

## **ANÁLISES DE FERRO E MANGANÊS NA ÁGUA TRATADA DE PORTO ALEGRE/RS**

DOI: 10.19177/rgsa.v9e012020218-233



**Gabriela Pariz Santos<sup>1</sup>**

**Kaiulani Schultz Rosa Lopes<sup>2</sup>**

**Alexandra Janine Schuh<sup>3</sup>**

**Jeane Estela Ayres de Lima<sup>4</sup>**

**Juliana Pelisoli Holz<sup>5</sup>**



### **RESUMO**

A importância da água para a saúde é largamente reconhecida, assim sendo, garantir a qualidade da água distribuída em Porto Alegre/RS é fundamental para a população. Deste modo, realizou-se análises de amostras de água tratada pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto da cidade de Porto Alegre/RS, a fim de verificar a possível presença de Ferro e Manganês. Uma vez que a qualidade da água é assegurada pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5/2017, do Ministério da Saúde, o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Secretaria de meio ambiente do governo do estado de São Paulo, e também do Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde, foram utilizados para as coletas de amostras de água tratada na cidade Porto Alegre/RS, para posterior realização das análises e verificação da presença de Ferro e Manganês. Através da técnica instrumental de espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado, também conhecido como ICP-EOS, observou-se que o grau de contaminação de Ferro e Manganês é irrelevante, pois o valor máximo de ferro encontrado nas amostras foi de 21,74 µg/L e de manganês foi de 31,59 µg/L, em comparação com os parâmetros do Anexo XX da Portaria.

**Palavras-Chave:** Água. Espectroscopia. Ferro. Manganês. Portaria.

<sup>1</sup>Graduanda do curso de Engenharia Química do Centro Universitário Ritter dos Reis, com previsão de formatura no segundo semestre de 2019. Bolsista de iniciação científica do Projeto do Programa de

Extensão e Gestão de Atividades de Formação Continuada (PEGA) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). E-mail: parizgabriela8@gmail.com

<sup>2</sup>Engenheira Sanitarista e Ambiental graduada pela Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre (2019). Bolsista de iniciação científica do projeto PEGA da PUCRS. E-mail: kaiulani92@gmail.com

<sup>3</sup>Doutoranda em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Química Industrial e licenciada pela PUCRS (2009) e Mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais pela PUCRS (2011). Atualmente é Química Industrial do Laboratório Especializado em Eletroeletrônica (Labelo / PUCRS). E-mail: alexandra.schuh@pucrs.br

<sup>4</sup>Doutora em Ciências dos Materiais pela UFRGS (2003), Mestre em Química pela UFRGS (1997) e Engenheira Química graduada pela UFRGS (1993). Atualmente é professora adjunta da PUCRS. E-mail: jeane.lima@pucrs.br

<sup>5</sup>Doutora e Mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais pela PUCRS (2017 / 2012) e Engenheira Química graduada pela PUCRS (2010). Atualmente é professora na Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre. E-mail: [jupeho@hotmail.com](mailto:jupeho@hotmail.com)

## **ANALYSIS OF IRON AND MANGANESE IN THE TREATED WATER OF PORTO ALEGRE/RS**

### **ABSTRACT**

The importance of water for health is widely acknowledged, therefore guaranteeing the quality of water distributed in Porto Alegre/RS is fundamental for the population. Thus, we conducted analyses of water samples treated by the Municipal Department of Water and Sewage in the city of Porto Alegre/RS, in order to verify the possible presence of iron and manganese. Since the quality of the water is ensured by Annex XX of the Ordinance of Consolidation No. 5/2017 of the Ministry of Health, the National Guide for the collection and preservation of samples of the environment secretariat of the State of São Paulo, and also of the practical Manual of anyl Water Use of the National Health Foundation, were used for the collection of water samples treated in the city of Porto Alegre/RS, for further realization of the analyses and verification of the presence of iron and manganese. Through the instrumental technique of atomic emission spectrometry with coupled plasma, also known as ICP-EOS, it was observed that the degree of contamination of iron and manganese is irrelevant, since the maximum iron value found in the samples was 21.74 µg/L and manganese was 31.59 µg/L, in comparison with the parameters of Annex XX of the Ordinance.

