

## PROCESSOS QUÍMICOS NA ANÁLISE DA ÁGUA POR ICP-OES

COSTA, Viviane Paula<sup>1</sup>

2791827

MANGINI, Lígia Fernanda Kaefer<sup>2</sup>

### RESUMO

A qualidade de vida das pessoas está relacionada a uma gama de fatores que precisam levar em conta toda a oferta de serviços voltados para essa condição. Para isso, o acesso a serviços como o abastecimento de água, o controle de resíduos e a oferta e distribuição de água é essencial para que se tenha a qualidade que se almeja. O presente artigo objetiva estudar como são realizadas as determinações de metais na água utilizando a técnica ICP-OES, além disso, serão abordadas normas legislativas ambientais. A metodologia adotada consiste em uma revisão bibliográfica e qualitativa utilizando fontes atuais de livros e artigos já publicados. O escopo do presente artigo é a determinação de metais em água usando espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). Os metais são elementos caracterizados pelo brilho, resistência, condutividade térmica e elétrica, podendo ser utilizados em praticamente todos os processos industriais e estão presentes em ligas metálicas, usadas na fabricação de ferramentas, joias e moedas, e em processos químicos, como oxirredução, responsável pelo funcionamento de pilhas e baterias. Devido às suas características, é necessário realizar o monitoramento de metais solúveis na água. Consequentemente, torna-se essencial propor estratégias de tratamento efetivas que possam eliminar espécies metálicas presentes na água. Então, para estabelecer e controlar os metais nesse meio, análises instrumentais são empregadas, como a ICP-OES, a qual quantifica elementos metálicos em inúmeras amostras, baseando-se na identificação da radiação eletromagnética emitida por átomos neutros ou íons excitados nas regiões do espectro eletromagnético visível e ultravioleta.

**Palavras-Chave:** Processos Químicos. Análise Instrumental ICP-OES. Espectrometria de Emissão Óptica. Qualidade de Água. Plasma Indutivamente Acoplado.

<sup>1</sup> Viviane Paula Costa - Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 02-2021.

<sup>2</sup> Lígia Fernanda Kaefer Mangini - Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER.

## 1 INTRODUÇÃO

A oferta e distribuição de água, instituída pela Lei 11.445/2007, se estabelece no âmbito nacional ancorada em princípios, conforme exposto em seu artigo 2º. Dessa forma, observa-se também que, ao estruturar tal política em princípios que orientam a sua aplicabilidade, essa lei busca ratificar o entendimento de que a oferta dos serviços de distribuição de água tem como meta algo maior que a administração de resíduos e dejetos humanos produzidos diariamente, bem como a facilitação de acesso à água potável.

Esta pesquisa se propõe a responder de que forma a aplicabilidade dos processos químicos na análise da água podem contribuir para o aumento da qualidade da água que é consumida.

Justifica-se a abordagem do tema a partir do entendimento de que o uso em demasia da água em ambientes públicos, tem feito com que seu descarte após uso em ambientes industriais e semi-industriais venha carregado de metais e demais substâncias altamente prejudiciais ao ser humano. Tendo em vista essa condição, as exigências sanitárias referentes à oferta de água para consumo, foram aumentadas, com o objetivo de fazer prevalecer a qualidade da água que é consumida por todos (BATSALA 2012)

O objetivo geral desse artigo é analisar a aplicabilidade de processos químicos na água através da técnica ICP-OES. Seus objetivos específicos por sua vez, se propõem a analisar de que forma são aplicados os processos químicos na água, discutir a qualidade da água, contemplar de que forma a usabilidade desses processos pode melhorar a qualidade da água consumida.

Nesse sentido, cabe avaliar seu princípio inicial, exposto em seu inciso I (que trata da universalização do acesso e efetiva prestação do serviço); de acordo com os dizeres de Beiler (2019), pensar o desenvolvimento de uma sociedade sem a oferta de um serviço de distribuição de água bem estruturado torna qualquer ação de desenvolvimento obsoleta. Isto porque, ao se considerar o seu segundo princípio integralidade da prestação desse serviço, compreende-se que a natureza de oferta desse serviço se relaciona diretamente com a possibilidade de melhoramento estrutural e social em todos os sentidos.

