

II-160 - APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA USOS NÃO POTÁVEIS EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE ENSINO NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO

Maria Aparecida Silva Porfírio⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *campus* Campo Mourão.

Cristiane Kreutz

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *campus* Medianeira. Mestre em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Doutoranda em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Docente da Coordenação de Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão (UTFPR).

Eudes José Arantes

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia São Carlos. Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão (UTFPR).

Fernando Hermes Passig

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão (UTFPR). Diretor de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão (UTFPR).

Karina Querne de Carvalho

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão (UTFPR). Coordenadora do curso de Especialização em Gerenciamento e Auditoria Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão (UTFPR).

Endereço⁽¹⁾: BR 369 - km 0,5 – Campo Mourão - PR - CEP: 87301-006 - Brasil - Tel: (44) 3518-1400 - e-mail: porfrioeng@hotmail.com.

RESUMO

A captação de água da chuva vem sendo estudada para diversos usos não potáveis, tais como em vasos sanitários, máquina de lavar, irrigação de jardins, lavagem de carros, limpeza de pisos e em diversos processos industriais. No entanto para aproveitamento de água da chuva, é necessário realizar descarte das águas iniciais da chuva, para remoção de patógenos e elementos químicos, além da implantação de filtros para remoção de material particulado em suspensão. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água da chuva coletada em três instituições de ensino do município de Campo Mourão e o comportamento de um filtro lento descendente em escala de bancada na remoção de turbidez de água da chuva coletada. Para realização do trabalho foram feitas coletas de amostras de água da chuva na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão (ponto 1); Colégio Marechal Rondon (ponto 2) e Centro de Integração Lar Paraná (ponto 3). Foram realizadas caracterizações físico-químicas para determinação da temperatura, pH, alcalinidade a bicarbonato, ácidos voláteis, turbidez, condutividade, DQO, concentração de sólidos totais e de sólidos suspensos totais em amostras de água da chuva coletadas em diferentes intervalos de tempo: 0, 10, 30 e 60 minutos. Os resultados obtidos para a turbidez foram superiores em todos os pontos ao estabelecido de 2,0 UNT pela Portaria n.º 518/04 do Ministério da Saúde, principalmente nas amostras coletadas no bloco C (70 UNT) do ponto 1 (telhado cimento). Para tratamento da água desse ponto, foi confeccionado um filtro lento descendente em escala de bancada composto de areia, carvão e brita, operado durante 135 dias. A remoção da turbidez (57,3%), foi notada após o 14º dia de operação do filtro lento. No 85º dia, foi verificada colmatação do filtro com turbidez de 67,7 UNT. Após a lavagem do filtro com água em fluxo ascendente, foi possível observar eficiência de remoção da turbidez ($\approx 30\%$) do filtro do 103º até o 118º dia. A média da turbidez após passagem da água pelo filtro lento foi de $29,0 \pm 17,9$ UNT, ou seja, superior ao limite estabelecido na Portaria n.º 518/04 do Ministério da Saúde.

PALAVRAS-CHAVE: Água de chuva, Filtro- lento, Caracterização, Turbidez, Schmutzdecke.

INTRODUÇÃO

A concentração da população no meio urbano e seu desenvolvimento industrial acarretam na maior impermeabilização do solo, problemas sócio - ambientais, promoção de enchentes em grandes cidades que em sua maioria possuem estruturas urbanas que não foram dimensionadas para suportar elevadas vazões (CARDOSO, 2009).

No Brasil, a disponibilidade hídrica é elevada, no entanto há regiões mais populosas que geralmente possuem pouca água, bem como regiões com baixos índices populacionais que apresentam maior disponibilidade hídrica. Um exemplo disso é a Região Sudeste do Brasil que alcançou $0,36 \text{ m}^3$ per capita com potencial hídrico de 6% do total nacional e 43% do total de habitantes do país; enquanto que na região norte, que compreende a Bacia Amazônica, esse valor era de $0,19 \text{ m}^3$ per capita com potencial hídrico de 69% e apenas 8% da população brasileira (IBGE, 2000).

Uma das alternativas para minimizar essa situação é o uso da água de chuva em usos não potáveis (vasos sanitários, máquina de lavar, irrigação de jardins, lavagem de carros, limpeza de pisos, em processos industriais, dentre outros), já que para torná-la potável é necessário promover tratamento principalmente para remoção de patógenos e elementos químicos para atender os padrões estabelecidos na Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004). Os possíveis usos para a água de chuva estão relacionados à sua qualidade, a qual depende das condições de poluição atmosférica da região; do tipo, materiais e frequência de limpeza da superfície de captação, da calha e da tubulação que transportam a água até o reservatório e dos cuidados no manuseio e armazenamento da água (CARDOSO, 2009). Uma forma de atender os limites estabelecidos para os parâmetros físico-químicos e biológicos da água na Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) é a implantação de filtros como etapa subsequente do tratamento simplificado (SCHUJMAN, et. al, 2009).

Scherer e Fendrich (2003) ressaltaram que os edifícios escolares são uma fonte potencial para implantação de sistemas prediais de aproveitamento de água da chuva para usos não potáveis, pois geralmente apresentam grandes áreas de telhados e outras coberturas.

O sistema é constituído basicamente da captação da água de chuva nos telhados, seguido do seu transporte por calhas e tubulações, armazenamento em cisternas e tratamento por filtração.

A filtração é um processo de tratamento físico-químico e em alguns casos biológico, que retém partículas em suspensão e microrganismos presentes na água, mediante sua passagem por meio poroso (CIPRIANO, 2004). Seu meio poroso pode ser constituído de diversos materiais granulares, sendo a areia o material granular mais comum, seguida de antracito, areia granular e carvão ativado granular (CARDOSO, 2009).

