

<http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.011615010>

Variação da qualidade da água de chuva com a precipitação: aplicação à cidade de Santa Maria - RS

Variation of rainwater quality with precipitation: application to Santa Maria city - RS

Sabrina Elicker Hagemann¹ e Maria do Carmo Cauduro Gastaldini²

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense, Passo Fundo, RS, Brasil

²Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

E-mails: eng.bina@gmail.com (SEH), mcarmocg@gmail.com (MCCG)

Recebido: Fevereiro 04, 2015 - Revisado: Setembro 10, 2015 - Aceito: Abril 07, 2016

RESUMO

Este trabalho avaliou a qualidade da água da chuva na cidade de Santa Maria - RS, a variação de alguns parâmetros durante a precipitação e os usos mais apropriados para a mesma em função dos padrões vigentes sobre aproveitamento de águas pluviais e de reúso. Amostras de água da chuva foram coletadas diretamente da atmosfera e de um telhado, a fim de analisar as alterações em sua qualidade após a passagem pela superfície de captação. Cada amostrador foi dividido em cinco compartimentos, para coletar e armazenar separadamente os cinco primeiros milímetros de chuva. As características de qualidade da água da chuva foram avaliadas através dos parâmetros: pH, condutividade elétrica, turbidez, DBO₅, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e Escherichia coli. Em alguns eventos foram analisados também: ferro, manganês, fosfato, amônia e nitrato. Observou-se que a qualidade da água da chuva é alterada após sua passagem pela área de captação. No estado bruto as águas pluviais têm potencial para ser utilizadas em fins não potáveis, recomendando-se o descarte de pelo menos 2 mm iniciais. Se for tratada a água de chuva adquire qualidade compatível com usos como descargas de bacias sanitárias e lavagem de veículos. O comportamento de alguns parâmetros mostrou-se sensível às variações nas características da precipitação, ocorrendo variação nos valores relacionados ao aumento ou diminuição na intensidade da precipitação.

Palavras-chave: Água de chuva; Qualidade da água; Aproveitamento.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the quality of rainwater in the city of Santa Maria - RS, to assess the variation of some parameters during precipitation, and to identify the most appropriate uses for rainwater depending on the current standards for the use of rainwater and reuse water. Rainwater samples were collected directly from the atmosphere and a roof in order to analyze the changes in quality after passing the catchment surface. Each sampler was divided into five compartments to collect and store separately the first five millimeters of rain. The quality characteristics of rainwater were assessed using the following parameters: pH, conductivity, turbidity, BOD₅, total solids, suspended solids, dissolved solids, and Escherichia coli. In some events iron, manganese, phosphate, ammonia and nitrate were also analyzed. It was observed that the quality of rainwater changed after its passage through the catchment. In raw state, rainwater can be used for non-potable purposes, it being recommended to discard at least the initial 2 mm. If treated, rainwater acquires a quality compatible with other uses, such as flushing toilets and washing vehicles. The behavior of some parameters was sensitive to changes in the precipitation characteristics, and there was a variation in the values related to the increase or decrease in the intensity of rainfall.

Keywords: Rainwater; Water quality; Collection.



INTRODUÇÃO

As águas pluviais se apresentam como uma das fontes alternativas mais estudadas atualmente para amenizar o problema da escassez de água. Muitas vezes, estas águas apresentam qualidade razoável para várias aplicações e podem ser destinadas principalmente a usos considerados não potáveis. Na definição dos usos mais apropriados para a água da chuva é importante o conhecimento de suas características qualitativas. De um modo geral, a qualidade da água da chuva é influenciada pelas condições atmosféricas locais e pela superfície por onde a água escoava antes de ser captada. As características da precipitação também podem influenciar a quantidade de impurezas carregadas pela água de chuva após a sua passagem por uma superfície de captação (SCHETS et al., 2010; TORRES et al., 2013; ZHANG et al., 2014). Além disso, o descarte de uma parcela inicial da água escoada pode influenciar as características da água restante a ser armazenada (GIKAS; TSIHRINTZIS, 2012; LEE; BAK; HAN, 2012; MENDEZ et al., 2011).

A definição de quais os usos mais adequados à água da chuva em função de suas características qualitativas baseia-se em normas que abordam o assunto. A NBR 15527/07 trata do aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, apresentando valores de referência para parâmetros de qualidade nos quais a água da chuva deve se enquadrar para ser utilizada. Antes da aprovação desta norma, os estudos que analisaram a qualidade da água da chuva compararam os resultados obtidos aos limites de outros documentos disponíveis, como as portarias do Ministério da Saúde sobre o padrão de potabilidade da água e o padrão para o consumo humano; a Resolução CONAMA Nº 357/05 (classificação dos corpos d'água) e a NBR 13969/97, que aborda os requisitos para reúso de efluentes domésticos tratados (ABNT, 1997, 2007).

Este trabalho buscou avaliar a qualidade da água de chuva antes e após sua passagem por uma superfície de captação na cidade de Santa Maria-RS, os usos a que poderia ser destinada de acordo com os requisitos das normas e resoluções e a variação das características qualitativas com a precipitação. Os benefícios gerados pelo aproveitamento das águas de chuva e as precipitações relativamente bem distribuídas durante o ano na região de Santa Maria tornam atrativa a utilização das águas pluviais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para analisar a qualidade da água da chuva na cidade de Santa Maria foram utilizadas duas formas de amostragem: a água da chuva coletada diretamente da atmosfera e após a passagem por uma superfície de captação. A amostragem da água coletada diretamente da atmosfera foi realizada com o uso de um amostrador semelhante ao proposto por Melo e Neto (2007) e o seu funcionamento consiste em coletar e armazenar separadamente os cinco primeiros milímetros de chuva. Para viabilizar a coleta foi utilizado um reservatório de fibra de vidro com uma abertura no fundo, para onde escoava a água interceptada, que é conduzida a cinco pequenos recipientes dispostos em série, confeccionados com um pedaço de tubo de PVC fechado em suas extremidades. Estes recipientes são providos de abertura com rosca, para possibilitar e facilitar a retirada das amostras e a limpeza, conforme é apresentado na Figura 1. As amostras coletadas deste dispositivo

foram denominadas de AD1, AD2, AD3, AD4 e AD5, conforme a ordem de coleta. Antes de cada evento de precipitação o amostrador era descoberto para possibilitar a coleta das amostras.

A amostragem da água coletada após a sua passagem por uma superfície de captação foi realizada em um dos prédios da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). A superfície de captação é um telhado de fibrocimento e o amostrador segue o mesmo princípio do anterior, sendo composto por 5 caixas de fibra de vidro dispostas em série. Na parte superior de cada caixa há uma tampa de inspeção, que permite a limpeza da mesma e a retirada da amostra de água em cada coleta. Foram previstos desníveis na tubulação que interliga as caixas para assegurar que as mesmas sejam preenchidas na sequência correta, conforme a Figura 2.

