissional Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, do Centro Paula Souza e do curso de Tecnologia em Sistemas Biomédicos da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba José Crespo Gonzales – elisabeth.teixeira@cps.sp.gov.br.

## Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

### 1. Introdução

Em tempo de crise hídrica, o aproveitamento de água de chuva é uma ação que vem para minimizar a pressão por água potável. A economia possível por meio dos sistemas de aproveitamento de água de chuva varia de acordo com a área de captação, pluviometria local, consumo e capacidade de reservação. Marinoski e Ghisi (2008) obtiveram economia de 45,8% em instituição de ensino localizada em Florianópolis-SC, já Souza e Ghisi (2012) obtiveram variações de 20% a 60% de economia para usos não-potáveis em residências.

São conhecidos mais de 250 patógenos ou contaminantes de veiculação hídrica que podem causar doenças, tais como febre tifoide, cólera ou disenteria (EDUARDO et al, 2005). Garantir a segurança sanitária dos sistemas de aproveitamento de água de chuva são indispensáveis para evitar contaminação. Fazer o descarte do escoamento inicial, do inglês *first flush*, é uma maneira simples e efetiva de garantir melhor qualidade da água de chuva destinada a armazenamento (DOYLE, 2008).

O estudo do *first flush* já foi muito bem explorado no âmbito da água pluvial captada de estacionamentos e rodovias. Há poucos estudos qualitativos do primeiro escoamento captado em coberturas. Gould (1999), May (2004), Bertolo (2006), Doyle (2008) e Verdade (2008) apresentam estudos sobre o tema, mas a maioria em áreas rurais, bem arborizadas ou com baixa urbanização.

Atualmente a ABNT NBR 15.527:2007 recomenda descartar 2mm da precipitação inicial da água de chuva. Nosso propósito neste estudo é verificar se 2mm são suficientes para áreas densamente urbanizadas e para isto foi desenvolvido um coletor para o primeiro escoamento, com coletas planejadas para volume referente à 0,5 mm de precipitação. Este artigo apresenta o desenvolvimento e montagem do coletor de *first flush*.

### 2. Referencial Teórico

O aproveitamento da água da chuva é uma das mais básicas formas de coleta e armazenamento de água, tendo vantagens e desvantagens. Ao contrário da água fornecida pelas concessionárias de saneamento, a água de chuva está sempre disponível e pronta para o uso. Logística e materiais de construção são de menor necessidade do que em sistemas de captação subterrânea ou de redes de distribuição, embora a capacidade do sistema seja limitada pela precipitação local e seus custos de instalação sejam mais baratos (DOYLE, 2008).

**Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.**

No cenário atual de baixa disponibilidade hídrica e alta contaminação dos mananciais urbanos, muitas edificações urbanas ainda utilizam água potável indiscriminadamente. Utilizar água menos nobre para fins menos nobres é uma alternativa para reduzir o consumo de água potável e, buscar fontes alternativas (água de chuva, reuso, dessalinização, etc.), é gerir a oferta que, associada à gestão da demanda (redução do consumo), contempla o uso racional para a conservação da água (OLIVEIRA et al, 2007).

Conforme a ABNT NBR 15.527:2007, os sistemas de aproveitamento de água de chuva são compostos de cobertura, calhas e tubulações de descida, descarte do escoamento inicial (*first flush*), armazenamento, tratamento e distribuição para utilização em fins não potáveis (ABNT, 2007).

O *first flush* refere-se à água mais suja que escoar pelo telhado no início de uma precipitação. Durante o tempo seco, poeira, folhas, excrementos de animais, insetos mortos e outras partículas se acumulam no telhado. Quando começa a chover, partículas suspensas são removidas do ar e o material particulado no telhado é lavado. Em geral, quanto mais chove, mais limpo o telhado fica. O principal conceito por trás do descarte do escoamento inicial é que o grosso da sujeira pode ser impedido de entrar no reservatório de armazenamento e apenas a água mais limpa vai enchê-lo (DOYLE, 2008).

**Figura 1** – Amostrador *first flush*



Fonte: Tomaz (2009)

A Figura 1 ilustra o potencial de remoção, sendo que cada garrafa representa um instante da precipitação recolhida após o escoamento no chão e pode-se observar a tendência de “escurecimento” nos primeiros instantes e depois de “clareamento” até ficar translúcida no instante final.

