



DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE REMOÇÃO DE CONTAMINANTES EMERGENTES EM ESTAÇÃO PRODUTORA DE ÁGUA DE REÚSO QUE EMPREGA O SISTEMA DE TRATAMENTO MBR

Edilaine de Freitas Lima⁽¹⁾

Agente Técnica de Saneamento na empresa Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A – SANASA, Técnica em Bioquímica (ETECAP – 2007), graduanda em Bacharelado em Química Tecnológica (IQ – UNICAMP).

Cassiana Carolina Montagner

Professor Doutor | Bacharelado em Química (IQ-UNICAMP - 2004), Mestrado em Química Analítica (IQ-UNICAMP - 2007), Doutorado em Ciências (IQ-UNICAMP - 2011), Pós Doutorado em Ecotoxicologia Ambiental (FT-UNICAMP - 2014), Pós doutorado na University of South Carolina (USA – 2017).

Romeu Cantusio Neto

Coordenador do Plano de Segurança da Água/Campinas, responsável pelo Laboratório de Microbiologia/Laboratório Central da Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A – SANASA, Graduação em Ciências Biológicas e Bacharel em Ciências Biomédicas pela Universidade Católica de Campinas (PUCC), Mestre e Doutor em Parasitologia pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Endereço⁽¹⁾: Rua: Abolição, nº2375 - Swift Campinas – SP – CEP:13045-610 - Brasil – Tel: +55 19 3348-5832 – e-mail: edilainefreitaslima@folha.com.br; romeu.cantusio@sanasa.com.br

RESUMO

Estudou-se a capacidade de remoção de contaminantes emergentes em estação de tratamento de esgoto que emprega o método MBR (biorreator acoplado a sistema de membranas de ultrafiltração). Foram analisadas amostras de entrada (afluente), pré-membrana e saída (efluente) da estação, coletadas entre mar/ 2015 e nov/2017, por extração em fase sólida e LC-MS/MS. Os contaminantes emergentes analisados foram: cafeína (CAF), atrazina (ATZ), bisfenol-A (BPA), triclosan (TCS), estrona (E1), 17 β -etinilestradiol (EE2), 17-estradiol (E2) e estriol (E3). Nenhum dos hormônios, exceto E3, foi detectado acima dos limites de detecção do método. ATZ teve concentrações entre 2 a 97 ng L⁻¹ nas amostras de efluente, e TCS entre 21 e 30 ng L⁻¹ nas amostras de afluente, somente. As concentrações de BPA e E3 foram, respectivamente, 18-49 ng



L^{-1} e 3 ng L^{-1} em efluente e 12 ng L^{-1} e $21\text{-}30 \text{ ng L}^{-1}$ em afluente. Somente CAF foi encontrada em praticamente todas as amostras, com concentrações entre 14.816 a $664.365 \text{ ng L}^{-1}$ no afluente e 2 a 33 ng L^{-1} no efluente, sendo possível determinar sua eficiência de remoção como acima de $99,9\%$. Outras cinco estações de tratamento foram avaliadas com menor número de amostragem para comparação com o sistema MBR.

Palavras-chave: água de reúso, contaminantes emergentes, cafeína, sistema MBR

INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

A Estação Produtora de Água de Reúso (EPAR) Capivari II (figura 1) está localizada na região Centro-Oeste da cidade de Campinas-SP e recebe esgoto doméstico de cerca de 175.000 habitantes. A estação adota o sistema de tratamento MBR (do inglês, *Membrane Bio Reactor*) que consiste em um tratamento biológico em lagoas de desoxigenação, anaeróbia e aerada, capazes de remover nitrogênio e fósforo, seguidas por tanques com membranas de ultrafiltração. É a primeira planta em grande escala da América Latina a utilizar MBR com tratamento biológico terciário (remoção de nitrogênio e fósforo) para tratamento de esgoto doméstico. Possui capacidade instalada para tratar 360 L/s , mas atualmente opera com 70 L/s [ANDRADE, 2014].