No amostrador que coleta a água da chuva dos telhados não foi previsto nem um tipo de tratamento e o cálculo do volume dos recipientes foi feito considerando que cada um armazenasse um milímetro de chuva, sendo necessário considerar no cálculo o tamanho da área de captação.

O amostrador que coleta água diretamente da atmosfera foi localizado próximo a RST 287, rodovia que liga Santa Maria a Porto Alegre e um dos acessos à Universidade Federal de Santa Maria, conforme é apresentado na Figura 3. O tráfego na RST 287 pode ser considerado o principal fator que altera a qualidade do ar na região, visto que a ocupação é predominantemente residencial. O amostrador que coleta a água após a passagem pela superfície de captação foi localizado no Campus da UFSM, cerca de 1 km distante do anterior. A localização dos amostradores levou em consideração fatores como a facilidade de acesso e segurança dos dispositivos de coleta. Os recipientes foram testados quanto à sequência de enchimento e quanto à estanqueidade. Antes de cada coleta todos os amostradores foram devidamente limpos para evitar possíveis alterações nas características da água coletada. As amostras coletadas deste dispositivo foram denominadas de UFSM1, UFSM 2, UFSM 3, UFSM 4 e UFSM 5, conforme a ordem de coleta.

Os parâmetros de qualidade da água analisados em todos os eventos foram: pH, turbidez, condutividade, DBO, sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais e *Escherichia coli*.



Figura 1. Amostrador de coleta de água de chuva da atmosfera.

Para alguns eventos, caracterizados por maiores volumes precipitados, maiores intensidades de precipitação e razoável período de tempo seco antecedente, foi realizada análise determinando também os seguintes parâmetros: ferro, manganês, fosfato, amônia e nitrato. Os resultados das análises foram comparados aos limites presentes na NBR 15527/07, na Portaria MS N° 2.914 (BRASIL, 2011), na



Figura 2. Amostradores de coleta de água de chuva do telhado.

Resolução CONAMA N° 357 (BRASIL, 2005) referente às águas de classe 2 e na NBR 13.969/97 referente às águas de classe 2. Com base nos limites de parâmetros presentes nesses documentos que normatizam o uso das águas é possível avaliar se a água de chuva possui potencial para utilização e quais os usos mais adequados.

Apesar da água de chuva não ser recomendada para ingestão humana direta, os resultados dos parâmetros analisados foram comparados aos limites estabelecidos pela Portaria MS N° 2914/11, pois em vários locais do mundo as águas pluviais são utilizadas para esse fim. Os dados de precipitação foram obtidos do pluviômetro eletrônico da estação Vila Maria, monitorada pelo grupo GHIDROS, localizada próximo aos amostradores de qualidade da água de chuva. Dados de velocidade dos ventos foram obtidos de uma estação de medição da Aeronáutica, localizada na Base Aérea de Santa Maria, distante cerca de 3 km do Campus da UFSM.

A fim de avaliar se a variação nos valores dos parâmetros foi significativa entre as amostras, foi realizada a análise de variância com o auxílio do software Genes. Para os parâmetros em que a análise de variância entre as amostras resultou em um p-valor inferior ao nível de significância, foi aplicado o Teste de Bonferroni, para identificar entre quais as amostras a diferença foi significativa, sendo este teste escolhido por se tratar de um experimento com parcelas perdidas. Para os testes estatísticos foi utilizado um nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados 16 eventos de precipitação entre abril e novembro de 2008. Em alguns eventos o volume de chuva foi pequeno, insuficiente para preencher as 5 unidades dos amostradores. Os resultados das análises realizadas com as amostras coletadas diretamente da atmosfera e do telhado são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. A concentração de sólidos foi avaliada somente nas amostras coletadas do telhado,



Figura 3. Posição relativa dos pontos de coleta.

pois a avaliação deste parâmetro para a água coletada diretamente da atmosfera tornou-se inviável devido ao reduzido volume de amostra disponível. Os valores medianos referentes à maioria dos parâmetros apresentaram decréscimo no decorrer da precipitação, tanto para a água coletada diretamente da atmosfera quanto para a que passou pelos telhados.

As Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados dos testes realizados para verificar se as amostras diferem estatisticamente entre si. Quando o p-valor encontrado na análise de variância é maior que o nível de significância do teste, todas as amostras não diferem estatisticamente entre si em relação ao parâmetro analisado. Caso contrário, a semelhança entre amostras é indicada por letras

Tabela 1. Resultados das análises de amostras de água da chuva coletadas da atmosfera.

PARÂMETRO	AMOSTRA					
	AD 1	AD 2	AD 3	AD 4	AD 5	
pH	<i>Mediana</i>	5,9	5,8	5,8	5,9	5,9
	<i>Máximo</i>	7,0	6,3	6,4	6,4	6,6
	<i>Mínimo</i>	4,5	5,2	5,1	5,3	5,4
	<i>1º Quartil</i>	5,8	5,7	5,5	5,7	5,6
	<i>3º Quartil</i>	6,2	6,0	6,1	6,2	6,2
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	<i>Mediana</i>	42	20	13	12	10
	<i>Máximo</i>	194	41	36	26	22
	<i>Mínimo</i>	16	8	7	6	6
	<i>1º Quartil</i>	29	12	9	8	8
	<i>3º Quartil</i>	86	25	18	17	14
Turbidez (UNT)	<i>Mediana</i>	11	5	4	3	1
	<i>Máximo</i>	33	36	28	29	24
	<i>Mínimo</i>	2	0	0	0	0
	<i>1º Quartil</i>	6	4	1	1	0
	<i>3º Quartil</i>	18	12	8	5	4
DBO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<i>Mediana</i>	8	6	4	4	4
	<i>Máximo</i>	14	12	9	9	7
	<i>Mínimo</i>	5	4	2	3	2
	<i>1º Quartil</i>	6	5	3	3	3
	<i>3º Quartil</i>	11	7	6	5	5
Ferro ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<i>Mediana</i>	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04
	<i>Máximo</i>	0,11	0,15	0,11	0,11	0,05
	<i>Mínimo</i>	0,05	0,05	0,03	0,05	0,03
	<i>1º Quartil</i>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
	<i>3º Quartil</i>	0,07	0,08	0,07	0,07	0,05
Manganês ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<i>Mediana</i>	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
	<i>Máximo</i>	0,07	0,06	0,04	0,05	0,05
	<i>Mínimo</i>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	<i>1º Quartil</i>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
	<i>3º Quartil</i>	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04
Fosfato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<i>Mediana</i>	0,32	0,35	0,23	0,28	0,58
	<i>Máximo</i>	0,62	0,50	0,64	0,40	0,63
	<i>Mínimo</i>	0,13	0,30	0,00	0,18	0,52
	<i>1º Quartil</i>	0,25	0,31	0,14	0,19	0,55
	<i>3º Quartil</i>	0,41	0,41	0,36	0,37	0,60
Amônia ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<i>Mediana</i>	0,70	0,83	0,76	0,69	1,15
	<i>Máximo</i>	0,76	1,04	1,02	0,85	1,86
	<i>Mínimo</i>	0,58	0,64	0,67	0,64	0,44
	<i>1º Quartil</i>	0,64	0,74	0,72	0,67	0,80
	<i>3º Quartil</i>	0,73	0,94	0,89	0,77	1,51
Nitrato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<i>Mediana</i>	0,66	0,58	0,49	0,36	0,58
	<i>Máximo</i>	0,96	0,81	0,69	0,51	0,65
	<i>Mínimo</i>	0,47	0,39	0,33	0,30	0,51
	<i>1º Quartil</i>	0,52	0,49	0,36	0,33	0,55
	<i>3º Quartil</i>	0,83	0,68	0,62	0,41	0,62
Escherichia coli (NMP.100mL ⁻¹)	<i>Mediana</i>	1	1	1	1	1
	<i>Máximo</i>	10	5	5	8	7
	<i>Mínimo</i>	1	1	1	1	1
	<i>1º Quartil</i>	1	1	1	1	1
	<i>3º Quartil</i>	3	2	1	1	1

Tabela 2. Resultados das análises de amostras de água da chuva coletadas de um telhado.

