

NOTA TÉCNICA

ESTUDO BIBLIOGRÁFICO DA APLICABILIDADE DO SISTEMA DE ANÁLISE EM FLUXO PARA DETERMINAÇÃO DE SULFATO EM ÁGUA DE CHUVA

BIBLIOGRAPHIC STUDY OF APPLICABILITY OF FLOW INJECTION ANALYSIS SYSTEM FOR THE DETERMINATION OF SULFATE IN RAIN WATER

Danilo Cunha de Oliveira

Graduando do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal do Pará (UFPA)
(danielocunhadeoliveira@hotmail.com)

Izabelle Ferreira de Oliveira

Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal do Pará. (iza_belemm@hotmail.com)

Luana Cristina Pedreira Lessa

Graduanda do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal do Pará.
(luanaengsamb@gmail.com)

Luiza Carla Girard Mendes Teixeira

Professora Associada da Universidade Federal do Pará. (luiza.girard@gmail.com)

Neyson Martins Mendonça

Professor da Universidade Federal do Pará. (neysonmm@ufpa.br)

Resumo

Devido ao crescimento da demanda por água para fins potáveis e não potáveis, alternativas, como captação de água de chuva, são comumente postas em prática. Este estudo se deteve à revisão bibliográfica que expõe as aplicabilidades do sistema *Flow Injection Analysis (FIA)* para análise química da qualidade de águas provenientes de chuvas, abordando metodologias utilizadas para a detecção de íons, especificamente a presença de sulfato. Tem-se, segundo Yakata *et al.* (1990), a aplicação de um método de injeção em fluxo para a detecção espectrofotométrica, comparando o mesmo com o método convencional, para a determinação do sulfato com abordagens fotométricas. A proposta desenvolvida por Zárate *et al.* (2011) destaca a determinação turbidimétrica de sulfato em águas de chuva; o procedimento faz uso da reação do sulfato com cloreto de bário e a detecção por fotometria. A qualidade dos resultados obtidos usando o método turbidimétrico e a técnica detecção espectrofotométrica apresentou-se relevante para determinações rápidas de sulfato em água de chuva em relação aos métodos clássicos.

Palavras-chave: Sistema de Injeção de análise em Fluxo, Água da chuva, Íon Sulfato SO_4^{2-} .

Abstract:

Due the growth of water demand to potable and non potable uses, alternatives ways of collect water are necessary, rain water is one example and it is the most usual practice. This article just uses bibliographical review to show different ways to determinate chemist in rain water using a flow injection analysis (FIA) system, approaching diverse methodologies with a focus in íon sulfate. Yakata *et al.* (1990) compares the application of flow injection using a spectrophotometric detection with the usual way of determinate sulfate at photometric detection. The proposal of Zárete *et al.* (2011) highlights the turbidimetric determination of sulfate in rain water, the procedure use the reaction of sulfate with barium chloride and a photometric detection. The spectrophotometric and the turbidimetric methods show yourselves more useful for quick determination than the classic methods.

Keywords: System Flow Injection Analysis, Rain Water, Íon Sulfate SO_4^{2-} .

INTRODUÇÃO

Na atualidade, a escassez de água está em ritmo acelerado e tende a piorar com o passar dos anos, tendo em vista o crescimento populacional, além das mudanças climáticas e a falta de água em escala global (TAVARES, 2009). Sendo assim, é preciso desenvolver novas formas de suprir a necessidade humana e dos demais seres que compõem a fauna e a flora.

Uma alternativa que está crescendo em termos tecnológicos é o aproveitamento da água pluvial (UNEP, 2009), principalmente em regiões onde o índice pluviométrico é alto. Anecchini (2005) enaltece o uso de água da chuva como forma de solução para o estresse hídrico. A região norte do Brasil apresenta potencial para o aproveitamento, devido ao seu clima ser marcado por temperaturas, umidade e índice pluviométrico elevados (SANTIAGO *et al.*, 2011). O estado do Pará, por exemplo, destaca-se pelo seu contingente de água pluvial, tendo 2800 mm/ano de precipitação (INMET, 2011).

De acordo com Tomaz (2005), existem fatores que indicam e justificam a utilização dessa alternativa, dentre eles, destacam-se: tarifas elevadas por parte da concessionária, qualidade inferior da água abastecida por concessionárias, instabilidade no sistema de distribuição da água, região com disponibilidade hídrica baixa, menor que 1200 m³/habitante x ano etc (COHIM *et al.*, 2008). Moruzzi *et al.* (2000) destacam, ainda, a redução da pressão nos mananciais.