Dentre a classificação dos filtros, destacam-se os filtros lentos e rápidos, diferenciados pela sua taxa de operação e pelo método de limpeza. No filtro lento, as baixas taxas de filtração ($3 \text{ a } 9 \text{ m}^3/\text{dia m}^2$) determinam um desempenho diferenciado dos filtros rápidos, cujo camada superficial do filtro é responsável por praticamente todo o mecanismo da filtração (MURTHA, 2003).

A filtração lenta destaca-se dentre as diversas tecnologias de tratamento de água por não requerer coagulação química, além de ser um sistema simples e econômico com relação à construção, operação e manutenção, sendo, portanto, indicada para locais que não possuam mão de obra especializada (DI BERNARDO et al., 1999). Segundo Baird (2002), a filtração com carvão ativado como meio filtrante é útil na purificação da água e, em baixas concentrações, elimina a presença de moléculas orgânicas pequenas, remove impurezas da água e melhora sabor, cor e odor. O filtro lento de areia tem como vantagens facilidade operacional, baixos custos de implantação e operação e grande eficiência na remoção dos sólidos e organismos patogênicos (PATERNIANI E ROSTON, 2003).

Paterniani e Conceição (2002) operaram um pré-filtro e um filtro lento de areia com taxas de filtração de 2,0 e $4,0 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ no Campo Experimental da Faculdade de Agronomia do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal – SP. Os autores verificaram turbidez, cor aparente e coliformes totais da água tratada de 0,71 UNT, 21 mg/L e 6833 NMP/100 mL, respectivamente, pelo filtro lento com taxa de $2,0 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e de 2,30 mg/L, 43 mg/L e 1100 NMP/100 mL, respectivamente, pelo filtro lento com taxa de $4,0 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$. Os autores notaram eficiências de remoção de turbidez, cor aparente e coliformes totais iguais ou superiores a 90%. Os filtros lentos apresentaram eficiência na remoção de coliformes totais de 99,9%.

No início da filtração lenta, o efluente possui qualidade insatisfatória durante determinado tempo (BASTOS, 2007). Nesse sistema, a melhora da qualidade da água é notada após a formação da camada de Schmutzdecke (REIS et al., 2006). A camada de Schmutzdecke é uma camada heterogênea que consiste de bactérias, algas, protozoários, invertebrados e detritos, além de precipitados de ferro e manganês, quando esses metais estão presentes na água do efluente (DI BERNARDO, 1993; PERALTA, 2005).

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a qualidade da água da chuva coletada em três instituições de ensino do município de Campo Mourão e o comportamento de um filtro lento descendente em escala de bancada na remoção da maior turbidez da água da chuva coletada nessas instituições. Para isso foram realizadas caracterizações qualitativas das amostras de água da chuva coletadas em um *campus* universitário e em dois colégios de ensino fundamental e médio. Além disso, foram realizados levantamento das séries históricas dos dados pluviométricos para quantificar a água da chuva; estimativa da produção de água da chuva para dimensionar o volume de um reservatório de armazenamento da água da chuva e estimativa do consumo de água potável para analisar se as demandas não potáveis poderiam suprir as demandas potáveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram feitas caracterizações físico-químicas de amostras de água da chuva coletadas diretamente das calhas dos telhados do bloco A, bloco C, ginásio e da precipitação livre da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão (ponto 1); da precipitação livre, corredor, ginásio e cisterna do Colégio Estadual Marechal Rondon (ponto 2) e da precipitação livre, quiosque, ginásio e blocos de sala de aula do Centro de Integração Lar Paraná (ponto 3) em diferentes intervalos de tempo: 0, 10, 30 e 60 minutos.

As áreas dos telhados dos pontos foram identificadas e calculadas para verificação das melhores superfícies de captação de água da chuva e cálculos do volume de água de lavagem dos telhados. Além disso, foi determinada a estimativa da produção da água da chuva captada nos locais em estudo pelo Método Racional.

No Método Racional, foi adotado coeficiente de escoamento de 0,9 que de acordo com Tomaz (2003) varia de 0,8 a 0,9 para telhados de fibrocimento, cimento, metálico e cerâmico. Segundo May (2004), o escoamento acontece imediatamente em coberturas impermeáveis e após a saturação da superfície em coberturas permeáveis, apresentando índices variados.

A quantificação de água da chuva foi feita com base nas médias mensais dos dados pluviométricos do período de 1977 a 2007 cedidos pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) durante o período de estudo. A série histórica de dados pluviométricos corresponde à estação meteorológica 02452018 (CÓDIGO ANEEL), localizada no município de Campo Mourão, no estado do Paraná. A estação meteorológica possui as coordenadas 24° 03' 00" de latitude e 52° 22' 00" de longitude.

A estimativa das demandas não potáveis contemplou usos internos e externos nas instituições. Nas demandas internas foram considerados: uso de 52 vasos sanitários e 12 mictórios nos blocos A, C, E e F e o ginásio no ponto 1, uso de 13 vasos sanitários e 8 mictórios nos pavilhões 1, 2, 3 e 4, biblioteca, ginásio, refeitório e pátio no ponto 2; uso de 8 bacias sanitárias do ginásio, sala dos professores e banheiros no ponto 3. Nas demandas externas foram contempladas: lavagens do pavimento impermeabilizado de 847,64 m² no ponto 1; lavagens do pavimento impermeabilizado de 820 m² no ponto 2; lavagens do pavimento impermeabilizado de 495 m² no ponto 3. Em função dessas estimativas foi calculado o volume do reservatório de acumulação de água, considerando o produto do somatório das demandas não potáveis pelo maior número de dias sem chuva (PHILIPPI et al., 2006).