A ABNT NBR 15.527:2007 define escoamento inicial como a água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos.

Embora o conceito do descarte do escoamento inicial tenha se originado da literatura de manejo de águas pluviais e de esgoto, tem sido amplamente aplicado no aproveitamento de água de chuva de coberturas. Não há um consenso sobre o quanto deve ser descartado, pois a qualidade da água varia muito conforme as condições do entorno da cobertura (DOYLE, 2008).

O volume de água a ser descartado depende do risco aceitável associado ao uso final que se pretende fazer e das características específicas do local. Vários fatores devem ser considerados no cálculo do tamanho da primeira

**Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.**

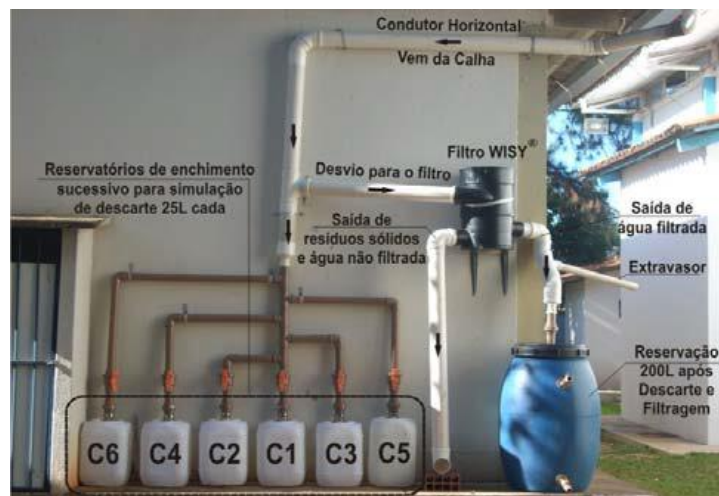
câmara de desvio do escoamento inicial, incluindo a proximidade com estradas, zonas industriais, distância de árvores, a qualidade do material de cobertura e abundância de aves, pequenos animais e insetos (DOYLE, 2008; LIMA et al, 2013), além do tipo de material do telhado e da quantidade de contaminação.

Doyle (2008) apresenta uma maneira de determinar o volume a ser descartado, que pode variar de 0,6 a 2mm. Já Pacey e Cullis (1996) utilizam os primeiros 15 a 20 min de precipitação. Thomas e Martinson (2007) definem o volume de descarte baseado na turbidez inicial da água e a turbidez desejada para armazenamento. A ABNT NBR 15.527:2007 recomenda descartar 2 mm da precipitação inicial (ABNT, 2007).

A seguir serão apresentados alguns estudos realizados para determinação do volume de descarte do escoamento inicial.

Para Rocha, Reis e Araújo (2011), o objetivo do arranjo desenvolvido era avaliar a qualidade da água após 2 mm de precipitação acumulada, e foi considerado avaliar os 150 L de água descartada, correspondentes aos 2 mm de chuva sobre a área de captação do experimento em cada cobertura. Este volume foi então dividido em seis galões provisórios de 25 L cada (Figura 2).

**Figura 2** - Sistema de coleta, descarte e armazenamento de água de chuva



Fonte: Rocha, Reis e Araújo (2011)

O arranjo da Figura 3 é apresentado por Vasconcelos (2008) para caracterizar a água no decorrer de uma precipitação. A instalação consiste em reservatórios que se enchem conforme chove, de forma que o primeiro reservatório se enche com a água proveniente dos primeiros instantes de chuva, o segundo, com a água dos instantes seguintes e assim sucessivamente, até o quinto reservatório. Cada reservatório possui 2,5 L de capacidade de armazenamento. Considera-se que ocorrerá mistura das amostras coletadas, porém é a forma mais viável defendida pelo autor.

**Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.****Figura 3.** Tipo de amostrador

Fonte: Vasconcelos (2008)

**Figura 4 -** Dispositivo para coletar separadamente os 10 primeiros milímetros da chuva

Fonte: Melo e Neto (2007)

Melo e Neto (2007) avaliaram a variação da qualidade da água de chuva coletando amostras distintas sequenciais dos 10 primeiros milímetros de chuva diretamente com coletor semelhante a um pluviômetro (Figura 4), sem passar por superfície de captação, em três pontos com características distintas na cidade de Natal. Os autores concluíram que, exceto para a área de menor poluição atmosférica, onde desde o início a água da chuva já continha poucos contaminantes e partículas, os valores de turbidez e condutividade elétrica sofreram redução brusca no primeiro milímetro de cada chuva. Essa conclusão apoia estudos anteriores que demonstram ser o primeiro milímetro da chuva geralmente suficiente para carrear partículas e micróbios, e “lavar” gases do ar das camadas baixas da atmosfera. Se não bastar um milímetro, geralmente, 1,5 mm ou 2 mm são suficientes, mas se houver forte poluição e grande risco são necessários 3 mm ou mais.

### 3. Método

O arranjo experimental para coleta do *first flush* foi idealizado para avaliar a qualidade dos primeiros instantes de chuva e auxiliar na determinação do volume necessário para descarte em ambiente densamente urbanizado.

Para esta idealização foram utilizadas as experiências dos trabalhos apresentados na sessão anterior seguida de adaptações personalizadas de acordo com as condições do local da coleta como área de cobertura e espaço para implantação dos reservatórios.

Para a construção do coletor de água de chuva, inicialmente, foi calculada a área de contribuição efetiva do telhado em 21,6m<sup>2</sup>. Como a proposta era que cada coletor armazenasse 0,5mm de precipitação até o instante de 3mm precipitados, foram dimensionados 6 reservatórios com capacidade útil aproximada de 10,8 litros cada.

### Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

A localização do arranjo experimental foi escolhida pela possibilidade de coletar a água de sua cobertura, mantendo o arranjo experimental restrito às dependências do prédio da pós-graduação e também por possuir área de cobertura interessante para o propósito do projeto: não tão grande impactando no tamanho do coletor e nem tão pequeno que não gerasse volumes necessários para realizar as análises propostas.

O planejamento das coletas incluía três coletas por estação do ano, portanto, uma média de uma coleta mensal ao longo de um ano hídrico. Desta forma haveria uma heterogeneidade das amostras para que pudesse ser analisado cenários distintos nas condições de estiagem e de altos índices pluviométricos.

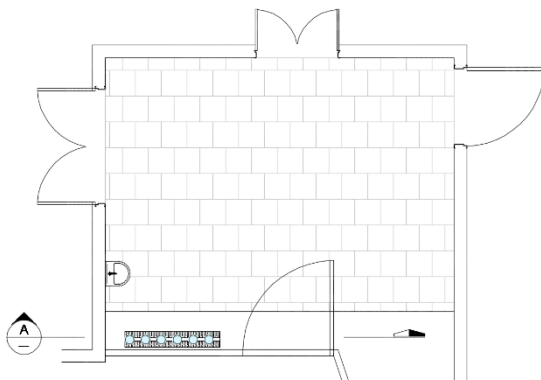
Todos os materiais utilizados foram comprados em lojas de material de construção, podendo ser facilmente adquiridos. As ferramentas para execução foram emprestadas de um profissional que atua na área de instalação de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

## 4. Resultados e Discussão

Após o dimensionamento foi elaborado o desenho do projeto em AutoCad® para que o volume fosse distribuído da melhor forma possível no local escolhido para instalação. O coletor também foi projetado para que pudesse ser desmontado e limpo após cada coleta. Após o desenvolvimento conceitual do coletor foram compradas as peças necessárias e dado início à montagem *in loco*.

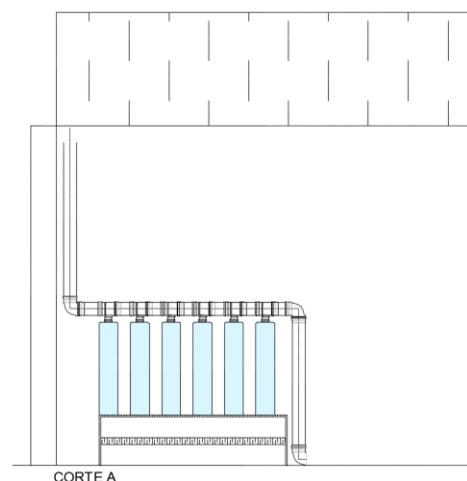
Na Figura 5 está apresentado o desenho em planta da instalação do protótipo e na Figura 6 o corte A.

**Figura 5.** Localização do coletor no *hall* entre a cozinha e a sala de estudos do prédio da pós-graduação. Sem escala.