PARÂMETRO		AMOSTRA				
		UFSM 1	UFSM 2	UFSM 3	UFSM 4	UFSM 5
pH	<i>Mediana</i>	7,4	7,3	7,2	7,3	7,2
	<i>Máximo</i>	7,6	7,7	7,9	7,9	7,8
	<i>Mínimo</i>	6,6	6,6	6,7	6,6	6,5
	<i>1º Quartil</i>	7,2	7,1	7,1	7,1	6,8
	<i>3º Quartil</i>	7,5	7,5	7,4	7,5	7,4
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	<i>Mediana</i>	111	82	67	64	49
	<i>Máximo</i>	160	140	134	139	85
	<i>Mínimo</i>	76	52	35	29	39
	<i>1º Quartil</i>	101	71	53	43	43
	<i>3º Quartil</i>	132	97	86	81	62
Turbidez (UNT)	<i>Mediana</i>	24	23	19	8	10
	<i>Máximo</i>	89	59	46	42	36
	<i>Mínimo</i>	7	6	3	1	1
	<i>1º Quartil</i>	15	10	8	6	2
	<i>3º Quartil</i>	57	38	22	18	15
DBO (mg.L^{-1})	<i>Mediana</i>	7	6	5	4	4
	<i>Máximo</i>	10	10	7	9	6
	<i>Mínimo</i>	2	2	2	2	2
	<i>1º Quartil</i>	5	4	4	4	4
	<i>3º Quartil</i>	9	7	6	5	4
Ferro (mg.L^{-1})	<i>Mediana</i>	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06
	<i>Máximo</i>	0,19	0,15	0,15	0,11	-
	<i>Mínimo</i>	0,02	0,03	0,05	0,05	-
	<i>1º Quartil</i>	0,03	0,05	0,05	0,05	-
	<i>3º Quartil</i>	0,05	0,05	0,06	0,07	-
Manganês (mg.L^{-1})	<i>Mediana</i>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	<i>Máximo</i>	0,03	0,02	0,03	0,05	-
	<i>Mínimo</i>	0,02	0,02	0,02	0,02	-
	<i>1º Quartil</i>	0,02	0,02	0,02	0,02	-
	<i>3º Quartil</i>	0,02	0,02	0,03	0,03	-
Fosfato (mg.L^{-1})	<i>Mediana</i>	0,37	0,24	0,42	0,48	0,62
	<i>Máximo</i>	0,69	0,54	0,73	0,80	-
	<i>Mínimo</i>	0,15	0,00	0,18	0,10	-
	<i>1º Quartil</i>	0,36	0,18	0,21	0,18	-
	<i>3º Quartil</i>	0,38	0,31	0,52	0,76	-
Amônia (mg.L^{-1})	<i>Mediana</i>	0,82	1,11	0,82	0,76	0,88
	<i>Máximo</i>	3,71	3,71	2,23	0,86	-
	<i>Mínimo</i>	0,64	0,27	0,64	0,34	-
	<i>1º Quartil</i>	0,72	0,69	0,75	0,64	-
	<i>3º Quartil</i>	1,60	1,97	1,20	0,80	-
Nitrato (mg.L^{-1})	<i>Mediana</i>	0,79	0,73	0,70	0,87	0,94
	<i>Máximo</i>	1,06	0,93	0,96	1,07	-
	<i>Mínimo</i>	0,67	0,24	0,54	0,31	-
	<i>1º Quartil</i>	0,69	0,65	0,63	0,61	-
	<i>3º Quartil</i>	0,81	0,88	0,81	1,03	-
Escherichia coli (NMP. 100mL ⁻¹)	<i>Mediana</i>	15	10	1	1	1
	<i>Máximo</i>	1137	393	211	1782	108
	<i>Mínimo</i>	1	1	1	1	1
	<i>1º Quartil</i>	4	1	1	1	1
	<i>3º Quartil</i>	425	161	52	67	37
Sólidos Totais (mg.L^{-1})	<i>Mediana</i>	123	89	71	49	36
	<i>Máximo</i>	232	148	124	108	102
	<i>Mínimo</i>	93	67	46	18	26
	<i>1º Quartil</i>	110	79	66	35	29
	<i>3º Quartil</i>	157	109	85	64	50

Tabela 2. Continuação...

PARÂMETRO		AMOSTRA				
		UFSM 1	UFSM 2	UFSM 3	UFSM 4	UFSM 5
Sólidos Suspensos (mg.L⁻¹)	<i>Mediana</i>	33	37	23	12	17
	<i>Máximo</i>	155	97	57	55	45
	<i>Mínimo</i>	9	8	3	1	3
	<i>1° Quartil</i>	22	13	14	5	5
	<i>3° Quartil</i>	92	52	40	18	27
Sólidos Dissolvidos (mg.L⁻¹)	<i>Mediana</i>	82	60	53	36	24
	<i>Máximo</i>	114	114	120	96	74
	<i>Mínimo</i>	31	9	14	3	1
	<i>1° Quartil</i>	71	34	24	16	11
	<i>3° Quartil</i>	91	72	61	51	33

Tabela 3. Resultados da análise de variância de amostras de água da chuva coletadas diretamente da atmosfera.

Parâmetros	p-valor (%)	Comparação entre amostras*				
		AD1	AD2	AD3	AD4	AD5
pH	20,4860	-	-	-	-	-
Condutividade	0,0000	a	b	bc	c	c
Turbidez	0,0000	a	ab	bc	c	c
DBO	0,0000	a	b	c	c	c
Ferro	7,4192	-	-	-	-	-
Manganês	39,1559	-	-	-	-	-
Fosfato	10,8403	-	-	-	-	-
Amônia	6,6616	-	-	-	-	-
Nitrato	2,1279	a	ab	ab	b	ab
<i>Escherichia coli</i>	0,7103	a	ab	b	ab	b

* Valores seguidos pelas mesmas letras na horizontal não diferem estatisticamente entre si.

iguais na linha da tabela referente a determinado parâmetro, enquanto a diferença significativa entre amostras é indicada por letras distintas.