Gomes *et al.* (2014) tratam da captação e do tratamento de água de chuva como uma tecnologia de caráter descentralizador, que torna possível a operação e manutenção dos sistemas por cada família, permitindo ao usuário ter autonomia do sistema de abastecimento de água. Logo, tem-se economia, praticidade e qualidade aliadas a essa alternativa de abastecimento.

Um sistema de captação da água da chuva conta com, basicamente, três etapas, sendo elas: captação, condução e armazenamento. A etapa de captação está atrelada à primeira superfície que entrará em contato com a água, comumente composta por um telhado. Por sua vez, a condução é realizada por entre tubos e calhas que

conduzirão a água até a última etapa. Por último, o armazenamento é caracterizado por alocar a água em um recipiente capaz de abrigá-la até a necessidade de seu uso (LESSA *et al.*, 2016; HELLER; PÁDUA., 2010).

Apesar de a água da chuva sofrer um processo de destilação natural, a mesma pode apresentar algum tipo de poluição, devido a substâncias presentes no ar ou até mesmo na região de captação. Kato (2006) alerta para a presença de microrganismos patogênicos em telhados que podem ser conduzidos até o reservatório e lá sofrerem proliferação. Souza *et al.* (2011) também alertam quanto à etapa de armazenamento da água, afirmando que esta é a etapa mais problemática de um sistema de captação de água da chuva.

Para que haja o controle da água pluvial captada, é necessário que análises de qualidade da água sejam realizadas (WISBECK *et al.*, 2012). Estudos contemplam a qualidade física, química e microbiológica da água de chuva armazenada nas estruturas como forma de averiguar a qualidade da água para seus possíveis usos (SIMMONS *et al.*, 2001; SCHETS *et al.*, 2010; ZHANG *et al.*, 2014; ALCOLEA *et al.*, 2015).

Por outro lado, essas análises têm de ser econômica e ambientalmente viáveis, visto que o custo dos reagentes pode ser elevado, dependendo de quantas amostras serão realizadas. No quesito ambiental, é necessário manter o ambiente ou, melhor, agredi-lo o mínimo possível por conta dos reagentes usados na análise da qualidade da água, os quais podem apresentar espécies químicas que são prejudiciais à fauna e flora. Mistura, Vaniel e Linck (2010) advertem quanto aos problemas de saúde causados pelo mau gerenciamento de materiais químicos.

Em virtude disso, o sistema *flow injection analysis* (FIA) foi desenvolvido e adaptado para as análises químicas de água. Ruzicka e Hansen (1975) desenvolveram o FIA com o objetivo de reduzir a quantidade de reagentes utilizados em análises, além de aumentar o número de coletas e diminuir o contato dos pesquisadores com o material de estudo, uma vez que o sistema analítico funciona de forma automática.

As qualidades atrativas do sistema FIA são várias, dentre as quais, a automação de

quase todo o procedimento analítico, o que torna mínima a intervenção do analista no processo, evitando, assim, que ocorra uma eventual contaminação com substâncias químicas. O sistema também é reconhecido por sua facilidade no gerenciamento de soluções, por sua robustez e versatilidade na execução dos procedimentos analíticos, bem como por sua simplicidade, incomplexibilidade de automação, alta frequência de amostragem, monitoramento 24h (em tempo real) e baixo consumo de reagentes, em relação aos métodos clássicos de manipulação de soluções (MOREIRA *et al.*, 2014).

Diversos autores trabalharam com o sistema FIA com o objetivo de averiguar a sua melhor configuração e peças. Vlessidis *et al.* (2004) realizaram um estudo para a validação de métodos FIA com detecção espectrofotométrica para águas residuárias, enquanto Buanam *et al.* (2006) propuseram um sistema FIA automático que faz uso do fracionamento dinâmico *on-line* da amostra.

Crnkovic e Jacintho (2002) utilizaram o sistema FIA juntamente com espectrofotometria, para a análise de sulfato em águas naturais. Os autores se destacam devido à utilização do reagente em suspensão e à comparação entre seu método e a análise turbidimétrica convencional, apresentando similaridades satisfatórias.

Tendo em vista que a Portaria nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011 (BRASIL, 2011) estabelece que toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância de sua qualidade, é fundamental o controle ambiental da qualidade das águas pluviais, a fim de detectar consonâncias entre suas características físico-químicas com o que é instituído pelos padrões da referida Portaria.