Antes que se adentre à temática referente à determinação de metais em água por ICP-OES, é pertinente uma breve explanação sobre a água. Nesse sentido pode se dizer que o ecossistema água doce é passível de divisão em dois grupos distintos, sendo eles o grupo lêntico, formado por pântanos e lagos e o grupo lóticos que é formado por corredeiras, rios e nascentes (GOMES et al., 2009)

Nesse ecossistema, a vida é composta por insetos aquáticos, moluscos, crustáceos, peixes e algas, junto a bactérias e fungos com atuação voltada para a decomposição de matéria orgânica advinda dos seres vivos que habitam a água (BAZÍLIO; EIRINCH 2012)

Não há dúvida de que a água doce existente em todo o planeta é de longe um dos recursos mais utilizados por seres humanos e animais, isso em decorrência da total dependência que se tem desse recurso, sendo ela indispensável para a existência da vida no planeta. (FONSECA 2006)

Tendo em vista a sua indispensabilidade para os seres vivos, é pertinente dizer que quanto ao consumo humano, a água que é distribuída em centros urbanos é tida como o recurso mais essencial de todos, e para atender a demanda de todos os que a consomem, deve atender às exigências sanitárias que são responsáveis por apontar certo grau de qualidade na água. Essas exigências têm como escopo preservar características toxicológicas adequadas, bem como garantir a inexistência, ou ao menos a redução drástica de substâncias tóxicas sejam elas inorgânicas ou orgânicas, bem como de organismos patogênicos como bactérias, fungos, protozoários e vírus, visando com isso a preservação da saúde das pessoas. (AMMANN 2007)

Assim, tendo em vista os mananciais, sendo tidos como reservas hídricas ou de fontes de água doce superficial e/ou subterrânea que são usadas para realização de abastecimento público ou mesmo de desenvolvimento de atividades econômicas, precisam atender aos cuidados e crises que são essenciais para a qualidade dessas ações. (GERVASIO 2003)

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

Observa-se que, com o aumento da demanda por água nos grandes centros, provocado pelo crescimento populacional, a exploração dos mananciais aumentou

significativamente, junto a isso, o aumento populacional exerceu maiores influências sobre o consumo de água. (BINGS et al., 2014)

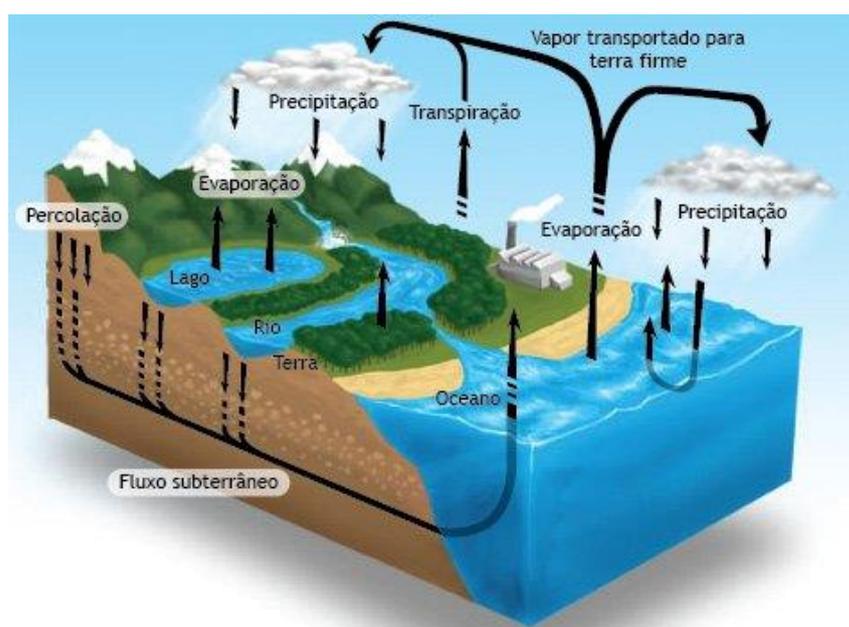
Desse modo, os fatores referentes à degradação ambiental, assoreamento de rios, lagoas, lagoas, aterramento de nascentes e outra gama de fatores, fizeram com que a qualidade da água presente em mananciais, ficasse ainda mais comprometida. Com isso, foi observado maior presença de substâncias nocivas ao ser presentes na água. (GOMES et al., 2009)