Figura 1 - Vista aérea da EPAR Capivari II (fonte: SANASA)



A estação produz água de reúso com qualidade para atender fins urbanos, como irrigação paisagística, lavagem de vias e espaços públicos, construção civil, lavagem de veículos, combate



a incêndio pelo Corpo de Bombeiros e fins industriais, sendo destinada a usos em processos e operações em indústria. Suas características físico-químicas colocam o efluente tratado da EPAR Capivari II como bom candidato aos estudos de potabilização de efluentes sanitários [SAMPAIO, 2014].

Quando se avalia a qualidade da água para consumo humano no Brasil, observa-se se suas características químicas e biológicas atendem a legislação vigente [Anexo XX da Portaria MS Nº 05/2017] que determina os critérios de potabilidade para água de consumo humano. No entanto, existem outros critérios, que são os poluentes emergentes não-legislados, que devem ser avaliados para garantir a segurança da saúde pública. Esses compostos emergentes são contaminantes originados das atividades humanas urbanas que começaram a serem encontrados em matrizes aquáticas nos últimos anos e que ainda não foram profundamente caracterizados do ponto de vista toxicológico nas concentrações encontradas em água tratada. Por essa razão, muitos deles ainda não se encontram com suas concentrações de segurança definidas na legislação pertinente à água potável [MONTAGNER, 2017]. Desta forma, quando discutida a possibilidade de reúso direto, é de suma importância considerar esses aspectos na qualidade da água de reúso que se quer potabilizar [Hespanhol, 2017]. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a presença de contaminantes emergentes na água de reúso da EPAR Capivari II e assim fornecer mais informações acerca das características químicas desse efluente. Portanto, foram escolhidos oito compostos de importante relevância para a saúde humana uma vez que atuam como interferentes endócrinos, ou seja, são capazes de causar desequilíbrios no sistema endócrino de animais e seres humanos [MONTAGNER, 2017]. Assim, o objetivo foi determinar a eficiência de remoção de atrazina (ATZ), bisfenol-A (BPA), estrona (E1), estriol (E3), 17β-etinilestradiol (EE2), 17-estradiol (E2) e triclosan (TCS) na Estação Produtora de Água de Reúso Capivari II (EPAR) através da avaliação das suas concentrações antes e após o tratamento. Apesar da cafeína (CAF) não atuar como um interferente endócrino nas concentrações encontradas em matrizes aquáticas, foi incluída neste estudo por ser o composto emergente encontrado em maior concentração em esgoto e poder ser, de modo geral, utilizada para avaliar a capacidade de purificação do sistema de tratamento de esgoto. Na tabela 1 estão descritas essas substâncias e as características físico-químicas de solubilidade em água e coeficiente de partição octanol-água, que determinam onde o composto é mais facilmente encontrado, na água ou no sedimento do esgoto.



Tabela 1 - Descrição dos compostos analisados

<i>Composto</i>	<i>Descrição</i>	<i>Solubilidade em água (mg L⁻¹ a 25°C)</i>	<i>log K_{ow}</i>
cafeína (CAF)	estimulante	21.700	0,01
atrazina (ATZ)	herbicida	33	2,6
estrone (E1)	hormônio esteróide feminino	13	3,1
17β-estradiol (E2)	hormônio esteróide feminino	13	3,1 - 4,0
estriol (E3)	hormônio esteróide feminino	13 - 32	2,5 - 2,6
17α-etinilestradiol (EE2)	estrogênio sintético	4,8	2,9 - 3,7
bisfenol A (BPA)	plastificante	120 - 300	3,3
triclosan (TCS)	agente anti-microbiano	10	4,8

A fim de se observar o comportamento sazonal, as concentrações desses contaminantes foram determinadas no esgoto bruto da entrada das estações (afluente), efluente do biorreator (pré-membrana) e na saída da estação (efluente) por amostragem mensal, realizada entre março de 2015 e novembro de 2017.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

