

COLETA E TRATAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS COM EMPREGO DE AMIDO DE MILHO COMO COAGULANTE PRIMÁRIO EM FILTRAÇÃO CÍCLICA EM ESCALA DE LABORATÓRIO

Rodrigo Braga Moruzzi¹ e Liane Yuri Kondo Nakada²

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo investigar uma estratégia simplificada de tratamento de água pluvial para fins não potáveis. Para tal, foram simuladas em escala de laboratório as condições de tratamento de um sistema que emprega amido de milho como coagulante primário em filtração cíclica (1 a 5 ciclos). Foi utilizado amido de milho comercial em diferentes dosagens (0,1 a 9,0 mg/L). Os parâmetros estabelecidos pela NBR 15527/07 foram monitorados antes do tratamento e após ele, e comparados com diferentes descartes da primeira chuva (1,5; 1,0 e 0,5mm). Os ensaios indicaram que a dosagem de amido de 6,0 mg/L foi a que apresentou melhor conjunto de resultados (eficiência de remoção de 86% de turbidez, 88% de Cor Aparente e ausência de coliformes totais e termotolerantes residuais). A filtração em ciclos foi uma importante estratégia na remoção de Coliformes Totais.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Coagulação com amido natural. Filtração. Tratamento simplificado.

I Introdução

Atualmente, a escassez de água, quantitativa e qualitativa, é uma ameaça constante em áreas densamente habitadas e no semi-árido brasileiro, e por esse motivo cresce a necessidade de preservar a água disponível. Nesse contexto, a água pluvial é fonte alternativa de suprimento, capaz de ocasionar redução da dependência de fontes superficiais e aliviar a pressão sobre fontes subterrâneas. Assim, trabalhos recentes apresentam resultados de pesquisas no Brasil visando a investigar os vários aspectos da água pluvial para fins de aproveitamento não potável, podendo-se citar alguns, tais como: Santos et al. (2007), Murakami e Moruzzi (2008), Anecchini (2005), Moruzzi et al. (2009), Moruzzi e Fracassi (2008), Nascimento e Moruzzi (2008), May (2009), Ferreira e Moruzzi (2007), Fonseca et al. (2007), Moruzzi et al. (2007), entre outros.

Em uma residência o consumo de água destinado a usos não potáveis varia entre 30 e 40% do total de água consumida (THE RAINWATER TECHNOLOGY HANDBOOK, 2001, apud TOMAZ, 2003). Com o intuito de reduzir o volume de água potável requerido pelo sistema de

abastecimento, tal percentual poderia ser substituído por fontes alternativas, dentre as quais se destacam o reúso de águas e o aproveitamento de água pluvial.

De acordo com Gonçalves et al. (2006), a utilização de água pluvial se insere no conceito de sistemas de saneamento descentralizado, nos quais a gestão é compartilhada com o usuário, pois depende de condições locais e visa ao aproveitamento no próprio local de captação.

A coleta de água pluvial pode contribuir para a diminuição da pressão pela utilização de mananciais superficiais e subterrâneos, bem como para a minimização dos gastos no tratamento dessas águas, contribuindo assim para a conservação dos recursos hídricos e a economia de energia e insumos.

Para proporcionar o aproveitamento da água pluvial coletada, são imprescindíveis ações corretas de instalação e manutenção do sistema de captação. Adicionalmente, deve-se verificar a necessidade de tratamento simplificado para cada caso em particular. O risco proveniente de práticas de aproveitamento está diretamente relacionado à qualidade requerida para um determinado

¹ Engenharia Ambiental. DEPLAN/ICGE/UNESP. Avenida 24 A, 1515 13506-900 Rio Claro - SP Fone (19) 3526 9339
E-mail: rmoruzzi@rc.unesp.br.

² lianekada@gmail.com

uso pretendido, bem como a fatores ligados à manipulação e ao grau de exposição.

Assim, para que a água pluvial possa ser utilizada para fins não potáveis sem causar prejuízos de quaisquer naturezas, é importante atentar para os aspectos qualitativos dessa água. Segundo Gonçalves et al. (2006), deve-se considerar a qualidade da água nos três momentos distintos de um sistema de aproveitamento de água pluvial: na atmosfera, ao passar pela superfície de captação, e no reservatório de armazenamento.

Uma das ações possíveis para a melhoria da qualidade da água captada em superfícies é o descarte da primeira chuva (*first flush*). Nesse momento, fazem-se necessárias algumas considerações a respeito do *first flush*. A chuva inicial (*first flush*) apresenta água de menor qualidade, visto que ela “lava” a atmosfera, que contém poluentes, e a superfície de captação (GOULD, 1999, apud ANNECCHINI, 2005). Desse modo, a primeira chuva incorpora elementos capazes de interferir na qualidade da água, pois sedimenta o material particulado (MP), auxilia na dissolução de gases atmosféricos e arrasta partículas depositadas em superfícies. Além disso, o próprio mecanismo de formação de chuva pressupõe a captura dos particulados, os quais agem como núcleos de condensação, ou são envoltos pelas gotas de água presentes nas nuvens, iniciando o processo de remoção por carreamento, também denominado deposição úmida (DANNI-OLIVEIRA; BAKONYI, 2003, apud ANNECCHINI, 2005). Adicionalmente, a qualidade da água pode sofrer alterações no reservatório de armazenamento, conforme demonstrado por Murakami e Moruzzi (2008).

