

LIANE YURI KONDO NAKADA

**TRATAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO
POTÁVEIS COM UTILIZAÇÃO DE AMIDO DE
MILHO COMO COAGULANTE EM FILTRAÇÃO
CÍCLICA EM ESCALA DE LABORATÓRIO**

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de
Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto de
Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de
Rio Claro, como parte das exigências para o
cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no
ano letivo de 2008.*

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Braga Moruzzi.

Rio Claro – SP

2008

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	01
2.OBJETIVO.....	02
3.JUSTIFICATIVA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	02
3.1. Consumo Residencial De Água.....	02
3.2. Aproveitamento De Água Pluvial.....	03
3.3. Aspectos Qualitativos Da Água.....	04
3.4. Uso De Amido Natural Como Auxiliar No Tratamento De Água.....	09
3.5. Aspectos Da Coagulação Química.....	11
3.6. Legislações E Normas Sobre Aproveitamento De Água pluvial.....	11
3.7.Instituições Comprometidas Com Aproveitamento de Água pluvial.....	12
4.MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO	
4.1. Contextualização.....	13
4.2. Montagem Da Estação Piloto De Captação De Água pluvial.....	13
4.2.1. Função dos componentes da estação piloto.....	13
4.2.2. Dimensionamento.....	14
4.3. Captação De Água Pluvial E Tratamento.....	16
4.3.1. Escala De Laboratório.....	18
4.3.1.1. <i>Solução de Amido de Milho.....</i>	<i>18</i>
4.3.1.2. <i>Metodologia Para Preparo Da Solução De Amido De Milho.....</i>	<i>19</i>
4.3.1.3. <i>Metodologia Para Diluição Da Solução De Amido De Milho.....</i>	<i>19</i>
4.3.1.4. <i>Jarteste.....</i>	<i>20</i>
4.3.1.5. <i>Metodologia Para Ensaio Em Jarteste.....</i>	<i>20</i>
4.3.1.6. <i>Filtração.....</i>	<i>22</i>
4.3.1.7. <i>Análises De Parâmetros De Qualidade Da Água.....</i>	<i>23</i>
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
6. CONCLUSÕES.....	33
7. RECOMENDAÇÕES.....	34
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, processo 477881/2006-8, por financiar a pesquisa.

Ao Professor Doutor Rodrigo Braga Moruzzi, pela dedicação e compreensão.

Ao Professor Doutor Roberto Naves Domingos, por disponibilizar as dependências do Centro de Estudos Ambientais – CEA, e por todo o apoio.

Aos meus pais, Francisco e Alice, por me apoiarem em todos os sentidos, sempre.

À Jaqueline Vieira, pelo trabalho conjunto e pela amizade.

A Ana Carolina, Camila, Carolina Yuri, Natália e Thaís, pelos risos, brigadeiros, jantares, conversas, festas, “estudos para provas”... pela grande amizade.

A Joyce, Maíla e Maira, pela amizade.

A Jonas Gabrecht, pelo trabalho prestado.

A todos da Engenharia Ambiental 2004 UNESP Rio Claro.

RESUMO

O presente trabalho tem 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 em filtração cíclica (de 1 a 5 ciclos de filtração). Foi utilizado amido de milho comercial em diferentes dosagens (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). Os parâmetros estabelecidos pela NBR 15527/07 foram monitorados antes e após o tratamento e comparados com vários descartes da primeira chuva (0,5; 1,0 e 1,5mm). Os resultados 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). Todavia, não foi possível comprovar, em escala de laboratório, o benefício dos ciclos de filtração na eficiência do tratamento, para remoção de cor aparente e turbidez, visto que para determinadas dosagens de solução de amido de milho a qualidade da água não apresentou melhora considerável em função do aumento do número de ciclos.

Palavras-chave: água de chuva, amido natural de milho, tratamento

ABSTRACT

The aim of the present work is 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 in different dosages was used (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). The NBR 15527/07 recommended parameters were monitored on the inflow and outflow and compared to different *first flushes* (0.5; 1.0 and 1.5mm). 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). However, it was not possible to prove the filtration cycles benefit, in laboratory scale, because for some Corn Starch dosages the water did not present better quality when increasing the number of cycles.

Key words: rainwater, natural corn starch, treatment

1. INTRODUÇÃO

No “Dia Mundial da Água”, comemorado em 22 de março desse ano, foi abordado o tema “Lidando com a escassez da água”, culminando com a formulação da Carta de Princípios Cooperativos pela Água, por meio da qual, os signatários se comprometeram a promover o uso eficiente da água em todos os segmentos da sociedade.

A água foi, por muito tempo, considerada um recurso inesgotável. O crescimento populacional desordenado, a ampliação do setor industrial, a poluição, o desperdício, as perdas no sistema de abastecimento de água e a ausência de políticas públicas de incentivo ao uso racional, contribuíram para o aumento da demanda por água.

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 subsuperficiais. Segundo Gonçalves et al. (2006) o uso de fontes alternativas de água nas edificações é uma ação de conservação de água que pode ser classificada como estrutural e não convencional. Esta medida contribui tanto em termos de uso eficiente da água como de redução de vazões de águas residuárias.

Em geral as técnicas difundidas para aproveitamento de água pluvial prescindem a etapa de tratamento devido à qualidade requerida para usos pretendidos e a complexidade que esta etapa exige do sistema de aproveitamento. Todavia, o tratamento pode suprimir o descarte da primeira chuva e produzir água com qualidade equânime independente das características das precipitações.

Esse trabalho propõe o estudo de uma estratégia simplificada de tratamento de água pluvial para fins não potáveis, de modo a avaliar o atendimento ou não dos valores limites para os parâmetros qualitativos estabelecidos pela NBR 15527/2007. A água pluvial captada para estudo nessa pesquisa provém de superfícies de telhados e de pisos, e o tratamento visa tornar a água coletada própria para usos em limpeza, descarga de vasos sanitários, jardins, dentre outros domésticos não potáveis.

De modo sintetizado, esta estratégia de tratamento de água pluvial é caracterizada pelo emprego de amido de milho como coagulante em filtração direta, sem descarte do volume da primeira chuva. Uma potencial vantagem do tratamento com emprego de amido em relação à de descarte dos primeiros milímetros de chuva é a possibilidade de incrementar o volume

aproveitável. A estratégia de tratamento em estudo é proposta para aplicação residencial visto que as filtrações cíclicas podem ser limitadas a aplicações em pequenas escalas.

2. OBJETIVO

O principal objetivo do presente trabalho é investigar uma estratégia simplificada de tratamento de água pluvial com emprego de amido de milho comercial como coagulante em filtração cíclica, visando avaliar:

- a eficiência da filtração cíclica empregada no tratamento;
- o enquadramento ou não nos limites estabelecidos para os parâmetros qualitativos referentes à água pluvial destinada à utilização para fins não potáveis, de acordo com as recomendações da NBR 15527/2007;
- a viabilidade do tratamento com a finalidade de dispensar a necessidade do descarte do volume de primeira chuva, de modo a propiciar um aumento considerável do volume aproveitável.

3. JUSTIFICATIVA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Gonçalves et al. (2006), atualmente, percebe-se que diferentes setores da sociedade passaram a ver o aproveitamento da água da chuva como rentável. Desse modo, indústrias, instituições de ensino, estádios, supermercados, e empresas de limpeza pública, de lavagem de carros têm buscado utilizar água de chuva visando a redução das despesas com a água consumida, ou mesmo em apelo ao ‘*marketing*’, uma vez que estas práticas se inserem nos conceitos de empresas com responsabilidade social e ambiental ou ecológicas. Neste contexto, alguns destes estabelecimentos são bastante “ecoficientes”, visto que promovem a redução do consumo de água potável, a diminuição do volume de água nas galerias pluviais e a contaminação das águas de escoamento superficial.

3.1. Consumo Residencial de Água

O consumo de água destinado a usos não potáveis em uma residência varia entre 30% e 40% do total de água consumida (THE RAINWATER TECHNOLOGY HANDBOOK, 2001 apud TOMAZ, 2003). Tal percentual poderia, pois, ser substituído por fontes alternativas, dentre as quais se enquadra a água pluvial, com o intuito de reduzir o volume de água potável requerido do sistema de abastecimento.

Em São Paulo, mais de 40% do consumo residencial de água é para fins não potáveis, como apresenta a Figura 1, a seguir:

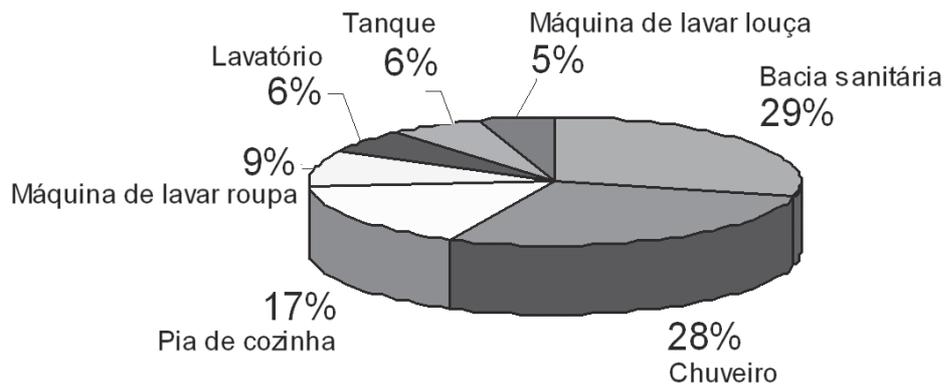


Figura 1: Distribuição do consumo de água nas residências em São Paulo.