As amostras de água da chuva, foram coletadas em recipientes plásticos de volume de 2 L, mantidos em refrigeração a 4 °C para conservação durante as determinações físico-químicas. As coletas das amostras de água da chuva da precipitação livre foram feitas em recipiente plástico de volume de 25 L para possibilitar melhor coleta da água da chuva nesse ponto. Após a coleta, esse recipientes eram encaminhados para o laboratório de Saneamento da UTFPR para determinação da temperatura, pH, turbidez, condutividade elétrica, Demanda Química de Oxigênio (DQO em amostras brutas e filtradas), concentração de sólidos totais e de sólidos suspensos totais de acordo com metodologias estabelecidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* da American Public Health Association (EATON et al., 2005). Alcalinidade total e

concentração de ácidos voláteis foram determinados segundo metodologia proposta por Dillalo e Albertson (1961) e Ripley (1986), respectivamente. Todas as análises foram realizadas em duplicata.

Além disso, foi confeccionado e operado um filtro lento em escala de bancada no Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão, para avaliar a eficiência de remoção de turbidez da água da chuva coletada no ponto 1 que apresentou turbidez de 70 UNT.

O filtro lento de fluxo descendente foi confeccionado em PVC com 10 cm de diâmetro e 50 cm de altura, com volume total de 25 L e meio filtrante composto por uma camada de areia, seguida de uma camada de carvão e de uma camada de brita. O filtro era alimentado continuamente com água sintética simulando água da chuva coletada no bloco C do ponto 1. O monitoramento diário da turbidez em amostras do afluente e efluente do filtro foi realizado durante 135 d. O sistema de armazenamento e tratamento da água da chuva era composto por um reservatório plástico de 220 L, preenchido diariamente e lavado semanalmente para remoção de partículas em suspensão, uma bomba dosadora tipo pistão da marca Prominente Concept com vazão de 3 L/h e taxa de filtração de aproximadamente $3,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$.

Com os valores obtidos, foi possível apresentar as variâncias entre os locais e pontos de coletas para avaliação da diferença da qualidade de água de chuva entre as coberturas distintas do município e a eficiência do filtro lento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As maiores superfícies de coleta de água da chuva foram os blocos A (1298 m^2), C, E e F (832 m^2 cada) e o ginásio (3893 m^2), totalizando área de 7687 m^2 no ponto 1; telhados dos pavilhões 1, 2, 3 e 4 (479 m^2 cada), biblioteca (250 m^2), ginásio (1750 m^2), refeitório (1090 m^2) e pátio ($494,8 \text{ m}^2$), totalizando área de 5504 m^2 no ponto 2; ginásio (800 m^2), sala dos maiores ($241,8 \text{ m}^2$), consultório ($14,82 \text{ m}^2$), quiosque ($34,20 \text{ m}^2$), sala de professores ($52,38 \text{ m}^2$), lavanderia ($33,21 \text{ m}^2$), sala dos menores, pátio e banheiros ($313,09 \text{ m}^2$), corredor ($26,1 \text{ m}^2$), sala dos bebês e refeitório ($352,08 \text{ m}^2$), totalizando área de 1835 m^2 no ponto 3.

De acordo com os dados cedidos pela SUDERHSA, os meses que indicaram menor precipitação correspondem a julho e agosto, com médias mensais de $75 \pm 50 \text{ mm}$ e $67 \pm 62 \text{ mm}$, respectivamente. Os meses de janeiro e dezembro apresentaram as maiores precipitações pluviométricas com $202 \pm 101 \text{ mm}$ e $177 \pm 78 \text{ mm}$, respectivamente. A média anual da série histórica de 30 anos resultou em $136 \pm 84 \text{ mm}$. As médias mensais da precipitação na estação meteorológica de Campo Mourão são apresentadas na Figura 1.

Os volumes mensais mínimos, máximos e médios ($\text{m}^3/\text{mês}$) de água da chuva que podem ser coletados variam de 0 m^3 no mês de agosto a 3052 m^3 no mês de abril. Observou-se ainda que aproximadamente $942 \pm 745 \text{ m}^3/\text{mês}$ de água da chuva pode ser utilizado para suprir demandas não potáveis nos locais em estudo.

As demandas internas não potáveis resultaram em 632 m^3 , considerando 1167 usuários no ponto 1; 569 m^3 , considerando 1356 usuários no ponto 2 e 85 m^3 , considerando 215 usuários no ponto 3, sendo que os usuários utilizam 5,5 L de água por descarga, duas descargas por dia e perdas de água de 10% por vazamentos. Os volumes médio mensais obtidos com o cálculo das demandas externas não potáveis resultaram em 2 m^3 , considerando duas lavagens por mês dos pátios, com consumo de aproximadamente 2 L de água por m^2 de área lavada, para volume médio total de 634 m^3 , 518 m^3 e 1 m^3 nos pontos 1, 2 e 3, respectivamente.

O volume médio mensal de água calculado para o descarte da água de lavagem do telhado resultou em 231 m^3 para a área de cobertura de 7687 m^2 no ponto 1, 165 m^3 para área de cobertura de aproximadamente 5504 m^2 no ponto 2 e 55 m^3 para área de cobertura de aproximadamente 1835 m^2 no ponto 3.

Os volumes dos reservatórios de acumulação de água resultaram em 211 m^3 , 173 m^3 e 29 m^3 , considerando 10 dias como o maior número de dias sem chuva na região, para os pontos 1, 2 e 3, respectivamente.

Um resumo dos resultados obtidos na caracterização físico-química das amostras de água da chuva nos pontos 1, 2 e 3 são apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 1: Resumo dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de coleta das amostras de água da chuva no ponto1.