Com isso, se compreende que, as bacias hidrográficas que são destinadas ao fornecimento público de água, precisam de um ininterrupto processo de avaliação de qualidade, em favor da preservação da saúde populacional. Com isso, pode se classificar aqui as fontes poluentes das águas como sendo difusas e pontuais. (FONSECA 2006)

No que se refere aos poluentes pontuais, podem ser classificados como sendo os esgotos tanto industriais quanto domésticos, aterros sanitários, efluentes gasosos industriais e o aterro sanitário com o lixo urbano produzido pela população. As fontes de poluição difusas podem ser consideradas como os agrotóxicos que são utilizados na agricultura e que podem ser dispersos pelo ar. (AMMANN 2007)

Assim, quando chove, o que se tem é um despejo em dimensões muito grandes de substâncias nocivas ao ser humano e com alto potencial de prejuízo a saúde de forma geral. A figura 1 mostra o ciclo da água no planeta Terra.

**Figura 1 – Ciclo da água**



De modo mais direto, é sabido que essas substâncias são compostas em grande parte por metais pesados que não integram a dieta do ser humano. Dessa forma, é também sabido que os metais se encontram presentes em todo o meio ambiente e a sua classificação aponta alguns destes como essenciais para o ecossistema da terra de modo geral. Tem-se aí como exemplo, o zinco, ferro, cálcio, potássio, cobre, estanho, cromo, níquel, cobalto, manganês molibdênio e vanádio. (FONSECA 2006)

Contudo, a presença desses metais estando associada a partículas presentes no ar, pode resultar na contaminação de ecossistemas tanto aquáticos quanto terrestres. Nesse processo de contaminação, a absorção de metais pelos seres vivos pode acontecer tanto através da água, ou por meio da ingestão de alimentos ou partículas presentes no ar. Por esse motivo, é pertinente que sejam avaliados a presença desses materiais dentro do ecossistema água, pois pode ser nociva ao ser humano, justificando aí a realização de testes como os de ICP OES. (BIANCHI 2011).

Tomando tais fatores como ponto de partida para a oferta de qualidade de vida da comunidade como um todo, Galeno (2017) considera a oferta de distribuição de água como sendo um dos pontos mais importantes para que se alcance tal fator. Dessa forma, é necessário levar em conta o fato de que a oferta de distribuição de água, de forma geral, se subdivide em aspectos que o integram como um todo, tendo aí inclusos o abastecimento de água, a drenagem urbana, o esgotamento sanitário e a coleta e destinação de resíduos.

Desse modo, Cavalcante e Butel (2017) explicam que, ao considerar o seu impacto na saúde comunitária, na qualidade de vida como um todo, no meio ambiente, na educação e no trabalho de modo geral, torna-se importante dizer que a oferta de distribuição de água acopla em rol questões que requerem os serviços e a atuação de uma diversidade de agentes em uma vasta rede institucional, seja ela estatal ou privada, que tem como escopo, a oferta desse serviço a toda a comunidade.

Contudo, há que se considerar que o Brasil, de acordo com Mariano (2016), tem uma desigualdade muito grande quando se trata da oferta desse serviço: mesmo em áreas urbanas de fácil acesso, ainda é possível encontrar localidades com a ausência de oferta desse tipo de serviço, mesmo do componente mais básico, que é a oferta de água tratada.

Essa deficiência, conforme os dizeres de Nascimento (2018) afeta todo o esquema de formação social que está democraticamente estruturado no cumprimento de direitos básicos como, por exemplo, a oferta de saúde e o direito à vida, e afeta esses direitos justamente pelo fato de que a condição de não acesso à água potável e à rede de esgoto deixa as pessoas expostas a uma série de doenças.