Fonte: Uso racional da água - USP, 1995.

Segundo Gonçalves et al. (2006) o conhecimento dos consumos específicos de água que ocorrem nos diversos pontos de utilização de uma residência é de fundamental importância para se saber onde devem ser priorizadas as ações de conservação do uso da água em edificações. O consumo de água em uma residência é influenciado por diversos fatores, tais como:

- Clima da região,
- Renda familiar,
- Número de habitantes da residência,
- Características culturais da comunidade,
- Desperdício domiciliar,
- Valor da tarifa de água,
- Estrutura e forma de gerenciamento do sistema de abastecimento.

3.2. Aproveitamento de Água Pluvial

A Agência Nacional de Águas (ANA) apresentou, em 2005, metodologia básica para projetos de sistemas de coleta, tratamento e utilização de água pluvial (Figura 2).

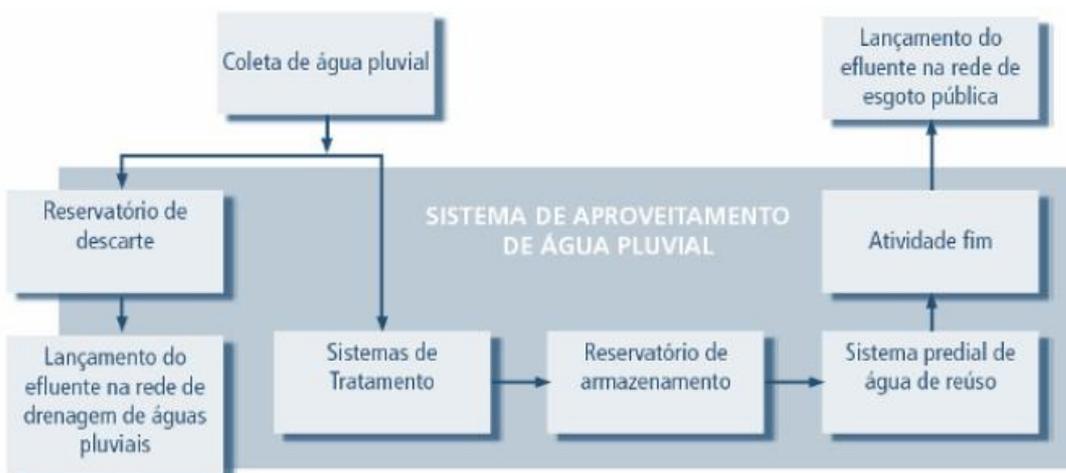


Figura 2: Metodologia básica proposta para aproveitamento de água pluvial em edificações.
Fonte: ANA. Conservação e reuso da água em edificações (2005).

De acordo com Gonçalves et al. (2006) atualmente, a água pluvial faz parte da gestão urbana dos recursos hídricos. Países da Europa, Ásia, Oceania e da América utilizam água pluvial em residências, indústrias, comércios e irrigação.

A utilização de água pluvial se insere no conceito de sistemas de saneamento descentralizado, nos quais sua gestão é compartilhada com o usuário, pois depende de condições locais e visa o aproveitamento no próprio local de captação.

A coleta de água pluvial pode colaborar com a diminuição da utilização de mananciais destinados ao tratamento visando abastecimento público contribuindo assim para a conservação dos recursos hídricos, bem como para a economia de energia, considerando-se o consumo energético necessário para a operação de estações de tratamento de água, para o bombeamento e as operações de distribuição.

Para garantir o aproveitamento da água pluvial coletada, são imprescindíveis corretas instalação e manutenção do sistema de captação, bem como verificação da necessidade de tratamento da água armazenada, visto que deficiências desses fatores podem ocasionar um risco à saúde pública (UNITED KINGDOM ENVIRONMENT AGENCY).

3.3. Aspectos Qualitativos da Água

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.

A chuva inicial (*first flush*) apresenta água de menor qualidade, visto que “lava” a atmosfera, que contém poluentes, e a superfície de captação (GOULD, 1999 apud ANNECCHINI, 2005) e, desse modo, incorpora elementos capazes de interferir na qualidade da água. Ao promover a limpeza atmosférica, a chuva incorpora os contaminantes presentes na atmosfera, os quais afetam as características naturais da água da chuva, com diferentes intensidades em função de suas concentrações e natureza. O fenômeno da chuva ácida pode ser ocasionado, de modo a acarretar efeitos indesejáveis tais como danos a rios e lagos, a florestas e à vegetação, e a materiais e estruturas (TRESMONDI, TOMAZ & KRUSCHE, 2005).

A chuva, ao “lavar” a atmosfera, sedimenta o material particulado (MP), e auxilia na dissolução de gases. Além disso, se comporta como agente agregador, pois captura os

particulados os quais agem como núcleos de condensação ou são envoltos pelas gotas de nuvens, que aumentam ao se colidirem e formam gotas maiores, as quais originam a precipitação, que por sua vez inicia o processo de remoção por carreamento, um eficiente agente de limpeza da atmosfera também denominado deposição úmida (DANNI-OLIVEIRA & BAKONYI, 2003 apud ANNECCHINI, 2005).

As superfícies mais comuns para coleta de água pluvial são telhado e superfícies pavimentadas, sendo que a primeira é considerada mais simples e, na maioria das vezes, produz uma água de melhor qualidade se comparada à dos sistemas que coletam água de superfícies pavimentadas. (LEE *et al.* 2000).

A Figura 3 ilustra um sistema de aproveitamento de água pluvial captada por meio de telhados.



Figura 3: Captação de água pluvial por superfícies de telhados.

Fonte: *Rainwater harvesting and utilization*,
(United Nations Environment Programme –UNEP, 2005)

Comumente, a qualidade da água pluvial piora ao passar pela superfície de captação, a qual pode estar contaminada até mesmo por fezes de animais. Alguns autores verificaram que a água pluvial que cai sobre a superfície dos telhados contém variados níveis de contaminação (GOOD, 1993; LESCHBER *et al.*, 1991; ZILLICH, 1991), a qual é diretamente relacionada aos aspectos meteorológicos e sazonais, atividade local predominante, cobertura vegetal, grau de urbanização, localização geográfica e tipo de solo. As superfícies utilizadas para a captação pluvial interferem diretamente nas características naturais da água, visto que durante os períodos de estiagem ocorre o fenômeno de deposição seca dos compostos presentes na atmosfera, devido à sedimentação gravitacional, à interceptação de material particulado e/ou à absorção de gases por superfícies (GONÇALVES, 2006).

Ademais, atividades biológicas no reservatório de detenção podem ocasionar a geração de outros contaminantes. De acordo com Anecchini (2005), é necessário evitar que materiais grosseiros como folhas, galhos e gravetos sigam para o reservatório de armazenamento final, pois poderiam acarretar uma diminuição da qualidade da água em função de processos de decomposição.

Um procedimento simples que contribui para uma melhor qualidade da água a ser armazenada é o descarte dos primeiros milímetros pluviais, o qual é feito utilizando-se um componente do sistema de aproveitamento denominado reservatório de descarte da primeira chuva. Este reservatório exerce a função de reter a água da primeira chuva para posterior descarte, de forma que esta não entre em contato com a chuva que vem em seguida, a qual é menos poluída e direcionada ao reservatório de armazenamento final. Esse procedimento é muito empregado e também conhecido como auto-limpeza da água de chuva (TOMAZ, 2003). Recomenda-se descartar entre 0,4mm e 8,0mm.

Entretanto, o volume de descarte da primeira chuva reduz consideravelmente o volume de água disponibilizado para utilização, desse modo, o tratamento pode possibilitar a redução do volume a ser descartado, elevando a oferta, e propiciando melhor qualidade da água.

Atualmente, a NBR 15527/2007 é a única norma que dispõe sobre os aspectos qualitativos da água pluvial aproveitável. Desse modo, para possibilitar a expansão da discussão dos resultados, é válido considerar padrões de qualidade mais restritivos, como o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

É importante distinguir água potável, reuso de água e aproveitamento de água pluvial:

- Água potável: água que atende ao padrão de potabilidade determinado pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

- Reuso de água: caracterizado pelo uso de água que foi anteriormente utilizada, após ser submetida ou não a tratamento, pode ocorrer dos seguintes modos:

- Reuso direto planejado: os efluentes tratados são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, sem serem descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destina-se a uso em indústria ou irrigação.
- Reuso indireto planejado: os efluentes tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. Pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam ao requisito de qualidade do reuso pretendido.

- Reuso indireto não planejado: a água utilizada em alguma atividade humana é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração).

- Aproveitamento de água pluvial: consiste em utilizar água pluvial, não caracterizando reuso de água, visto que a água pluvial não foi utilizada anteriormente.

A seguir, são apresentadas definições de parâmetros de qualidade de água para consumo humano, de acordo com Jaques (2005):

- pH: é o potencial de hidrogênio presente na água, cujo valor varia de 0 a 14. O balanço dos íons H^+ e OH^- determina se a água é ácida ou básica. Numa água pura os íons H^+ encontram-se em equilíbrio com os íons OH^- , tornando o pH neutro, ou seja, igual a 7. O dióxido de carbono e a alcalinidade influenciam o pH da água. Para a água de abastecimento o pH é importante, pois interfere no processo de tratamento e também pode favorecer a corrosão das estruturas das instalações do sistema.