**Keywords:** Water. Spectroscopy. Iron. Manganese. Ordinance.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, uma das maiores preocupações globais em relação a problemas ambientais está relacionada com a água. Sendo um recurso natural e indispensável para diversas finalidades das atividades humanas, como o abastecimento público, industrial, agrícola e para produção de energia. O crescimento populacional juntamente com o desenvolvimento industrial originou um aumento na contaminação por lançamento de efluentes domésticos e industriais em rios, lagos e reservatórios ocasionando comprometimento da qualidade da água. Desta forma, redobra-se o esforço para manter a boa qualidade da água, bem como desenvolver alternativas para recuperá-la quando se encontra em situação já degradada, lembrando do cuidado que devemos ter com o meio ambiente, afinal a água é um bem finito. (COSTA, TELLES, 2010; SOUZA *et al.*, 2018).

Alcançar um projeto eficaz de tratamento de água é um processo complexo porque existe uma grande variedade de componentes indesejáveis na fonte de água e mesmo águas consideradas “puras” podem conter alguns componentes que necessitam ser removidos. (HOWE *et al.*, 2012). No Brasil, a Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017), dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A fim de mensurar a qualidade da água, são utilizados parâmetros que classificam as principais características físicas, químicas e biológicas. Para que a água se torne potável e própria para consumo, são necessárias algumas etapas de tratamento da água. Entre as características físicas encontram-se parâmetros como a turbidez e temperatura. As características químicas, além da análise de pH que indica quando a água está ácida, neutra ou alcalina, são investigadas para identificação e determinação da concentração de substâncias inorgânicas, como por exemplo os metais pesados, que devem ser mantidas sob controle pois se excedidos os limites representam risco à saúde humana.

Conforme Davis e Masten (2016), os elementos ferro e manganês são metais encontrados na natureza. A presença dessas substâncias em águas destinadas ao abastecimento público é muito comum no Brasil nas suas formas solúveis e/ou iônicas, devido às características geoquímicas de cada região, que permitem um

conhecimento mais exato dos fenômenos químicos presentes na natureza. A formação de precipitados que conferem cor, sabor e odor característico dessas substâncias às águas ocorrem quando entram em contato com o oxigênio (DE ALMEIDA *et al.*, 2011). Essas alterações ocorrem quando os teores superam os limites máximos estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 05, de 0,3 e 0,1 mg/L para ferro e manganês, respectivamente (BRASIL, 2017).

Destaca-se que ambos os elementos são considerados de baixa toxicidade para a saúde pública, porém em concentrações superiores aos valores determinados acarretam problemas para o abastecimento público, que podem ser considerados contaminantes já que em excesso afetam a qualidade da água. Além disso, a alta concentração dessas substâncias nas águas provoca incrustação no interior das canalizações, na rede distribuidora e no interior de reservatórios (DAVIS, MASTEN, 2016; MORUZZI, REALI, 2012).

O tratamento de água na cidade de Porto Alegre é realizado pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto – DMAE (2019) que é responsável por todo processo de captação, tratamento, reservação e distribuição da água, assim como pelo recolhimento e tratamento de todo o esgoto cloacal de Porto Alegre. O presente trabalho tem por objetivo principal analisar amostras de água tratada pelo DMAE da cidade de Porto Alegre/RS, a fim de verificar a possível presença de ferro e manganês, bem como, os principais parâmetros de qualidade da água (pH, turbidez e temperatura).

As análises de ferro e manganês serão avaliadas por espectrômetro de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). O ICP-OES é uma técnica reconhecida como alta sensibilidade, versátil e principalmente por sua capacidade de determinação multielementar (NOVAES, 2016). A técnica é muito bem estabelecida e é usada amplamente em análises de rotina (SILVA, 2016). A alta temperatura produzida pela fonte de plasma permite determinar elementos que são muito difícil de serem determinados através de outras técnicas analíticas, como metais refratários ou que formam óxidos refratários, elementos de terras raras e elementos leves, como o boro (NOVAES, 2016).

