

II-139 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA DA CHUVA PARA APLICAÇÃO EM USOS NÃO POTÁVEIS**Adriana Neres de Lima⁽¹⁾**

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *campus* Campo Mourão. Mestranda em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE).

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⁾: Rodovia BR 369, km 0,5, caixa postal 271 – Campo Mourão - PR - CEP: 87301-006 - Brasil - Tel: (44) 3518-1400 - e-mail: adriilima@hotmail.com

RESUMO

A tendência global é buscar ações de conservação da água para garantir a sustentabilidade deste insumo natural por reuso de efluentes ou por aproveitamento de água da chuva. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de aproveitamento da água da chuva em usos não potáveis na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão. Para isso, foram realizadas caracterizações físico-químicas para determinação dos parâmetros temperatura, pH, alcalinidade a bicarbonato, ácidos voláteis, turbidez, condutividade, DQO, concentração de sólidos totais (ST) e de sólidos suspensos totais (SST) em amostras de água da chuva coletadas das calhas dos telhados do bloco A e C, ginásio e da precipitação livre em diferentes intervalos de tempo: 0, 10, 30 e 60 minutos. As caracterizações médias das amostras coletadas na precipitação livre e nas calhas dos telhados resultaram em: temperatura de $21,8 \pm 1,3$ °C e $24,4 \pm 0,6$ °C, pH de $5,5 \pm 0,6$ e $7,2 \pm 0,3$, turbidez de $18,0 \pm 4,1$ UNT e $25,7 \pm 8,2$ UNT, condutividade de $16,3 \pm 2,4$ $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ e $45,7 \pm 22,5$ $\mu\text{S}/\text{cm}^2$, alcalinidade a bicarbonato de $2,7 \pm 0,6$ mgCaCO_3/L e $9,5 \pm 4,7$ mgCaCO_3/L , ácidos voláteis de $3,3 \pm 0,3$ e $6,8 \pm 0,3$ mgHAc/L , DQO bruta de $4,3 \pm 7,0$ e $10,0 \pm 6,9$ mg/L , ST de $45,0 \pm 20,1$ mg/L e $107,1 \pm 60,5$ mg/L e SST de $3,5 \pm 1,0$ mg/L e $9,5 \pm 2,2$ mg/L , respectivamente. Os resultados obtidos com a análise de variância e o teste de Tukey indicaram que a turbidez e os SST influenciaram nos demais parâmetros. Após tratamento da água por filtração lenta, os valores obtidos para esses parâmetros atenderam aos limites estabelecidos pela Agência de Proteção Norte Americana (USEPA). As eficiências de remoção da filtração foram de 89,9%, 93,2%, 99% e 100% para turbidez, DQO, ST e SST, respectivamente. O estudo indicou ainda que a água da chuva coletada no *campus* pode ser utilizada para fins não potáveis em torneiras de jardins, limpeza de calçadas e descargas de vasos sanitários.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização físico-química, Filtração lenta, Reaproveitamento, Teste de Tukey.

INTRODUÇÃO

A crescente degradação dos recursos hídricos decorrente de ações antrópicas, o aumento da demanda por água em função do crescimento populacional e urbano e o desenvolvimento industrial e agrícola tem contribuído para a escassez de água com qualidade.

Diante disso, há necessidade de buscar novas tecnologias para reduzir o consumo de água potável, principalmente para fins não potáveis. Uma das alternativas que se têm apontado é o aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, reservando a água potável para aplicações mais nobres.

A coleta de água para fins não potáveis não requer grandes cuidados de purificação. Diversos autores têm desenvolvido estudos que indicam o aproveitamento de água da chuva para usos não potáveis em irrigação, reserva contra incêndios, espelhos de água, descargas sanitárias e construção civil.

A utilização de água da chuva contribui para redução do consumo de água da rede pública e conseqüentemente no custo do fornecimento, pois reduz o volume de produtos químicos usados no tratamento da água; evita utilização de água potável onde esta não é necessária; auxilia no abastecimento em diversas regiões que normalmente apresentam escassez de água; ajuda na contenção de enchentes, enxurradas e sobrecarga da rede de água pluvial pela diminuição das vazões e contribui para redução do volume de captação de mananciais.