Quando se considera tratamento de esgoto é possível realizar diferentes combinações de processos de tratamento, considerando dentre outros parâmetros das características do esgoto, da tecnologia disponível, local de instalação da planta e capacidade pagadora dos usuários. Para avaliar a capacidade de remoção dos contaminantes no sistema de tratamento de esgoto da EPAR, que emprega um tratamento biológico (biorreator) previamente à utilização de membranas de ultrafiltração, escolheu-se avaliar a remoção desses contaminantes no sistema biológico e no sistema de ultrafiltração, para que fossem identificados em qual etapa desse sistema os contaminantes teriam sido removidos majoritariamente.

Desta forma, as amostras do afluente (esgoto bruto) e efluente (tratado final sem desinfecção) foram coletadas mensalmente por amostragem composta, ou seja, foram coletadas alíquotas de mesmo volume no período compreendido de 24 horas, manualmente com auxílio de instrumento volumétrico. As amostras coletadas no meio do processo, após biorreator (pré-membrana), foram coletadas nas mesmas datas, mas de forma instantânea, ou seja, em uma só alíquota.



Preparo de amostras

Para concentração dos compostos em estudo foi utilizado da literatura um método previamente elaborado e validado para análise cromatográfica dos mesmos em esgoto [PESCARA, 2014]. Desta forma, as amostras foram previamente filtradas em microfiltros de fibra de vidro (Macherey-Nagel, Alemanha). O volume de 500 mL, para efluente, e 100 mL, para afluente e pré-membrana, de amostra filtrada foi extraído empregando-se o método de extração em fase sólida a uma vazão constante de 5 mL/min. Cartuchos Oasis HLB foram condicionados com 4 mL de metanol, 4 mL de acetonitrila e 4 mL de água ultrapura. As mesmas alíquotas de metanol e acetonitrila foram utilizadas para eluição da cafeína. O eluato foi recolhido em tubo de ensaio com tampa. O volume de cada extrato foi reduzido sob fluxo brando de N₂ até completa secagem e o extrato seco final foi ressuspenso para o volume de 1000 µL por meio da adição da solução água:metanol (70:30 v/v). Ao término da extração, a concentração dos compostos presentes no vial foi 2000 vezes maior do que a concentração inicial presente na amostra do efluente e 400 vezes maior do que as concentrações iniciais presentes nas amostras do afluente e pré-membrana.

Determinação dos contaminantes emergentes por LC-MS/MS

A quantificação dos compostos alvo foi realizada por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas em tandem (LC-MS/MS). Foi utilizado um cromatógrafo Agilent modelo 1200, equipado com bomba binária, injetor automático e compartimento de coluna termostatizado. A separação cromatográfica foi realizada com uma coluna Zorbax SB-C18 (2,1x30 mm, tamanho de partícula de 3,5 µm) a 25°C. A fase móvel foi constituída de água ultrapura (A) e metanol (B), previamente filtrados em membranas com 0,2 µm de porosidade, contendo 0,01% (v/v) de NH₄OH para os compostos que ionizam no modo negativo, aditivo que favorece a formação de íons. O volume de injeção foi de 10 µL. A composição do gradiente, em função da concentração do solvente B, para o modo negativo, foi a seguinte: início com 30% e aumento para 80% em 5 minutos e mantendo por 1 minuto. Entre cada corrida cromatográfica o sistema foi mantido à 30% de B por 5 minutos para condicionamento da coluna. A identificação e a quantificação dos compostos foram realizadas por espectrometria de massas em um equipamento Agilent com triplo quadrupolo (modelo 6410B). Os compostos foram ionizados em uma fonte de *electrospray* nos modos negativo para os hormônios, BPA e TCS e positivo para CAF e ATZ, e foram monitorados pelo modo MRM (*Multiple Reaction Monitoring*).