O plasma é um gás altamente energizado e eletricamente neutro composto de íons, elétrons e partículas neutras. Geralmente é produzido por uma corrente de argônio, que é energizada por um campo eletromagnético de alta frequência (ou por energia de ondas musculares) ou por uma corrente contínua. Quando essa fonte é

combinada com um espectrômetro de alta qualidade, resulta em uma poderosa técnica de detecção elementar. Plasmas produzidos nesses espectrômetros geralmente têm uma temperatura alta (pode chegar a 8.000 K) e um ambiente químico menos reativo do que a chama do atomizador (NOVAES, 2016).

A amostra é introduzida no plasma na forma de aerossol onde ocorre a evaporação do solvente e a formação de partículas sólidas. Em seguida ocorre a fusão, vaporização, dissociação para a formação de átomos e íons livres e excitação com emissão de luz. O estado excitado é instável e os átomos e íons perdem energia em excesso, tanto por colisões com outras partículas como por transição por um nível de radiação de menor energia. Essa transição de energia para um nível mais estável ocorre com a emissão de fótons de luz que se propagam no meio com comprimentos de onda e frequências distintas, que geram espectros de emissão para se obter informações analíticas qualitativas e quantitativas (SILVA, 2016).

O desenvolvimento de um método analítico utilizando ICP OES como técnica de detecção requer que os objetivos da análise sejam claramente definidos para aproveitar todas as potencialidades técnicas e evitar perda de tempo e recursos financeiros. Assim, todas as etapas e características do método devem ser avaliadas para gerar resultados confiáveis. Além disso, variáveis instrumentais como: radiofrequência (RF), configuração da tocha (axial ou radial), fluxo de gás, fluxo de aspiração da amostra, etc. também devem ser estabelecidas (NOVAES, 2016).

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Amostras**

Este trabalho tem como área de estudo a cidade de Porto Alegre no Rio Grande do Sul que possui área territorial de 496.684 km<sup>2</sup>. O abastecimento da cidade realizado pelo DMAE é composto por seis Estações de Tratamento de Água (ETA's) que, juntas, atendem pouco mais de um milhão e quatrocentos mil habitantes (DMAE, 2019).

As amostras de água foram coletadas em cinco pontos distintos de torneiras externas com fonte de água tratada diretamente da rede do DMAE, para que não haja interferência na qualidade das amostras pelos reservatórios de armazenamento de água da cidade (caixa d'água). Cada amostra foi definida com base no bairro pertencente a cada uma das cinco ETA's existentes responsáveis pelo

abastecimento da cidade. Com isso, foi possível atingir 99,6% de amplitude geográfica para este estudo. As amostras foram identificadas conforme Quadro 1:

Quadro 1 - Áreas Selecionadas para Coleta das Amostras

<b>Identificação</b>	<b>Ponto de Coleta</b>	<b>ETA</b>
Amostra A	Iate Clube Guaíba	Tristeza
Amostra B	Faculdade de Veterinária UFRGS	Belém Novo
Amostra C	Parque Germânia	São João
Amostra D	Parcão	Moinhos de Vento
Amostra E	PUCRS	Menino Deus