Embora existam diversas pesquisas e programas de uso racional de água potável em edificações escolares ou universidades no Brasil, há poucos estudos reportados na literatura técnica sobre sistemas de aproveitamento de água da chuva nessas instituições de ensino que apresentam grandes áreas de telhado e de outras coberturas.

Dentro desse contexto, o objetivo desse trabalho foi estudar a viabilidade do aproveitamento de água da chuva para atender usos não potáveis na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão a fim de promover a conservação da água potável e do manancial subterrâneo que abastece o *campus*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Ensaio de caracterização da qualidade da água da chuva bruta e filtrada foram realizados por campanhas de coleta de amostras no período de setembro de 2008 a junho de 2009. Amostras de água da chuva foram coletadas diretamente das calhas dos telhados do bloco A, bloco C, ginásio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão, e da precipitação livre em diferentes intervalos de tempo: 0, 10, 30 e 60 minutos após o início da precipitação.

A partir de análise de variância e teste de Tukey da qualidade da água da chuva coletada no *campus*, foi escolhido o ponto de coleta que apresentou água com pior qualidade em relação para realizar a filtração. As filtrações foram feitas com papel filtro quantitativo JP 42 faixa azul, porosidade de 8 μm , diâmetro de 15 cm, velocidade de filtração de 1200 s, 80 g/m² para simular o processo de filtração lenta.

As análises para determinação dos parâmetros físico-químicos usados na caracterização das amostras de água da chuva bruta e filtrada foram: temperatura, pH, turbidez, condutividade, DQO bruta, concentração de sólidos totais (ST) e concentração de sólidos suspensos totais (SST) de acordo com as metodologias estabelecidas pelo *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 segundo metodologia proposta por Dillalo e Albertson (1961) e Ripley (1986), respectivamente. Todas as análises foram realizadas em duplicata.

RESULTADOS

Um resumo dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de caracterização da água da chuva bruta das amostras da precipitação livre e dos telhados dos blocos A e C e do ginásio no *campus* universitário é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Resumo dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de coleta das amostras de água da chuva para os diferentes pontos de coleta do campus Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Parâmetros	Precipitação Livre				Bloco A				Bloco C				Ginásio			
	x	DP	Máx	Mín	x	DP	Max	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
Turbidez (UNT)	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
Condutividade (mS/cm ²)	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 bicarb. (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)	< 10	0,0	< 10	< 10	11,0	18,2	72,3	< 10	14,9	18,8	68,4	< 10	14,2	13,7	49,1	< 10
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.

Os resultados obtidos na caracterização da água da chuva coletada no *campus* foram comparados aos valores dos parâmetros estabelecidos pela *Environmental Protection Agency* (USEPA, 1992) que contempla a água de reuso como classe 1 e com os valores reportados na NBR 15527/07 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2007). A turbidez das amostras coletadas nos blocos A ($18,3 \pm 15,6$ UNT), C ($34,4 \pm 48,2$ UNT), ginásio ($24,5 \pm 22,0$ UNT) e precipitação livre ($15,8 \pm 2,2$ UNT) foi superior ao valor limite estabelecido pela USEPA e pela NBR 15527/07 de $\leq 2,0$ UNT. Foram verificadas concentrações de SST de $6,9 \pm 6,4$ mg/L, $10,9 \pm 18,0$ mg/L, $10,8 \pm 17,8$ mg/L e $3,5 \pm 1,0$ mg/L, respectivamente, ou seja, superior ao limite de ≤ 5 mg/L reportado pela USEPA e pela NBR 15527/07. Os maiores valores para os parâmetros físico-químicos foram registrados nas amostras coletadas no bloco C que possui superfície de cimento e localização próxima a uma rodovia federal. O telhado do bloco C é caracterizado por possuir superfície rugosa com capacidade de acumular resíduos ali depositados que são carregados com a água da chuva no processo de lavagem dos telhados e conseqüentemente elevam os valores dos parâmetros analisados. Por outro lado, o telhado de alumínio não acumula grande quantidade de resíduo por possuir superfície lisa, o que pode ser notado nos resultados obtidos para as amostras de água da chuva coletadas no telhado do bloco A.