Merece destaque o fato de que o único procedimento exigido em norma, como condição para captação de água de melhor qualidade, refere-se ao descarte dos primeiros milímetros de chuva (*first flush*) e posterior coleta do volume excedente. A NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda o descarte na faixa de 0,4 a 8,5mm. Entretanto, a própria faixa recomendada demonstra a controvérsia na adoção de um valor confiável de descarte para um determinado uso. Além disso, dependendo do período de estiagem e de outros fatores, tais como direção dos ventos, intensidade de chuva, localização geográfica etc., a qualidade da água captada para

aproveitamento pode apresentar variações para um mesmo valor de descarte.

As técnicas comumente adotadas para aproveitamento de água pluvial prescindem a etapa de tratamento sob a justificativa de que os usos pretendidos não requerem procedimentos complexos. Todavia, conforme exposto anteriormente, a qualidade requerida é fortemente determinada pelo uso pretendido e cada precipitação apresenta diferentes características com grandes variações em torno dos valores médios, conforme compilado em Santos et al. (2007).

Posto isso, fica evidente a necessidade da investigação de estratégias simplificadas de tratamento que possam garantir a qualidade da água para cada uso pretendido, diminuindo as incertezas decorrentes da grande variação de qualidade das precipitações e minimizando as vazões descartadas na operação do *first flush*. Desse modo, sob a ótica restrita da quantidade, presume-se que o tratamento possa aumentar o volume aproveitável.

Assim, a proposta delineada neste artigo foi fomentada pela necessidade de resultados que pudessem apresentar uma alternativa simplificada de tratamento de água pluvial para fins não potáveis. A concepção investigada foi caracterizada por emprego de amido natural de milho como coagulante primário e filtração cíclica. Para tal, foram executados ensaios de coagulação, seguidos de filtração em papel de filtro, em escala de laboratório empregando o referido polímero natural.

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), polímeros sintéticos e naturais (amidos em geral) têm sido utilizados em tratamento de água de abastecimento como auxiliares de coagulação, floculação e filtração. Considerando as particularidades das condições investigadas nessa pesquisa, referentes ao emprego da filtração cíclica e da utilização do amido de milho como coagulante em filtração direta, destacam-se os mecanismos de coagulação por adsorção e neutralização de carga e por adsorção e formação de pontes (*interparticle bridging*).

Nesse contexto, configuram-se os objetivos do presente trabalho, quais sejam: i) avaliar o efeito de diferentes descartes na qualidade da água pluvial; ii) investigar uma estratégia simplificada de tratamento de água pluvial para fins não potáveis, sem descarte de primeira chuva, empregando amido de milho como coagulante primário em filtração cíclica.

2 Material e métodos

Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado o sistema de captação de águas pluviais instalado nas dependências do Centro de Estudos Ambientais – CEA, unidade complementar da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, sediado no câmpus de Rio Claro. O sistema de coleta de águas pluviais possui área de aproximadamente 400m² de telhado, constituído por telhas cerâmicas, dotado de duas águas com inclinação de 5%.

Para o presente estudo foi utilizada água pluvial coletada em 3 de abril de 2008, correspondente a 6,3mm de chuva, após 9 dias de estiagem, de acordo com os levantamentos feitos na estação meteorológica do Centro de Análise e Planejamento Ambiental – CEAPLA/UNESP Rio Claro. A coleta de água pluvial foi realizada em um sistema em escala piloto, utilizando três reservatórios de descarte de primeira chuva com capacidade para 200L cada um. Nestas condições, os volumes de descarte de primeira chuva corresponderam a 1,5mm, 1,0mm e 0,5mm, valores estes contidos na faixa de 0,4mm a 8,5mm, recomendada pela NBR 15527 (ABNT, 2007). Para armazenamento do volume excedente foi utilizado um reservatório com capacidade para 3000L.

A investigação apresentada neste artigo pode ser dividida em duas etapas:

1) Na primeira foi verificado o efeito de três volumes de descarte de primeira chuva na qualidade da água captada;

2) Na segunda foi avaliada uma estratégia simplificada de tratamento, constituída por coagulação com emprego de amido de milho, floculação e filtração. Todos

os ensaios foram realizados com a utilização de equipamento em escala de bancada (Jarteste), com abstração da etapa de sedimentação.

Todas as análises e medições seguiram os procedimentos descritos no *Standard Methods 21st* de 2005.