Os valores do pH para a água coletada diretamente da atmosfera não apresentaram variação significativa entre as amostras (Tabela 3) enquanto que para a água coletada do telhado a quinta amostra diferiu das demais (Tabela 4).

Nas amostras coletadas da atmosfera o pH ficou abaixo de 6,0 que é o valor mínimo estabelecido por todas as normas e resoluções. Nas amostras coletadas do telhado da UFSM os valores do pH situaram-se dentro do estabelecido por todas as normas e resoluções.

Em geral, a condutividade apresentou valores mais elevados na primeira amostra e decresceu nas seguintes. Diferenças significativas foram observadas entre a amostra AD1 que diferiu das demais, enquanto AD2 e AD3 foram semelhantes entre si, assim como AD3, AD4 e AD5 (Tabela 3). Na água coletada do telhado, a amostra UFSM1 diferiu das demais, enquanto UFSM2 a UFSM4 foram semelhantes entre si, assim como UFSM3, UFSM4 e UFSM 5 (Tabela 4). Os valores mais elevados ocorreram na água coletada do telhado, possivelmente em função dos materiais depositados sobre o mesmo, na forma de sólidos dissolvidos. Comportamento semelhante foi observado por Lopes (2012) que analisou a qualidade dos 3 primeiros milímetros de água de chuva coletados diretamente da atmosfera e de um telhado, observando

Tabela 4. Resultados da análise de variância de amostras de água da chuva coletadas de um telhado.

Parâmetros	p-valor (%)	Comparação entre amostras*				
		UFSM 1	UFSM 2	UFSM 3	UFSM 4	UFSM 5
pH	0,0055	a	a	a	a	b
Condutividade	0,0000	a	b	bc	bc	c
Turbidez	0,0000	a	ab	bc	c	c
DBO	0,0000	a	b	bc	bc	c
Ferro	100,0000	-	-	-	-	-
Manganês	20,4613	-	-	-	-	-
Fosfato	26,0253	-	-	-	-	-
Amônia	12,7179	-	-	-	-	-
Nitrato	100,0000	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	0,0082	a	b	b	b	b
Sólidos Totais	0,0000	a	b	bc	cd	d
Sólidos Suspensos	0,0010	a	ab	bc	c	bc
Sólidos Dissolvidos	0,0000	a	b	b	bc	c

* Valores seguidos pelas mesmas letras na horizontal não diferem estatisticamente entre si.

decréscimo nos valores da condutividade e maiores valores na água coletada do telhado.

Os valores de turbidez da água coletada diretamente da atmosfera variaram de 0 a 36 UNT e os valores medianos entre 1 e 11 UNT. A ocorrência de valores relativamente elevados nessas amostras pode ser consequência de uma característica das precipitações na cidade de Santa Maria. A maioria dos eventos de precipitação teve início em períodos noturnos e acompanhados da ocorrência de ventos. Dessa forma, o reservatório de fibra que coletava a água ficava exposto por certo período antes do início da chuva, podendo ficar vulnerável à deposição de algum material que influenciou os valores da turbidez.

Os valores de turbidez das amostras coletadas diretamente da atmosfera foram inferiores somente ao limite estipulado pela Resolução CONAMA N° 357/05 de 100 UNT, e os valores medianos ficaram abaixo dos limites da Portaria MS N°2914/11, NBR 15527/07 e NBR 13969/97, que variam entre 2 e 5 UNT, a partir da segunda amostra. Luna et al. (2012) também encontraram valores de turbidez superiores aos limites de normas na água de chuva coletada diretamente da atmosfera, sendo que em 10 coletas

realizadas, 20% das amostras não atenderam aos limites da Portaria MS N° 2914/11, NBR 15527/07 e NBR 13969/97. Os autores atribuíram os resultados à presença de material particulado na atmosfera. A diferença entre os valores da turbidez da água coletada diretamente da atmosfera foi considerada significativa entre a amostra AD1 e as amostras AD3, AD4 e AD5, sendo que estas duas últimas também diferiram da amostra AD2 (Tabela 3). A mesma sequência foi observada para a condutividade da água coletada do telhado (Tabela 4).

Os valores de *Escherichia coli* foram superiores na água coletada do telhado comparados aos da água coletada diretamente da atmosfera. A provável causa do aparecimento de *Escherichia coli* nas amostras coletadas da atmosfera é a presença de aves nas proximidades, que podem ter pousado no reservatório de fibra antes do início da precipitação. A presença de *Escherichia coli* nas amostras coletadas da atmosfera também foi detectada por Luna et al. (2012), que encontraram valores de *Escherichia coli* superiores aos limites da Portaria MS N° 2914/11 e NBR 15527/07 em todas as amostras coletadas da atmosfera, embora em pequenas concentrações.

Na água coletada do telhado da UFSM as concentrações de *Escherichia coli* variaram de 0,0 a 1,78E+03 NMP.100mL⁻¹. Na maioria dos eventos analisados no amostrador da UFSM os valores de *Escherichia coli* ficaram abaixo de 3,10E+01 NMP.100mL⁻¹, com exceção de 4 eventos que coincidiram com o final do inverno e com o período de primavera, de forma que o aumento da concentração de *Escherichia coli* pode estar associado à maior presença de aves nessa época. Na água coletada da atmosfera, os valores medianos de *Escherichia coli* foram superiores aos limites da Portaria MS N° 2914/11 e da NBR 15527/07 que estabelecem a ausência destes organismos, ficando dentro do estipulado pelas demais normas e resoluções. Nas amostras coletadas do telhado, os valores medianos de *Escherichia coli* considerando todos os eventos foram superiores aos limites da Portaria MS N° 2914/11 e da NBR 15527/07. Quanto à variação deste parâmetro entre as amostras, houve diferença significativa entre a primeira amostra da água coletada da atmosfera em relação a terceira e quinta amostras (Tabela 3), bem como da primeira amostra coletada do telhado em relação às demais (Tabela 4).

Os valores medianos da DBO decresceram da primeira à última amostra nos dois amostradores. Variação significativa foi observada entre as amostras AD1 e AD2 e destas em relação às demais (Tabela 3). Na água coletada do telhado, a amostra UFSM1 diferiu estatisticamente das demais, sendo que a amostra UFSM2 também apresentou diferença significativa para o parâmetro DBO quando comparada à amostra UFSM5 (Tabela 4). Os valores de DBO da água de chuva coletada da atmosfera foram semelhantes aos da água coletada do telhado. Na área onde foi realizada a pesquisa inexistia vegetação próxima ao amostrador que coleta a água da atmosfera, mas a mesma ocorre nas redondezas. Esse fato pode explicar valores relativamente altos de DBO para a água coletada da atmosfera em função do carreamento de matéria orgânica pelo vento característico da região antes da maioria dos eventos de precipitação. O limite para a DBO é fixado pela Resolução CONAMA N° 357/05 em 5 mg.L⁻¹ e o valor foi superado pelos valores medianos das duas primeiras amostras coletadas da atmosfera e do telhado, bem como pelos valores máximos de todas

as amostras. Valores semelhantes para a DBO da água coletada da atmosfera e de um telhado também foram observados por Luna et al. (2012), que em 30% das coletas realizadas observou valores de DBO maiores para a água coletada da atmosfera em relação à água coletada do telhado.