METODOLOGIA

O trabalho em questão aborda literaturas que foram selecionadas seguindo os critérios: utilização de água proveniente da chuva, uso do sistema FIA e a detecção de íons indicadores de alterações na qualidade da água pluvial. Determinou-se que a literatura escolhida para ser tratada no presente trabalho deveria possuir todos os três critérios.

Foram escolhidos três artigos distintos com o intuito de avaliar o grau de desempenho do sistema FIA para água pluvial. Todos os sistemas pesquisados abordaram configurações distintas para o método FIA.

Trataram-se as definições quanto ao método químico analítico de injeção em fluxo, além de expor a forma simplificada da geração de dados resultantes das análises químicas realizadas pelo método, promovendo monitoramento ambiental deste recurso hídrico de forma simples e de baixo custo.

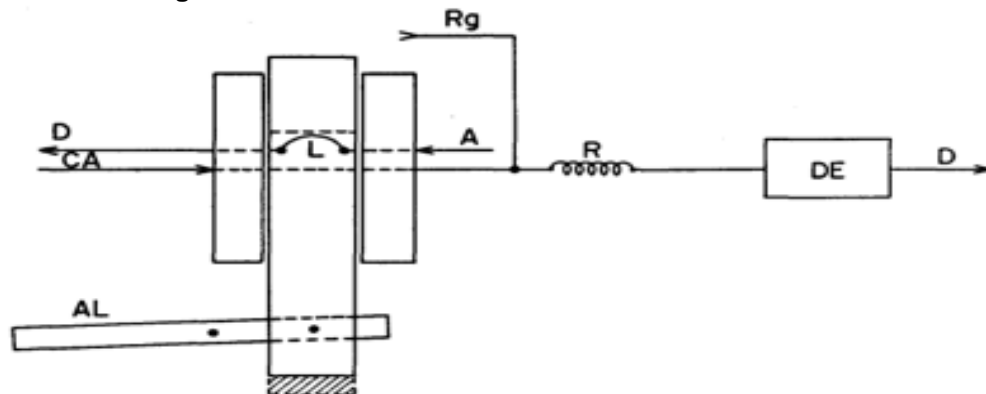
RESULTADOS E DISCUSSÃO

1) DIAGRAMA DE FLUXO E FASES DA ANÁLISE EM FLUXO DO SISTEMA FIA

O sistema FIA funciona com base na sucção da amostra, sendo esta direcionada para o injetor, no qual será carregada por um fluido carregador que, por sua vez, encaminhará a amostra para o reagente. Todo o percurso feito pelo líquido carregador, amostra e reagente tem como impulsor uma bomba peristáltica. A mistura do reagente e do material de estudo ocorre em uma bobina, sendo levada posteriormente para a leitura, podendo ocorrer por potenciometria, espectrofotometria, entre outras formas. O Standard Methods (1998) apresenta alguns procedimentos com o uso do FIA. Na Figura 1, é apresentado um esquema simplificado de um sistema FIA (REIS *et al.*, 1989).

Tripathi, Ehikhalikar e Patel (1997) usaram o sistema FIA para analisar ferro (III) em água da chuva, fazendo uso de tiocianato de amônia e surfactante, obtendo 90 análises por hora e uma vazão de 4mL por minuto, sendo o seu ponto ótimo. Os autores alegam que é uma forma eficiente de se analisar ferro em água pluvial e atentam para a sua similaridade com os métodos tradicionais.

Zárate, Pérez-Olmos e Reis (2011) investigaram água pluvial com um turbidímetro atrelado a um fotômetro de LED e um sistema de análises por injeção, com o objetivo de examinar o íon sulfato presente em água. Os autores tiveram uma frequência de 13 determinações por hora, com um volume de 7,3mL de efluente por análise.

Figura 1 – Modelo de sistema FIA em confluência


Nota: A: amostra; L: alça de amostragem; CA: carregador de amostra; AL: alavanca; Rg: reagente adicionado na confluência; R: reator; DE: detector; D: descarte. Retângulos verticais formam o injetor; a peça central pode ser movida para cima e para baixo.
 Fonte: REIS *et al.* (1989).

2) APLICAÇÃO DO SISTEMA FIA EM DETECÇÃO DE SULFATO EM ÁGUA DE CHUVA

2.1) FIA com detecção espectrofotométrica, Yakata *et al.* (1990)

A determinação rápida e simples da concentração de íon sulfato na água da chuva está se difundindo ao longo dos anos. Yakata *et al.* (1990) relatam a aplicação de um método de injeção em fluxo para a detecção

espectrofotométrica, comparando o mesmo com o método convencional, para a determinação do íon sulfato em água de chuva com abordagens fotométricas.