2.1 Parâmetros analisados

2.1.1 Etapa 1 - O efeito de três volumes de descarte de primeira chuva na qualidade da água captada

Conforme mencionado, na Etapa 1 foram analisados os volumes de descarte de primeira chuva: 1,5mm, 1,0mm e 0,5mm. Para a comparação também foi analisado o volume de água pluvial captado sem descarte. Para todas as amostras foram analisados os seguintes parâmetros: pH, Cloreto (mg/L), Coliformes Totais (Presença ou Ausência em 100mL), Coliformes Termotolerantes (Presença ou Ausência em 100mL), Condutividade (mS/cm³), Cor Aparente (uH), DBO (mg/L), Dureza (mg/L), Nitrato, Nitrito, Oxigênio Dissolvido - OD (mg/L), Sulfato (mg/L), Sólidos Suspensos Totais - SST(mg/L), Sólidos Suspensos Voláteis - SSV (mg/L), Sólidos Suspensos Fixos - SSF (mg/L), Total de Sólidos Dissolvidos - STD (mg/L), Turbidez (UT), Ferro (mg/L), Cálcio (mg/L), Magnésio (mg/L) e Salinidade (por mil).

A Tabela 1 apresenta os parâmetros recomendados pela NBR 15527 (ABNT, 2007), que dispõe sobre o Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em áreas urbanas.

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de água para uso não potável de acordo com as recomendações da norma NBR 15527 (ABNT, 2007)

Parâmetro	Valor
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Turbidez	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 UT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço ou carbono ou galvanizado

NOTAS

1 Para lavagem de roupas deve ser feita a análise de *Cryptosporidium parvum* anualmente

2 UT é a unidade de turbidez

3 UH é a unidade Hazen

FONTE: NBR 15527(ABNT, 2007)

2.1.2 Etapa 2 – Avaliação de uma estratégia simplificada de tratamento

Todas as amostras coletadas foram submetidas às medições de cor aparente, turbidez e pH. As análises de Coliformes totais e Coliformes termotolerantes foram realizadas somente com as amostras tratadas (de um a cinco ciclos de filtração) com a dosagem de solução de amido de milho, que apresentou resultados mais significativos para os parâmetros cor, turbidez e pH. Para fins de comparação, foram realizadas análises de Coliformes totais e Coliformes termotolerantes com as amostras submetidas à filtração cíclica sem emprego de amido de milho. Destaca-se que esses parâmetros foram adotados em função da recomendação da NBR 15527 (ABNT, 2007).

2.2 Procedimentos em escala de laboratório

2.2.1 Solução de amido de milho

Foi empregada uma solução de amido natural de milho com concentração 0,2%, preparada com emprego do produto comercial, a partir de uma adaptação da metodologia de gelatinização apresentada por Di Bernardo e Campos (1988). Os procedimentos podem ser resumidos nas seguintes etapas: um béquer que comporta um volume de 250mL foi colocado sobre balança analítica, a qual foi tarada com o peso do béquer; em seguida, iniciou-se o processo de pesagem de amido de milho até atingir 200mg; após a pesagem do amido, foi medido o volume de 100mL de água destilada, com utilização de proveta graduada; adicionou-se água ao amido, e o béquer foi levado a aquecimento, com emprego de placa de amianto e utilização de bastão de vidro para proporcionar mistura e constante agitação, a fim de evitar a formação de coágulos; a mistura foi retirada do aquecimento quando iniciou a ebulição; por fim, o volume inicial da mistura foi completado com água destilada.

2.2.2 Ensaio em jarreste

Foram adicionados 2L de água pluvial previamente homogeneizada em cada um dos seis jarros do Jarreste. Com utilização de pipetador automático, as dosagens de amido de milho a serem analisadas foram adicionadas a cada um dos 6 dosadores do Jarreste. Os 6 jarros do Jarreste receberam diferentes dosagens de solução de amido de milho simultaneamente. Com o auxílio de pissetas, os tubos dosadores foram lavados com água destilada, sendo ela, com quaisquer possíveis resíduos de solução de amido de milho, adicionada aos jarros do Jarreste. Durante 30 minutos o Jarreste manteve o gradiente de rotação de 45 s^{-1} , tendo como referência os valores estimados do gradiente médio de velocidade obtidos com a vazão de estudo em tubulação de 50mm de diâmetro, iniciando-se, após esse período, as coletas simultâneas das amostras.

Foram aplicadas as seguintes dosagens de solução de amido de milho em Jarreste: 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5 e 9,0 mg/L.

2.2.3 Filtração

A filtração foi realizada com utilização de papel de filtro com as seguintes características, fornecidas pelo fabricante: 125mm de diâmetro, porosidade média de $8,4\mu\text{m}$ e gramatura de 84g/m^2 , similar ao modelo Whatman 40, amplamente estudado por vários autores em águas destinadas ao abastecimento público (DI BERNARDO et al., 1999; MONTANHA et al., 2007; LIMA et al., 2007; KURODA et al., 2003, entre outros).