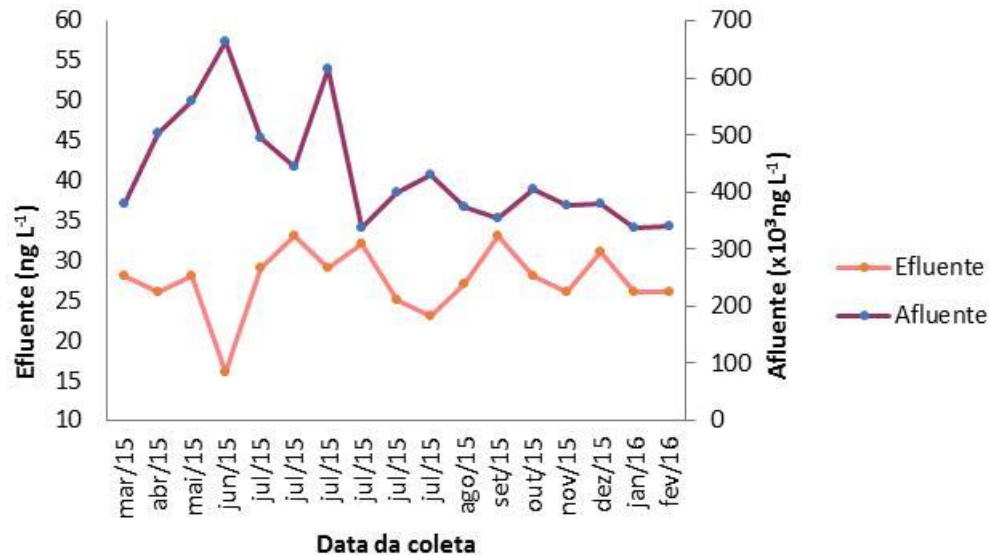
RESULTADOS/DISCUSSÃO

As coletas foram realizadas em dois períodos distintos com propostas diferentes, no primeiro ano, limitou-se basicamente em avaliar a capacidade de remoção dos 8 compostos em estudo na EPAR. Neste período foram coletadas mensalmente amostras de afluente, pré-membrana e



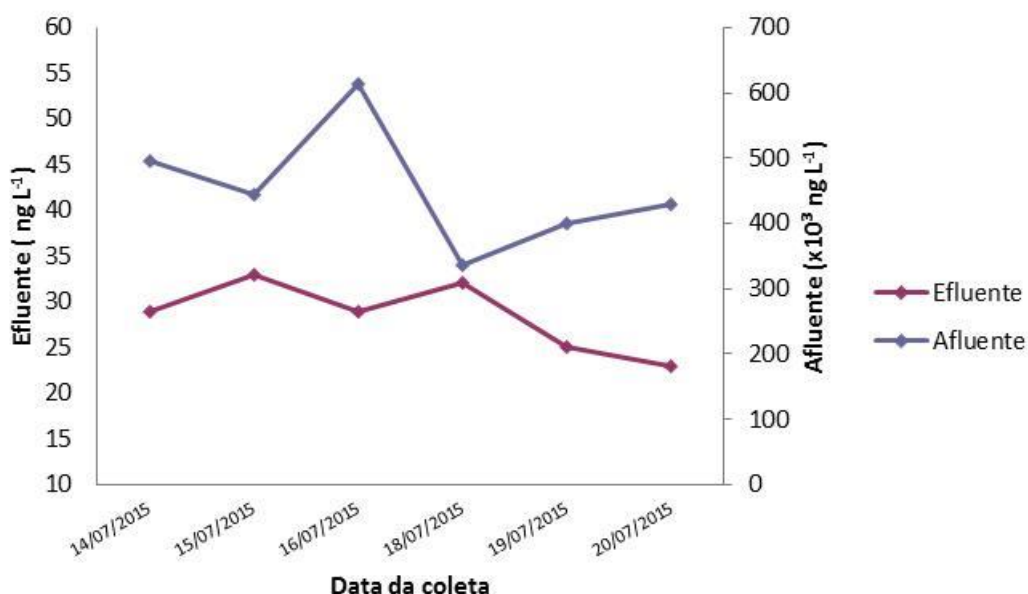
efluente (figura 2), sendo que no mês de julho de 2015 essas coletas foram realizadas diariamente no período de uma semana (figura 3).