- Cloretos: encontram-se na forma de sais dissolvidos na água. Em altas concentrações trazem restrições quanto ao sabor. Em águas naturais encontram-se em níveis baixos e são encontrados em maiores concentrações na água do mar.

- Condutividade: é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a $100 \mu S/cm^3$ indicam ambientes impactados. A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

- DBO (demanda bioquímica de oxigênio): é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica.

- Dureza: ocorre devido à presença de sulfetos ou cloretos de cálcio ou magnésio em solução.

- Nitrato: é a forma mais oxidada do nitrogênio. Os nitratos são tóxicos, causando uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças (o nitrato se

reduz a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul). Por isso, o nitrato encontra-se como parâmetro no padrão de potabilidade da Portaria Nº. 518/04 do Ministério da Saúde.

- Nitrito: é uma forma oxidada do nitrogênio, bem como o nitrato. Já o nitrogênio orgânico e o amoniacal são formas reduzidas. Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Quando descarregados nas águas naturais conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, o que é chamado de eutrofização.

- Turbidez: corresponde geralmente às partículas sólidas em suspensão, de tamanhos variados. A presença dessas partículas provoca a dispersão e absorção da luz. Pode diminuir a eficiência da cloração e transportar partículas orgânicas, capazes de gerar sabor e odor.

- Sólidos Totais: os sólidos presentes na água podem ser classificados como dissolvidos ou em suspensão.

- Sólidos dissolvidos: nas águas naturais, estão constituídos principalmente por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos e possivelmente nitratos de cálcio, magnésio, potássio, pequenas quantidades de ferro, magnésio e outras substâncias. Representam a parcela de sólidos que são capazes de atravessar papel de fibras de vidro.

- Sólidos em suspensão: são retidos pelo papel de fibras de vidro.

- Ferro: traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor, provoca manchas em roupas e utensílios sanitários e causa o desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro encontra-se entre os parâmetros do padrão de potabilidade da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

- Cálcio e Magnésio: a presença de íons cálcio e magnésio na água tem significância no uso doméstico e industrial, pois são responsáveis pela dureza. São responsáveis por incrustações em tubulações, redução de transferência de calor, aceleração da corrosão e entupimentos.

- Coliformes Totais: incluem todas as bactérias sob a forma de bastonetes gram negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35° C. O índice de coliformes totais avalia as condições higiênicas.

- Coliformes Termotolerantes: grupo composto também por *Escherichia coli* que são bactérias que vivem nos intestinos de homens e de animais de sangue quente, como aves,

ratos, gatos e cuja presença na água constitui indicação de contaminação por fezes, e possibilidade da presença de organismos causadores de doenças gastro-intestinais. O índice desses coliformes também indica condições sanitárias deficientes.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, o uso de organismos indicadores de contaminação fecal como base para critério microbiológico se deve à dificuldade de se mensurar, com o atual conhecimento epidemiológico, o risco à saúde apresentado por qualquer nível particular de patógenos na água, uma vez que esse risco depende, igualmente, do nível de infecção e invasão do patógeno e da imunidade individual inata ou adquirida pela pessoa que consome a água. Desse modo, é prudente assumir que detecção de microrganismos patogênicos na água, mesmo que em baixas concentrações, impede que essa água seja considerada livre de riscos à saúde. Além disso, apenas determinados organismos patogênicos de veiculação hídrica podem ser detectados, confiável e facilmente na água, e alguns não são detectados.

Os Coliformes Termotolerantes são considerados os microrganismos que melhor satisfazem os critérios para um indicador ideal, visto que:

- Estão universalmente presentes em grande quantidade em fezes humanas e de animais de sangue quente;
- São facilmente detectados por métodos simples;
- Não se reproduzem em águas naturais;
- São removidos por tratamento de água similar à patógenos de veiculação hídrica.

Quando os recursos são escassos é recomendado que sejam realizadas análises com maior frequência, ainda que por ensaios simples, do que diversos ensaios realizados eventualmente. Por esse motivo, as recomendações são baseadas, principalmente, nos níveis de Coliformes Termotolerantes, de modo que esses organismos não devem ser encontrados em amostras de 100mL.

3.4. Uso de Amido Natural como Auxiliar no Tratamento de Água

As principais fontes comerciais de amido são milho, batata, mandioca e trigo, os quais ocorrem na natureza como minúsculos grânulos, que possuem características inerentes, tais como forma e tamanho.

Segundo Bernardo & Dantas (2005), polímeros sintéticos e naturais (amidos em geral) têm sido utilizados como auxiliares de: 1) coagulação: polímeros catiônicos que possibilitam, muitas vezes, considerável redução da dosagem de coagulante primário, quando este for um sal de alumínio ou de ferro; 2) floculação: os polímeros são empregados com o intuito de aumentar a velocidade de sedimentação dos flocos, reduzir a ação das forças de cisalhamento

nos flocos durante o escoamento da água floculada, diminuir a dosagem de coagulante primário; ou 3) filtração: os polímeros reduzem a possibilidade de ocorrência do transpasse e concorrem para que sejam usadas taxas de filtração maiores que as tradicionais.

Devido à abundância de grupos hidroxila nas moléculas de amido, este apresenta características hidrofilicas, o que ocasiona o estabelecimento de ligações de hidrogênio entre tal polímero e a água (BERNARDO & DANTAS, 2005).

Em água cuja temperatura é inferior à 50°C, os grânulos de amido são insolúveis. Quando a suspensão de amido na água é aquecida além da temperatura crítica, os grânulos absorvem água e intumescem, de modo a aumentar muitas vezes em relação ao volume inicial. A temperatura crítica varia entre 55°C e 80°C em função do tipo de amido, e também é conhecida como temperatura de pasta ou de gelatinização (BERNARDO & DANTAS, 2005).

De acordo com Bernardo & Dantas (2005), dentre as propriedades dos amidos destacam-se:

1) Intumescimento: após misturar amido e água à temperatura ambiente, surge uma coloração esbranquiçada. O aquecimento acarreta o intumescimento (também pode ser induzido em temperatura ambiente com a utilização de soluções alcalinas), que se dá em duas fases. Na primeira fase a viscosidade da dispersão não aumenta sensivelmente, o grão conserva sua aparência, e após secagem não é possível notar alterações. A segunda fase ocorre quando é atingida temperatura próxima a 65°C (a temperatura exata depende da natureza do amido), o grão tem seu volume consideravelmente aumentado em relação ao inicial, a viscosidade da solução cresce sensivelmente e o grão perde a estrutura original.

2) Gelatinização: é a conversão do amido granular de cristalino para um estado disperso e amorfo, por meio do processo de solvatação, de modo que partículas pequenas, como a água, atuem como plastificantes, separando as cadeias. A gelatinização é detectada quando há diminuição de entrelaçamento entre cadeias, aumento da transmitância ótica e da viscosidade.

3) Retrogradação: o amido solvatado, amorfo, tende a retornar para a um estado insolúvel, agregado ou cristalino, em função da temperatura em que é armazenado. Nesse processo, uma parte do amido se agrega progressivamente e forma um precipitado microcristalino e insolúvel.

3.5. Aspectos da Coagulação Química

De acordo com Bernardo & Dantas (2005), partículas coloidais, substâncias húmicas e microrganismos em geral apresentam-se com carga negativa na água, ou as partículas coloidais podem ter polímeros adsorvidos em suas superfícies, o que impede a aproximação das mesmas. Por esse motivo, é necessário alterar a força iônica do meio, mediante o fenômeno denominado coagulação. Atualmente, considera-se a coagulação como sendo o resultado individual ou combinado da ação de quatro mecanismos diferentes: 1) compressão da dupla camada elétrica; 2) adsorção e neutralização; 3) varredura; 4) adsorção e formação de pontes.

Visto que o presente projeto de pesquisa propõe o emprego de filtração cíclica e utilização de amido de milho como coagulante em filtração direta, serão abordados os dois mecanismos de coagulação apresentados a seguir: I) adsorção – neutralização de carga, o qual é muito importante quando o tratamento emprega filtração direta, pois não há necessidade de produzir flocos para posterior sedimentação ou flotação, visto que o interesse se volta para as partículas desestabilizadas as quais serão retidas no meio granular dos filtros. II) adsorção e formação de pontes (*interparticle bridging*), o qual é caracterizado pela utilização de polímeros de grandes cadeias moleculares, os quais exercem a função de ponte entre a superfície à qual estão aderidos e outras partículas.

3.6. Legislações e Normas sobre Aproveitamento de Água pluvial

A ABNT publicou, em setembro de 2007, a NBR 15527 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, a qual fornece diretrizes para o aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis. Embora oriente o aproveitamento para fins não potáveis, a NBR 15527 dispõe que a água pluvial pode ser utilizada para fins potáveis desde que seja realizado o tratamento adequado para que a mesma atenda à Portaria nº 518 do Ministério da Saúde.

A Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão de potabilidade da água, define solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano como toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical; e determina que é dever do responsável por solução alternativa de abastecimento de água operar e manter solução alternativa que forneça água potável em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, e com outras normas e legislações pertinentes. Embora a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde não cite diretamente a captação de água

pluvial como uma das soluções alternativas de abastecimento de água, é crescente a difusão da idéia de que o aproveitamento de água pluvial é uma alternativa em vista à iminente escassez de água potável em larga escala.

Em Curitiba, a Lei nº. 10.785 de 2003 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE com o objetivo de conservar e fazer uso racional da água, utilizar fontes alternativas para captação de água e conscientizar os usuários. As ações de utilização de fontes alternativas compreendem captação, armazenamento e utilização de água proveniente da chuva e captação, armazenamento e utilização de águas servidas. A seguir, são apresentados os artigos 7º e 10 da referida lei:

“Art. 7º. A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como: a) rega de jardins e hortas, b) lavagem de roupa; c) lavagem de veículos; d) lavagem de vidros, calçadas e pisos”.

“Art. 10. O não cumprimento das disposições da presente lei implica na negativa de concessão do alvará de construção, para as novas edificações”.

No município de São Paulo, com o principal objetivo de reduzir os impactos negativos causados por enchentes, a Lei municipal nº. 13.276 de 2002 torna obrigatória a execução de reservatório para acumulação da água pluvial coletada por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². A lei estabelece que a água captada deverá preferencialmente ser infiltrada no solo, podendo ser direcionada à rede de drenagem após uma hora do término da chuva ou ainda ser utilizada para fins não potáveis.

3.7. Instituições Comprometidas Com Aproveitamento de Água pluvial

Há instituições nacionais e internacionais que promovem congressos e conferências, nos quais são reunidos estudos realizados pelo mundo sobre o aproveitamento de água pluvial, tais como Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC), *International Rainwater Catchment Systems Association* (IRCSA) e *American Rainwater Catchment Systems Association* (ARCSA), com o intuito de apoiar e guiar o aproveitamento de água pluvial.

4. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

4.1. Contextualização

O sistema de captação de água pluvial foi instalado nas dependências do Centro de Estudos Ambientais (CEA), unidade complementar da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), sediado no campus de Rio Claro.

O campus de Rio Claro conta com o Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA), o qual abriga uma estação meteorológica e um laboratório de análises meteorológicas e de climatologia aplicada. Assim, os parâmetros hidrológicos para a determinação quantitativa dos volumes reservados foram provenientes do CEAPLA.

4.2. Montagem da Estação Piloto de Captação de Água Pluvial

A estação de captação de água pluvial foi montada de modo a aproveitar um sistema já instalado, o qual direciona a chuva proveniente dos telhados e dos pisos das instalações do Anfiteatro do CEA para uma caixa coletora comum, onde há uma tubulação que leva a água ao seu destino final. A estação piloto é constituída por tubulação de desvio da caixa coletora comum; caixa separadora de materiais grosseiros; três reservatórios plásticos para descarte de primeira chuva com capacidade de 200L cada; dois reservatórios de fibra de vidro com capacidade de 3000L cada; kit bomba-filtro; equipamento para bombeamento de água; hidrômetro; tubulações e conexões.

4.2.1. Função dos componentes da estação piloto

A seguir são apresentadas, de modo sintetizado, as justificativas para a instalação dos componentes da estação piloto de captação de água pluvial:

- Tubulação de desvio da caixa coletora comum: utilizada para desviar a água proveniente da caixa coletora comum para o sistema de captação de água pluvial, de modo a impedir que siga diretamente ao seu destino final;

- Caixa separadora de materiais grosseiros: necessária para evitar que folhas, galhos e gravetos, sigam para o reservatório de armazenamento final, pois poderiam acarretar uma diminuição da qualidade da água em função de processos de decomposição;

- Reservatórios plásticos (200L): utilizadas para armazenar volumes de descarte equivalentes a 0,5mm; 1,0mm e 1,5mm de chuva, com o objetivo de comparar parâmetros de qualidade de água pluvial com descarte sem tratamento e sem descarte com tratamento, após processo de filtração;

- Reservatórios (3000L): o primeiro reservatório exerce sua principal função quando há a mistura da solução de amido de milho; o segundo reservatório exerce função conjunta

com o primeiro reservatório para a execução dos ciclos de filtração, após a adição da solução de amido;

- Kit bomba-filtro: exerce a função de bombear a água do primeiro reservatório para o segundo, de modo que a água passe pelo filtro durante o trajeto;

- Equipamento para bombeamento de água: utilizado para bombear a água dos reservatórios plásticos (200L) para o primeiro reservatório (3000L);

- Hidrômetro: empregado para a contagem do número de ciclos de filtração em função do volume de água que passa do primeiro reservatório para o segundo.

4.2.2. Dimensionamento

O dimensionamento do volume do reservatório foi adotado tendo como premissa o tempo de funcionamento mínimo de 1 hora na instalação piloto. Para tomada de decisão foi considerada a precipitação da cidade de Rio Claro de acordo com os dados fornecidos pelo Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA/UNESP Campus de Rio Claro). Os demais dados foram obtidos por meio de medições no prédio e por meio de catálogos de bombas comerciais. Assim, foram considerados:

Área do telhado = 372m² (fonte: planta baixa do CEA)

Desse modo, o volume total de chuva em um dia (24h) é 3720L.

Vazão da bomba = 14000L/6h = 2333,33L/h.

A partir dos dados apresentados acima, concluiu-se que um reservatório com capacidade de armazenamento de 3000L seria suficiente para o desenvolvimento da pesquisa.

Com o intuito de propiciar o escoamento da água proveniente da caixa coletora comum aos reservatórios, apenas pela força gravitacional devida ao desnível do terreno, foi utilizada uma retro-escavadeira para remover um volume de terra equivalente a 3,0 metros de largura por 10,0 metros de comprimento, com profundidades inicial e final de 2,0 e 1,60 metros, respectivamente, de modo a possibilitar a instalação dos reservatórios e do kit bomba-filtro de pressão no interior da vala, bem como permitir o trânsito no local, necessário à operação e manutenção da estação piloto. O comprimento e a largura da vala foram estimados em função das dimensões dos reservatórios, e as profundidades inicial e final foram determinadas por meio de utilização de mangueira de nível, para medir o desnível do terreno. As Figuras 4 e 5 apresentam o local onde foi instalada a estação de captação de água pluvial.



Figura 4: Local antes da escavação, em 15.02.2008

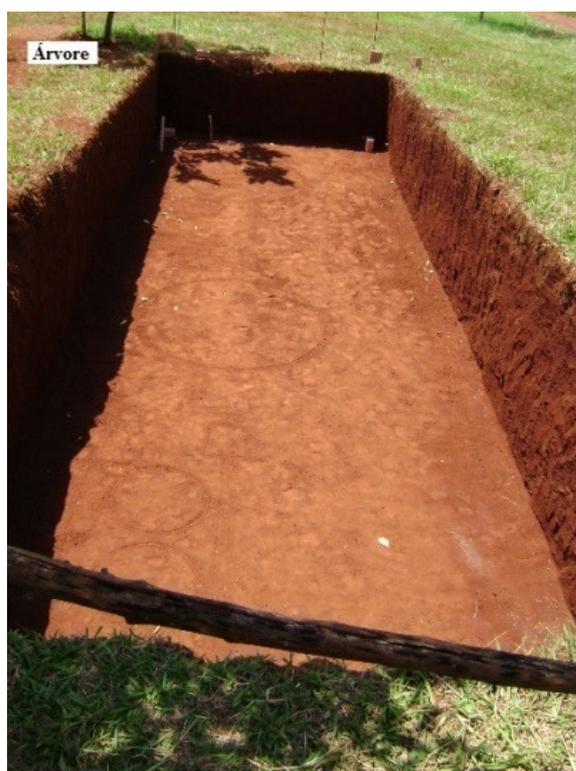


Figura 5: Local após a escavação, em 07.03.2008

Os diâmetros das tubulações foram selecionados em função: do diâmetro (100mm) da tubulação utilizada na caixa coletora comum, a qual já se encontrava no local; e do diâmetro (50mm) da tubulação de saída do filtro de pressão com leito de areia, constituinte do Kit bomba-filtro de pressão, instalado entre os dois reservatórios de armazenamento de capacidade de 3000L cada. Com o intuito de conter gastos, optou-se por instalar tubulações de 32mm de

diâmetro para as ligações entre as três bombonas e o reservatório de 3000L, visto que não implicaria nenhum problema à execução da pesquisa. A Figura 6, a seguir, apresenta o sistema de captação de água pluvial.



Figura 6: Sistema de captação de água pluvial instalado nas dependências do CEA.

4.3. Captação de Água Pluvial e Tratamento

Em 10 de março de 2008, realizou-se coleta de água pluvial em quatro reservatórios plásticos com capacidade para 200L cada, por meio da conexão direta dos reservatórios com as calhas das dependências do CEA, como ilustrado na Figura 7.



Figura 7: Coleta de água pluvial em reservatório plástico em 10/03/08.

Para o estudo da estratégia simplificada de tratamento proposta foi utilizada a água pluvial coletada em 03 de abril de 2008, correspondente a 6,3mm de chuva, após 9 dias de estiagem (fonte: CEAPLA). Como a área de captação é de 372m², o volume de chuva equivale a 2343,6L, conforme o cálculo expedito:

$$\text{Volume} = 372\text{m}^2 \cdot 6,3 \cdot 10^{-3}\text{m} = 2,3436\text{m}^3 = 2343,6\text{L}$$

A captação foi realizada com os registros de entrada dos três reservatórios de descarte de primeira chuva (200L) abertos, simultaneamente, de modo que todos coletavam água ao mesmo tempo, e após o completo preenchimento de seus volumes, a água passou a escoar para o primeiro reservatório de armazenamento com capacidade para 3000L.