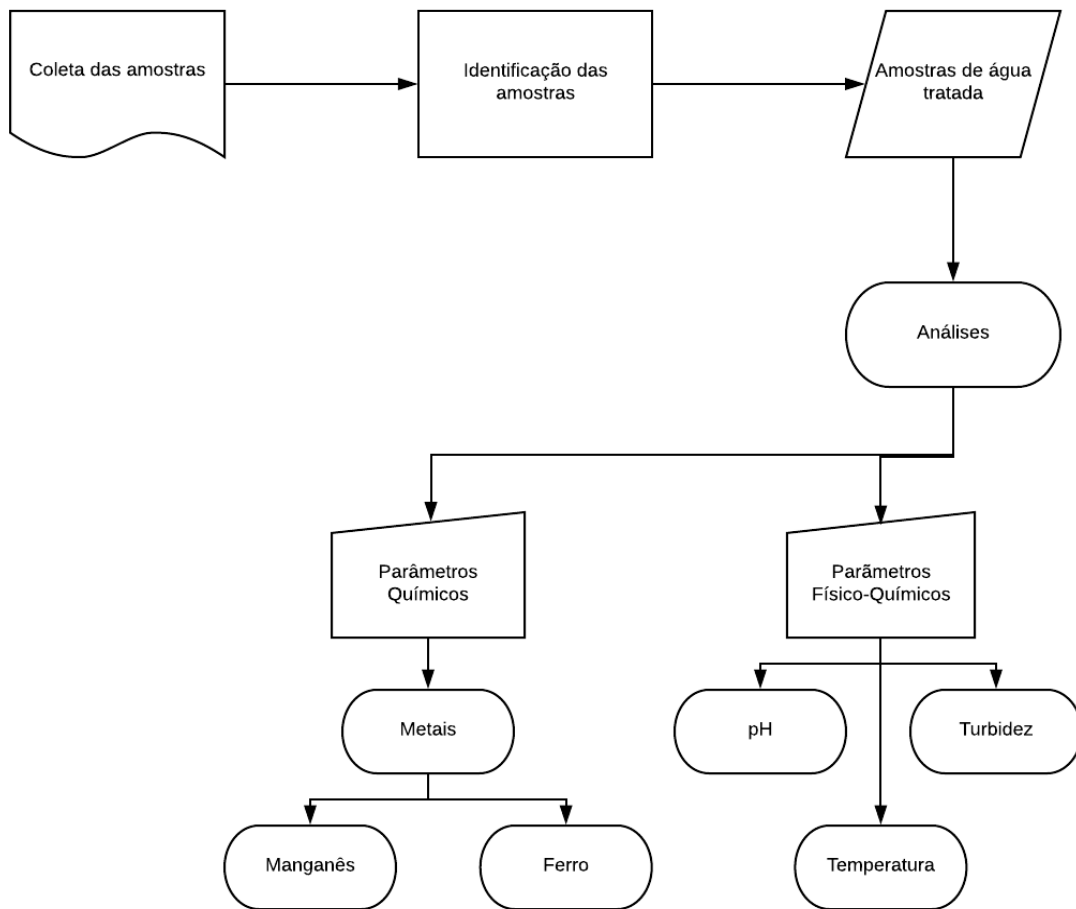
Fonte: Dos autores (2019)



O procedimento e o material utilizado para a coleta das amostras foi realizada de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011) e o Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2013).

Os métodos e os procedimentos necessários para a obtenção dos parâmetros físico-químicos e das concentrações para ferro e manganês estão apresentados no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma dos Métodos



Fonte: Dos autores (2019)

## 2.2 Equipamentos

Frascos de polietileno de 1L foram utilizados para coletas de amostras de água para as análises. E para a análise de pH foi utilizado um medidor de pH AK90 *pH basic*, a controle de temperatura da água foi realizada com um termômetro digital Cε Tp101. A turbidez foi avaliada com um Turbidímetro modelo AP1000 II Polilab, em triplicata de 50 ml retirada do volume restante da amostra de água contida no frasco de polietileno.

Para a análise elementar mais precisa foi utilizado um espectrômetro de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES, Thermo Scientific Modelo ICAP 6200, dual-view) equipado com um nebulizador concêntrico de vidro e uma câmara de nebulização ciclônica, o plasma foi utilizado com vista axial. Os

parâmetros analíticos do instrumento ICP-OES estão resumidos na Tabela 1 (ABNT, 2000).

Tabela 1 – Parâmetros analíticos instrumentais do ICP-OES.