Com isso, observa-se que, de acordo com informações prestadas pelo SNIS, no ano de 2018, o percentual médio de abastecimento de água potável tinha um índice nacional de 93,1% de cobertura no ambiente urbano, um dado que pode parecer alto, mas que se encontra congelado desde o ano de 2007.

Para tanto, se observa de acordo com a disponibilização de dados do Departamento Nacional de Bacias Hidrográficas, que a realização de investimentos nos serviços de esgotamento sanitário, segue dividida em grupos em todo o território nacional, por isso, por vezes ela se articula conforme o demonstrado.

Ao se levar essa análise mais a fundo, considerando fatores como o esgotamento sanitário, por exemplo, chega-se ao percentual nacional de 32,2%, isto é, quando se migra para uma análise que sai do lugar comum de oferta de água tratada, é possível observar que a condição de oferta de água e tratamento como um todo é deficitária. (MIRANDA et al., 2019)

## **2.1 DISCUSSÃO SOBRE O MÉTODO ICP OES**

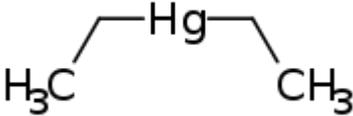
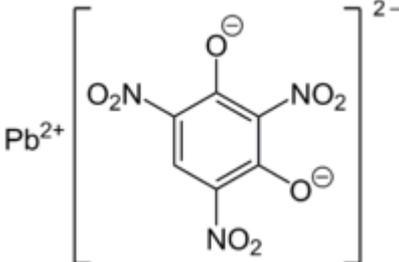
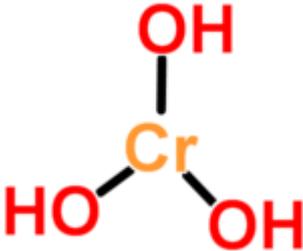
ICP-OES é uma técnica de detecção de multi-elementos que utiliza uma fonte de plasma extremamente quente para excitar os átomos ao ponto de eles emitirem fótons de luz de comprimento de onda característicos e específicos de um determinado elemento. O número de fótons produzidos está diretamente relacionado à concentração desse elemento na amostra.

Os instrumentos de ICP-OES possuem duas configurações, radial e axial, que podem garantir limites de detecção de PPM (partículas por milhão) a PPB (partículas por bilhão). A configuração radial utiliza fonte de plasma vertical tradicional na qual a luz emissora é vista a partir do lado, enquanto a configuração de luz axial usa fonte de plasma horizontal, na qual a luz é vista diretamente do centro para baixo. O benefício da configuração axial é que mais fótons são vistos pelo detector e, como

resultado, oferece limites de detecção de 5-10 vezes menores que os da configuração radial.

Os metais pesados que apresentam os maiores riscos ambientais devido ao seu intenso uso industrial são: Mercúrio (Hg), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Cádmiio (Cd) e Arsênio (As). A tabela 1 apresenta informações sobre os principais metais pesados.

**Tabela 1 - Identificação dos principais metais pesados**

IDENTIFICAÇÃO DO METAL	CADEIA QUÍMICA	DESCRIÇÃO
<p>Mercúrio (Hg)</p>		<p>O único metal líquido em temperatura ambiente oriundo da degradação natural da crosta terrestre, inodoro, volátil, insolúvel em água e altamente tóxico. No organismo humano, esse elemento químico age de forma devastadora: uma vez absorvido, deposita-se em várias regiões do corpo, tais como cérebro, rins, aparelhos digestivo e reprodutivo, pulmões, rins, fígado, pâncreas e outros, causando graves distúrbios e até mesmo a morte.</p>
<p>Chumbo (Pb)</p>		<p>Metal pesado bastante maleável, de baixa condutividade elétrica, largamente utilizado em processos de soldagem, na construção civil e na indústria de munições e tintas. Trata-se de um dos mais perigosos entre os metais pesados, acometendo principalmente os sistemas nervosos central e periférico, medula óssea e rins. No Renascimento, a falta de conhecimento sobre a sua toxicidade levava os artistas a utilizar esse elemento na produção de tinta, o que levou muitos a loucura.</p>
<p>Cromo (Cr)</p>		<p>Elemento de alta dureza, muito empregado no ramo da metalurgia para ampliação da resistência a agentes corrosivos. Dentre os principais danos causados por tal elemento no organismo, estão as lesões na pele, bronquite e, se a exposição ocorrer em doses mais elevadas, pode levar ao desenvolvimento de muitos tipos de câncer.</p>