Para a caracterização qualitativa da água com diferentes volumes de descarte de primeira chuva (1,5mm; 1,0mm e 0,5mm; equivalentes a 600L; 400L e 200L, respectivamente), e sem descarte de primeira chuva, foram coletadas quatro amostras a partir do reservatório de armazenamento, com a utilização de um equipamento de bombeamento de água, para transferir a água contida em cada um dos três reservatórios plásticos de 200L para o reservatório de armazenamento, como ilustrado na Figura 8.

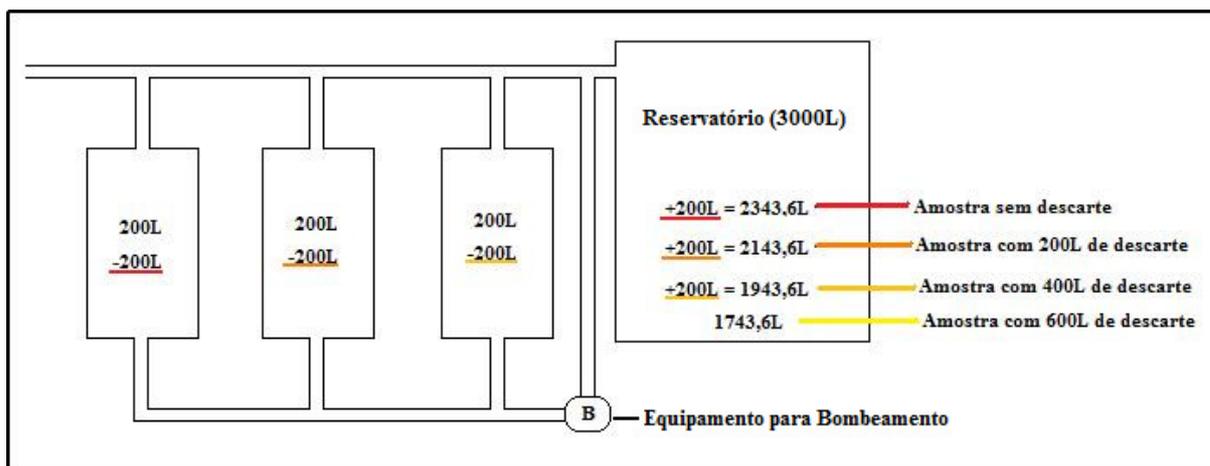


Figura 8: Representação da coleta de amostras com diferentes volumes de descarte de primeira chuva (600L, 400L e 200L), e sem descarte de primeira chuva.

O tratamento simplificado foi proposto com o intuito de eliminar a necessidade de descarte de primeira chuva, de modo a aumentar o volume disponível para utilização.

Em escala plena, após a coleta da chuva e o armazenamento no primeiro reservatório com capacidade para 3000L, a água a ser tratada receberá a adição de amido de milho, neste caso empregado como coagulante, passará então pelo filtro de pressão com leito de areia, seguirá para o segundo reservatório com capacidade para 3000L, passando pelo hidrômetro, e retornará ao primeiro reservatório, de onde será encaminhada para o filtro novamente, de modo cíclico, até completar cinco ciclos.

4.3.1. Escala de Laboratório

As análises em escala de laboratório têm a função de reproduzir as condições esperadas em escala plena, de modo a possibilitar a obtenção dos melhores resultados, a serem aplicados na estação piloto.

4.3.1.1. Solução de Amido de Milho

A partir da realização de testes para determinar a concentração da solução de amido de milho que ofereceria melhores resultados, em função da capacidade de mistura em água para auxiliar no processo de filtração, foi constatado que a concentração de 0,2% é adequada à execução da pesquisa. A Tabela 1 apresenta as concentrações testadas.

Tabela 1: Testes de concentrações da solução de amido de milho

Amido (g)	Água (mL)	Resultado
10	10	(1:1)Amido precipitado
10	20	(1:2)Amido precipitado
10	30	(1:3)Amido precipitado

10	40	(1:4)Amido precipitado
10	50	(1:5)Amido precipitado
10	100	(1:10)Solução muito concentrada
10	200	(1:20)Solução concentrada

Após a realização dos testes de concentrações apresentados na Tabela 1, preparou-se novamente a solução 1:20, porém em um volume de 100mL de água. Em seguida, foram armazenados 50mL da solução 1:20 em refrigerador; e os 50mL restantes seguiram para diluição.

4.3.1.2. Metodologia para Preparo da Solução de Amido de Milho

Para o preparo da solução de amido de milho foi utilizada uma adaptação da metodologia de gelatinização apresentada por Bernardo (1988), a qual é descrita a seguir:

Um béquer cujo volume foi suficiente para conter a mistura água e amido 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 o peso desejado – em situações em que o peso foi ultrapassado, o excedente foi retirado com auxílio de espátula. Após a pesagem do amido, foi medido o volume necessário de água deionizada, com utilização de proveta graduada. Água foi adicionada 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 mistura foi retirada do aquecimento quando iniciou ebulição. Por fim, o volume inicial da mistura foi completado com água deionizada.

No caso da solução de amido de milho 1:20 armazenada em refrigerador e destinada à diluição, foram utilizados 5g de amido e 100mL de água, de modo que foram obtidos 100mL de solução de amido de milho, com concentração de 5%.

4.3.1.3. Metodologia para diluição da Solução de Amido de Milho

Foram adicionados 100mL de água deionizada ao béquer utilizado para preparar a solução de amido de milho com concentração 5%, de modo a lavar o béquer. Em seguida, esses mesmos 100mL de água, já com resíduos da solução preparada, foram misturados aos 50mL de solução com concentração 5% destinados à diluição. Os 150mL de solução foram levados a aquecimento com agitação com bastão de vidro, até o início da ebulição, quando foram retirados do calor e o volume inicial foi completado com água deionizada, obtendo-se 150mL de solução de amido de milho com concentração 1,67%, visto que:

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \text{ , sendo } C_1 \text{ concentração inicial } V_1 \text{ volume inicial}$$

$$5 \cdot 50 = C_2 \cdot 150 \quad C_2 \text{ concentração final } V_2 \text{ volume final}$$

$$C_2 = 1,67\%$$

Testes em Jarreste mostraram a possibilidade de aplicação da solução com concentração 1,67%. No entanto, a solução ainda se apresentava muito concentrada para a mistura com água a ser tratada.

Como a solução de amido de milho seria dosada em jarros com capacidade para 2L, constituintes do Jarreste, foi testada solução com concentração 0,2%, pois a adição de 1mL de solução 0,2% (2g de amido em 1L de água) em um jarro contendo 2L de água, resultaria em 1g de amido em 1L de água, desse modo, para dosar 1mg/L, seria necessário adicionar 1mL de solução 0,2% a um jarro contendo 2L de água, o que é uma relação conveniente para aplicação.

4.3.1.4. Jarreste

O Jarreste utilizado é constituído de painel digital para o ajuste do gradiente de velocidade, sendo este equipamento capaz de imprimir gradientes de velocidade entre 10 s^{-1} e 2000 s^{-1} ; e dispositivos para coleta simultânea de amostras dos seis recipientes com capacidade para 2L cada. A Figura 9 ilustra o equipamento Jarreste utilizado.

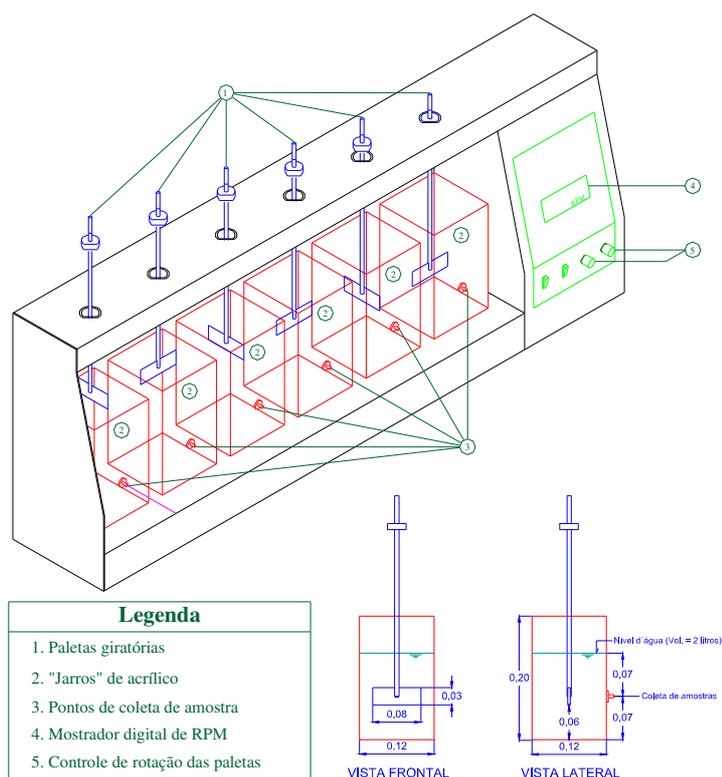


Figura 9: Representação do equipamento Jarreste com dimensões em metros. Fonte: Santos (2006).