O método proposto pelos autores é simples: uma amostra por minuto pode ser tratada para determinar o íon sulfato em concentração a partir de 4 ppm de SO_4^{2-} . A determinação espectrofotométrica de íon utilizando bário (Bach) baseia-se na seguinte reação de dupla troca:



O experimento foi realizado com uma minicoluna preenchida com cloranilato de bário sólido e de uma solução de cloreto de amônio a 0,5% (v/v) em etanol 50% (v/v) como fluxo transportador. Yakata *et al.* (1990) descrevem a calibração executada neste sistema com solução de padrão, obtendo assim um gráfico de calibração linear, conforme a Figura 2 a seguir.

A curva analítica do íon sulfato apresenta-se linear entre 4 - 100 mg $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{L}^{-1}$. As amostras passaram por tratamento prévio em coluna de troca catiônica, e as frequências analíticas chegaram a 60 amostras por hora.

Os resultados obtidos por Yakata *et al.* (1990) foram comparados com os gerados pelo método fotométrico padrão. Os resultados resumidos estão apresentados na Tabela 1.

Segundo Yakata *et al.* (1990), há uma concordância dos resultados obtidos pelo método padrão e pelo método de análise em fluxo proposto, sendo que as respectivas variações foram mínimas. O método proposto apresentou-se muito útil para rápidas determinações de sulfato em água de chuva, com a amostra podendo ser analisada dentro de um minuto durante as corridas repetidas.

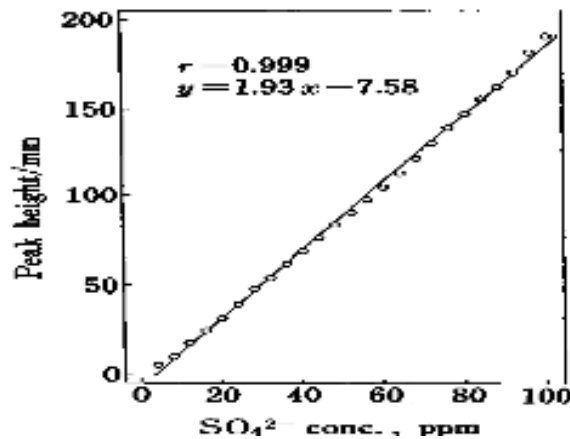
2.2) FIA por detecção turbidimétrica, Zárate *et al.* (2011)

A proposta desenvolvida por Zárate *et al.* (2011) destaca a determinação turbidimétrica de sulfato em águas de chuva. O procedimento visa à determinação de sulfato com base na reação com cloreto de bário e a detecção por fotometria. Para a verificação do desempenho do sistema proposto, um

conjunto de soluções-padrão de sulfato foi processado. Os registros apresentados na Figura 3 mostram que não ocorreu desvio na

linha de base, e que as curvas de calibração foram lineares com intervalo de 0,1 a 2,0 mgL⁻¹ sulfato.

Figura 2 – Curva de calibração para a concentração de íon sulfato



Fonte: Yakata *et al.* (1990).

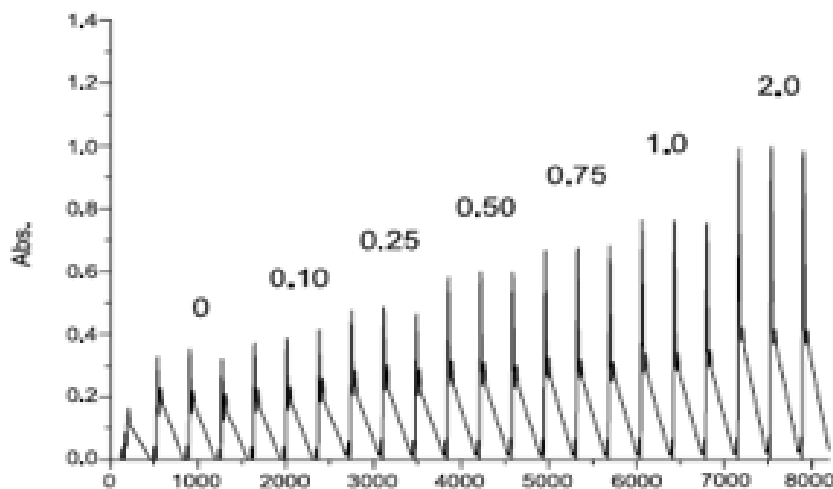
Tabela 1 – Resultado das análises

Amostras	SO ₄ ²⁻ ppm		
	FIA ^a	SCB ^b	PIJ ^c
Água de nascente (Oike,Oita Pref)	45.0	46.6	46.4
DEC 8,1989	9.1	8.4	8.5
DEC 14,1989	8.4	8.5	8.0
JAN 6,1990	7.9	8.2	7.6

Nota: a)Espectrofotométrica; b) Bário; c) Padrão industrial japonês.