<p><b>Arsênio (As)</b></p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{HO}-\text{As}-\text{OH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$	<p>Metal pesado aplicado aos processos de conservação da madeira e do couro, fabricação do vidro e metalurgia. A contaminação por esse elemento químico pode provocar lesões não cicatrizáveis na epiderme, lesões em diversos órgãos vitais, alguns tipos de cânceres e, se em concentrações elevadas, a morte.</p>
<p><b>Cádmio (Cd)</b></p>	$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{O}-\text{N}^+-\text{O}^- \end{array} \right]_2 \left[ \text{Cd}^{2+} \right]$	<p>Metal caracterizado principalmente pela sua maleabilidade e ductibilidade, utilizado principalmente na indústria de baterias e na galvanoplastia. Esse elemento pode gerar efeitos tóxicos ao organismo humano, ainda que em quantidades moderadas, atingindo órgãos vitais como rins, fígado e pulmões. A intoxicação por cádmio pode provocar danos no sistema ósseo, cânceres e outros distúrbios.</p>

**Fonte:** Autoria Própria (2021)

O que se observa com os princípios de procura de metais, é que um metal emite um fóton quando ocorre a transição de um elétron de um nível de maior energia (E1), para outro de menor energia (E2). Nesse sentido, se observa que a probabilidade de que ocorra uma transição do nível 1 para o 2, irá depender da fração dos elétrons que estão no nível 1 e que passam para o 2 por unidade de tempo.

Nesse sentido, se observa que essa probabilidade depende do tempo de permanência do elétron no nível 1 e da competição do nível 2 com outros níveis possíveis, de menor energia. Se a transição ocorre para o estado fundamental, então se denomina linha de ressonância. A frequência da radiação emitida determina-se pelo balanceamento energético, segundo a equação  $\nu = (E1 - E2)/h$  tendo-se por  $\nu$  a frequência e  $h$  a constante de Planck (NOVAIS, 2017).

São três os mecanismos pelos quais há excitação dos átomos dos analitos de interesse no ICP: Reação de ionização de Penning - reação entre o argônio metaestável (Arm) com o átomo do analito, com transferência de energia (11,55 e 11,76 eV) e ionização do analito; Reação de transferência de carga – transferência de carga do argônio para o átomo ou íon do analito desde que a soma da energia de ionização seja menor que 11,76 eV; e Modelo Colisional-radiativo - cujo número de colisões depende da densidade eletrônica do plasma e cujo processo radiativo depende da probabilidade de transições intrínsecas ao átomo ou íon do analito, para

se avaliar essas interações e emissões no plasma pela amostra, e necessário um espectrômetro óptico ou de emissão atômica (MELO; ALLEONI, 2008).

A temperatura exerce um efeito pronunciado na razão entre o número de partículas atômicas excitadas e não excitadas, pode-se observar o efeito da temperatura no espectro, sendo que, para átomos e íons na fase gasosa, não há estado de energia vibracional ou rotacional. Isto significa que somente as transições eletrônicas ocorrem. Assim, os espectros de emissão atômica, de absorção e de fluorescência são constituídos por número limitado de linhas espectrais estreitas (MARIANO 2016).

Os componentes básicos dos instrumentos analíticos para a espectroscopia de absorção, bem como para a espectroscopia de emissão e fluorescência, são notavelmente semelhantes em sua função e nos requisitos de desempenho, quer sejam desenhados para a radiação ultravioleta (UV), visível ou infravermelho (IV). Em razão dessas semelhanças, esses instrumentos são frequentemente designados por instrumentos ópticos.