	Precipitação Livre				Bloco A				Bloco C				Ginásio			
Parâmetros	x	DP	Máx	Mín	x	DP	Máx	Mín	x	DP	Máx	Mín	x	DP	Máx	Mín
Temperatura (°C)	21,8	1,3	24,0	19,5	23,8	1,9	26,5	20,0	24,9	1,6	27,0	20,0	24,6	1,6	27,5	21,0
pH	5,5	0,6	6,5	4,6	6,9	0,8	7,8	5,0	7,5	0,3	7,9	7,0	7,2	0,3	7,6	6,9
Condutividade (mS/cm ²)	18,0	4,1	24,2	13,3	18,3	15,6	56,9	4,0	34,5	48,2	215,0	6,7	24,5	22,0	78,6	5,1
Turbidez (UNT)	16,3	2,4	19,6	11,7	27,4	27,5	82,0	7,3	70,8	32,2	145,6	30,1	39,0	14,5	76,3	18,6
Alcalinidade a bicarbonato (mgCaCO ₃ /L)	2,7	0,6	8,1	3,9	5,3	4,4	23,5	2,1	14,6	17,5	100,1	5,4	8,6	6,7	32,0	3,2
Ácidos Voláteis (mgHAc/L)	3,3	0,3	3,9	3,1	6,7	0,6	8,0	5,9	7,2	0,3	7,8	6,6	6,6	0,6	7,9	5,6
DQO bruta (mg/L)	4,3	7,0	18,1	0,0	11,0	18,2	72,3	0,0	14,9	18,8	68,4	0,0	14,2	13,7	49,1	0,0
DQO filtrada (mg/L)	<10,0	-	-	-	<10,0	-	-	-	<10,0	-	-	-	<10,0	-	-	-
Sólidos Totais (mg/L)	45,0	20,1	74,0	8,0	52,0	25,5	128,0	14,0	172,0	207,2	666,0	20,0	97,4	94,0	360,0	14,0
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	17,7	10,4	32,0	4,0	28,2	15,8	62,0	4,0	82,9	77,8	246,0	2,0	26,7	16,7	58,0	6,0
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	27,3	16,4	54,0	4,0	23,8	19,1	66,0	4,0	89,1	134,9	420,0	0,0	60,7	90,0	320,0	0,0
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	3,5	1,0	6,0	3,0	6,9	6,4	22,0	4,0	10,9	18,0	70,0	10,0	10,8	17,8	48,0	4,0
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	1,0	0,4	1,5	0,2	0,9	0,5	1,8	2,0	2,1	1,4	4,2	0,4	1,9	1,4	4,2	0,2
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	2,5	0,5	3,2	2,0	6,0	3,5	12,0	2,0	8,8	10,4	34,0	2,0	8,9	8,3	30,2	2,0

x: média aritmética; DP: desvio padrão; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

Tabela 2: Resumo dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de coleta das amostras de água da chuva para o ponto 2.

	Precipitação Livre				Corredor				Cisterna				Ginásio			
Parâmetros	x	DP	Máx	Mín	x	DP	Máx	Mín	x	DP	Máx	Mín	x	DP	Máx	Mín
Temperatura (°C)	21,4	1,4	19,5	22,7	21,1	0,7	21,9	20,2	22,4	1,0	23,6	21,2	21,4	1,1	22,3	19,8
pH	6,6	0,3	6,3	6,9	7,3	0,1	7,4	7,1	7,0	0,1	7,1	6,9	6,5	0,3	6,8	6,1
Turbidez (UNT)	18,8	8,5	30,6	10,2	15,5	3,3	20,3	12,2	17,1	4,3	20,6	10,8	12,4	4,3	18,4	8,4
Condutividade (\square S/cm ² \square)	20,6	9,7	32,1	24,4	45,3	5,8	53,4	41,4	25,3	2,2	26,8	22,1	16,6	4,1	20,2	11,2
Alcalinidade a bicarbonato (mgCaCO ₃ /L)	4,6	0,3	4,9	4,3	7,5	1,5	9,6	6,0	5,7	0,5	6,3	5,1	3,8	0,9	5,1	2,9
Ácidos Voláteis (mgHAc/L)	24,2	1,4	31,9	28,4	35,6	2,2	37,6	32,7	31,5	4,7	34,6	24,6	36,5	4,4	41,4	30,8
DQO bruta (mg/L)	<10,0	12,8	7,7	0,0	2,3	15,0	21,3	0,0	34,1	53,5	110,5	0,0	<10,0	21,7	27,6	0,0
DQO filtrada (mg/L)	<10,0	-	-	-	<10,0	-	-	-	<10,0	-	-	-	<10,0	-	-	-
Sólidos Totais (mg/L)	39,7	15,4	57,6	22,5	70,0	9,4	81,6	58,8	52,1	4,7	56,8	46,8	26,0	4,9	31,2	18,4
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	22,1	14,6	40,4	5,2	35,1	4,7	39,6	30,5	29,9	4,6	34,8	25,5	15,0	7,4	24,4	8,0
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	17,6	9,9	27,2	4,0	34,9	13,3	50,0	20,0	22,2	6,9	30,4	14,0	19,8	1,7	22,4	18,8
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	10,9	6,8	19,3	3,0	17,9	7,3	27,43	10,0	16,5	11,6	31,3	3,12	9,7	5,4	15,9	3,5
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	6,7	4,3	10,9	1,6	10,7	5,0	14,9	3,4	5,2	4,9	12,3	1,5	3,3	2,1	5,6	1,3
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	4,2	4,1	9,87	1,2	7,2	3,8	12,6	3,0	11,3	6,9	19,0	3,9	6,3	3,6	10,3	1,6

x: média aritmética; DP: desvio padrão; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

Tabela 3: Resumo dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de coleta das amostras de água da chuva para o ponto 3.