Figura 2 - Concentração de cafeína na EPAR no período sazonal de mar/15 a fev/16



Na campanha de coletas de 2015/2016 verificou-se que a capacidade de remoção de cafeína da EPAR era maior quanto maior a concentração do composto em seu afluente. Provavelmente, no esgoto mais concentrado houve maior disponibilidade de nutrientes para os micro-organismos presentes no tratamento biológico e, desta forma, aumentando a eficiência na degradação da matéria orgânica disponível.

Figura 3 - Concentração de cafeína na EPAR no período semanal de 14 a 20/jul/15





Na campanha semanal foi observado que o esgoto era mais concentrado na quinta-feira, dia 16/07/15, e menos concentrado no sábado, dia 18/07/15, sendo que a menor concentração foi a metade da maior concentração na semana, conotando diferenças comportamentais da população durante a semana que tornam o esgoto mais ou menos diluído.

No segundo ano, foram realizadas novas coletas, um par afluente e efluente em cada período sazonal do ano, na EPAR e em outras quatro estações de tratamento de esgoto (ETE) da cidade de Campinas (Tabela 2), cada uma com um sistema de tratamento diferente, para terem suas capacidades de remoção destes compostos comparadas com a planta objeto deste estudo. No mês de julho do ano de 2017, através de uma parceria com a *Texas Tech University*, foram obtidas amostras de entrada e saída de duas estações de tratamento do condado de Lubbock, interior do Estado do Texas, nos Estados Unidos, que também foram incluídas neste estudo. Todos os resultados de entrada e saída das estações estudadas estão contidos nas tabelas 3 e 4.

Tabela 2 - Resumo das características dos sistemas de tratamento estudados

Estação de tratamento	Localização	Método de tratamento empregado	Vazão projetada (L s⁻¹)
EPAR Capivari II	região centro-oeste de Campinas	MBR - biorreator acoplado a sistema de membranas de ultrafiltração	360
ETE Anhumas	região nordeste de Campinas	reator UASB seguido de floculação química e flotores por ar dissolvido	1200
ETE Piçarrão	região noroeste de Campinas	reator UASB seguido de lodos ativados e flotores por ar dissolvido	556
ETE Capivari I	região centro-oeste de Campinas	reator UASB seguido de câmara anóxica, filtro biológico aerado submerso e decantador secundário	86
ETE Samambaia	região sudeste de Campinas	lodos ativados em lagoas aeradas em série seguidas de decantadores secundários três sub-plantas separadas: a primeira inclui clarificadores primários, filtro biológico e clarificadores secundários; a segunda usa	151
EPAR do Sudeste de Lubbock	Lubbock, Tx, EUA	tanque de aeração em vez de filtro biológico; e a terceira tem um filtro de areia além dos processos incluídos na segunda sub-planta.	876
ETE de Ransom Canyon	Ransom Canyon, Tx, EUA	lagoa aerada seguida por decantação	131



Tabela 3 – Ocorrência e concentração dos contaminantes nas amostras coletadas na EPAR e nas ETE Anhumas, Piçarrão e Capivari I