Fonte: Yakata *et al.* (1990).

Figura 3 – Registros relacionados a soluções padrão de sulfato



Nota: Os números sobre os registros correspondentes às concentrações de sulfato foram expresso em mg .L⁻¹.

Fonte: ZÁRATE *et al.* (2011).

As curvas de calibração foram lineares, de 0,1 a 2,0 mg L⁻¹ de sulfato, apresentando a seguinte equação linear:

$$y = (0,341 \pm 0,023) x + (0,334 \pm 0,049) \quad (2)$$

Com um coeficiente de correlação linear de pré-concentração, R² = 0,999 (ZÁRATE *et al.*, 2011).

Ainda segundo os autores, um conjunto de amostra de água de chuva foi coletado em diferentes pontos da cidade de Piracicaba (Brasil). Para se obter maior exatidão do método, as amostras foram analisadas pela metodologia de espectrometria de emissão óptica de plasma acoplado, ICP-OES, conforme pode ser observado nos resultados expressos na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparação dos resultados obtidos, suas médias e desvio padrão para três medições consecutivas

Amostra	Sistema Proposto (mg/L)	ICP-OES (mg/L)
1	1,405 ± 0,015	1,398 ± 0,018
2	0,829 ± 0,015	0,858 ± 0,010
3	0,613 ± 0,019	0,634 ± 0,038
4	0,670 ± 0,012	0,694 ± 0,039
5	0,943 ± 0,008	0,979 ± 0,041
6	0,761 ± 0,017	0,763 ± 0,054
7	0,897 ± 0,009	0,895 ± 0,073
8	0,602 ± 0,043	0,625 ± 0,019
9	0,674 ± 0,019	0,670 ± 0,086

Fonte: ZÁRATE *et al.* (2011).

Houve aplicação do teste t emparelhado entre os resultados das amostras de água de chuva, apresentando um nível de confiança de 95%; o valor calculado ($t = -2,43$) foi inferior ao valor tabelado ($t = 2,31$), indicando que não houve diferença estatisticamente significativa entre os resultados. O sistema de análise em fluxo proporcionou um bom desempenho, incluindo a estabilidade em longo prazo e a baixa intervenção do operador.

Ocorreram, também, um baixo consumo de reagentes (17,0 mg BaCl₂, 9,3 mg NO₃⁻ e 6,0 mg EDTA) e baixo volume de resíduos gerados (7,3 mL). O método pode ser considerado como um recurso útil, tendo em vista os resultados proporcionados pelos procedimentos realizados.

Por fim, o potencial de utilização do método de análise em fluxo para determinação turbidimétrica de sulfato na água da chuva foi provado. Assim, é possível afirmar que os procedimentos podem ser usados em análise laboratorial de rotina, proporcionando resultados seguros e de forma eficiente.

2.3) FIA por detecção Espectrofotométrica, Gomes (2013).

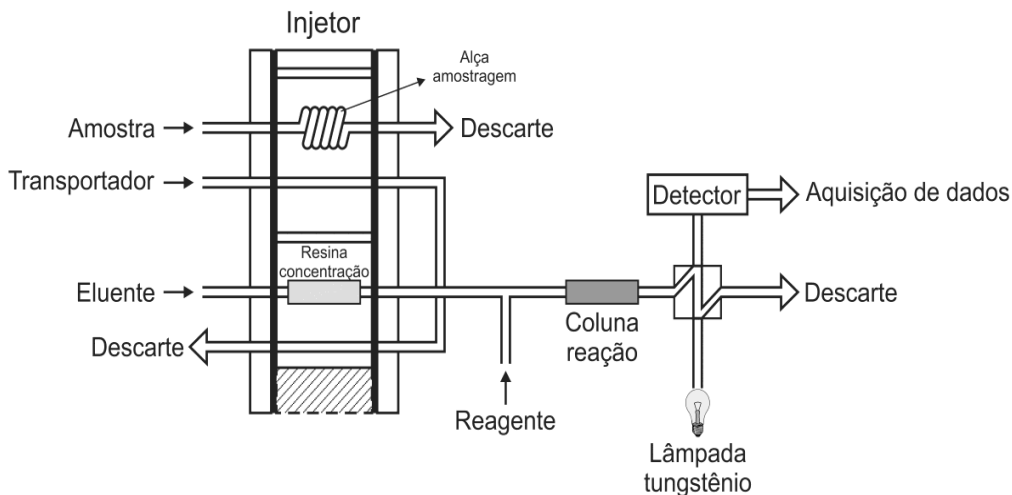
Um sistema FIA foi desenvolvido e aplicado à determinação espectrofotométrica de baixas concentrações de sulfato em águas de chuva, envolvendo SPE (solid phase extraction) para a separação / concentração em linha do analito. O sistema está expresso na Figura 4.