A filtração foi realizada em etapas consecutivas, visando a simular os ciclos de um sistema hipotético de tratamento de água utilizando o filtro de pressão empregado em piscinas.

Para cada um dos cinco ciclos de filtração, foi utilizado um béquer, um funil e um papel de filtro para cada dosagem investigada. Para cada dosagem, as filtrações cíclicas foram realizadas utilizando o mesmo papel de filtro, com a finalidade de reproduzir a condição em escala plena, visto que o filtro de pressão sofreria o processo de colmatção durante os ciclos de filtração entre os processos de lavagem.

3 Resultados e discussão

3.1 Etapa 1 - O efeito de três volumes de descarte de primeira chuva na qualidade da água captada

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das análises referentes à Etapa 1 de investigação.

A partir da análise da Tabela 2, verifica-se que todos os parâmetros previstos pela NBR 15527 (ABNT, 2007) excedem os valores recomendados pela norma (Ausência de Coliformes Totais em 100mL de amostra, ausência de Coliformes Termotolerantes em 100mL de amostra, limite máximo de 15uH para cor aparente, e turbidez igual ou inferior a 2UT para usos mais restritivos, e igual ou inferior a 5UT para usos menos restritivos). Observa-se que o descarte de primeira chuva (*first flush*) reduz consideravelmente

os valores de cor aparente e turbidez quando comparados à água pluvial sem descarte, no entanto, o aumento do volume de descarte não implicou em maior remoção de cor aparente e turbidez, visto que o descarte de 600 litros apresenta 178uH de cor aparente e 28,10 UT de turbidez; já o descarte de 200 litros apresenta 101uH de cor aparente e 26,50UT de turbidez. Para os demais parâmetros, verificou-se que não houve alterações significativas que justificassem a adoção do descarte, nos valores investigados de 1,5mm, 1,0mm e 0,5mm, como ação para melhoria da qualidade da água pluvial com a finalidade de aproveitamento para fins não potáveis. Também é possível notar que a água pluvial coletada é ligeiramente ácida, independentemente do descarte ou não de primeira chuva, visto que o pH encontra-se na faixa de 5.

Tabela 2 - Parâmetros de qualidade da água pluvial captada em 03 de abril de 2008, com diferentes volumes de descarte (1,5mm; 1,0mm e 0,5mm), e sem descarte, e valores recomendados pela NBR 15527(ABNT, 2007).

Parâmetros	Volumes de Descarte			Sem descarte	NBR 15527/2007
	1,5mm (600L)	1,0mm (400L)	0,5mm (200L)		
pH	5,47	5,83	5,22	5,50	6,0 – 8,0
Cloreto (mg/L)	1,60	1,70	1,30	2,00	**
Coliformes Totais (em 100mL)	Presença	Presença	Presença	Presença	Ausência
Coliformes Termotolerantes (em 100mL)	Presença	Presença	Presença	Presença	Ausência
Condutividade (mS/cm ³)	34,00	39,00	37,00	39,00	**
Cor Aparente (uH)	178,00	109,00	101,00	225,00	Inferior a 15
DBO (mg/L)	9,40	3,80	3,40	4,10	**
Dureza (mg/L)	10,00	9,90	9,60	10,00	**
Nitrato – NO ₃ ⁻ (mg/L)	0,10	0,10	0,10	0,10	**
Nitrito – NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01	**
OD (mg/L)	7,33	6,28	6,56	7,11	**
Sulfato(mg/L)	1,00	2,00	1,00	1,00	**
SST (mg/L)	32,00	29,30	33,30	86,00	**
SSV (mg/L)	18,000	12,633	13,697	26,67	**
STD (mg/L)	23,00	24,00	24,00	25,00	**
SSF (mg/L)	14,00	16,67	19,33	59,33	**
Turbidez (uT)	28,10	23,20	26,50	64,40	+Inferior a 2 Inferior a 5
Ferro (mg/L)	0,0080	0,0100	0,0150	0,0140	**
Cálcio – Ca ²⁺ (mg/L)	3,5070	3,3280	3,2560	3,4000	**
Magnésio – Mg ²⁺ (mg/L)	0,4240	0,4170	0,4150	0,4490	**
Salinidade (per mil)	0,02	0,02	0,02	0,02	**

Legenda da Tabela 2:

** Valor não especificado pela NBR 15527(ABNT, 2007)- Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis

+ Para usos mais restritivos

- Para usos menos restritivos

A partir da discussão exposta, pode-se afirmar que a água pluvial bruta coletada, com ou sem descarte de primeira chuva, não deve ser utilizada para fins não potáveis, pois não atendeu aos padrões de qualidade recomendados pela NBR 15527 (ABNT, 2007), o que fortalece a necessidade do estabelecimento de técnicas simplificadas de tratamento. Vale mencionar que a proposta de tratamento pode aumentar o volume disponível para aproveitamento, pois possibilita suprimir o volume de descarte de primeira chuva.

