

# AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS DE ÁGUA PLUVIAL VISANDO APROVEITAMENTO PARA FINS NÃO POTÁVEIS: O EFEITO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Murakami, M.F.<sup>1</sup>; Moruzzi, R. B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PPGEU - Universidade Federal de São Carlos

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro  
rmoruzzi@rc.unesp.br

Palavras-chave: água pluvial, aproveitamento, tempo de armazenamento.

## Introdução

O problema da disponibilidade hídrica é antigo e vem se agravando devido, principalmente, ao aumento da população e da poluição dos mananciais (TORDO, 2004). Diante da necessidade de se encontrar fontes alternativas, a água pluvial surge como opção (ZOLET, 2005).

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial baseiam-se na coleta das precipitações escoadas sobre áreas impermeáveis, seu armazenamento em reservatórios de acumulação, para uso imediato ou ao longo do tempo, e nas instalações que conduzem a água até o ponto de utilização. Dependendo da relação entre a oferta e demanda e do princípio norteador de cálculo dos reservatórios, a acumulação pode perdurar por todo o período de estiagem.

Diversos trabalhos apontam que os primeiros milímetros de chuva apresentam um elevado grau de contaminação e aconselham sua abstração (MAY, 2004; ANNECCHINI, 2005; GONÇALVEZ, 2006). Nesse sentido, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da norma ABNT NBR 15527/07, define que o dispositivo de descarte dos sistemas de aproveitamento de água pluvial deve ser dimensionado em valores que variam de 0,4 a 8,5 mm e que, na falta de dados, tal volume seja, no mínimo, de 2 mm de precipitação.

Entre os contaminantes presentes no ar e na superfície de captação, a água de chuva coletada em telhados possui, em sua composição, elevada concentração de microorganismos, provenientes de fezes de animais e outros materiais presentes nessas superfícies (TORDO, 2004). Burbarelli (2004) afirma que o controle dessa população microbiana é de fundamental importância, visto que densidades elevadas de microorganismos na água podem indicar a deterioração de sua qualidade, além de representar um risco à saúde dos usuários, atuando como patógenos oportunistas. A norma ABNT NBR 15527/07 determina que a desinfecção da água nos sistemas de aproveitamento de água pluvial deve ser definida a critério do projetista e cita que, quando utilizados derivados clorados, a concentração de cloro residual nos reservatórios de armazenamento deve ser monitorada mensalmente e estar entre 0,5 e 3,0 mg/L.

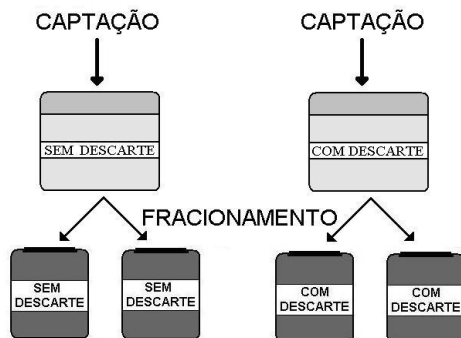
O presente trabalho teve por objetivo analisar as variações temporais da qualidade microbiológica de uma precipitação, captada após passagem por telhado e armazenada como quatro amostras distintas, ao longo de um período de seis meses, a partir de diferentes valores de descarte da chuva inicial e tratamento com cloro na forma de hipoclorito de sódio.

## Material e Métodos

O presente projeto foi desenvolvido na Korin Agropecuária Ltda., localizada no município de Ipeúna-SP, a partir de um sistema experimental de captação e armazenamento de água pluvial após passagem por telhado, sendo o mesmo composto por superfície de captação (telha de fibrocimento), calhas coletoras, condutores verticais e reservatórios de acumulação. Foram coletadas duas amostras distintas de 500 L cada de uma mesma precipitação ocorrida após 10 dias de estiagem. A coleta da primeira amostra, denominada sem descarte, foi realizada a partir do encaminhamento direto da precipitação para o reservatório de acumulação. A coleta da segunda amostra, denominada com descarte, foi realizada a partir da abstração dos dois milímetros iniciais da precipitação e acumulação do volume adicional.

Após a coleta, as amostras com descarte e sem descarte foram fracionadas, cada uma em duas alíquotas de igual volume, e transferidas para cisternas plásticas de armazenamento. Depois de transferidas, as amostras tiveram metade de suas alíquotas tratadas com hipoclorito de sódio a uma concentração de cloro livre de 12%. O volume de desinfetante adicionado a cada cisterna foi previamente determinado, de forma a estabelecer uma concentração de cloro residual na faixa estabelecida pela ABNT NBR 15527/07.

Após o término do processo de fracionamento e tratamento das amostras coletadas, quatro alíquotas distintas de uma mesma precipitação foram obtidas, sendo elas: amostra sem descarte e sem tratamento com cloro; amostra sem descarte e com tratamento com cloro; amostra com descarte e sem tratamento com cloro; e amostra com descarte e com tratamento com cloro (Figura 1 e 2).