O método proposto por Gomes (2013) explora a reação de deslocamento entre o ânion sulfato e o complexo dimetilsulfonazo (III) de bário (Ba-DMSA), com conseqüente formação do sal pouco solúvel. A amostra inserida é dirigida para a minicoluna contendo a resina, que concentra o sulfato e elimina os cátions interferentes em potencial e demais elementos não aniônicos, que seriam enviados para descarte.

A pesquisa apontou a solução Ba-DMSA com alta absorvidade molar a 656 nm, e uma diminuição considerável na absorvância, que ocorre na presença de sulfato. Um sinal analítico foi identificado, registrando picos

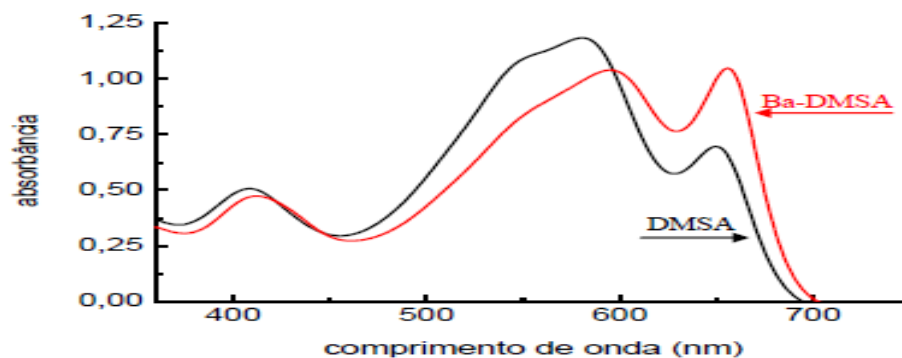
invertidos proporcionais à concentração de sulfato nas amostras (GOMES, 2013).

Figura 4 – Diagrama de fluxos para determinação de concentrações de sulfato abaixo de 2 mg.L⁻¹, envolvendo SPE



Fonte: GOMES (2013).

Figura 5 – Espectros de absorção



Fonte: GOMES (2013)

Amostras de água de chuva foram analisadas pelo método proposto e por cromatografia iônica. Os resultados desse método podem ser observados na Tabela 3.

A exatidão do método proposto foi confirmada, comparando-se os valores de concentrações obtidos pelo sistema proposto com aqueles determinados por cromatografia iônica, após aplicação do teste t independente, ao nível de confiança de 95%; o limite de detecção foi estimado em 0,01mg. L⁻¹ SO₄; já o limite de quantificação foi estimado em 0,04

mg. L⁻¹ SO₄, e a curva analítica mostrou-se linear (GOMES, 2013).

O sistema proposto revelou-se fisicamente robusto, pois, quando foi mantido em operação por cerca de quatro horas seguidas, não foram observadas derivas na linha base ou mau funcionamento em nenhum dos componentes. É uma alternativa viável para se determinar baixas concentrações de sulfato em amostras de águas naturais em função, principalmente, da simplicidade

operacional, praticidade e sensibilidade analítica (GOMES, 2013).

Tabela 3 – Resultados comparativos

Água de chuva	Sistema proposto (mg/L)	Cromatografia iônica (mg/L)
Amostra 1	0,34 ± 0,01	0,30 ± 0,03
Amostra 2	0,22 ± 0,008	0,19 ± 0,01
Amostra 3	0,81 ± 0,006	0,79 ± 0,02
Amostra 4	1,39 ± 0,008	1,36 ± 0,03
Amostra 5	0,85 ± 0,01	0,82 ± 0,01
Amostra 6	0,51 ± 0,008	0,52 ± 0,01
Amostra 7	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,01
Amostra 8	0,62 ± 0,01	0,60 ± 0,03

Nota: Os valores referem-se às concentrações em mg L⁻¹ SO₄.