3.2 Etapa 2 – Avaliação de uma estratégia simplificada de tratamento

Os resultados apresentados nas Figuras 1, 2 e 3 são referentes à água pluvial captada e submetida à tratamento com adição de diferentes dosagens de solução de amido de milho (0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5 e 9,0 mg/L) e filtração de 1 a 5 vezes consecutivas, em escala de laboratório.

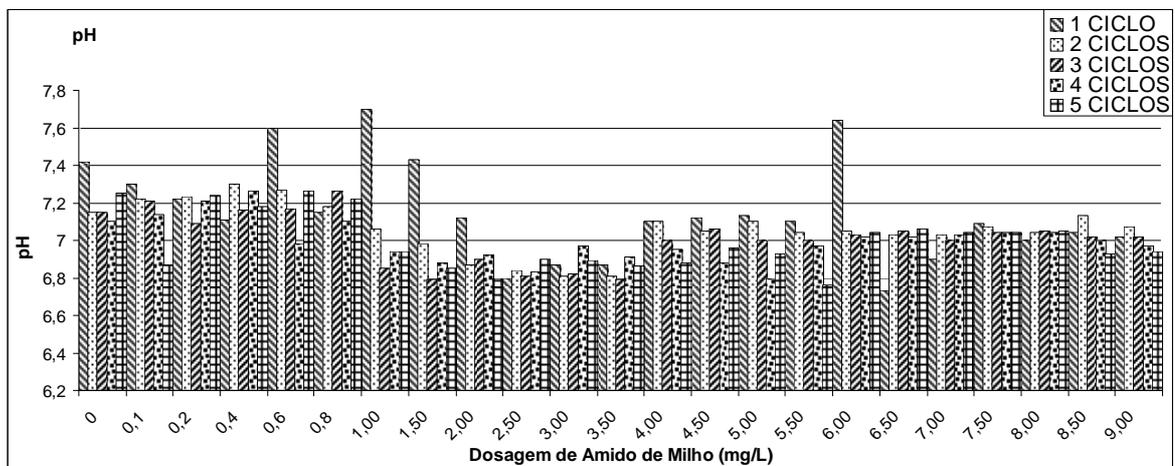


Figura 1 - Resultados das medições de pH após tratamento com adição de diferentes dosagens de solução de amido de milho e filtração (porosidade média de 8,4 μ m) de uma a cinco vezes consecutivas.

Ao se observar a Figura 1 é possível notar que todas as amostras tratadas, com diferentes dosagens de solução de amido de milho, apresentaram valores de pH de modo a atender à recomendação da NBR 15527

(ABNT, 2007), que sugere o ajuste do pH da água na faixa de 6,0 a 8,0 para a proteção do sistema de distribuição quando necessário.

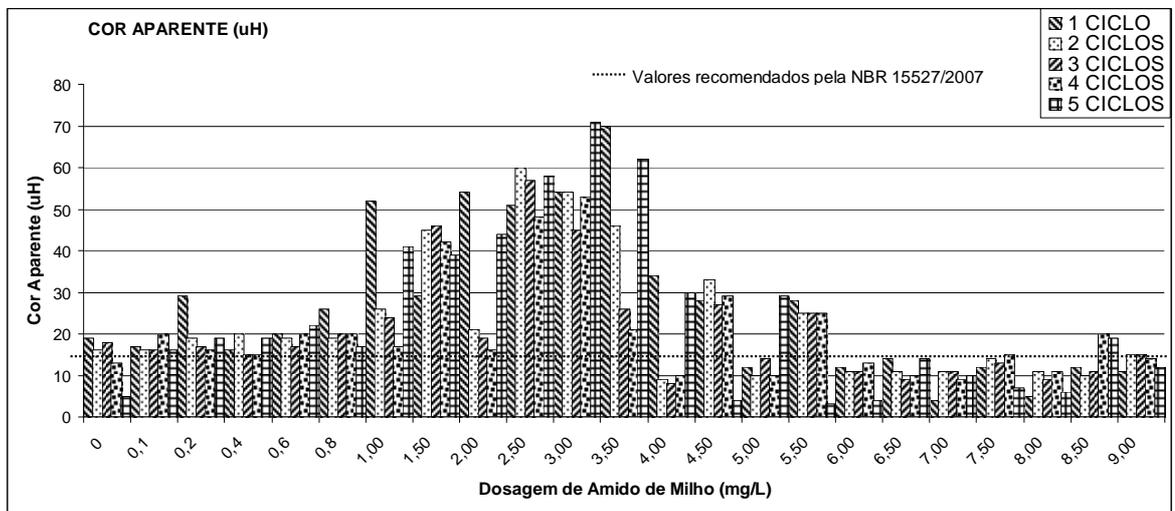


Figura 2 - Resultados das medições de cor aparente residual após tratamento com adição de diferentes dosagens de solução de amido de milho e filtração (porosidade média de 8,4 μ m) de uma a cinco vezes consecutivas. Valores de pH em torno de 7.