	Precipitação Livre				Corredor				Telhado Cerâmico				Ginásio			
Parâmetros	x	DP	Máx	Mín	x	DP	Máx	Mín	x	DP	Máx	Mín	x	DP	Máx	Mín
Temperatura (°C)	21,3	0,14	21,4	21,2	21,05	0,07	21,10	21,0	22,0	-	22,0	22,0	24,0	-	24,0	24,0
pH	6,9	0,42	7,2	6,6	6,8	0,5	6,8	6,1	5,1	-	5,1	5,1	6,1	-	6,1	6,1
Turbidez (UNT)	16,1	3,82	18,8	13,4	24,6	12,9	33,7	12,2	33,1	-	33,1	33,1	14,2	-	14,2	14,2
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)	26,95	8,98	33,3	20,6	57,5	17,3	69,8	41,4	95,3	-	95,3	95,3	17,4	-	17,4	17,4
Alcalinidade a bicarbonato (mgCaCO_3/L)	6,95	3,32	9,3	4,6	7,0	1,2	7,8	6,0	7,6	-	7,6	7,6	4,5	-	4,5	4,5
Ácidos Voláteis (mgHAc/L)	23,1	1,41	24,1	22,1	24,4	1,5	25,5	23,4	25,7	-	25,7	25,7	23,0	-	23,0	23,0
DQO bruta (mg/L)	<10,0	-	-	-	48,0	9,0	54,4	0,0	64,8	-	64,8	64,8	3,4	-	3,4	3,4
DQO filtrada (mg/L)	<10,0	-	-	-	<10,0	-	-	-	<10,0	-	-	-	<10,0	-	-	-
Sólidos Totais (mg/L)	36,15	5,02	39,7	32,6	68,6	2,5	70,0	58,8	66,3	-	66,3	66,3	25,1	-	25,1	25,1
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	20,7	1,98	22,1	19,3	38,6	5,0	42,1	30,5	39,9	-	39,9	39,9	19,3	-	19,3	19,3
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	17,7	0,14	17,8	17,6	39,3	6,2	43,6	20,0	23,2	-	23,2	23,2	16,0	-	16,0	16,0
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	11,05	0,21	11,2	10,9	15,9	2,8	17,9	10,0	18,5	-	18,5	18,5	10,9	-	10,9	10,9
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	6,1	0,85	6,7	5,5	9,9	1,1	10,7	3,4	13,7	-	13,7	13,7	2,3	-	2,3	2,3
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	3,25	1,48	4,3	2,2	6,5	1,0	7,2	3,0	12,4	-	12,4	12,4	4,6	-	4,6	4,6

x: média aritmética; DP: desvio padrão; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

De acordo com os resultados obtidos, foi possível observar que houve variações da temperatura de 19,5 °C a 27,5 °C nos pontos 1, 2 e 3. As temperaturas médias da precipitação livre no município de Campo Mourão foram inferiores às reportadas por Pinheiro et al. (2005) de 25 °C para amostras de água da chuva coletadas no município de Blumenau, SC. As amostras de água da chuva que apresentaram maiores temperaturas foram às coletadas nos telhados de cimento do bloco C (24,9 °C), ginásio (24,6 °C) do ponto 1 e de alumínio do bloco A (23,8 °C) do ponto 1 e ginásio (24 °C) do ponto 3.

O pH das amostras coletadas da precipitação livre foram de 5,5 para o ponto 1, 6,6 para o ponto 2 e de 6,9 para o ponto 3. De acordo com Carvalho (2004), o pH da água da chuva é de aproximadamente 5,6 devido ao equilíbrio com a concentração de gás carbônico na atmosfera. As amostras coletadas na precipitação livre ($5,5 \pm 0,6$) e no telhado cerâmico ($5,1 \pm 0,0$) dos pontos 1 e 2 apresentaram valores de pH fora dos limites estabelecidos pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) de 6,0 a 9,5, respectivamente. Esses resultados podem ser caracterizados como água com caráter ácido por apresentarem valores de pH menores que 5,65 de acordo com a classificação apresentada por Di Bernardo et al. (2002). Vale ressaltar que o pH da água da chuva ser levemente ácido é considerado normal, pois mesmo em áreas sem a presença de coberturas, o pH é de aproximadamente 5,0 devido à presença de gases como dióxido de carbono (CO₂) e SO₄ (sulfeto) que ao reagirem com a água da chuva, formam ácidos e diminuem o pH (JAQUES, 2005).

Para as amostras de água de chuva coletadas na cisterna do ponto 2 foram observados valores de pH variáveis de 6,9 a 7,1 (média de $7,0 \pm 0,1$), respectivamente. Jaques (2005) observaram pH de 5,1 nas cisternas de um clube do município de Florianópolis, SC, ou seja, inferior àqueles verificados nas amostras de água de chuva coletadas no ponto 2 e ao valor estabelecido na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

A alcalinidade a bicarbonato das amostras coletadas no telhado de alumínio foram inferiores àqueles obtidos para as amostras do telhado de cimento, fibrocimento e cerâmico, provavelmente devido à composição do material desses telhados e à presença de resíduos. O bloco C (cimento) do ponto 1, foi o que apresentou maior valor para esse parâmetro com $14,6 \pm \text{mgCaCO}_3/\text{L}$. Menor alcalinidade foi verificada no ginásio (metálico) do ponto 2 de $3,8 \pm 0,9 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$. Apesar de não haver citação desse parâmetro na Portaria 518/2004 (BRASIL, 2004), NBR nº 12216/1989 (ABNT, 1989), NBR nº 13.969/97 (ABNT, 1997) e NBR nº 15.527/2007 (ABNT, 2007), é importante em estudos relacionados à corrosividade da água, assim como nos casos em que se prevê um tratamento posterior da água por meio de coagulação química (CARDOSO, 2009).