Nas amostras coletadas no telhado observaram-se diferenças significativas para o parâmetro sólidos totais entre a amostra UFSM1 e as demais, bem como da amostra UFSM2 em relação à UFSM4 e UFSM5 (Tabela 4). Os valores de sólidos suspensos apresentaram diferenças significativas entre a amostra UFSM1 e as amostras UFSM3 a UFSM5 (Tabela 4). Para os sólidos dissolvidos, a amostra UFSM1 também diferiu das demais e as amostras UFSM2 e UFSM3 também diferiram da UFSM5 (Tabela 4). Os valores dos sólidos dissolvidos ficaram dentro dos limites especificados pela Portaria MS N° 2914/11 e Resolução CONAMA N° 357/05 de 1000 e 500 mg.L⁻¹ respectivamente, sendo que em nenhum evento esses valores foram ultrapassados e as concentrações medianas observadas foram bem inferiores a esses limites.

Em alguns eventos de precipitação foram analisados parâmetros de qualidade adicionais aos já citados. Essas análises foram realizadas em 5 eventos, nas amostras coletadas no telhado da UFSM e em 4 eventos nas amostras de água da chuva coletadas diretamente da atmosfera. Ferro e manganês foram alguns dos parâmetros analisados e apresentaram pequenas oscilações de uma amostra para outra e os valores destes parâmetros para a água coletada diretamente da atmosfera e coletada dos telhados foram relativamente próximos. As concentrações de ferro e manganês foram inferiores aos limites de 0,3 mg.L⁻¹ e 0,1 mg.L⁻¹ respectivamente, ambos estabelecidos pela Portaria MS N° 2914/11 e Resolução CONAMA N° 357/05. Manganês e ferro não foram detectados nas amostras de dois eventos.

Os valores medianos de amônia e nitrato apresentaram-se levemente superiores na água coletada do telhado e a concentração de amônia apresentou tendência à diminuição no decorrer da precipitação. Por outro lado, os valores medianos de nitrato apresentaram pequenas oscilações de uma amostra para outra. Amônia e nitrato não ultrapassaram os limites estipulados pela Portaria MS N° 2914/11 e pela Resolução CONAMA N° 357/05 nas amostras coletadas da atmosfera. Porém, os valores máximos de amônia das três primeiras amostras coletadas do telhado superaram o valor de 1,5 mg.L⁻¹ estabelecido pela Portaria MS N° 2914/11 e os valores máximos das duas primeiras amostras superaram também o valor de 3,7 mg.L⁻¹ estipulado pela Resolução CONAMA N° 357/05. Os valores medianos da amônia se enquadram nos limites estabelecidos para esse parâmetro. Os valores de nitrato das amostras coletadas do telhado não extrapolaram o limite de 10 mg.L⁻¹ estabelecido pela Portaria MS N° 2914/11 e pela Resolução CONAMA N° 357/05.

Os valores de fosfato da água coletada diretamente da atmosfera e do telhado foram próximos. Apesar de não representar grandes inconvenientes à saúde humana, o fosfato apresentou concentrações superiores aos valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/05 de 0,03 mg.L⁻¹. Não foram observadas diferenças significativas entre as amostras para os parâmetros ferro, manganês, amônia e fosfato. Para o parâmetro nitrato, a diferença entre os valores das amostras AD1 e AD4 foi considerada significativa pelos testes.

Variação dos parâmetros de qualidade da água da chuva de acordo com a precipitação

De um modo geral, a amostra correspondente ao primeiro milímetro de chuva, que usualmente é utilizado como volume de descarte em sistemas de aproveitamento de águas pluviais, apresentou valores mais elevados para a maioria dos parâmetros analisados. Essa tendência se verificou tanto nas amostras coletadas da atmosfera como para as coletadas dos telhados. Esse comportamento é semelhante ao observado por outros autores (ROCHA; REIS; ARAUJO, 2011; CARVALHO et al., 2012; TAGUCHI et al., 2012) que estudaram as características de volumes de descarte e de parcelas iniciais da chuva, bem como o comportamento de alguns parâmetros de qualidade no decorrer de eventos de precipitação.

No ponto de amostragem do telhado da UFSM observou-se que os valores da maioria dos parâmetros sofreram uma redução ao longo das amostras, consequência da limpeza gradual da área de captação no decorrer da chuva. Porém, em alguns eventos as amostras correspondentes ao segundo ou terceiro milímetro de chuva escoado continham mais impurezas que a amostra correspondente ao primeiro milímetro. Esse comportamento pode ter ocorrido porque além da influência das características da região, a qualidade da água da chuva pode ser influenciada pelas características da precipitação, principalmente no que se refere à água que passa por telhados. A intensidade da precipitação pode influenciar o poder de arraste da água, de forma que chuvas de pequena intensidade e pequeno volume tenham um menor poder de arraste dos materiais depositados sobre os telhados do que chuvas mais intensas.

As Figuras 4 a 6 mostram a variação de alguns parâmetros de qualidade no decorrer dos eventos de precipitação. Para fins de comparação foram escolhidos parâmetros que se mostraram mais sensíveis às variações com as características da precipitação. Para transformar os dados de precipitação em dados de escoamento foi utilizado o valor da área de captação de 88 m² e o coeficiente de escoamento superficial de 0,75 calculado para o telhado em questão, com base nos eventos em que foi possível estabelecer uma relação entre o volume precipitado e o escoado. A Figura 4 mostra a variação dos parâmetros durante um evento caracterizado por fraca intensidade e distribuição homogênea dos volumes precipitados no decorrer do tempo.

Observa-se uma pequena variação entre os parâmetros de uma amostra para outra, sendo os maiores valores verificados na primeira amostra. Este evento teve uma intensidade média da precipitação de 0,85 mm.h⁻¹ e intensidade máxima de 3 mm.h⁻¹. Houve um período de 7 dias secos antecedentes e a velocidade média do vento neste período foi de 14 km.h⁻¹. Esta soma de fatores resultou em parâmetros de qualidade da água com valores mais baixos comparados a outros eventos e com variação discreta entre as amostras.