Os resultados experimentais obtidos com a determinação dos parâmetros físico-químicos durante a realização das campanhas de coleta de água da chuva da precipitação livre e dos telhados dos blocos A, C e do ginásio em função do tempo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resumo dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de coleta das amostras de água da chuva em função do tempo.

Parâmetros	Tempo (min)			
	0 (min)	10 (min)	30 (min)	60 (min)
Temperatura (°C)	$24,4 \pm 1,6$	$23,7 \pm 1,8$	$23,7 \pm 2,0$	$22,3 \pm 1,2$
pH	$6,8 \pm 0,7$	$6,7 \pm 1,1$	$6,6 \pm 1,1$	$6,7 \pm 1,3$
Turbidez (UNT)	$35,2 \pm 15,5$	$21,8 \pm 6,6$	$13,0 \pm 2,6$	$11,8 \pm 3,8$
Condutividade (mS/cm ²)	$50,7 \pm 34,0$	$38,1 \pm 18,5$	$26,1 \pm 16,5$	$23,8 \pm 14,9$
Alcalinidade a bicarbonato (mgCaCO ₃ /L)	$60,1 \pm 1,8$	$6,0 \pm 1,8$	$5,9 \pm 1,8$	$5,6 \pm 1,6$
Ácidos Voláteis (mgHAc/L)	$9,5 \pm 6,6$	$8,4 \pm 5,7$	$6,9 \pm 4,4$	$6,2 \pm 3,7$
DQO bruta (mg/L)	$21,4 \pm 8,3$	$10,7 \pm 8,3$	$<10,0$	$<10,0$
DQO Filtrada (mg/L)	$<10,0$	$<10,0$	$<10,0$	$<10,0$
Sólidos Totais (mg/L)	$123,7 \pm 77,0$	$66,1 \pm 99,1$	$85,3 \pm 53,0$	$63,0 \pm 32,1$
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	$42,7 \pm 29,6$	$36,9 \pm 29,5$	$47,5 \pm 44,9$	$28,4 \pm 20,9$
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	$81,0 \pm 68,1$	$29,2 \pm 16,2$	$37,8 \pm 10,6$	$34,6 \pm 17,0$
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	$12,2 \pm 17,7$	$5,8 \pm 10,8$	$5,2 \pm 11,0$	$4,7 \pm 7,8$
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	$1,7 \pm 0,9$	$1,9 \pm 0,8$	$1,1 \pm 0,7$	$0,9 \pm 0,6$
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	$10,5 \pm 6,7$	$3,9 \pm 2,8$	$4,1 \pm 3,3$	$3,8 \pm 1,4$

De maneira geral, observou-se diminuição dos valores obtidos para os parâmetros monitorados nos telhados em função do tempo, provavelmente devido a remoção dos resíduos sólidos depositados nessas superfícies pela ação do escoamento superficial resultante da precipitação. Também foi possível notar que os valores obtidos para todos os parâmetros analisados das amostras da precipitação livre foram inferiores aos valores verificados nas demais amostras, já que o primeiro ponto de coleta não tem influência do escoamento superficial. Após 10 minutos, há tendência de estabilização dos valores. Isso pode ter acontecido devido ao desentupimento das calhas dos blocos que ocorreu principalmente nesse ponto de coleta nos eventos de chuvas intensas.

Com aplicação da variância e do Teste de Tukey (CALLEGARI-JACQUES, 2003) nos resultados obtidos a partir da caracterização físico-química, pode-se verificar que as concentrações de ST, STF e STV interferiram na qualidade da água da chuva coletada no *campus*. Por apresentar a pior qualidade de água da chuva em termos físico-químicos, a água da chuva coletada no bloco C foi selecionada para filtração em papel filtro faixa azul que simula processo de filtração lenta.