<b>Parâmetros analíticos:</b>	
RF power	1150 W
Plasma gás flow rate (L/min)	15.0
Auxilliary gas flow rate (L/min)	0.5
Nebulizer gas flow rate (L/min)	0.5
Replicatas	3
Comprimento de onda (nm)	Mn (257,6); Fe (259,3)

Fonte: Dos autores (2019)

Todos os equipamentos auxiliares, como micropipetas digitais, balanças e balões volumétricos foram calibrados em laboratório acreditado à ABNT NBR ISO/IEC 17025 (ABNT, 2017; ABNT, 2002). Durante toda a análise por ICP-OES, as amostras estavam em ambiente controlado, com temperatura de  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$  e a umidade relativa de  $(50 \pm 10)$  u.r, o controle destas condições foi realizado com um termo higrômetro (Cotronic, Brasil) com calibração à Rede Brasileira de Calibração (RBC).

### 2.3 Reagentes

Para a análise por turbidímetro, os padrões utilizados foram de 0,6, 10, 100 e 1.000 NTU. Nas análises por ICP-OES foram utilizados os seguintes materiais de referência certificados; para Ferro: NIST 3126a ( $10.013 \pm 24$ ;  $k= 1,99$ )  $\text{mg.kg}^{-1}$  e para manganês *accustandard* solução multielementar AG-WAVECAL-ASL-10X-5 ( $0,0501 \pm 0,0002$ ;  $k=2,00$ )  $\text{mg.kg}^{-1}$ .



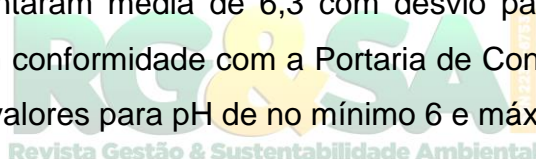
Na análise de ICP-OES, as amostras foram levemente acidificadas 2%, com HNO<sub>3</sub> (Merck, Alemanha) e para a curva de calibração foi utilizado água Milli-Q (Milipore, Ultrapure Direct-Q).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As amostras de água coletadas foram submetidas à análise de parâmetros de qualidade, a fim de verificar se apresentavam alguma distorção em relação aos parâmetros pH, turbidez e temperatura de acordo com os índices regulamentados na Portaria de Consolidação Nº 5 (BRASIL, 2017). Os ensaios de pH e turbidez foram realizados nas instalações da Faculdade Dom Bosco e as análises de ferro e manganês nas instalações do LABELO da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

#### **3.1 pH**

A partir dos dados obtidos observou-se que os resultados de pH encontrados nas amostras apresentaram média de 6,3 com desvio padrão de 0,3. Os valores encontrados estão em conformidade com a Portaria de Consolidação Nº 5 (BRASIL, 2017) que determina valores para pH de no mínimo 6 e máximo 9.



#### **3.2 Turbidez**

O parâmetro de turbidez analisado no laboratório foi realizado em triplicata. A média dos valores, desvio padrão e o coeficiente de variação podem ser verificados conforme Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Resultado das Análises de Turbidez

<b>Turbidez (NTU)</b>			
<b>Identificação</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>CV</b>
A	1,3	0,2	0,1
B	1,2	0,1	0,1
C	1,4	0	0
D	1,5	0	0
E	1,4	0,1	0
F	1,2	0,1	0,1

Fonte: Dos autores (2019)

Em relação à turbidez, percebe-se que os valores encontrados não possuem diferença considerável entre si à medida que o maior desvio padrão identificado foi de 0,2, e o coeficiente de variação demonstrou valores de 0,1. Destaca-se também, que as amostras estão em acordo com os parâmetros exigidos pela Portaria de Consolidação Nº 5 (BRASIL, 2017), onde declara o VMP até 5 NTU.

### 3.3 Temperatura

Para o parâmetro de temperatura não foram encontradas nenhuma inconformidade em relação aos resultados de temperatura obtidos nas amostras, conforme o padrão exigido pela Portaria de Consolidação Nº 5 (BRASIL, 2017). A média das temperaturas para todas as amostras foi de 23,5 °C com desvio padrão de 1,0°C.

### 3.4 Ferro e Manganês

Para a quantificação de ferro a faixa de trabalho utilizada foi de (0,01 a 0,1) mg/L e para manganês foi de (0,005 a 0,025) mg/L. Os pontos apresentaram concentrações equidistantes para não apresentar erros de tendência devido ao efeito de alavanca. Os dados da curva para ferro e manganês podem ser avaliados no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2. Equações da reta obtidas através das curvas de calibração.