Planta	EPAR n=22			Anhumas n=3			Piçarrão n=4			Capivari I n=4			
	Afluente	Efluente	Afluente	Afluente	Efluente	Afluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
Composto	Ocorrência (%)	Concentração (ng L ⁻¹)	Ocorrência (%)	Concentração (ng L ⁻¹)	Ocorrência (%)	Concentração (ng L ⁻¹)	Ocorrência (%)	Concentração (ng L ⁻¹)	Ocorrência (%)	Concentração (ng L ⁻¹)	Ocorrência (%)	Concentração (ng L ⁻¹)	
CAF	100,0	14816 - 664365	86,4	2 - 33	100,0	9680 - 207763	100,0	5 - 505	100	11229 - 249303	100	3 - 231	
ATZ	0,0	-	100,0	2 - 97	100,0	-	0	3 - 17	0	-	50	2 - 124	
E1	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0	-	0	-	0	-	
E2	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0	-	0	-	0	-	
E3	14,3	21 - 30	0,1	9	33,3	16	50	1	50	15 - 16	0	-	
EE2	0,0	-	0,0	-	66,6	-	0	1 - 2	0	-	50	1 - 2	
BPA	0,1	12	0,2	18 - 49	33,3	14 - 7246	50	548	50	129 - 173	50	53 - 308	
TCS	0,1	14 - 22	0,0	-	33,3	42	50	1	50	4	25	11 - 46	
													3 - 15
													2 - 28



Tabela 4 – Ocorrência e concentração dos contaminantes nas amostras coletadas nas ETE Samambaia, Lubbock e Ransom Canyon

Planta	Samambaia n=4				Lubbock n=3*				Ransom Canyon n=3*			
	Afluente		Efluente		Afluente		Efluente		Afluente		Efluente	
	Ocorrência (%)	Concentração (ng L ⁻¹)	Ocorrência (%)	Concentração (ng L ⁻¹)	Ocorrência (%)	Concentração (ng L ⁻¹)	Ocorrência (%)	Concentração (ng L ⁻¹)	Ocorrência (%)	Concentração (ng L ⁻¹)	Ocorrência (%)	Concentração (ng L ⁻¹)
CAF	100,0	6512 - 286106	50,0	40 - 161	100,0	3909 - 4344	100,0	1 - 2	100,0	3127 - 3857	100,0	18 - 21
ATZ	0,0	-	50,0	2 - 36	0,0	-	100,0	2	0,0	-	0,0	-
E1	0,0	-	0,0	-	100,0	1	0,0	-	100,0	1	0,0	-
E2	0,0	-	0,0	-	100,0	1	0,0	-	100,0	1	0,0	-
E3	25,0	15	0,0	-	100,0	1	0,0	-	100,0	1	0,0	-
EE2	0,0	-	0,0	-	100,0	5 - 7	0,0	-	100,0	2	0,0	-
BPA	25,0	14	50,0	6 - 30	100,0	4 - 10	0,0	-	100,0	-	0,0	-
TCS	25,0	34	0,0	-	66,6	1	0,0	-	0,0	-	0,0	-

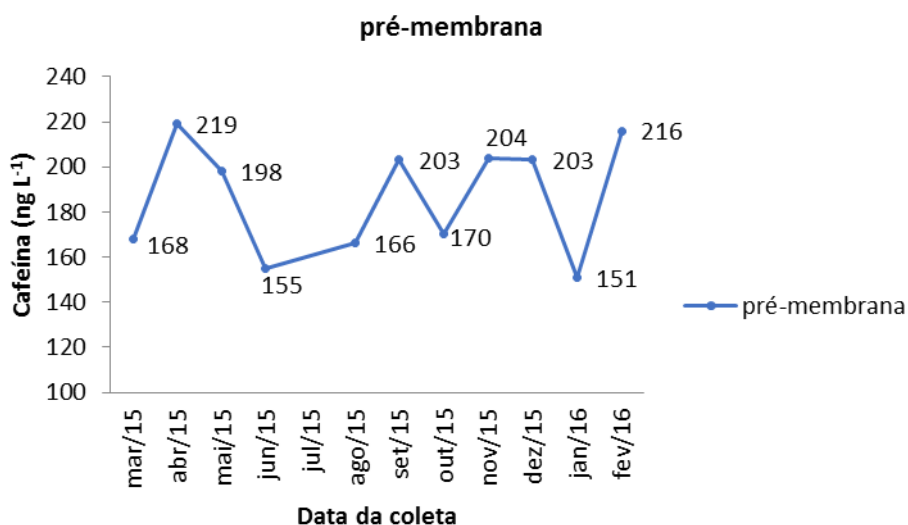
* replicatas (mesmo dia)