As concentrações de ácidos voláteis obtidas nas diferentes amostras coletadas variaram de $3,3 \pm 0,3 \text{ mgHAc/L}$ para $36,5 \pm 4,4 \text{ mgHAc/L}$. O ponto 1 apresentou concentrações inferiores a 8,0 mg/L em todas as amostras em relação aos demais pontos. A sazonalidade pode estar relacionada a esses resultados, considerando que o volume de água da chuva pode ter alterado a concentração de ácidos, ocorrendo maior diluição dos mesmos.

Nas amostras de água de chuva coletadas na precipitação livre, a concentração de matéria orgânica (em DQO) resultou em valores inferiores a 10 mg/L. Vaccari et al. (2005) obtiveram DQO superior a $10,1 \pm 9,3 \text{ mg/L}$ para amostras coletadas na precipitação livre no município de Vitória, ES. A DQO resultou em valores inferiores a 10 mg/L nas amostras de água de chuva coletadas nos telhados de fibrocimento do ponto 2 e ponto 3, respectivamente, inferior a registrada por Jaques (2005) de $35,9 \pm 25,8 \text{ mg/L}$ para telhado de fibrocimento em Florianópolis, SC. A DQO média das amostras coletadas na cisterna do ponto 2 foi $34,1 \pm 53,5 \text{ mg/L}$, provavelmente devido ao acúmulo de material depositado no interior da cisterna, que não passou por manutenção ou limpeza.

As concentrações de matéria orgânica em termos de DQO filtrada das amostras da água de chuva coletadas em todos os pontos resultaram inferiores a 10 mg/L.

A turbidez das amostras coletadas nos telhados de cimento foi de 70,8 UNT (bloco C do ponto 1) e 39,0 UNT (ginásio do ponto 1). Esses valores foram superiores àqueles verificados nos telhados metálicos de 27,4 UNT (bloco A do ponto 1), 12,4 UNT (ginásio do ponto 2) e 14,4 UNT (ginásio do ponto 2). As amostras coletadas no telhado cerâmico (quiosque ponto 3) apresentaram turbidez de 33,1 UNT. A turbidez mínima foi de 7,3 UNT verificada nas amostras coletadas no telhado metálico bloco A do ponto 1.

A turbidez verificada nas amostras de água da chuva coletadas de $17,1 \pm 4,3 \text{ UNT}$ na cisterna do ponto 2 foi superior a turbidez média de $4,7 \pm 1,94 \text{ UNT}$ reportada por Jaques (2005) nas cisternas de um clube no município de Florianópolis, SC.

Foi possível notar que a turbidez das amostras coletadas resultou superior aos limites estabelecidos de 5,0 UNT pela NBR nº 15.527/2007 (ABNT, 2007) e a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004). Os valores médios de turbidez para as amostras de água da chuva da precipitação livre em todos os locais, foram superiores àqueles obtidos por Pinheiro et al. (2005) para Blumenau e Gonçalves et al. (2006) para Florianópolis de 1,8 UNT e 0,9 UNT, respectivamente. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de que os pontos escolhidos para coleta de água da chuva da precipitação livre, estarem em lugares com poluição veicular ou ainda, próximos de áreas com atividades agrícolas e da construção civil, apresentando poluentes que possam ter influenciado na qualidade das amostras de água da chuva coletadas.

Os valores de condutividade obtidos para os pontos 1 e 2 foram de $18,0 \pm 4,1 \mu\text{S}/\text{cm}^2$, $20,6 \pm 9,7 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ e $26,95 \pm 8,98 \mu\text{S}/\text{cm}^2$, respectivamente. Os valores obtidos nos pontos 1 e 2 foram similares àqueles reportados por Jaques (2005) de 10 a $23 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ para as amostras de água de chuva que não escoaram por telhados. Nas amostras coletadas na cisterna do ponto 2, os valores condutividade variaram de $22,1 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ a $26,8 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ (média de $25,3 \pm 2,2 \mu\text{S}/\text{cm}^2$). Esses valores foram inferiores aos reportados por Jaques (2005) de $29,70 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ para amostras coletadas nas cisternas no estudo desenvolvido por esse autor.

As maiores concentrações de ST para as amostras de água da chuva foram verificadas nos telhados de cimento do bloco C $172,0 \pm 207,2 \text{ mg/L}$ e ginásio $97,4 \pm 94,0 \text{ mg/L}$ do ponto 1; seguidas das amostras coletadas no telhado cerâmico do quiosque do ponto 3 $66,3 \pm 0 \text{ mg/L}$ e nos telhados de fibrocimento dos corredores do ponto 2 $70,0 \pm 9,4 \text{ mg/L}$ e ponto 3, $68,6 \pm 2,5 \text{ mg/L}$. As concentrações médias de ST da precipitação livre resultaram em $45,0 \pm 20,1 \text{ mg/L}$, $39,7 \pm 15,4 \text{ mg/L}$ e $36,15 \pm 5,02 \text{ mg/L}$ no ponto 1, 2 e 3, respectivamente. Bastos et al. (2005) verificaram concentração de sólidos totais de $47,3 \pm 0,3 \text{ mg/L}$ no município de Vitória, ES.

Os resultados do monitoramento do filtro lento de areia são apresentados na Figura 2, podendo ser notado que não houve remoção de turbidez até o 13º dia da partida do filtro, sendo essa similar e igual a 56,1 UNT nas amostras do afluente e efluente.