Elemento	Equações da reta	Coefficiente de correlação (R)
Ferro	$y = 9,5197x + 41,727$	0,9959
Manganês	$y = 106,71x - 46,418$	0,9973

Fonte: Dos autores (2019)

Os coeficientes de correlação obtidos evidenciam a linearidade do método na faixa de concentração estabelecida para os analitos avaliados. Antes da regressão linear simples – através dos mínimos quadrados ordinários não ponderados – da curva analítica, foi verificada a ausência de outliers para cada nível de concentração através do Teste de Grubbs. Esta avaliação apresentou todos os resultados satisfatórios ( $G_{\text{calculado}} < G_{\text{tabelado}}$ ) para as curvas de calibração preparadas. Além disso, avaliou-se a distribuição dos resíduos, que apresentou a distribuição randômica dos resultados em torno de zero – o que também evidencia a linearidade da faixa de trabalho do método (DOQ-CGCRE 0008, 2018).

Para a avaliação da exatidão do método preparou-se soluções de garantias adicionais da qualidade, com concentrações na faixa da curva de calibração, utilizando um MRC diferente do utilizado na preparação da curva de calibração, dados apresentados na Tabela 3 (NBR ISO GUIA 33, 2002; DOQ-CGCRE 0008, 2018).

Tabela 3 – Erro Normalizado e Taxas de recuperação.

<b>Analito</b>	<b>Concentração medida (µg/L)</b>	<b>Concentração referência (µg/L)</b>	<b>Erro Normalizado</b>	<b>Taxa de recuperação</b>
<b>Ferro</b>	20,2 ± 5,3	20,2 ± 1,1	0,01	99,8%
	82,3 ± 4,8	81,0 ± 1,1	0,26	101,6%
<b>Manganês</b>	8,18 ± 0,41	8,10 ± 0,11	0,21	101,1%
	21,4 ± 4,5	20,2 ± 1,1	0,24	105,5%

Fonte: Dos autores (2019)

Os resultados foram avaliados a partir da taxa de recuperação do analito, para a verificação de possíveis interferências ou perda do mesmo ao longo da análise e a avaliação do erro normalizado (DOQ-CGCRE 0008, 2018).

Conforme podemos verificar nos resultados, as análises nas duas curvas de calibração, atendem o requisito do erro normalizado, que deve ser menor ou igual a 1. As análises também atendem aos requisitos de taxas de recuperação que, para os limites analisados, devem estar na faixa de (80 -110) % de recuperação. Portanto, pode-se considerar que o método é exato, apresentando tendência e recuperação toleráveis para os limites aceitos (DOQ-CGCRE 0008, 2018).

A repetitividade nas determinações de uma mesma concentração apresentou desvios menores que 15%, sendo considerada uma faixa de variação aceitável para repetitividade e reprodutibilidade nas concentrações em que se está trabalhando (DOQ-CGCRE 0008, 2018).

A análise dos resultados de ferro e manganês, com a equação da reta determinada, a técnica foi empregada em cada amostra e os valores obtidos e posteriormente relacionados com a equação da curva, pelo software determinando as concentrações, como mostra a Tabela 4:

Tabela 4 - Resultado das Análises de Ferro e Manganês

Concentrações (µg/L)		
Identificação	Fe	Mn
A	21,74 ± 3,5	18,24 ± 0,62
B	8,25 ± 3,7	10,88 ± 0,63
C	8,58 ± 3,7	31,59 ± 0,78
D	13,28 ± 3,6	8,29 ± 0,64
E	8,98 ± 3,7	24,14 ± 0,83
F	9,87 ± 3,7	18,31 ± 0,95

Fonte: Do autor (2019)

De acordo com os resultados demonstrados na Tabela 4, destaca-se que os valores apresentados não sofreram disparidade entre si. Na avaliação da incerteza foi utilizada o fator de abrangência (k) considerando um nível de confiança t-student de 95%. Os maiores valores identificados nas análises foram na amostra A com 21,74µg/L para ferro e na amostra C de 31,59 µg/L para manganês. Mesmo assim, os valores para todas as amostras estão em conformidade pelos parâmetros exigidos pela Portaria de Consolidação Nº 5 (BRASIL, 2017), onde declara o limite de 0,3 e 0,1 mg/L para ferro e manganês, respectivamente.