Fonte: Do autor

**Figura 6.** Corte A



Fonte: Do autor

**Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.**

O coletor instalado, conforme mostrado na Figura 7, consiste nos seguintes componentes:

- Tubulação de coleta vertical: foi utilizada a tubulação existente (PVC, 100mm) que coletava a água da calha e despejava no chão e desviada com dois tês de 45° para alimentar o coletor;
- Tê de derivação: na entrada de cada reservatório há um tê de redução de 100mmx50mm para derivação e alimentação dos reservatórios;
- Tubulação de coleta horizontal: a tubulação horizontal que interliga os tês de derivação possui declividade de 0,5% para melhor escoamento;
- Reservatórios: os reservatórios foram montados com tubos de PVC de 150mm com altura total de 70cm e altura útil aproximada de 61cm;
- Caps: os reservatórios possuem capeamento na parte inferior e superior. Na parte inferior foi feito um furo para encaixe de flange e plug para esvaziamento. Na parte superior também foi perfurado para encaixe da válvula de retenção. O cap inferior foi executado com anel de vedação e cola e o cap superior só encaixado para desmontagem e limpeza futura;
- Válvula de retenção: para fechamento do reservatório após seu preenchimento total foi utilizado válvula de retenção de 50mm de PVC-Marrom;
- Extravasador: após enchimento dos 6 reservatórios foi instalado um tubo extravasador do mesmo diâmetro da tubulação horizontal, 100mm, que deságua no chão;
- Suporte: sua instalação foi realizada apoiada em um banco de madeira para que fosse facilitado o esvaziamento e coleta para análises.

Durante a montagem do coletor foram realizados testes para verificar possíveis falhas em sua concepção. Inicialmente o fechamento do reservatório foi concebido por meio do método de tubo com bola, porém este não se mostrou eficiente na vedação para evitar que a água dos instantes seguintes entrassem no reservatório e foi substituído por uma válvula de retenção.

A Figura 8 ilustra as duas situações. À esquerda sistema montado com redução 100x50mm, luva de 100mm e outra redução de 100x50mm. No interior há uma grelha e uma bola de tênis para fechamento conforme elevação do nível da água. À direita a válvula de retenção em PVC-Marrom.

**Figura 7.** Coletor instalado



**Fonte:** Do autor

**Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.**

**Figura 8.** Métodos de fechamento da entrada do reservatório



Fonte: Do autor

interliga o tê de derivação com a válvula de retenção ficou em uma posição de difícil acesso e com a necessidade de fixação segura da válvula, para que ela não caia com o peso e pressão da água na entrada, não foi possível descartar a cola adesiva neste ponto do sistema.

Esperava-se que o sistema se comportasse de forma estanque após o ajuste da peça que fazia o fechamento da entrada de água no reservatório, porém observou-se que os componentes do sistema, que não foram executados com anel de vedação e/ou cola adesiva, sofriam vazamentos.

Para minimizar este inconveniente foi realizada aplicação de silicone nas partes móveis do sistema: cap superior, plug e flange inferior.

A concepção de torná-lo desmontável para limpeza após cada coleta mostrou-se eficiente, com um único limitador: a conexão de 50mm que

## 5. Considerações finais

Para o objetivo de avaliar instante a instante da precipitação o coletor mostrou-se eficiente e prático, apesar de possuir limitações. Um sistema preciso poderia ser desenvolvido utilizando-se de válvulas de fechamento automático, garantindo precisão nos instantes coletados em cada reservatório, impedindo dessa forma que parte da água do primeiro instante possa acidentalmente encher o segundo reservatório e garantindo também estanqueidade após o preechimento.

A escolha de executar o reservatório com tubos de PVC facilitou a montagem e desmontagem para limpeza, podendo ser realizada pelo pesquisador sem auxílio de terceiros.

No decorrer do desenvolvimento do coletor surgiram dificuldades para sua execução. A primeira delas foi de caráter financeiro. Para a montagem do sistema apresentado, incluindo as tentativas iniciais de fechamento que não funcionaram, foram gastos R\$2.216,23. Ainda haverá gastos com insumos no decorrer da pesquisa como veda-rosca, silicone, reagentes e vidrarias.



**Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.**

Outra dificuldade está na necessidade de alinhamento exato das condicionantes para realização da coleta e análise das amostras. Observando-se previsão de chuva é necessário realizar a limpeza do sistema um dia antes da precipitação, encaminhar as amostras para processamento no menor tempo possível para não interferir nos resultados e possuir recursos humanos e físicos disponíveis nos laboratórios para realização das análises na semana subsequente da coleta.

**Referências**

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527** - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, Rio de Janeiro, 2007.
- BERTOLO, E. J. P. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. 204f. Dissertação. Curso de Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- DOYLE, K. C. **Sizing the First Flush and its Effect on the Storage-Reliability-Yield Behavior of Rainwater Harvesting in Rwanda**. B.S. Civil Engineering, Villanova University, 2008.
- EDUARDO, M. B. P.; SUSUKI, E.; MADALOSSO, G.; CÉSAR, M. L. V. S.; SILVA, M. C. **Principais doenças emergentes e reemergentes – atualização e perspectivas**. In: Iii Simpósio Internacional de Vigilância das Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar, 2005, Centro de Convenção Rebouças, São Paulo, SP. São Paulo: Centro de Vigilância Epidemiológica, nov. 2005.
- GOULD, J. **Is Rainwater safe to drink? A review of recente findings**. In: 9th International Rainwater Catchment Systems Conference. Pernambuco, 1999. Anais.
- LIMA, J. C. A. L.; CARVALHO, J. R. S.; FIGUEIRAS, M. L.; SANTOS, S. M.; GAVAZZA, S. **Influência da intensidade pluviométrica no desempenho do dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva aplicado às cisternas do semiárido**. In: 27º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013, Centro de Convenções de Goiânia, Goiânia, GO. Goiás: 27º CBESA, set. 2013.
- MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, RS, v. 8, n. 2, p. 67-84, abr. / jun. 2008. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/download/5355/3283>>. Acesso em: 15 mai. 2016.
- MAY, S. **Estudo de viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consume não potável em edificações**. 189f. Dissertação. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2004.

**Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.**

MELO, L. R. C.; NETO, C. O. A. **Variação da qualidade da água de chuva em três pontos distintos da cidade de Natal – RN.** In: 24º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, Expominas, Belo Horizonte, MG. Minas Gerais: 24º CBESA, set. 2007.

OLIVEIRA, L. C.; OLIVEIRA, M. S.; GONÇALVES, O. M.; YWASHIMA, L.; REIS, R. P. A. **Levantamento do estado da arte: Água.** Projeto FINEP: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/3471889-2-1-habitacao-maissustentavel-tecnologias-para-construcao-habitacional-mais-sustentavel-documento-levantamento-do-estado-da-arte-agua.html>>. Acesso em 05 jun. 2016.

PACEY, A., CULLIS, A. **Rainwater Harvesting.** The collection of rainfall and run-off in rural areas. 4. ed. – London: IT Publications. 1996.

ROCHA, B. C. C. M.; REIS, R. P. A.; ARAÚJO, J. V. G. Avaliação do volume necessário de descarte de água de chuva escoada sobre coberturas de diferentes materiais. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil.** Nº2, vol. 1, 51-58. 2011.

SILVA, N. M. D. **Qualidade microbiológica das águas de chuva em cisternas da área rural do município de Inhambupe, no semiárido baiano e seus fatores intervenientes.** 2013. 141f. Dissertação. Programa de Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento. Escola Politécnica. Universidade Federal da Bahia, 2013.

SOUZA, E. L.; GHISI, E. **Potable water savings by using Rainwater for non-potable uses in houses.** Water. Basel, Switzerland, p. 607-628, ago. 2012. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2073-4441/4/3/607/pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2016.

THOMAS, T. H.; MARTINSON, D. B. **Roofwater harvesting:** a handbook for practitioners. Delft, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre, 2007. Technical Paper Series, n. 49, 160 p.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** Guarulhos, SP, Fev. 2009. Disponível em: <<http://ftp-acd.puc-campinas.edu.br/pub/professores/ceatec/lorenzino/Util/aguadechuva.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

VASCONCELOS, A. F. **Análise da qualidade da água pluvial para sistemas de aproveitamento com separadores automáticos.** 2008. 114f. Monografia. Curso de Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.

VERDADE, J. H. O. **Aproveitamento de águas de chuva e reutilização de águas cinzentas.** 157f. Dissertação. Curso de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.