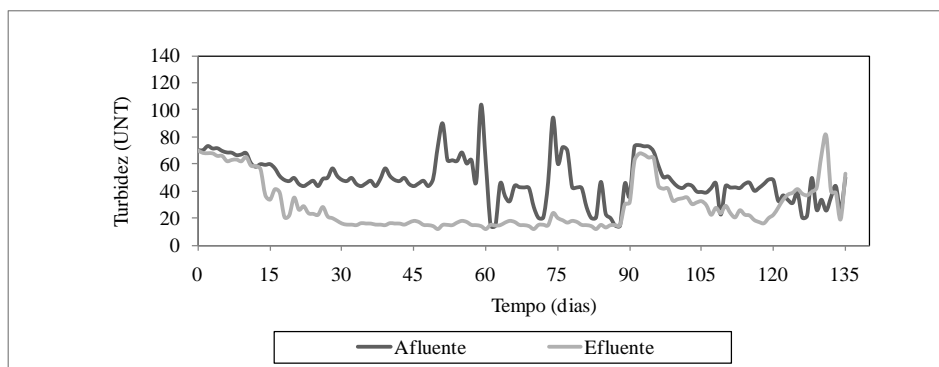


Figura 2. Monitoramento da turbidez em amostras do afluente e efluente do filtro lento

A partir do 14º dia de operação do filtro, é possível verificar início da remoção da turbidez de 36,8 UNT para 15,7 UNT até o 30º dia de operação (57,3%), provavelmente devido à formação da camada de Schmutzdecke no meio filtrante.

Aguila e Di Bernardo (2003) destacaram que esta condição não é medida, mas é função do número de semanas de operação do filtro para determinadas condições do afluente. Quando um filtro é colocado em operação pela primeira vez, os organismos responsáveis pela remoção de bactérias e turbidez ainda não estão presentes. As duas ou três primeiras semanas de operação do filtro são consideradas período de amadurecimento, ou seja, quando a camada de Schmutzdecke está sendo desenvolvida juntamente com o crescimento biológico e na camada suporte (BASTOS, 2007).

A estabilidade na remoção da turbidez foi apresentada a partir do 30º dia de operação de $15,7 \pm 2,0 \text{ UNT}$, independentemente das variações desse parâmetro nas amostras do afluente. Esse comportamento foi mantido até o 85º dia de operação, quando houve aumento da turbidez de 12,8 UNT para 67,7 UNT nas amostras do efluente do filtro. Isso pode ter ocorrido devido à colmatação do meio filtrante pelo acúmulo de impurezas

durante a operação do filtro. Esses valores foram superiores aos reportados por Bastos (2007) de 2,0 UNT, no município de Vitória, ES, com eficiência de turbidez de 95%.

Com a saturação do filtro, foi realizada sua lavagem com água em fluxo ascendente para retirada do excesso dos sólidos. Após a lavagem no 90º dia de operação, foi possível observar a recuperação gradativa da eficiência de remoção da turbidez do filtro a partir do 103º dia, se mantendo até o 118º dia.

A carreira de filtração foi inferior a anterior com aproximadamente 15 dias. Esse fato pode ser atribuído ao procedimento incorreto de lavagem do filtro ou ao tempo insuficiente para compactação do meio filtrante após a lavagem. A turbidez máxima atingida nessa segunda etapa foi no 131º dia de 81,2 UNT, sendo necessária uma nova lavagem do filtro.

Marnoto et al. (2008) avaliaram a retrolavagem como método de limpeza em dois filtros lentos no Laboratório de Águas da Lagoa do Peri, localizado na estação de tratamento de águas da Companhia de Águas Santa Catarinenses (CASAN), Florianópolis, SC. A retrolavagem era feita sempre que a perda de carga no meio filtrante atingia proximadamente 75 cm. Cada um dos filtros era lavado durante 2 min com água filtrada e sem adição de qualquer produto. Os autores verificaram que os filtros apresentaram eficiência de remoção de turbidez de 67% após a retrolavagem.

CONCLUSÕES

O valor médio da turbidez das amostras do efluente do filtro lento foi de $29,0 \pm 17,9$ UNT, ou seja, superior a 2,0 UNT estabelecido na Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) para águas tratadas por filtros lentos.

Os resultados obtidos nas caracterizações das amostras de água da chuva coletadas nos pontos 1, 2 e 3 demonstraram que a mesma pode ser utilizada para fins não potáveis.

Considerou-se a área utilizada de 7687 m² no ponto 1, 5504 m² no ponto 2 e 1835 m² no ponto 3.

A média anual da precipitação foi de 136 ± 84 mm e o volume médio mensal obtido com o cálculo das demandas internas não potáveis resultou em 632 m³, 569 m³, e 85 m³, para os pontos 1, 2 e 3 respectivamente. Os volumes médios totais mensais resultaram em 634 m³, 518 m³ e 1 m³ para os pontos 1, 2 e 3, respectivamente.

Os volumes dos reservatórios de acumulação de água resultaram em 211 m³, 173 m³ e 29 m³ para os pontos 1, 2 e 3, respectivamente.

A qualidade da água da chuva é influenciada pela superfície de captação, uma vez que houve aumento nos valores, como por exemplo da turbidez de $70,8 \pm 32,2$ UNT (bloco C do ponto 1). A turbidez das amostras coletadas resultaram superior aos limites estabelecidos de 5,0 UNT pela NBR nº 15.527/2007 (ABNT, 2007) e pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

A eficiência da remoção de turbidez foi de 57,3% até o filtro lento ter alcançado estabilidade no 30º dia de operação. Essa estabilidade se manteve até o 85º quando houve aumento da turbidez de 12,8 UNT para 67,7 UNT nas amostras do efluente do filtro.