4.3.1.5. Metodologia Para Ensaio Em Jarreste

Foram adicionados 2 litros de água de chuva previamente homogeneizada em cada um dos seis jarros do Jarreste. Foi selecionado o gradiente de velocidade de 150 s^{-1} para garantir

melhor homogeneização e, após alguns segundos o gradiente de velocidade foi reduzido para 45s^{-1} , com o objetivo de simular a velocidade de mistura em escala plena. Com utilização de pipetador automático as dosagens a serem analisadas foram adicionadas em cada um dos 6 tubos dosadores do Jarreste. Por meio da rotação da haste suporte dos tubos dosadores, os 6 jarros do Jarreste receberam diferentes dosagens de solução de amido de milho simultaneamente. Com auxílio de pissetas, os tubos dosadores foram lavados com água destilada e, novamente, a rotação da haste suporte garantiu a adição dessa água com quaisquer possíveis resíduos de solução aos jarros do Jarreste. Durante 30 minutos o Jarreste manteve o gradiente de rotação de 45s^{-1} sem interferência alguma e após esse período iniciaram-se as coletas simultâneas das amostras, com o Jarreste ainda em operação.

A princípio foram aplicadas as seguintes dosagens em Jarreste: 1,0 mg/L; 1,5 mg/L; 2,0 mg/L; 2,5 mg/L; 3,0 mg/L; 3,5 mg/L; 4,0 mg/L; 4,5 mg/L; 5,0 mg/L; 5,5 mg/L; 6,0 mg/L; 6,5 mg/L; 7,0 mg/L; 7,5 mg/L; 8,0 mg/L; 8,5 mg/L; 9,0 mg/L. Posteriormente foram aplicadas as dosagens 0,0 mg/L; 0,1 mg/L; 0,2 mg/L; 0,4 mg/L; 0,6 mg/L e 0,8 mg/L.

Foi importante atentar para o volume coletado, visto que este deveria ser suficiente para realizar todas as análises de qualidade previstas, incluindo todas as amostras desde o primeiro até o quinto ciclo de filtração.

As figuras 10, 11 e 12 ilustram o equipamento Jarreste utilizado, em etapas distintas: homogeneização da água pluvial, adição da solução de amido de milho e coleta das amostras.



Figura 10: Homogeneização da água pluvial nos jarros do Jarreste



Figura 11: Adição simultânea de diferentes dosagens de solução de amido de milho



Figura 12: Coleta das amostras

4.3.1.6. Filtração

A filtração foi realizada com utilização de papel de filtro 125mm, velocidade de filtração de 10mL/180s, porosidade de 2 a 3 μ m (faixa lenta) e gramatura de 84g/m². Para as filtrações correspondentes a cada um dos cinco ciclos foi utilizado um béquer e um papel de filtro para cada dosagem. Após finalizar os ciclos de filtração correspondentes a cada dosagem, o béquer utilizado, bem como o frasco de coleta correspondente à amostra, foram lavados com água deionizada, sendo a amostra mantida no frasco de coleta original e o béquer utilizado para novo processo de filtração. No entanto, durante as filtrações cíclicas não se

realizou troca de papel de filtro, com o objetivo de reproduzir a condição em escala plena, visto que o filtro sofre processo de colmatação durante os ciclos de filtração, e a troca do filtro não implicaria reprodução desse processo. A Figura 13 ilustra o processo de filtração a que as amostras foram submetidas, e a Figura 14 apresenta a aparência do filtro devida à retenção de materiais no mesmo, após a filtração de uma amostra.



Figura 13: Filtração das Amostras



Figura 14: Material retido no filtro

4.3.1.7. Análises de Parâmetros de Qualidade da Água

Os padrões de qualidade do sistema de água pluvial para água não potável no ponto de uso, independente do tipo de uso deve obedecer aos parâmetros apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de qualidade de água pluvial para uso não potável. (ABNT - NBR 15527/2007)

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100mL
Cloro Residual	Mensal	0,5mg/L a 5,0mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 UT, para usos menos restritivos < 5,0 UT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	Mensal	< 15 UH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
Notas: 1) Para lavagem de roupas deve ser feita análise de <i>Cryptosporidium parvum</i> anualmente. 2) UT é unidade de turbidez. 3) UH é unidade de Hazen.		

A fim de caracterizar inicialmente a água pluvial coletada, foram medidos parâmetros além dos recomendados pela NBR 15527/2007, que apresenta os parâmetros de qualidade para aproveitamento de água de chuva para uso não potável. Foram contemplados alguns dos

parâmetros listados na Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão de potabilidade da água, visto que os valores apresentados por esta Portaria são mais restritivos.

Com o intuito de se obter uma caracterização qualitativa geral da água pluvial não tratada, e sem descarte de primeira chuva, coletada em 10 de março de 2008, em reservatórios plásticos com capacidade para 200L cada, foram medidos os seguintes parâmetros: Temperatura (°C), Oxigênio Dissolvido - OD (mg/L), Salinidade (per mil), pH, Condutividade (mS/cm³), Total de Sólidos Dissolvidos - STD (mg/L), Percentual de Oxigênio Dissolvido - OD(%), Turbidez (UT) e Cor aparente (uH). Somente a amostra de água pluvial sem tratamento que apresentou valores mais elevados de cor aparente e turbidez foi submetida à contagem de Coliformes Totais (NMP em 100mL) e Coliformes Termotolerantes (NMP em 100mL), para caracterização bacteriológica geral da água.

Para a caracterização qualitativa geral da água pluvial coletada em 03 de abril de 2008, não tratada, com diferentes volumes de descarte de primeira chuva (1,5mm; 1,0mm e 0,5mm), e sem descarte, 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 (per mil).

A água pluvial coletada em 03 de abril de 2008 foi submetida a tratamento com diferentes dosagens (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) de solução de amido de milho como coagulante em filtração cíclica (1 a 5 ciclos), e após o tratamento foram analisados apenas os parâmetros pH, cor aparente e turbidez.

Ensaio bacteriológicos foram realizados apenas com as amostras provenientes da água pluvial do dia 03 de abril de 2008, as quais:

- foram tratadas com 6,0 mg/L solução de amido de milho, visto que esta dosagem apresentou o melhor conjunto de resultados de pH, cor aparente (uH) e turbidez (UT), quando submetidas de 1 a 5 ciclos de filtrações;

- foram submetidas à filtração de 1 a 5 vezes consecutivas, sem aplicação de solução de amido de milho, com o intuito de comparar esses resultados aos obtidos com emprego de solução de amido de milho.

Para possibilitar a comparação entre a água bruta, a água submetida à filtrações consecutivas sem adição de solução de amido de milho, e a água tratada com 6,0 mg/L

solução de amido de milho como coagulante em filtração de 1 a 5 vezes consecutivas, foram realizadas, novamente, as análises de pH, cor aparente(uH), turbidez(UT), Coliformes Totais (NMP em 100mL) e Coliformes Termotolerantes (NMP em 100mL) da água sem tratamento (água bruta) e sem descarte de primeira chuva (*first flush*), captada em 03 de abril de 2008.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados das análises realizadas para caracterização qualitativa geral da água pluvial não tratada (água bruta), e sem descarte de primeira chuva, coletada em 10 de março de 2008, em quatro reservatórios plásticos com capacidade de 200L cada. Esses resultados podem ser comparados aos valores para utilização não potável, recomendados pela NBR 15527/2007, que dispõe sobre Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

A partir da Tabela 3 verifica-se que as quatro amostras de água pluvial, sem tratamento e sem descarte de primeira chuva, não satisfazem os valores recomendados pela NBR 15527/2007 para os parâmetros de qualidade. Portanto, pode-se afirmar que a água pluvial coletada em 10 de março de 2008, sem tratamento e sem descarte de primeira chuva, não poderia ser utilizada, ainda que para fins não potáveis menos restritivos.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados das análises dos parâmetros de qualidade das amostras da água pluvial captada no dia 03 de abril de 2008. Os resultados são referentes à água sem tratamento (água bruta), com três descartes: 1,5mm; 1,0mm e 0,5mm; equivalentes a 600L, 400L e 200L, respectivamente; e sem descarte da primeira chuva (*first flush*). Esses resultados podem ser comparados:

- aos valores máximo permitidos (VMP) para alguns desses parâmetros, e a faixa de pH ideal no sistema de distribuição, de acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão de potabilidade da água;

- aos valores para utilização não potável, recomendados pela NBR 15527/2007, que dispõe sobre Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

A partir da análise da Tabela 4, verifica-se que, para a água pluvial analisada, sem tratamento, com diferentes volumes de descarte de primeira chuva (1,5mm; 1,0mm e 0,5mm) e sem descarte de primeira chuva, todos os parâmetros previstos pela NBR 15527/2007 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 apresenta relação direta com a diminuição desses valores, 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. Também é possível notar que a água pluvial coletada é ácida, independente do descarte ou não de primeira chuva, visto que o pH encontra-se na faixa de 5.

A partir da discussão exposta, pode-se afirmar que a água pluvial bruta não deve ser utilizada para fins não potáveis, o que fortalece a justificativa do tratamento simplificado proposto.