A partir da Figura 2 é possível verificar que nem todas as amostras de água pluvial tratada atenderam às recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2007) para o parâmetro cor aparente, visto que o pontilhado horizontal indica o valor máximo

(15uH) recomendado pela norma. O melhor resultado isolado para o parâmetro cor aparente correspondeu a 3,0 uH e foi obtido com a aplicação de 5,5 mg/L de solução de amido de milho, o que correspondeu a uma eficiência de remoção maior que 91%.

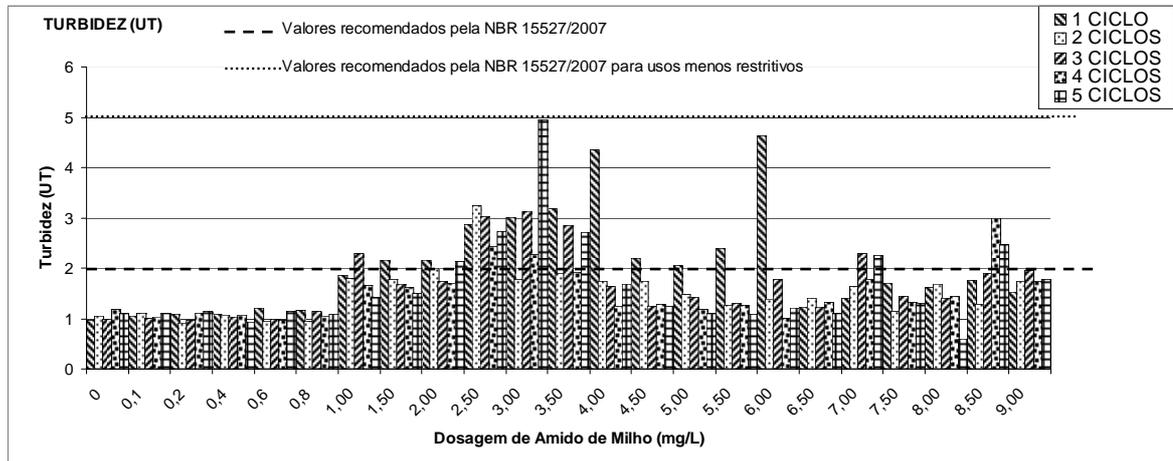


Figura 3 - Resultados das medições de turbidez residual após tratamento com adição de diferentes dosagens de solução de amido de milho e filtração (porosidade média de 8,4 μ m) de uma a cinco consecutivas. Valores de pH em torno de 7.

Observa-se na Figura 3 que, para o parâmetro turbidez, todas as amostras de água pluvial tratada, atenderam às recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2007) para usos menos restritivos, visto que os pontilhados (estreito e largo) indicam os valores limites para usos menos restritivos (5UT) e mais restritivos (2UT), respectivamente, de acordo com recomendações da norma. Desse modo, para usos mais restritivos nem todas as amostras tratadas satisfazem as recomendações da norma. O melhor resultado isolado para o parâmetro turbidez residual corresponde a 0,59UT e foi obtido com a aplicação de 8,0 mg/L de solução de amido de milho, o que corresponde a uma eficiência de remoção maior que 93%.

De modo geral, não foi possível concluir o benefício da filtração cíclica em relação à eficiência de remoção dos parâmetros cor aparente e turbidez, uma vez que, para determinadas dosagens de amido de milho empregadas, os valores desses parâmetros não apresentaram alterações consideráveis em função dos ciclos de filtração. No entanto, deve-se considerar que a metodologia proposta para a filtração utilizada em laboratório pode não corresponder às condições reais geradas pelo sistema em escala plena. Assim, embora a metodologia em escala laboratorial

tenha buscado simular o processo de colmatação por meio da filtração sucessiva, utilizando o mesmo papel de filtro para as filtrações consecutivas, não foi possível certificar que o processo de colmatação foi reproduzido.

Como o pH de todas as amostras se manteve em torno de 7, e os melhores resultados para cor aparente e turbidez não foram obtidos a partir da mesma combinação dosagem de solução de amido de milho – ciclos de filtração, foi selecionado o conjunto de resultados obtidos a partir da dosagem de 6,0 mg/L de solução de amido de milho, como o mais significativo. O pico apresentado no gráfico de turbidez residual (Figura 3) para um ciclo de filtração, com 6,0 mg/L de solução de amido de milho, pode ser interpretado como contaminação de amostra ou erro de leitura; entretanto, o resultado ainda ficou abaixo do limite máximo estabelecido para usos menos restritivos (de acordo com a NBR 15527, ABNT, 2007).

Assim, procedeu-se os ensaios para a contagem de Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes da água pluvial tratada com 6,0mg/L de amido de milho e da água submetida a filtrações consecutivas sem emprego de amido de milho.

As tabelas 4 e 5 apresentam os resultados da contagem de Coliformes Totais

e Termotolerantes, respectivamente, em número mais provável (NMP) em 100mL de amostra, para amostras filtradas de uma a

cinco consecutivas, sem emprego de amido de milho e com dosagem de 6,0 mg/L de amido de milho.