Durante os anos de 2014 e 2015 o Estado de São Paulo passou pelo maior período de estiagem registrado nos últimos cinquenta anos [Coelho et al]. Neste período, as cidades abastecidas pelas represas do Sistema Cantareira sofreram um crítico período de escassez hídrica. Medidas de economia de água foram tomadas para garantir o abastecimento das populações atingidas. Desta forma, as amostras de afluente obtidas entre março de 2015 e fevereiro de 2016 refletiram essa diminuição no consumo de água tratada nas suas concentrações de cafeína. Observou-se que a unidade de grandeza das concentrações de cafeína nestas amostras foi da faixa de 10^5 ng L⁻¹, enquanto que as concentrações de cafeína das amostras de afluente do período de março a novembro de 2017 estiveram na faixa de 10^4 ng L⁻¹, ou seja, cerca de dez vezes menos concentradas. No entanto, as concentrações de cafeína no final do tratamento foram muito semelhantes variando entre 2 e 33 ng L⁻¹ nos dois períodos. No entanto, para as ETE Anhumas, Piçarrão e Samambaia observou-se que as maiores concentrações de cafeína no efluente ocorreram quando as amostras do afluente eram mais concentradas, mas não na mesma proporção.

As concentrações de cafeína nas amostras pré-membrana foram maiores do que as de efluente da EPAR, entre 84 e 219 ng L⁻¹ (figura 4), no entanto como nesse ponto o esgoto já havia passado por um tratamento terciário e observado o histórico de remoção de cafeína nas outras estações estudadas, considerou-se que esses valores não exprimem a real remoção de cafeína até esta etapa. Isto porque essas amostras continham lodo que posteriormente ainda seria filtrado pelas membranas na última fase do tratamento. No processo de preparação de amostras, possivelmente, os compostos adsorvidos no lodo presente foram re-solubilizados na amostra, fazendo com que as concentrações de cafeína obtidas apresentassem esses valores.

Figura 4 - Concentrações de cafeína encontradas no ponto pré-membrana, em ng L⁻¹.





Exceto a cafeína, todos os outros compostos foram detectados com baixa frequência nas amostras. Alguns foram determinados no efluente, mas não foram detectados no afluente, isso se deve a possível supressão de sinal ocasionado pelo efeito de matriz esgoto que, possuindo inúmeros compostos e matéria orgânica, pôde influenciar na análise cromatográfica. Como esse efeito pode gerar erro analítico tanto para aumentar como para diminuir os valores de concentrações determinados, uma análise desse efeito se faz necessária. O mesmo comportamento pode explicar o fato de ter havido amostras com concentrações de compostos maiores no efluente do que no afluente.

Comparando os resultados obtidos com outro trabalho no qual avaliou-se a capacidade de remoção de cafeína em estação de tratamento de esgoto que emprega o sistema MBR [ALAE,2014], verificou-se que as capacidades de remoção foram muito semelhantes, ambas foram capazes de reduzir a concentração de cafeína em quatro ordens de grandeza, da faixa de centenas de microgramas para nanogramas por litro.

Os compostos E1, E2 e EE2 não foram detectados com concentrações superiores aos limites de detecção do método (LD) na EPAR e nas outras quatro ETE de Campinas, ou seja, não foram obtidos valores acima de 1 ng L^{-1} , $0,8 \text{ a } 6 \text{ ng L}^{-1}$ e $1 \text{ a } 2 \text{ ng L}^{-1}$ no efluente, respectivamente, e acima de $2 \text{ a } 10 \text{ ng L}^{-1}$, $3 \text{ a } 12 \text{ ng L}^{-1}$ e $4 \text{ a } 13 \text{ ng L}^{-1}$ no afluente, respectivamente (a cada campanha de coletas realizou-se análises em LC-MS/MS, as quais tiveram individualmente as suas curvas de calibração com seus valores de LD para cada composto em cada nível de concentração).