A Figura 5 mostra um evento no qual a intensidade média da precipitação foi de 2,2 mm.h⁻¹, chegando a um máximo de 19,2 mm.h⁻¹. O período seco antecedente foi de 10 dias e a velocidade média do vento neste período foi de 19 km.h⁻¹. Durante o período de enchimento do amostrador a intensidade média da precipitação foi de 2,5 mm.h⁻¹, levemente superior à intensidade média da precipitação considerando toda a sua duração. A combinação de maiores intensidades e maior tempo seco antecedente levaram a

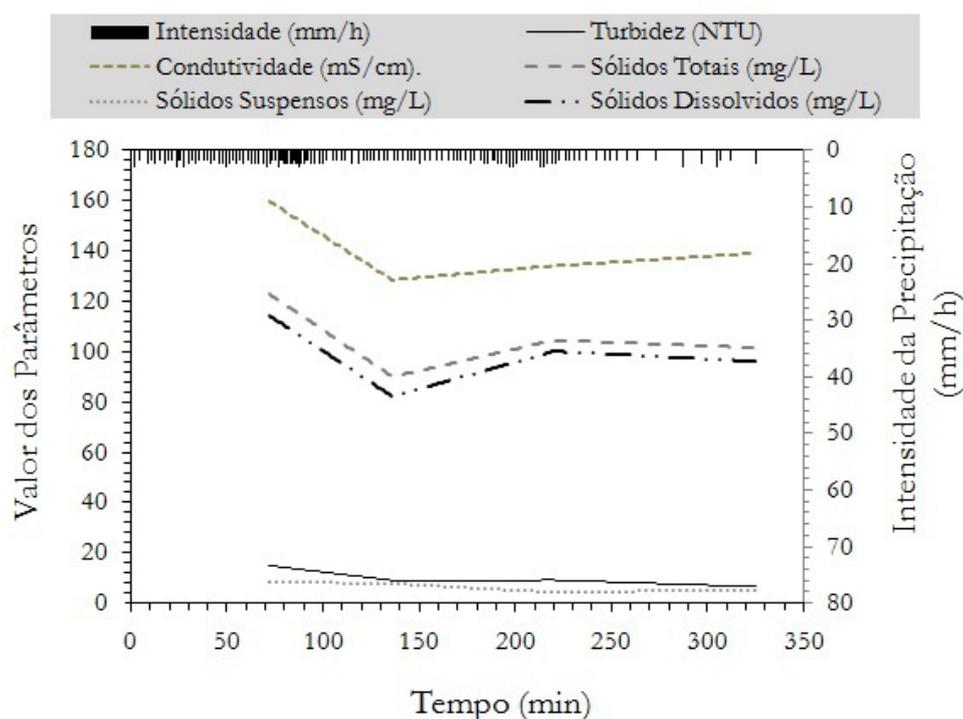


Figura 4. Relação entre parâmetros de qualidade da água e intensidade de precipitação para o evento de 29/09/2008.

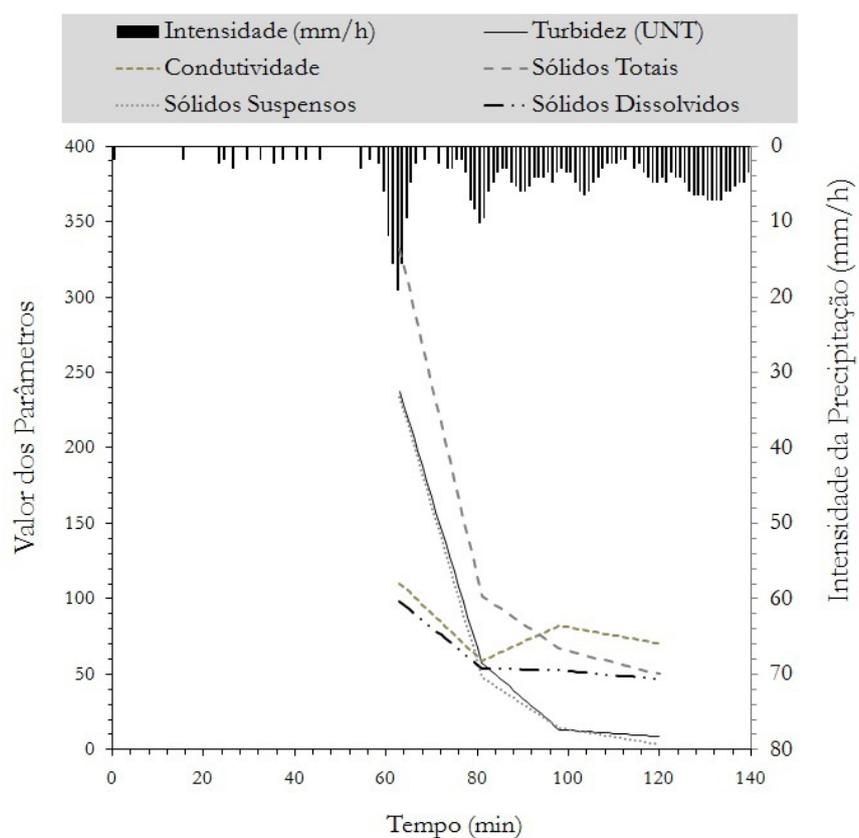


Figura 5. Relação entre parâmetros de qualidade da água e intensidade de precipitação para o evento de 20/07/2008.

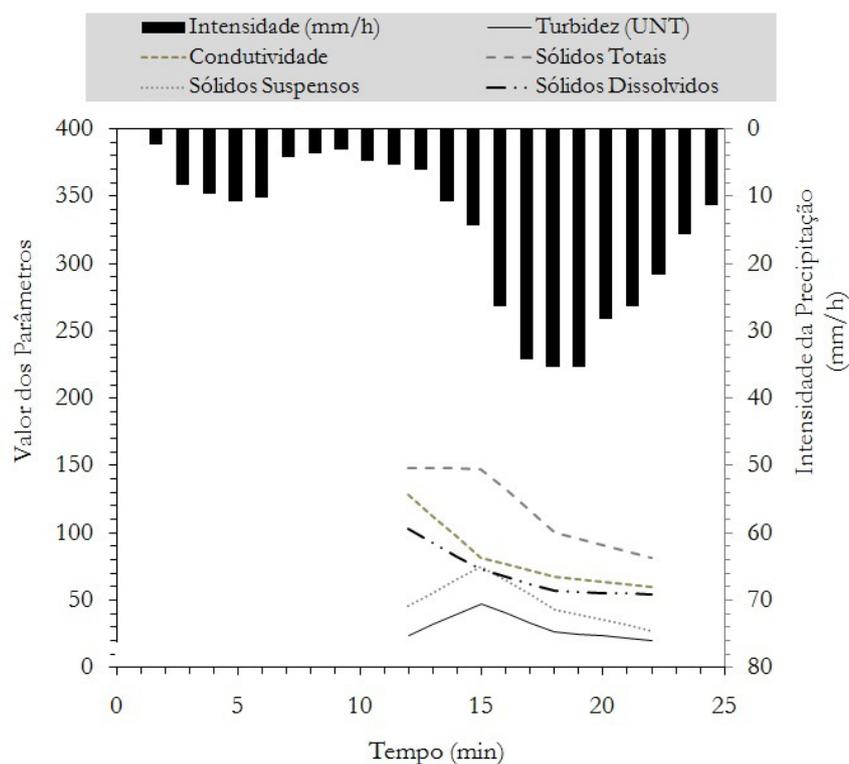


Figura 6. Relação entre parâmetros de qualidade da água e intensidade de precipitação para o evento de 17/08/2008.

maiores valores nos parâmetros sólidos totais, sólidos suspensos e turbidez na primeira amostra em relação ao evento da Figura 4.