Tabela 4 - Resultados da contagem de Coliformes Totais, das amostras filtradas (porosidade média de 8,4µm) sem adição de solução de amido de milho e com dosagem de 6,0 mg/L de solução de amido de milho, submetidas de um a cinco ciclos de filtração.

Dosagens (mg/L)/Ciclos de filtração	NMP/100mL				
	1	2	3	4	5
0	48	12,7	11	13,5	3,1
6	12,1	9,8	1	1	-

- Não detectado

Tabela 5 - Resultados da contagem de Coliformes Termotolerantes das amostras filtradas (porosidade de 8,4µm) sem adição de solução de amido de milho e com dosagem de 6,0 mg/L de solução de amido de milho, submetidas de um a cinco ciclos de filtração.

Dosagens (mg/L)/Ciclos de filtração	NMP/100mL				
	1	2	3	4	5
0	-	5	-	-	-
6	-	-	-	-	-

- Não detectado

Os resultados apresentados na Tabela 4 indicam a importância da aplicação de amido para a remoção de Coliformes Totais, visto que as amostras submetidas de uma a cinco filtrações consecutivas, após adição de solução de amido de milho, apresentaram NMP em 100mL de amostra muito inferiores aos apresentados pelas amostras filtradas de uma a cinco vezes consecutivas sem adição de amido de milho. Ademais, o benefício dos ciclos de filtração na remoção de Coliformes Totais é evidenciado por meio da relação direta apresentada entre o aumento do número de ciclos de filtração e o aumento da remoção de Coliformes Totais, tanto nas amostras com adição de solução de amido de milho, como nas amostras submetidas apenas a filtrações consecutivas, sem adição de amido.

Já os resultados apresentados na Tabela 5 não evidenciam a importância da aplicação de solução de amido de milho na remoção de Coliformes Termotolerantes, visto que, dentre as amostras filtradas de modo cíclico sem adição de solução de amido de milho, apenas a amostra filtrada duas vezes consecutivas apresentou residuais de Coliformes Termotolerantes.

A partir das análises dos resultados apresentados foi possível verificar que o emprego da dosagem de 6,0 mg/L de solução de amido de milho, seguido de processo de filtração em 5 vezes consecutivas foi, entre o melhor conjunto de

resultados, a única combinação dosagem – ciclos de filtração capaz de remover completamente Coliformes Totais, além de apresentar alta eficiência de remoção de cor aparente e turbidez, com residuais remanescentes de 11,76% e 13,57%, respectivamente, e ausência de Coliformes Termotolerantes.

4 Conclusões e sugestões

Com base nos resultados referentes à avaliação do efeito de diferentes descartes na qualidade da água pluvial apresentados neste trabalho (Etapa 1), pode-se concluir que:

- Para a água pluvial investigada, o descarte da primeira chuva nos valores investigados (1,5; 1,0 e 0,5mm) não garantiu a qualidade requerida pela NBR 15527 (ABNT, 2007) para usos não potáveis.

Com base nos resultados referentes à investigação da estratégia simplificada de tratamento de água pluvial para fins não potáveis apresentados neste trabalho (Etapa 2), pode-se concluir que:

- A dosagem de amido de milho de 6,0 mg/L apresentou o melhor conjunto de resultados (eficiência de remoção maior que 86% de turbidez; maior que 88% de cor aparente e ausência de Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes residuais), de modo que todos os parâmetros atenderam

às recomendações da NBR 15527(ABNT, 2007).

- Os ciclos de filtração apresentaram aumento na eficiência de remoção de Coliformes Totais, mesmo sem a adição de solução de amido de milho.

- Os ciclos de filtração não apresentaram aumento na eficiência de remoção de cor aparente e turbidez em escala de laboratório.

Com base nos resultados obtidos sugere-se que sejam investigadas, em trabalhos futuros, as seguintes condições:

- Eficiência do amido de milho como coagulante para filtração de água pluvial de diferentes precipitações.

- Ensaios em escala piloto para avaliar a representatividade do método de filtração cíclica em escala de laboratório.

- Avaliar o aumento do volume disponibilizado com a introdução do sistema de tratamento por meio da produção efetiva.

5 Rainwater harvesting and treatment for non-potable uses employing natural corn starch as primary coagulant in cyclic filtration in laboratory scale

Abstract: *The aim of the present work was to investigate a simplified rainwater treatment strategy for non-potable use. For this, there were simulated in laboratory scale the treatment conditions of a system that employs Corn Starch as a coagulant in cyclic filtration (from 1 to 5 filtration cycles). A commercial Corn Starch was used in different dosages (from 0.1 to 9.0 mg/L). The NBR 15527/07 recommended parameters were monitored on the inflow and outflow and compared to different first flushes (1.5; 1.0 and 0.5mm). The obtained results indicate that the 6.0mg/L dosage presented the best results (removal efficiency of 86% of turbidity; 88% of apparent color and absent of total and faecal coliform residuals). The cyclic filtration was an important strategy for total coliform removal.*

Key words: Rainwater harvesting. Coagulation with natural starch. Filtration. Simplified treatment.