Dessa forma, se observa que as células, janelas, lentes, espelhos e elementos de seleção de comprimento de onda devem nos instrumentos de espectroscopia óptica, transmitir a radiação na região de comprimento de onda investigada (LESSA 2018).

A disposição dos componentes básicos de um ICP-OES, sigla que provém da expressão em língua inglesa “Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry”, ou seja, de um espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente.

De acordo com o entendimento de Gervasio (2019), a espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente é composta pelo arranjo experimental contendo uma fonte de excitação, para a produção de átomos gasosos no estado excitado ligado a um monocromador, responsável pela separação das linhas emissões monocromáticas e características, e um detector para a detecção da radiação luminosa, tende a contribuir positivamente para a identificação de metais pesados nas amostras analisadas.

Já no entendimento de Melo e Alleoni (2017), o termo “plasma” é usado para designar descarga elétrica em um gás que se apresenta parcialmente ionizada, com densidade de elétrons livres, bastante alta, mas em um estado eletricamente neutro,

e onde há transferência de energia por radiação, condução e aquecimento Joule, dentre outros.

Já de acordo com a percepção de Fonseca (2016) a fonte de plasma acoplado indutivamente (ICP) consiste em três tubos concêntricos de quartzo por meio dos quais correntes de argônio fluem a uma vazão total entre 11 e 17 L/min. O diâmetro do tubo mais largo é em torno de 2,5 cm. Desse modo, isso pode ocorrer com o envolvimento da parte superior desse tubo encontra-se uma bobina de indução refrigerada a água e alimentada por um gerador de rádio frequência capaz de produzir cerca de 2kW de energia a 27MHz ou 40 MHz.

Nesse contexto, se observa que a ionização da corrente de argônio é iniciada por uma centelha produzida por uma bobina de Tesla. Os íons resultantes e seus elétrons associados interagem, então, com o campo magnético oscilante, produzido pela bobina de indução. Essa interação leva os íons e os elétrons no interior da bobina a fluir em caminhos anelares fechados, o aquecimento ôhmico é consequência da sua resistência a este movimento. Neste período, até que se atinja o ajuste entre a energia cedida pela fonte de rádio frequência e a utilizada pelo plasma, ocorre o processo de sintonização do acoplamento indutivo, ou do inglês "inductively coupled plasma" (ICP)

Dessa forma se percebe que a descarga de um ICP aparece como uma descarga em forma de lágrima ou gota, brilhante e intensa. Um plasma formado desta maneira atinge temperaturas entre 5.000 e 10.000 K, sendo necessária alguma isolamento térmica para o tubo de quartzo. Esta isolamento térmica é feita por meio da técnica de estabilização de vórtices de Reed, demonstrada, que usa um fluxo de Argônio introduzido tangencialmente (ROSIAS, 1998).

A observação do plasma em ângulos retos é denominada geometria de observação radial. Os instrumentos de ICP mais modernos tem incorporado uma geometria de observação axial. Nesse caso, a tocha é girada a 90°. A geometria radial fornece melhor estabilidade e precisão, enquanto a geometria axial é usada para se obter limites de detecção mais baixos (BRANDÃO; PIRES 2019).

Sobre o entendimento com a percepção com o uso do ICP-OES, a introdução das amostras é umas das etapas mais crítica e, como na espectrometria de absorção atômica, a forma mais comum é a introdução de amostras líquidas. A amostra é aspirada para um nebulizador, onde há formação de aerossol que é então transportado para o plasma. Há vários sistemas de nebulização instalados em

câmaras de nebulização de diferentes geometrias, sendo a formação do aerossol, a seleção de uma porção homogênea de gotas e a condução para o plasma de extrema importância para a obtenção de bons resultados.

Para tanto, se compreende que as propriedades do aerossol, de acordo com a percepção de Bianchi (2011), se destacam pela importância: o tamanho e a distribuição das gotículas, as quantidades de amostra e solvente transferidas para o plasma e as flutuações do sistema de nebulização. A qualidade do aerossol produzido depende do nebulizador, enquanto a seleção da parte do aerossol transferido para o plasma depende da câmara de nebulização.