**Figura 1:** Esquema da captação e fracionamento da água coletada (sem escala).



**Figura 2:** Esquema do tratamento e armazenamento da água coletada (sem escala).

A caracterização microbiológica da precipitação foi realizada através da análise dos parâmetros coliformes termotolerantes e bactérias heterotróficas. Para o primeiro parâmetro, foram utilizadas as técnicas de tubos múltiplos e de ausência e presença. Para o segundo, utilizou-se a técnica de contagem em placa em superfície. Todas as análises foram realizadas no laboratório de Microbiologia do Centro de Pesquisa da Fundação Mokiti Okada, em Ipeúna-SP em parceria com o Centro de Estudos Ambientais (CEA) da UNESP, Campus de Rio Claro, conforme o protocolo estabelecido pelo *Standard Methods for Water and Wastewater*, 21<sup>th</sup> (AWWA, 2005).

O monitoramento da concentração de cloro residual nas cisternas tratadas com hipoclorito de sódio foi realizado periodicamente, por meio de um kit comercial de ortotoluidina. Sempre que necessário, ajustes na concentração de cloro residual foram efetuados, mantendo a mesma entre 0,5 e 3 mg/L. Por fim, encerrou-se a adição de hipoclorito de sódio, com o intuito de se estudar os efeitos da interrupção do tratamento nas medidas microbiológicas.

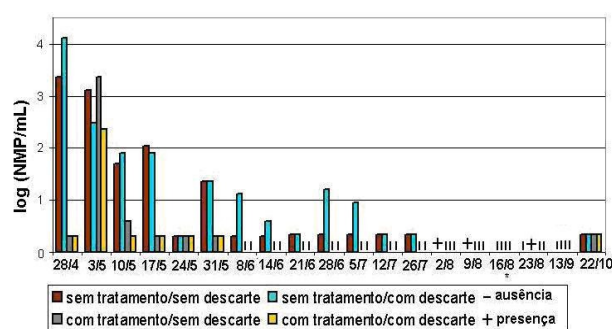
## Resultados e Discussões

As Figuras 3 e 4 ilustram, respectivamente, os valores obtidos nas análises para contagem e/ou indicação de presença de coliformes termotolerantes e contagem total de bactérias heterotróficas nas amostras armazenadas. Através da observação dos resultados, verificou-se diferentes tendências de comportamento entre os microorganismos indicadores monitorados. Enquanto os coliformes termotolerantes apresentaram um decaimento ao longo do tempo, as bactérias heterotróficas mantiveram valores residuais estáveis durante o período de armazenamento, comparando amostras não cloradas.

Em relação ao descarte de chuva inicial, verificou-se que a abstração de 2mm de precipitação não foi suficiente para remover a contaminação presente na superfície de captação. Os resultados encontrados na primeira análise microbiológica das amostras não cloradas (28 de abril) indicaram, para as concentrações de coliformes termotolerantes, uma diferença de valor superior a 460% entre as amostras com descarte ( $1,3 \times 10^4$  NMP/mL) e sem descarte da chuva inicial ( $2,3 \times 10^3$  NMP/mL). Em relação à concentração de bactérias heterotróficas, o valor inicial encontrado na amostra sem descarte ( $1,5 \times 10^4$  UFC/mL) foi 1,5 vezes superior ao da amostra coletada com descarte de precipitação ( $9,9 \times 10^3$  UFC/mL). Esses resultados confirmaram que os primeiros milímetros de chuva contêm elevadas concentrações de microorganismos,

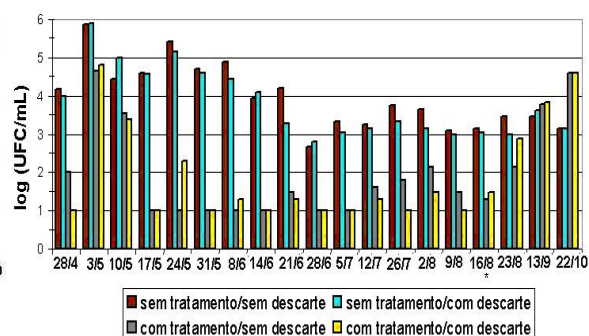
corroborando os resultados apresentados por Tordo (2004). Assim, para a obtenção de menores valores residuais iniciais, recomenda-se maiores valores de descarte da primeira chuva.

Em relação à utilização de cloro na forma de hipoclorito de sódio como tratamento das amostras armazenadas, verificou-se que a adição de desinfetante ocasionou uma diferença de concentração inicial de coliformes termotolerantes superior a 3800 vezes entre as amostras sem tratamento (média =  $7,6 \times 10^3$  NMP/mL) e com tratamento (média < 2 NMP/mL). Em termos de concentração inicial de bactérias heterotróficas, a média obtida nas amostras sem tratamento ( $1,2 \times 10^4$  UFC/mL) foi cerca de 230 vezes superior à média obtida nas amostras receberam tratamento com hipoclorito de sódio (55 UFC/mL).