6 Referências

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na região metropolitana de vitória** (ES). Dissertação (mestrado em engenharia ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo. 124 p. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 8 p. 2007.

DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C.C.S.; HELLER, L. **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. 1999.

DI BERNARDO, L.; CAMPOS, J. R. **Uso de polimeros naturales en el tratamiento de aguas para abastecimento**. Colômbia: Universidad Del Valle. Ministerio de La Salude de Colombia - OMS, USP, 62 p. 1988.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. v.1 e 2. São Carlos: Rima, 1565 p. 2005.

FERREIRA, C. A. ; MORUZZI, R. B. . Considerações sobre a aplicação do telhado

verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis...**Anais** In: ELECS 2007. IV ENCONTRO NACIONAL E II ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2007, Campo_Grande MS. ELECS2007-IV ENCONTRO NACIONAL E II ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2007. v. I. p. 1027-1036.

FOLTZ, L. **Levantamento de parâmetros físico-químicos da água pluvial**. 2008. Monografia de conclusão de curso de especialização - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro-SP.

Fonseca, W.C. ; Cerri, L.E.da S. ; MORUZZI, R. B. Estudo da viabilidade de captação de águas pluviais para aproveitamento no presídio de Ipirapina (SP)... **Anais** In: CIC UNESP 2007, 2007, Presidente Prudente. CIC UNESP 2007, 2007. v. XIX. p. 1-10.

FRACASSI, C.C.; MORUZZI, R. B. Avaliação da potencialidade do uso de água pluvial no processo de troca de calor de uma indústria...**Anais** In: 3º Congresso Luso Brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado, sustentável, Santos - SP. 2008

GONÇALVES, R.F. et al. **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 352 p. 2006.

KURODA, E. K.; DI BERNARDO, L.; PAULA, D. Dupla filtração com filtro ascendente em pedregulho e em areia grossa para tratamento de água. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 8, p. 221, 2003.

LIMA, G. J. M. de A.; GIORDANO, G.; FILHO, O.B. Uso de polímero natural do quiabo no tratamento de água e de esgoto...**Anais** In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte – MG, 2007.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo.

MONTANHA, W. A. A.; PASCHOALATO, C. F. P. R.; DANTAS, A. D. B.; TRIMAILOVAS, M. R.; SILVEIRA, A. V. Estudo da formação de subprodutos orgânicos halogenados na pré-oxidação com dióxido de cloro em águas contendo substâncias húmicas aquáticas...**Anais** In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte – MG, 2007.

MORUZZI, R. B. ; CARVALHO, G. F. ; OLIVEIRA, S. C. . Volume do Reservatório de Aproveitamento de Água Pluvial Baseado no Conceito do Balanço de Vazões para uma Residência Unifamiliar. *Publicatio UEPG*. Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias, v. 14, p. 1, 2009.

MORUZZI, R. B. ; Fracassi, C.C . Avaliação da potencialidade do uso de água pluvial no processo de troca de calor de uma indústria...**Anais** In: 3º CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO, URBANO, REGIONAL, INTEGRADO, SUSTENTÁVEL, 2008, Santos - SP. 3º CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO, URBANO, REGIONAL, INTEGRADO, SUSTENTÁVEL, 2008.

MORUZZI, R. B. ; OLIVEIRA, S. C. ; CARVALHO, G. F. Calculo do volume do reservatório de sistemas de aproveitamento de água de chuva: Comparação entre métodos para aplicação em residência unifamiliar...**Anais** In: X Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. Sistemas Prediais: Desenvolvimento e inovação, 2007, São Carlos - SP. X Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. Sistemas Prediais: Desenvolvimento e inovação, 2007.

MURAKAMI, M.F.; MORUZZI, R.B. Avaliação de parâmetros microbiológicos de água pluvial visando aproveitamento para fins não potáveis: o efeito do tempo de armazenamento. *HOLOS Environment* (online), v.8, p.21, 2008.

Nascimento, P.H.R ; Moruzzi, R. B. . Programa computacional de suporte a decisão para calculo de volume de reservatório de armazenamento em sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial em áreas urbanas...**Anais**. In: XX CIC UNESP, 2008, São José dos Campos. XX CIC UNESP, 2008.

SANTOS, S.R.; DANIEL, L.A.; VIVACQUA, M.C.R. Qualidade da água do escoamento superficial urbano: revisão visando o uso no local da precipitação...**Anais** In: VI Encontro Nacional de Águas Urbanas. São Carlos. 2007.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

VIEIRA, J. **Coleta e estratégia simplificada de tratamento de água de chuva para fins não potáveis com ênfase no uso industrial**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro-SP.

7 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento da pesquisa. Processos: 477881/2006-8 e 477102/2007-7.