Observa-se também um decréscimo dos valores dos parâmetros entre a primeira e a segunda amostra, que ocorre próximo ao instante em que a precipitação atinge a intensidade máxima. Neste evento o valor dos parâmetros condutividade e sólidos dissolvidos voltam a crescer na terceira amostra, visto que entre a coleta da primeira e segunda amostra a intensidade da precipitação diminui e entre a coleta da segunda e da terceira amostra a intensidade tem um pequeno aumento.

Na Figura 6 é apresentado o comportamento dos parâmetros para um evento com intensidade média de 5,9 mm.h⁻¹ e intensidade máxima de 35,4 mm.h⁻¹, caracterizado por menor variação nos valores dos parâmetros entre as amostras em relação ao anterior. Novamente os parâmetros sólidos totais, sólidos suspensos e turbidez apresentam-se mais sensíveis às características da precipitação, pois apresentam valores maiores na segunda amostra que foi coletada próximo ao intervalo de tempo em que a precipitação apresenta aumento na intensidade. Além disso, pode-se observar que os valores dos parâmetros apresentam-se mais baixos do que os verificados no evento da Figura 5, o que pode ter relação com o menor período de tempo seco anterior ao evento do dia 17/08, que foi de 4 dias.

De um modo geral foi possível observar que em eventos onde o início da precipitação foi caracterizado por baixas intensidades, a primeira amostra apresentou um valor menor para alguns parâmetros, sendo que valores maiores foram observados próximos ao intervalo de tempo em que a precipitação atingiu maiores intensidades. Nessa pesquisa os parâmetros turbidez, sólidos totais, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos se mostraram mais sensíveis à influência das características da precipitação, enquanto parâmetros como DBO e *Escherichia coli* apresentaram comportamento diferente. Embora os maiores valores de *Escherichia coli* tenham sido observados em eventos com maiores intensidades de precipitação, a variação deste parâmetro entre as amostras de um mesmo evento mostrou-se menos sensível às características da precipitação no intervalo de tempo correspondente a coleta de cada amostra.

Também foi possível observar a correlação entre o comportamento de parâmetros. Em eventos com variação nos valores da turbidez também foi observado um comportamento semelhante para os sólidos suspensos. A mesma relação ocorre entre condutividade e sólidos dissolvidos. Em precipitações de menor duração e maiores intensidades, como a mostrada na Figura 6 houve uma menor descontinuidade no comportamento dos parâmetros quando comparadas com precipitações mais longas e de menores intensidades médias, como as representadas nas Figuras 4 e 5.

Taguchi et al. (2012) observaram oscilações nos valores dos parâmetros de amostras coletadas a cada milímetro de precipitação. Observaram que os valores dos parâmetros apresentaram tendência a diminuir no decorrer da precipitação, porém, quando ocorria alguma pausa, os valores voltavam a aumentar. Segundo os autores, isto ocorre porque grandes quantidades de chuva mantém um equilíbrio entre as partículas poluidoras que entram no sistema ou atmosfera de coleta devido ao fluxo de ar e aquelas que saem devido à lavagem da atmosfera ou das superfícies de captação e,

quando há pausa na precipitação, o nível de poluição do ar pode voltar a aumentar.

Carvalho et al. (2012) simularam chuvas com intensidades de 23 e 46 mm.h⁻¹ com o uso de aspersores e coletaram separadamente os quatro primeiros milímetros escoados pela área de captação para cada intensidade. Observaram valores maiores dos parâmetros no primeiro milímetro escoado para ambas as intensidades, sendo que a amostra resultante da simulação de 46 mm.h⁻¹ apresentou valores maiores de cor aparente, turbidez e *Escherichia coli* em relação à amostra resultante da chuva de 26 mm.h⁻¹.

De um modo geral, boa parte dos parâmetros que mostraram comportamento mais sensível à variação nas características da precipitação também apresentaram valores médios mais elevados na estação da primavera, caracterizada neste estudo por maiores valores de precipitação. Durante as estações do outono e inverno do período de monitoramento, as precipitações registradas pela estação pluviométrica utilizada na pesquisa ficaram na faixa de 450 mm enquanto que na primavera este valor foi de aproximadamente 514 mm.

Comportamento semelhante foi observado por Lee et al. (2010) que registraram a variação de alguns parâmetros de qualidade da água de chuva de acordo com as estações do ano, encontrando valores médios maiores para parte dos parâmetros analisados nas estações mais chuvosas. Cottrell et al. (2013) avaliaram a variação da qualidade da água da chuva em diferentes períodos e observaram que o parâmetro condutividade apresentou valores mais elevados no mês mais chuvoso do período de monitoramento.

Gioda et al. (2013) também verificaram variações na qualidade da água da chuva quando compararam os valores dos parâmetros avaliados durante o verão com os valores observados nas amostras coletadas no inverno, relacionando estas variações às mudanças nas massas de ar, regime de ventos e características de precipitações. Diferenças na percentagem de ânions e cátions na água de chuva em função da estação do ano também foram observadas por Kumar, Yadav e Kumar (2014), que avaliaram a composição da água de chuva proveniente de um telhado em New Delhi durante as quatro estações do ano durante um período de 14 meses. Nakada e Moruzzi (2014) estudaram as características das águas pluviais coletadas de um telhado na cidade de Rio Claro – SP e separaram os resultados em função do período de amostragem. Os autores observaram variação nos valores dos parâmetros cor, turbidez e pH entre os períodos de estiagem, estação chuvosa e período de chuvas intensas.

Lopes (2012) estudou os primeiros milímetros da água de chuva de amostras coletadas da atmosfera e do telhado e observou que parâmetros como condutividade, turbidez, cor, nitrato e sulfatos apresentaram variações nas suas concentrações de um evento para outro, dependendo do tempo seco antecedente e das características da precipitação na qual foram realizadas as coletas.

CONCLUSÃO

De um modo geral, os valores dos parâmetros pH, ferro, manganês, amônia e nitrato atenderam aos limites das normas e resoluções. Apesar de não ser recomendada para o consumo humano, os valores medianos observados para a maioria dos parâmetros da água da chuva coletada da atmosfera estariam dentro

dos padrões de potabilidade a partir do terceiro milímetro coletado. A exceção neste caso é o parâmetro *Escherichia coli*, cujos valores medianos ultrapassaram os limites estabelecidos para garantir a potabilidade em todas as amostras. Para a água coletada do telhado da UFSM melhorias quanto aos padrões exigidos pela Portaria MS N° 2914/11 também ocorrem a partir do terceiro milímetro de chuva coletado, com exceção de turbidez e *Escherichia coli*.