\* interrupção do tratamento com hipoclorito de sódio

**Figura 3:** Concentração de coliformes termotolerantes durante o período de armazenamento.



\* interrupção do tratamento com hipoclorito de sódio

**Figura 4:** Concentração de bactérias heterotróficas durante o período de armazenamento.

Salienta-se que o aumento na concentração de coliformes termotolerantes e bactérias heterotróficas, verificado nas amostras cloradas entre as análises de 28 de abril e 3 de maio deveu-se à ausência de tratamento durante o período citado. Com a manutenção diária da concentração de cloro residual das amostras, a partir da segunda semana de estudo, observou-se que as concentrações dos microorganismos estudados decaíram de forma representativa (coliformes termotolerantes < 10 NMP/mL; bactérias heterotróficas < 100 UFC/mL), até a análise de 13 de setembro.

A interrupção do tratamento com hipoclorito de sódio na 16ª semana de estudo (16 de agosto) ocasionou um aumento na concentração de bactérias heterotróficas nas amostras tratadas, sendo o resultado de análise obtido em 22 de outubro, cerca de 28 vezes superior ao valor encontrado nas amostras que não receberam tratamento durante o período de armazenamento (amostras com tratamento =  $3,9 \times 10^4$  UFC/mL; amostras sem tratamento =  $1,4 \times 10^3$  UFC/mL). Acredita-se que tal comportamento tenha ocorrido em função de o hipoclorito de sódio atuar como um interferente do nível energético do metabolismo das bactérias heterotróficas (DANIEL, 2001). Assim, com a interrupção de tratamento, as condições do meio voltaram a ser favoráveis à biossíntese e crescimento desses microorganismos e um aumento na concentração dos mesmos pôde ser verificado. Entretanto, pesquisas devem ser conduzidas para confirmar esta hipótese.

Os resultados observados, tanto nas análises para coliformes termotolerantes, quanto para bactérias heterotróficas demonstraram que o uso de hipoclorito de sódio foi uma ação eficiente (remoção > 2log) para desinfetar a água pluvial armazenada. No período em que as concentrações de cloro residual das amostras tratadas mantiveram-se de acordo com a faixa recomendada pela ABNT NBR 15527/07, as concentrações de coliformes termotolerantes sofreram um decaimento e logo se estabeleceram como ausente, enquadrando-se no limite estabelecido pela norma citada. Nesse mesmo período, as concentrações de bactérias heterotróficas nas amostras de água pluvial cloradas também apresentaram uma queda acentuada e, apesar de não terem se estabelecido como ausente, mantiveram-se dentro de níveis permitidos até mesmo pela Portaria 518 (BRASIL, 2004), que estabelece valor até 500 UFC/mL.

De maneira geral, o monitoramento ao longo do período investigado indicou a existência de uma variação na concentração de bactérias heterotróficas na faixa entre 10 e 100 UFC/mL, mesmo nas amostras

em que foram mantidos os residuais de cloro preconizados pela ABNT NBR 15527/07. Esses resultados demonstram a importância da manutenção do residual de cloro bem como a frequência de amostragem adequada para o monitoramento das amostras armazenadas.

Embora não faça parte dos parâmetros recomendados pela ABNT NBR 15527/07, acredita-se que o monitoramento da concentração residual de bactérias heterotróficas na água pluvial para fins não potáveis é uma ação importante, visto que elevadas concentrações de tais microorganismos podem indicar a deterioração da qualidade dessa água.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Centro de Estudos Ambientais da UNESP de Rio Claro; ao Centro de Pesquisa da Fundação Mokiti Okada e à Korin Agropecuária Ltda. pelo apoio na realização da pesquisa.

### **Referências**

AMERICAN WATER AND WASTEWATER ASSOCIATION (AWWA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th. Denver. CP: AWWA 2005.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES)**. 2005. 124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. São Paulo, 2007. 11 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº. 518**, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2004. 34 p.

DANIEL, L. A. (Coord.). **Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável**. Projeto PROSAB. RiMa editora. São Carlos, 2001.

BURBARELLI, R. C. **Avaliação da Qualidade da Água Subterrânea e Microbiologia do Solo em Área Irrigada com Efluente de Lagoa Anaeróbia**. 2004. 114f. Dissertação de Mestrado (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

MACÊDO, J. A. B. de. **Águas & Águas**. Livraria Varela Editora. São Paulo, 2001.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. 2004. 159f. Dissertação de Mestrado (Graduação em Engenharia de Construção Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações**. PROSAB. Tema 5. ABES. Rio de Janeiro, 2006.

TORDO, O. C. **Caracterização e Avaliação do Uso de Águas de Chuva Para Fins Potáveis**. 2004. 120f. Dissertação de Mestrado (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

ZOLET, M. **Potencial de Aproveitamento de Água de Chuva Para Uso Residencial na Região Urbana de Curitiba**. 2005. 33f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Pontifca Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.