Embora a água pluvial coletada, sem tratamento, com diferentes volumes de descarte de primeira chuva, ou sem descarte de primeira chuva, não seja adequada ao uso não potável, com exceção dos parâmetros pH, cor aparente, turbidez, Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes, os parâmetros analisados os quais constituem alguns dos parâmetros apresentados pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão de potabilidade da água, apresentaram valores dentro dos limites dos valores máximos permitidos para água potável. Desse modo, pode-se afirmar que a água pluvial coletada apresenta qualidade relativamente boa, possivelmente devido ao período de estiagem anterior à coleta ter sido relativamente curto (9 dias) . No entanto, períodos mais longos de estiagem podem propiciar diminuição da qualidade da água, o que reforça a necessidade do tratamento.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados dos parâmetros qualitativos recomendados pela NBR 15527/2007 (pH, cor aparente, turbidez, Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes), da água pluvial bruta captada em 03 de abril de 2008. Essas análises equivalem às análises realizadas com a água pluvial coletada em 03 de abril de 2008, sem tratamento e sem descarte, cujos resultados foram apresentados na quinta coluna da esquerda para a direita da Tabela 4. No entanto, são apresentados valores diferentes para os mesmos parâmetros da mesma água pluvial, o que pode ser explicado pelo fato que os valores apresentados na Tabela 4 foram obtidos poucos dias após a captação, e os valores apresentados na Tabela 5 foram obtidos aproximadamente 3 meses após a captação, em 30 de junho de 2008. Durante esse período, a amostra de água foi mantida sob refrigeração, porém, não se pode garantir que não sofreu alterações qualitativas desde o momento da coleta.

Tabela 3: Caracterização qualitativa geral da água pluvial não tratada (água bruta), e sem descarte de primeira chuva (*first flush*), coletada em 10 de março de 2008, e valores recomendados pela NBR 15527/2007.

Parâmetros	Reservatório 1	Reservatório 2	Reservatório 3	Reservatório 4	NBR 15527/2007
Temperatura (°C)	22,95	25,41	25,17	23,87	*
OD (mg/L)	8,5	7,47	7,78	8,3	*
OD(%)	97,4	91	91,6	97,1	*
pH	3,58	4,23	4,6	4,67	6,0 – 8,0
Condutividade (mS/cm ³)	5	7	11	8	*
STD (mg/L)	0,003	0,005	0,008	0,006	*
Salinidade (per mil)	0	0	0	0	*
Turbidez (UT)	2,84	5,97	5,65	5,69	Inferior a 2 Inferior a 5**
Cor aparente (uH)	38	66	40	50	Inferior a 15
Coliformes Totais (NMP em 100mL)	Não analisado	Superior a 2419,2	Não analisado	Não analisado	Ausência
Coliformes Termotolerantes (NMP em 100mL)	Não analisado	3,1	Não analisado	Não analisado	Ausência

Legenda da Tabela 3:

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

**Para usos menos restritivos

Tabela 4: Parâmetros de qualidade da água pluvial caprada em 03 de abril de 2008, não tratada, com diferentes volumes de descarte (1,5mm; 1,0mm e 0,5mm), e sem descarte, e valores máximo permitidos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde para água potável, e valores recomendados pela NBR 15527/2007.

Parâmetros/Volumes de Descarte	600L (1,5mm)	400L (1,0mm)	200L (0,5mm)	Sem descarte	Portaria MS 518/2004	NBR 15527/2007
pH	5,47	5,83	5,22	5,50	6,0 - 9,5	6,0 – 8,0
Cloreto (mg/L)	1,60	1,70	1,30	2,00	250	**
Coliformes Totais (em 100mL)	Presença	Presença	Presença	Presença	Ausência	Ausência
Coliformes Termotolerantes (em 100mL)	Presença	Presença	Presença	Presença	Ausência	Ausência
Condutividade (mS/cm³)	34,00	39,00	37,00	39,00	*	**
Cor Aparente (uH)	178,00	109,00	101,00	225,00	15	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	500	**
Nitrato – NO₃ (mg/L)	0,10	0,10	0,10	0,10	10	**
Nitrato – NO₂ (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01	1	**
OD (mg/L)	7,33	6,28	6,56	7,11	*	**
Sulfato(mg/L)	1,00	2,00	1,00	1,00	250	**
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	1000	**
SSF (mg/L)	14,00	16,67	19,33	59,33	*	**
Turbidez (uT)	28,10	23,20	26,50	64,40	5	Inferior a 2 Inferior a 5
Ferro (mg/L)	0,0080	0,0100	0,0150	0,0140	0,3	**
Cálcio – Ca²⁺ (mg/L)	3,5070	3,3280	3,2560	3,4000	*	**
Magnésio – Mg²⁺ (mg/L)	0,4240	0,4170	0,4150	0,4490	*	**
Salinidade (per mil)	0,02	0,02	0,02	0,02	*	**

Legenda da Tabela 4:

*Valor não especificado pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde

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

Tabela 5: Parâmetros qualitativos da água pluvial bruta, de 03 de abril de 2008.

pH	Cor aparente (uH)	Turbidez (UT)	Coliformes Totais (NMP em 100mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP em 100mL)
7,7	34	8,84	238,2	3

A Tabela 5 apresenta valores de pH básico e valores muito inferiores àqueles apresentados na Tabela 4 para os parâmetros cor aparente e turbidez para a mesma água pluvial analisada, entretanto, exceto pH, todos os resultados dos parâmetros ultrapassam os limites recomendados pela NBR 15527/2007, de modo a justificar o tratamento proposto, visto que a utilização da água pluvial bruta não seria aconselhada para fins não potáveis.

Os resultados apresentados nas Figuras 15, 16 e 17 são referentes à água pluvial coletada no dia 03 de abril de 2008 e submetida a 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.

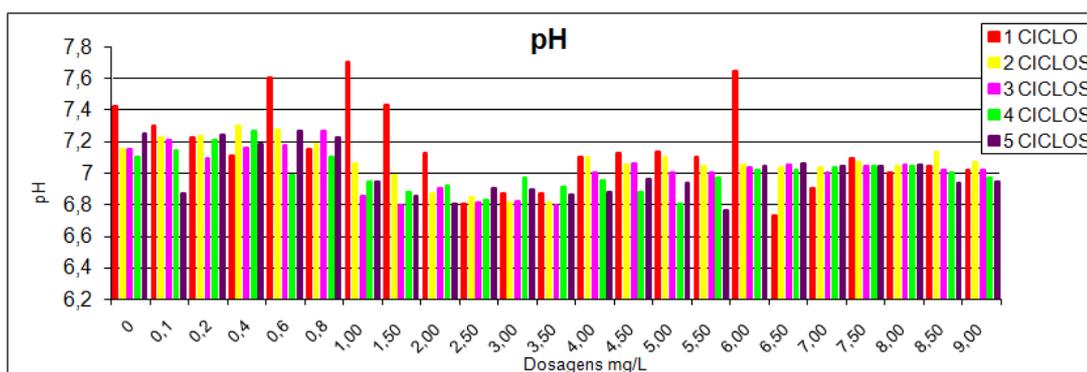


Figura 15: Resultados das medições de pH.

Ao se observar a Figura 15 é possível notar que as medições de pH, para as amostras tratadas, com 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 submetidas a diferentes ciclos de filtração (1 a 5), em escala de laboratório, apresentaram valores em torno de 7, sendo que os valores de pH de todas as amostras se mantiveram entre 6,7 e 7,7, de modo a atender a recomendação da NBR 15527/2007, que sugere o ajuste do pH da água na faixa de 6,0 a 8,0 para proteção do sistema de distribuição quando necessário.

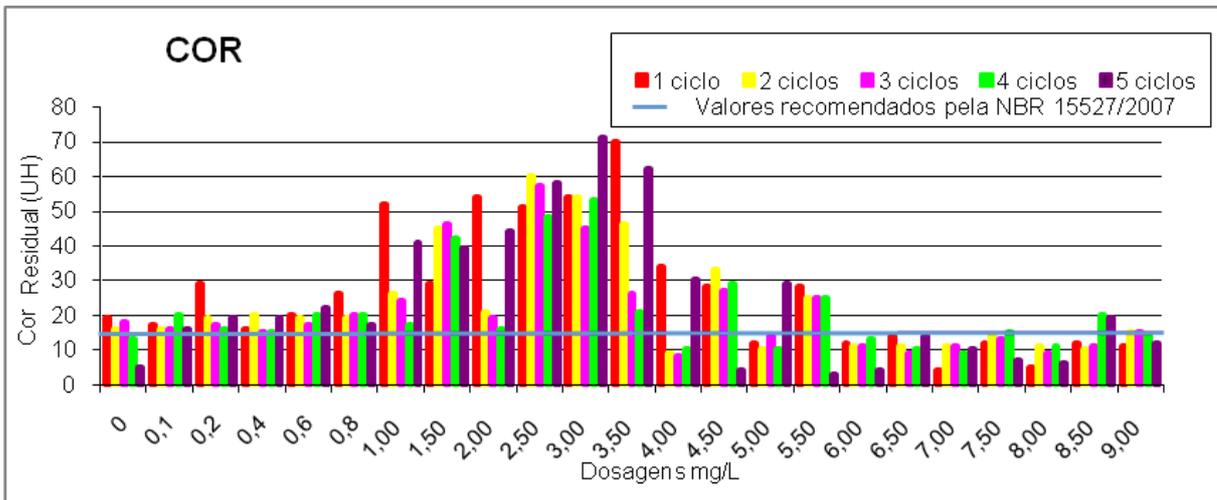


Figura 16: Resultados das medições de cor aparente residual para os cinco ciclos de filtração, com diferentes dosagens de solução de amido de milho. Valores de pH em torno de 7.