Foi realizada lavagem do filtro com água em fluxo ascendente no 90º dia de operação, havendo recuperação a partir do 103º dia de operação do filtro, porém não atingiu a turbidez de 2,0 UNT determinada na Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) para águas tratadas por filtros lentos. No entanto nessa etapa, a carreira de filtração foi aproximadamente 15 dias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Msc. Marcelo Nunes de Jesús (técnico responsável) pelo apoio no desenvolvimento do trabalho no laboratório; a Fundação Araucária, a Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino

Superior (SETI) e ao Governo do Estado do Paraná pela concessão da bolsa de iniciação científica da Graduanda Maria Aparecida Silva Porfírio e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão pela infraestrutura disponibilizada para o desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUILA, N. K. S. del e DI BERNARDO, L. Organismos responsáveis pelo amadurecimento do filtro lento de areia precedida da pré-oxidação com ozônio ou peróxido de hidrogênio. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Ambiental, 22, 2003. Joinville - SC. Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária - ABES, 2003.
2. BAIRD, Colin. Química ambiental. 2.ed. Porto Alegre; Bookman, 2002. XII, 622p
3. BARCELLOS, B. R.; FELIZZATO, M. R. Aproveitamento das águas atmosféricas. In: congresso brasileiro de engenharia ambiental e sanitária, 23, 2005, Campo Grande. Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade? , Anais... Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária - ABES, 2005. CD-ROM. BASTOS, F. P. Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2007.
4. BRASIL. Agência Nacional de Águas. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos, 2001. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2001. 225 p. Disponível em: Acesso em: 27 de julho de 2010. <hidroweb.ana.gov.br/cd2/livro.doc >
5. BRASIL. Agência Nacional de Águas. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Conservação e Reuso da Água em Edificações 2005. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2005. 151 p. Disponível em: < http://www.ana.gov.br > Acesso em: 29 de julho de 2010.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 518: controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.
7. CARDOSO, M. P. Viabilidade do aproveitamento de água de chuva em zonas urbanas: Estudo de caso no município de Belo Horizonte – MG. 2009. 171 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2009.
8. CIPRIANO, R. F. P. Tratamento de águas de chuva escoadas sobre telhado e avaliação do seu uso. 2004. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004. MURTHA, N. A. Avaliação da influência de parâmetros de projeto e das características da água bruta no comportamento de filtros lentos de areia. Artigo Técnico. Ed Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 8, 2003.
9. CUNHA, G. R., SANTI A.; DALMAGO, PIRES G. A.; J. L. F.; e PASINATO, A.; Dinâmica do pH da água das chuvas em Passo Fundo, RS - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.44, n.4, p.339-346, abr. 2009.
10. DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de tratamento de Água - V. I e II. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil, 1993.
11. DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; FILHO, P. L. C. Ensaios de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. Ed. RiMa, São Carlos, 2002.
12. EATON, A.D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E.W.; GREENBERG, A. E. (Ed.). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation, 2005.
13. JAKUES, R. C. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. 2005. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
14. MARNOTO, M. J.; DALSASSO, R. L.; DUARTE, E. A.; SENS, M. L. A influência da expansão da areia durante a retrolavagem na qualidade de água para abastecimento produzida por filtros lentos. In: XXXI Congresso Interamericano AIDIS, 2008. Santiago, Chile
15. MARINOSKI, A. K. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis- SC. 2007. 108 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
16. MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

17. MELO, L. R. C.; NETO, C. O. A. Um amostrador automático simples para captação de água da chuva em seus diferentes estágios. In: Congresso Nacional De Engenharia Sanitária E Ambiental, 2007. Anais... Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 1997.
18. PATERNIANI, J. E. S.; ROSTON, D. M. Tecnologias para tratamento e reuso da água no meio rural. Água, Agricultura e Meio Ambiente no Estado de São Paulo – Avanços e Desafios. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 2003 COSTA, E. R. H. Metodologia para o uso combinado de polímeros naturais como auxiliares de coagulação. XVII CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. 1993. Anais. Natal RN, 1993.
19. PATERNIANI, J.E. S. ; CONCEIÇÃO, C. H. Z. Eficiência da pré-filtração e filtração lenta no tratamento de água para pequenas comunidades, Eng.ambient., Espírito Santo do Pinhal, 2004.
20. PERALTA, C. C., BASTOS, F. P. Remoção do indicador *Clostridium perfringens* e de oocisto de *cryptosporidium* por meio da filtração lenta – Avaliação em escala piloto. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília, 2005.
21. PINHEIRO, A.; VALLE, J. A. B.; TORDO, O. C.; MINATTI, G. Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande, Anais...Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 2005. CD-ROM.
22. PONZO-VACCARI, K.; REBOUÇAS, T. C.; BOLSONI, P.; BASTOS, F.; GONÇALVES, R. F. Caracterização da água de chuva para o seu aproveitamento em edificações como fonte alternativa de água para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES). In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande, **Anais...** Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 2005. CDROM.
23. SCHERER, F. A.; FENDRICH, R. Aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis em edifícios escolares. Revista PHILIPPI, L. S.; VACCARI, K. P.; PETERS, M. R.; GONÇALVES, R. F. Aproveitamento de água de chuva. In: Ricardo Franci Gonçalves. (Coord.). Uso racional da água de chuva em edificações. 1. ed. Rio de Janeiro: Programa de Pesquisas em Saneamento Básico 4, 2006, v. 1, p. 73-152.
24. TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 1. ed. São Paulo: Navegar, 2003.