Fonte: GOMES (2013).

CONCLUSÕES

A questão da captação e aproveitamento das águas pluviais gira em torno da segurança hídrica que esta tecnologia proporciona à sociedade com sua crescente utilização no século XXI. Sendo assim, viabilidade técnica e viabilidade econômica norteiam a sua implementação, o que envolve tecnologia de instalação, tratamento de água, análise da qualidade da água captada, além do potencial de precipitação da região.

A avaliação dos artigos em questão proporciona estabelecer que a aplicação do sistema de análise em fluxo, para determinação de sulfato em águas de chuva, vem se expandido ao longo dos anos, destacando a utilização da técnica por detecção espectrofotométrica, como também o método turbidimétrico. A presença de íon sulfato em concentração na água de chuva se mostrou recorrente, apesar do avanço de tecnologias em captação de águas pluviais ao longo dos anos.

O método turbidimétrico e a técnica de detecção espectrofotométrica se apresentaram muito úteis para determinações rápidas de sulfato em água de chuva em relação aos métodos convencionais clássicos de laboratório, além de proporcionar economia

sem a necessidade do envio das amostras a laboratórios especializados e a atenção quanto ao momento de coleta e análise. Apresentaram-se concordâncias entre os resultados, já que ambos foram comparados a métodos tradicionais, podendo se considerar como uma indicação da eficácia inequívoca dos procedimentos.

O estudo comparativo de Yakata *et al.* (1990) fez alusão a medidas adotadas no Japão, bem como ao método padrão e ao sistema FIA, contribuindo, assim, para uma visão mais global desse sistema aplicado a águas pluviais. Vale ressaltar, ainda, que o trabalho de Yakata *et al.* (1990) obteve resultados semelhantes aos demais autores, no âmbito da correlação entre o método tradicional e o sistema FIA. Sendo assim, pode-se vislumbrar a capacidade que o sistema tem de analisar a água, não importando a região do globo.

É interessante ressaltar a precisão dos métodos, a qual expõe a tendência à automação nas análises químicas, proporcionando melhor qualidade na análise das variáveis em curto período de tempo e a baixo custo. Logo, a tecnologia da análise em fluxo prova a eficácia da automação no ramo da química analítica e demonstra a tendência

de inovação neste segmento, do ponto de vista mecânico, químico e ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCOLEA, A.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, C.; VÁZQUEZ, M.; CAPARRÓS, A.; IBARRA, I.; GARCÍA, C.; ZARROCA, M.; RODRIGUÉZ, R. An assessment of the influence of sulfidic mine wastes on rainwater quality in a semiarid climate (SE Spain). **Atmospheric Environmental**, Spain, v.107, p. 85-94, 2015.
- ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, DC: APHA. 1998.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011**. Estabelece as responsabilidades por parte de quem produz a água, a quem cabe o exercício do controle de qualidade da água e das autoridades sanitárias, a quem cabe a missão de “vigilância da qualidade da água” para consumo humano. Brasília, DF. 2011.
- BUANUAM, J.; MIRÓ, M.; HANSEN, E. H.; SHIOWATANA, J. On-line dynamic fraction and automatic determination of inorganic Phosphorus in environmental solid substrates exploiting sequential injection microcolumn extraction and flow injection analysis. **Analytica Chimica Acta**, Tailândia, n. 570, p. 224-231, 2006.
- COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2008. Anais... Salvador/BA: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 2008.
- CRNKOVIE, P. M.; JACINTHO, A. O. Emprego de reagente em suspensão em sistema de injeção em fluxo. Determinação espectrofotométrica de sulfato em águas naturais. **QUÍMICA NOVA**, Piracicaba, v. 25, n. 2 p. 254-258, 2002.
- GOMES, T. F. **Determinação espectrofotométrica de sulfato em águas de chuva em um sistema de análises químicas em fluxo envolvendo troca-iônica**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- GOMES, U. A. F.; DOMÈNECH, L.; PENA, J. L.; HELLER, L.; PALMIER, L. R. A captação de água de chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, v. 19. n.1, p. 7-16, jan./mar. 2014.
- HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. rev e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET, 2011. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/>> Acesso em: julho de 2016.
- KATO, M. T. Qualidade de água de cisternas utilizadas para fins de consumo humano do município de Poço Redondo – SE. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA, 3., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2006. p. 157-165.
- LESSA, L. C. P.; FERREIRA, C. E. C.; BITZCOF, J. D.; GOMES, L. N.; FAYAL, S. M. P. Estudo do potencial de aproveitamento de água da chuva para sistema de abastecimento residencial urbano em cidade amazônica (Belém-PA). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 10., 2016, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre/RS: Associação Brasileira de Engenharia Sanitaria e Ambiental, 2016.
- MISTURA, C. M.; VANIEL, A. P. H.; LINCK, M. R. Gerenciamento de resíduos dos laboratórios de ensino de química da Universidade de Passo Fundo, RS. **Revista de Ciências Exatas Aplicadas e Tecnológicas da Universidade de Passo Fundo**, Passo Fundo, v. 2, p. 54-64, 2010.
- MOREIRA, B. C. S.; TAKEUCHI, R. M.; RICHTER, E. M.; SANTOS, A. L. Desenvolvimento de um sistema de análise por injeção em fluxo utilizando materiais alternativos de baixo custo para fins didáticos. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 37 n. 9, jun. 2014.
- MORUZZI, R. B.; NAKADA, L. Y. K. Coleta e tratamento de água pluvial para fins não potáveis com emprego de amido de milho como coagulante primário em filtração cíclica em escala de laboratório. **Revista de Estudos Ambientais**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 51-60, jan./jun. 2009.
- TRIPATHI, N.; EHIKHALIKAR, S.; PATEL, K. S. Flow injection analysis of iron in rain water with thiocyanate and surfactant. **Journal of Automated**