Um resumo dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de caracterização de água da chuva bruta comparados com a água da chuva filtrada das amostras coletadas no bloco C é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Comparação dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de coleta das amostras de água da chuva bruta e filtrada do bloco C.

Parâmetros	Amostras de água da chuva do bloco C	
	Bruta	Filtrada
Temperatura (°C)	24,90 ± 1,60	21,00 ± 1,00
pH	7,50 ± 0,30	7,30 ± 0,20
Turbidez (UNT)	34,50 ± 48,20	1,92 ± 0,27
Condutividade (mS/cm ²)	70,8 ± 32,20	34,42 ± 3,48
Alcalinidade a bicarbonato (mgCaCO ₃ /L)	14,60 ± 17,50	6,25 ± 1,89
Ácidos Voláteis (mgHAc/L)	7,20 ± 0,30	14,50 ± 1,18
DQO (mg/L)	14,90 ± 18,80	≤ 10,00
Sólidos Totais (mg/L)	172,20 ± 207,20	1,00
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	82,90 ± 77,80	0,04
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	89,10 ± 134,90	0,03
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	10,9 ± 18,00	0,00
Sólidos Suspensos Voláteis(mg/L)	2,10 ± 1,40	0,00
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	8,80 ± 10,40	0,00

Foi verificada remoção média de turbidez de aproximadamente 90% nas amostras filtradas de 34,50 ± 48,20 UNT para 1,92 ± 0,27 UNT. Após a filtração das amostras, a turbidez resultou inferior ao limite estabelecido de ≤ 2,0 UNT pela USEPA e pela NBR 15527/07. A eficiência na remoção de DQO foi de aproximadamente 33%, com redução de 14,90 ± 18,80 mg/L para valores inferiores a 10 mg/L após a filtração. Foram observadas remoções de 99% nas concentrações de ST, STF e STV após a filtração em papel filtro quantitativo faixa azul. As amostras filtradas de água da chuva apresentaram concentrações de 1,00 mg/L, 0,04 mg/L e 0,03 mg/L para ST, STV e STF, respectivamente. Houve 100% de remoção na concentração de SST, SSF e SSV nas amostras filtradas de água da chuva.

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, foi possível concluir que há possibilidade de reaproveitamento da água da chuva em termos de qualidade se houver implantação de um sistema de tratamento adequado no *campus*. No tratamento da água da chuva coletada no *campus* foi utilizado processo que simula a operação de um filtro lento. Com a filtração em papel filtro, foi possível obter eficiências de 90%, 33%, 99% e 100% para turbidez, DQO, sólidos totais e sólidos suspensos, respectivamente. Os resultados obtidos alcançaram os padrões estabelecidos pela USEPA (1992) e na NBR 15527/07 para a concentração de sólidos totais e para a turbidez. A água da chuva coletada no *campus*, após tratamento adequado, pode ser utilizada em usos não potáveis como lavagem de pisos, descargas sanitárias e rega de jardins.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Msc. Marcelo Nunes de Jesús pelo apoio no laboratório de Saneamento; 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 Tecnóloga Adriana Neres de Lima e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão pela infraestrutura disponibilizada para o desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.527: requisitos para o aproveitamento de água de chuva, de coberturas em áreas urbanas, para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.
2. 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.
3. DILLALO, R.; ALBERTSON, O.E. Volatile acids by direct titration. Journal of Water Pollution Control Federation, New York, v. 33, n. 4, p. 356-365, apr. 1961.
4. CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística**: princípios e aplicações. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2003.
5. RIPLEY, L.E.; BOYLE, W.C.; CONVERSE, J.C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. **Journal Water Pollution Control Federation**, New York, v. 58, n. 5, p. 406-411, 1986.
6. UNITED STATES. Environmental Protection Agency - USEPA. Small community water and wastewater treatment: summary report nº 625/R-92/010. Washington: EPA, 1992.