CONCLUSÃO

Através desse estudo foi possível avaliar a capacidade de remoção da cafeína na EPAR Capivari II como sendo superior a 99,9%. Para os outros compostos, o fato de não ter sido possível determinar suas concentrações de entrada e saída na mesma amostragem, devido a possíveis efeitos de matriz na amostra, culminou na impossibilidade de avaliar a capacidade de remoção destes. Futuramente, será realizado o estudo do efeito de matriz dessas amostras e será possível apontar o comportamento dos compostos na determinação das concentrações no afluente bruto.

Com os dados obtidos procurou-se comparar a EPAR com outros seis sistemas convencionais de tratamento e contribuir para a tomada de decisões a respeito da qualidade do seu efluente frente aos compostos analisados. Desta forma, como as concentrações de cafeína no afluente de todas as estações da cidade de Campinas foram semelhantes com as da EPAR quando coletadas no mesmo período e, considerando o aumento observado nas concentrações de efluente das ETE Anhumas, Piçarrão e Samambaia quando as concentrações de cafeína eram dez vezes maiores, pode-se influir que em períodos de chuvas regulares, como foi o ano de 2017, as capacidades de



remoção de cafeína são semelhantes para todas as estações de tratamento estudadas, mas que em períodos de estiagem, quando os esgotos são mais concentrados, somente a EPAR Capivari II e ETE Capivari I mantiveram os mesmos níveis de concentração deste contaminante em seus efluentes. Para as estações oriundas do condado de Lubbock, observou-se o mesmo nível de remoção, demonstrando que desde sistemas mais simples de tratamento de esgoto, como é o disponível na estação Ransom Canyon até os tratamentos mais avançados como os das estações que produzem água de reúso do Sudeste de Lubbock e Capivari II, se observa um grande poder de remoção de cafeína quando em períodos de chuvas regulares. As decisões acerca da qualidade desses efluentes devem, portanto, considerar o aspecto da segurança da qualidade em períodos de estiagem e as outras características físico-químicas e microbiológicas de cada um deles, o que não foi o escopo deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALAE, M.; GUERRA, P.; KIM, M.; PARS, M.; SHAH, A.; SMITH, S. A. (2014) Removal of pharmaceuticals and personal care products in a membrane bioreactor wastewater treatment plant. *Water Science & Technology* 2221p, 2014.
- ANDRADE, J. P. M.; GASPERI, R. L. P.; LIMA, L. G. A.; ROSSETTO, R. (2014). Partida Operacional de biorreator com membranas (MBR): EPAR Capivari II. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, Vol 8 - nº 1, 2014.
- BRASIL. Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, Brasília, DF, set 2017.
- COELHO, C. A. S.; CARDOSO, D. H. F.; FIRPO, M. A. F. (2016). A seca de 2013 a 2015 na região sudeste do Brasil - Edição Comemorativa de 30 anos do Climanálise
- HESPANHOL, I. (2015). Reúso potável direto e o desafio dos poluentes emergentes. *Revista USP*, 0(106), 79.
- MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. (2017) Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. *Quim. Nova*, Vol. 40, No. 9, 1094-1110, (2017)
- PESCARA, I. C. (2014). Ocorrência e remoção de contaminantes emergentes por tratamentos convencionais de água e esgoto. Campinas, SP: 2014.
- SAMPAIO, L. "Campinas será 1ª cidade do país a usar esgoto tratado para abastecimento", Folha de S. Paulo (30/10/ 2014) - <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/10/1540864-campinas-sera-1-cidade-do-pais-a-usar-esgoto-tratado-para-abastecimento.shtml>, acesso em 26/07/2017.