A partir do terceiro milímetro de chuva, as águas pluviais coletadas do telhado da UFSM enquadram-se nas aplicações de que trata a Resolução CONAMA N° 357/05. Essas amostras também apresentaram pH dentro do estipulado para uso em descargas sanitárias e lavagens de pisos e veículos, conforme o que exige a NBR 15527/07. Porém turbidez e *Escherichia coli* ultrapassam os valores máximos fixados pela norma. Embora a água da chuva tenha mostrado potencial de uso no estado bruto após o descarte dos 3 mm iniciais, é recomendada a adoção de, no mínimo, um tratamento simplificado, pois os valores das normas e resoluções foram ultrapassados em alguns eventos. Em geral, turbidez e *Escherichia coli* foram os principais parâmetros que ultrapassaram os limites das normas e resoluções e o uso de tratamentos que reduzissem os valores desses dois parâmetros aumentariam o potencial de aproveitamento das águas pluviais.

A variação entre amostras foi considerada significativa para os parâmetros condutividade, turbidez, DBO e *Escherichia coli*, em ambos os amostradores. A variação da concentração de nitrato também foi considerada significativa nas amostras coletadas diretamente da atmosfera, enquanto que para as amostras coletadas do telhado houve variação significativa para os parâmetros pH, sólido totais, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos.

Em eventos caracterizados por fraca intensidade do início ao fim da precipitação, os valores dos parâmetros de qualidade da água da chuva coletada dos telhados foram menores em relação a eventos mais intensos, mesmo com maiores períodos secos antecedentes, indicando a influência do poder de arraste da chuva na qualidade da água coletada. Dessa forma, na determinação do volume de descarte é importante considerar as características pluviométricas da região, principalmente quando os parâmetros citados interferem no uso para qual a água coletada se destina. Nestes casos, a tendência é que a primeira parcela da chuva, com fraca intensidade, ao escoar pelo telhado remova as impurezas mais leves e superficiais, enquanto a precipitação mais intensa que segue a anterior acaba por carregar a maior parte das impurezas.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.
- ABNT – 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.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. v. 1, p. 58-63.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 14 dez. 2011.
- CARVALHO, J. R. S.; LIMA, J. C. A. L.; FIGUEIRAS, M. L.; MEDEIROS, L. L.; SANTOS, S. M.; GAVAZZA, S. Influência do descarte das primeiras águas de chuva sobre a qualidade da água encaminhada às cisternas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8., 2012, Campina Grande. *Anais...* Campina Grande: ABCMAC, 2012.
- COTTRELL, B. A.; GONSIOR, M.; ISABELLE, L. M.; LUO, W.; PERRAUD, V.; MCINTIRE, T. M.; PANKOW, J. F.; SCHMITT-KOPPLIN, P.; COOPER, W. J.; SIMPSON, A. J. A regional study of the seasonal variation in the molecular composition of rainwater. *Atmospheric Environment*, v. 77, p. 588-597, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.05.027>.
- GIKAS, G. D.; TSIHRINTZIS, V. A. Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. *Journal of Hydrology*, v. 466-467, p. 115-126, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.08.020>.
- GIODA, A.; MAYOL-BRACERO, O. L.; SCATENA, F. N.; WEATHERS, K. C.; MATEUS, V. L.; MCDOWELL, W. H. Chemical constituents in clouds and rainwater in the Puerto Rican rainforest: potential sources and seasonal drivers. *Atmospheric Environment*, v. 68, p. 208-220, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.11.017>.
- KUMAR, P.; YADAV, S.; KUMAR, A. Sources and processes governing rainwater chemistry in New Delhi, India. *Natural Hazards*, v. 74, n. 3, p. 2147-2162, 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-014-1295-0>.
- LEE, J. Y.; BAK, G.; HAN, M. Quality of roof-harvested rainwater: comparison of different roofing materials. *Total Environmental Pollution*, v. 162, p. 422-429, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2011.12.005>. PMID:22243894.
- LEE, J. Y.; YANG, J. S.; HAN, M.; CHOI, J. Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources. *The Science of the Total Environment*, v. 408, n. 4, p. 896-905, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.11.001>. PMID:19962177.
- LOPES, G. B. *Estudo da viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG)*. 2012. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

- LUNA, Y. H. D. M.; JUNIOR, G. B. A.; SANTANA, N. C. B.; ANJOS JUNIOR, R. H. Qualidade da água de chuva coletada em um sistema na cidade de João Pessoa-PB: comparativo com diversos padrões de qualidade da água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8., 2012, Campina Grande. *Anais...* Campina Grande: ABCMAC, 2012.
- MELO, L. R. C.; NETO, C. O. A. Um amostrador automático simples para captação de água da chuva em seus diferentes estágios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABES, 2007.
- MENDEZ, C. B.; KLENZENDORF, J. B.; AFSHAR, B. R.; SIMMONS, M. T.; BARRETT, M. E.; KINNEY, K. A.; KIRISITS, M. J. The effect of roofing material on the quality of harvested Rainwater. *Water Research*, v. 45, n. 5, p. 2049-2059, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2010.12.015>. PMID:21232781.
- NAKADA, L. Y. K.; MORUZZI, R. B. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhados e sua importância na concepção do sistema de tratamento. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. 1, p. 1-9, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522014000100001>.
- ROCHA, B. C. C. M.; REIS, R. P. A.; ARAUJO, J. V. G. Avaliação do volume necessário de descarte de água de chuva escoada sobre coberturas de diferentes materiais. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 1, n. 2, p. 51-58, 2011.
- SCHETS, F. M.; ITALIAANDER, R.; VAN DEN BERG, H. H. J. L.; HUSMAN, A. M. R. Rainwater harvesting: quality assessment and utilization in The Netherlands. *Journal of Water and Health*, v. 8, n. 2, p. 224-235, 2010. <http://dx.doi.org/10.2166/wh.2009.037>. PMID:20154386.
- TAGUCHI, S.; MURAI, K.; TAKAMATSU, M.; HAYAKAWA, Y.; TAMIZU, S.; KUWATA, M.; KATAYAMA, Y.; KURAMITZ, H.; HATA, N. Interpretation of the concentrations of aldehydes in rainwater over a wide area and local areas of Japan by some dominant factors. *Atmospheric Environment*, v. 61, p. 588-596, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.05.012>.
- TORRES, A.; FAJARDO, S. M.; TORRES, A. P. G.; SANDOVAL, S. Quality of rainwater runoff on roofs and its relation to uses and rain characteristics in the villa alexandra and acacias neighborhoods of Kennedy, Bogota, Colombia. *Journal of Environmental Engineering*, v. 139, n. 10, p. 1273-1278, 2013. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000746](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000746).
- ZHANG, Q.; WANG, X.; HOU, P.; WAN, W.; LI, R.; REN, Y.; OUYANG, Z. Quality and seasonal variation of rainwater harvested from concrete, asphalt, ceramic tile and green roofs in Chongqing, China. *Journal of Environmental Management*, v. 132, p. 178-187, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.11.009>. PMID:24316751.

Contribuição dos autores

Sabrina Elicker Hagemann: Concepção da pesquisa, trabalho experimental, Análise dos resultados e Elaboração do texto.

Maria do Carmo Cauduro Gastaldini: Concepção da pesquisa, Orientação do trabalho experimental, Orientação da análise dos resultados e Revisão do artigo.