Methods and Management in Chemistry, v. 19, n. 2, p. 45-50, 1997.

REIS, B. F.; GINÉ, M. F.; KRONKA, E. A. M. A análise química por injeção em fluxo contínuo. **Química nova**, Piracicaba, v. 12, p. 82-92, 1989.

RUZICKA, J.; HANSEN, E. H. Flow injection analysis. Part I. New concept of fast. **Analytica Chimica Acta**, Lyngby, v. 78, p. 145-157, fev. 1975.

SANTIAGO, A.; RIBEIRO, V. C.; COSTA, J. F.; PACHECO, N. A. **Variabilidade de intensidade das chuvas em Belém-PA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011, Vitória/ES Anais: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia -SBA, 2011.

SCHETS, F. M.; ITALIAANDER, R.; VAN DEN BERG, H. H. J. L.; RODA, A. M. H. Rainwater harvesting: quality assessment and utilization in the Netherlands. **Journal Water and Health**, v.8, p. 224-235, 2010.

SIMMONS, G.; HOPE, V.; LEWIS, G.; WHITMORE, J.; GAO, W. Contamination of potable roof collected rainwater in Auckland. **Water Resource**, New Zealand, v. 35, p. 1518-1524, 2001.

SOUZA, S. H. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, S. M.; PESSOA, S. G. S. Avaliação da qualidade da água e da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 3, p. 81-93, jul./set. 2011.

TAVARES, A. C. Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais no Semi-Árido paraibano. 2009. 166f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2009.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, São Paulo, 2005. 180p.

UNEP – United Nations Environment Programme. **Rainwater harvesting: a lifeline for human wellbeing**. A report prepared for UNEP by Stockholm Environment Institute, 2009. p. 69.

VLESSIDIS, A. G.; KOTTI, M. E.; EVMIRIDIS, N. P. A study for the validation of spectrophotometric methods for detection, and of digestion methods using a flow injection manifold, for the determination of total phosphorus in wastewaters. **Journal of Analytical Chemistry**, n. 59, p. 77, 2004.

WISBECK, E.; SANDRI, E. K.; SOARES, A. L. M.; MEDEIROS, S. H. W. Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta. **Rev. Ambient. Água**, Tabuaté, v. 7, n. 1, jan./mar. 2012.

YAKATA, K.; SAGARA, F.; YOSHIDA, I.; UENO, K. Determination of sulfate ion concentration in rain water by flow injection analysis incorporated with bariumchloranilate reaction column. **Analytical Sciences**, Tokyo, v. 6, p. 711-714, 1990.

ZÁRATE, N.; PÉREZ-OLMOS, R.; REIS, B. F. Turbidimetric determination of sulfate in rainwater employing a LED based photometer and multicommuted flow analysis system with in-line preconcentration. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 22, n. 6, p. 1009-1014, 2011.

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**, Chongqing, v. 132, p.178-187, 2014.