#### 4 CONCLUSÃO

O cuidado com a água destinada ao consumo humano deve seguir uma rigorosa e permanente vigilância dos órgãos públicos, visando atender as expectativas do consumidor de que a água que sai da torneira seja segura e agradável. Para atingir os objetivos propostos na realização desse projeto, as amostras de água tratada foram submetidas às análises físico-químicas de pH, turbidez e temperatura. Em análise adicional, verificou-se a concentração de ferro e

manganês nessas amostras de água tratada coletadas da cidade de Porto Alegre/RS.

Os valores obtidos das análises estão bem abaixo do que o recomendado pela Portaria de Consolidação Nº 5 para as concentrações de ferro e manganês, da mesma maneira que os valores encontrados para as análises de pH, turbidez e temperatura se encontram dentro dos limites exigidos. Portanto, os resultados apresentados são satisfatórios e adequados à qualidade da água consumida nessas áreas dentro dos períodos analisados.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao LABELO-PUCRS, a Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre, ao Centro Universitário Ritter dos Reis, a FAPERGS e ao CNPq.



## REFERÊNCIAS

ANA. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**; Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília. 2011.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO GUIA 32: Calibração em química analítica e uso de material de referência certificado**. Rio de Janeiro, 2000. 7 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO GUIA 33: Utilização de materiais de referência certificados**. Rio de Janeiro, 2002. 28 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratório de ensaios e calibrações**. Rio de Janeiro, 2017. 48 p.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde** – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2013.150 p.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5, de 03 de outubro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Ministério da Saúde. Brasil, p. 1-825.

COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães; TELLES, Dirceu D'Alckmin. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. Ed. São Paulo: Blucher, 2010.

DAVIS, Mackenzie L.; MASTEN, Susan J. **Princípios de Engenharia Ambiental**. 3. ed. Porto Alegre: Amgh Editora Ltda, 2016.

DE ALMEIDA, A. B. B., de Lima, M. R. P., da Costa Santos, Y. T., Moreira, Y. W. N., & de Araújo Silva, P. B. Concentração de ferro e manganês em águas de abastecimento no município de Crato, Ceará: caracterização e proposta de tratamento. **Águas Subterrâneas**, 33. 2, 2019.

DMAE. Departamento Municipal de Água e Esgoto. Disponível em: [http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?reg=1&p\\_secao=172](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?reg=1&p_secao=172). Acesso em: jun. 2019.

HOWE, Kerry J.; HAND, David W.; CRITTENDEN, John C. **Princípios de tratamento de água**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

DOQ-CGCRE 0008. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – **Orientação sobre validação de métodos analíticos**. Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivos/CGCRE/DOQ/DOQ-CGCRE-8\\_05.pdf](http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivos/CGCRE/DOQ/DOQ-CGCRE-8_05.pdf). 2018.

MORUZZI, Rodrigo Braga; REALI, Marco Antonio Penalva. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial: uma abordagem geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 29-43, 2012.

NOVAES, C. G.; Bezerra, M. A.; Silva, E. G. P.; Santos, A. M. P.; Romão, I. L. S.; Neto, J. H. S. A review of multivariate designs applied to the optimization of methods based on inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES)s. **Microchemical Journal**, 128, p. 331- 346, 2016.

SILVA, Caroline Santos da. Produção e Avaliação de Materiais de Referência para Nutrientes e Contaminantes Inorgânicos em Amostras Agronômicas. 2016. 198 f. Tese. (Química)- Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2016.

SOUZA, Ana Kely Rufino; MORASSUTI, Claudio Yamamoto; DEUS, Warley Batista de. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomédica Brasiliensia**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.95-106, 15 dez. 2018.