A partir da Figura 16 é possível verificar que nem todas as amostras de água pluvial tratada, com diferentes dosagens de solução de amido de milho, e submetidas a filtração de 1 a 5 vezes consecutivas, atenderam às recomendações da NBR 15527/2007 para o parâmetro cor aparente, visto que a linha horizontal azul indica o valor máximo recomendado pela norma. O melhor resultado isolado para o parâmetro cor aparente corresponde a 3,0 uH e foi obtido com a aplicação de 5,5 mg/L de solução de amido de milho, seguida de 5 filtrações consecutivas, o que corresponde à uma eficiência de remoção maior que 91%.

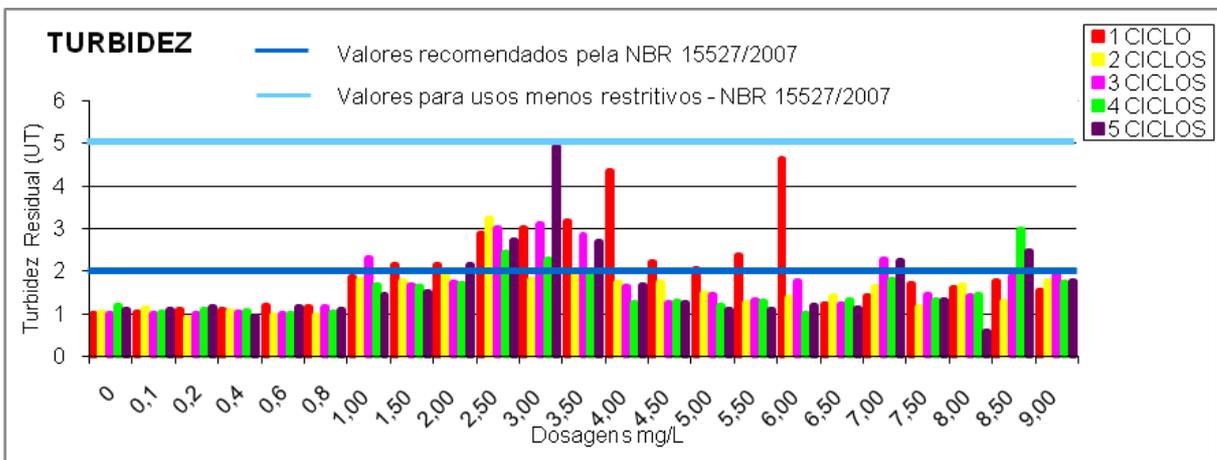


Figura 17: Resultados das medições de turbidez residual para os cinco ciclos de filtração, com diferentes dosagens de solução de amido de milho. Valores de pH em torno de 7.

Ao se observar a Figura 17 é possível notar que para o parâmetro turbidez, todas as amostras de água pluvial tratada, com diferentes dosagens de solução de amido de milho, e submetidas a filtração de 1 a 5 vezes consecutivas, atenderam às recomendações da NBR 15527/2007 para usos menos restritivos, visto que as linhas horizontais azul clara e azul

escura indicam os valores limites para usos menos restritivos e mais restritivos, respectivamente, de acordo com recomendações da norma. Já para usos menos restritivos nem todas as amostras tratadas satisfazem as recomendações da norma. O melhor resultado isolado para o parâmetro turbidez corresponde a 0,59 UT e foi obtido com a aplicação de 8,0 mg/L de solução de amido de milho, seguida de 5 filtrações consecutivas, o que corresponde à uma eficiência de remoção maior que 93%.

Como o pH de todas as amostras se mantiveram 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, para a contagem de Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes, com o intuito de comparar os resultados bacteriológicos da água pluvial tratada com essa dosagem de amido de milho, com os da água submetida apenas a filtrações consecutivas. O pico apresentado no gráfico de turbidez residual remanescente (Figura 17) para um ciclo de filtração, com 6,0 mg/L de solução de amido de milho, pode ser interpretada como contaminação de amostra ou erro de leitura.

As Tabelas 6 e 7 apresentam os resultados da contagem de Coliformes Totais e Termotolerantes, respectivamente, em número mais provável (NMP) em 100mL de amostra, para amostras filtradas de 1 a 5 vezes consecutivas, sem emprego de amido de milho e com dosagem de 6,0 mg/L de solução de amido de milho.

Tabela 6: Resultados da contagem de Coliformes Totais, das amostras filtradas (papel de filtro 125mm, velocidade de filtração 10mL/180s, porosidade de 2 a 3µm) sem adição de solução de amido de milho e com dosagem de 6,0 mg/L de solução de amido de milho, submetidas de 1 a 5 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	-

- Ausência

Tabela 7: Resultados da contagem de Coliformes Termotolerantes das amostras filtradas (papel de filtro 125mm, velocidade de filtração 10mL/180s, porosidade de 2 a 3um) sem adição de solução de amido de milho e com dosagem de 6,0 mg/L de solução de amido de milho, submetidas de 1 a 5 ciclos de filtração.

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

- Ausência

Os resultados apresentados na Tabelas 6 indicam a importância da aplicação de amido e o benefício dos ciclos de filtração na remoção de Coliformes Totais. As amostras submetidas de 1 a 5 filtrações cíclicas, após adição de solução de amido de milho apresentaram NMP em 100mL de amostra muito inferiores aos apresentados pelas amostras filtradas de 1 a 5 vezes consecutivas sem adição de amido de milho. Ademais, é possível notar relação direta 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 7 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 2 vezes consecutivas apresentou residuais de Coliformes Termotolerantes.

Verificou-se que a realização da filtração em 5 etapas consecutivas, após aplicação de 6,0 mg/L de solução de amido de milho apresentou os melhores resultados, com residuais de 11,76% para cor aparente, 13,57% para turbidez e ausência de coliformes totais e termotolerantes.

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 filtração utilizada em laboratório não corresponda 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.

A partir de 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 a remover completamente Coliformes Totais, além de apresentar altas taxas de remoção de cor aparente e turbidez, com residuais de 11,76% e 13,57%, respectivamente, e ausência de Coliformes Termotolerantes.

A partir da comparação dos resultados obtidos com os parâmetros de qualidade para água pluvial destinada à utilização não potável recomendados pela NBR 15527/2007, foi possível concluir que a aplicação de 6,0 mg/L de solução de amido de milho como coagulante primário, seguido de processo de filtração em 5 etapas consecutivas constituiu a única condição investigada em que todos os resultados obtidos atenderam aos valores máximos dos parâmetros estabelecidos pela NBR 15527/2007.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados neste trabalho pode-se concluir que:

- para a dosagem de 6,0 mg/L de solução de amido de milho como coagulante primário em processo de filtração cíclica direta não é necessário o descarte da primeira chuva, de modo a potencialmente aumentar o volume aproveitável.

- 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 atendem às recomendações da NBR 15527/2007, referente à aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

- Os ciclos de filtração apresentaram aumento na eficiência de remoção de Coliformes Totais, mesmo sem 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 .

7. RECOMENDAÇÕES

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

- Investigar a eficiência do amido de milho como coagulante para filtração, para diferentes precipitações.
- Realizar ensaios em escala piloto para confirmação dos resultados obtidos em escala de laboratório, e verificar possível limitação da metodologia para filtração utilizada em escala de laboratório.
- Verificar a possibilidade de aplicação da estratégia de filtração em ciclos para usos industriais.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: Informação e documentação – Referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

BERNARDO, L.; DANTAS, A.B. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005. 792 p.

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

CONSERVAÇÃO E REUSO DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES. MMA/ ANA/ SINDUSCON/ COMASP/ FIESP/ SESI/ SENAI/ IRS. Volume único. 2005. 152 p.

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

JAQUES, R.C. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. 2005. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

LEGISLAÇÃO brasileira: lei municipal nº. 10.785, de 18 de setembro de 2003. Prefeitura da municipal de Curitiba. Disponível em:

<<http://www.curitiba.pr.gov.br/servicos/MeioAmbiente/legislacoes/Lei%2010785%20de%202003.pdf>>. Acesso em 04.nov.2008.

LEGISLAÇÃO brasileira: lei municipal nº. 13.276, de 04 de janeiro de 2002. Prefeitura da cidade de São Paulo. Disponível em:

<http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=05012002L%20132760000>. Acesso em 04.nov.2008.

LEGISLAÇÃO brasileira: portaria nº. 518, de 25 de março de 2004. Ministério da Saúde. Disponível em:< http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em 04.nov.2008

REUSO DE ÁGUA. CETESB. Disponível em:< http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_reuso.asp >. Acesso em 22.nov.2008

UNITED KINGDOM ENVIRONMENT AGENCY. Harvesting Rainwater for Domestic Uses: an information guide. Bristol, 2008. Disponível em http://www.environment-agency.gov.uk/commondata/acrobat/geho0108bnpnee_809069.pdf. Acesso em 17.out.2008

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Water Quality: Guidelines, Standards and Health. London, 2001.