Na compreensão de Melo e Alleoni (2017), a espécie mais comum de nebulizador é do tipo pneumático de tubo concêntrico, no qual a amostra líquida é sugada através de um tubo capilar por um fluxo de alta pressão de gás em torno da ponta do tubo.

Para tanto, se observa que, Gervasio (2003), na aplicabilidade do método ICP-OES, os elementos arsênio, antimônio, bismuto, selênio, telúrio, germânio, estanho e chumbo quando em estados de valência menor, podem ser reduzidos a hidretos e transportados para o plasma na forma de gás, sendo este processo conhecido como Geração de Hidretos.

Nessa concepção, Melo e Alleoni (2008), o processo de formação do aerossol da amostra ocorre em uma câmara de nebulização, cuja função principal consiste em separar as gotículas menores de aerossol, sendo as maiores condensadas e descartadas. As gotículas menores, que formam uma nuvem mais homogênea, são transportadas para o plasma. O modelo comercial mais empregado é a câmara de nebulização de duplo passo ou câmara de Scott.

Unidades de dessolvatação têm sido acopladas aos nebulizadores para evitar o transporte de solvente para o plasma, principalmente útil para remoção de solventes orgânicos. A dessolvatação consegue-se pelo aquecimento até evaporação do solvente e depois remoção por condensação (ROSIAS, 1998).

Para isso Sampaio (2010) utiliza um sistema ótico contendo grades de difração, que consiste em placa com ranhuras micrométricas e recoberta com alumínio, com 1.800 a 3.600 linhas por nanômetros, estas grades de difração separam os diferentes comprimentos de onda através de relações geométricas simples e precisas e pelo alinhamento, a partir da fenda até os detectores que

captam a luz, de forma que cada pixel corresponda ao comprimento de onda conhecido.

Na percepção de Melo e Alleoni (2008), se nota que, os equipamentos mais modernos podem ser equipados com redes de difração holográficas, de alta qualidade, com até 6.000 ranhuras por milímetro, bem menos sujeitas às interferências espectrais, haja vista que habilidade de uma rede de difração em separar linhas espectrais adjacentes (resolução) é diretamente proporcional ao número de ranhuras ou fendas.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pode se compreender que a realização dos processos analisados tem como meta assegurar a qualidade da água que é consumida, fazendo com que a sua usabilidade dentro de um processo mais analítico e segmentado, cumpra com todos os requisitos de qualidade exigidos para o consumo de água.

O ato de se pensar na qualidade de vida do ser humano está relacionado a uma gama de fatores que precisam levar em conta toda a oferta de serviços que estão voltados para essa condição. Nesse sentido, há que se pensar que a qualidade de vida está relacionada a termos essenciais para a preservação da vida de cada ser humano. Para isso, o acesso a serviços como o abastecimento de água, o controle de resíduos e a oferta e distribuição de água é essencial para que se tenha a qualidade que se almeja.

O entendimento de que, não há como ser exercido um serviço de oferta e distribuição de água, especificamente quando se trata de uma política nacional como a proposta pela Lei 11.445/2007, sem que para isso haja a validação de todos os fatores que são a ela atinentes. Sem considerar que é essencial a consolidação de toda uma estrutura para a oferta desse serviço, o que se tem como resultado é a execução parcial de um serviço que em um determinado ponto será impossível de ser finalizado, pois depende do segmento e suporte de outras etapas.

Os instrumentos para espectroscopia de emissão, quando utilizado com a configuração axial apresenta maior benefício, pois oferece limites de detecção de 5 a 10 vezes menores que os da configuração radial, isto porque que mais fótons são vistos pelo detector devido à luz ser diretamente do centro para baixo. Enquanto a

geometria radial fornece melhor estabilidade e precisão a geometria axial é usada para se obter limites de detecção mais baixos.

Conclui-se, portanto, que a técnica ICP-OES, utilizada para detecção de metais na análise de amostras de água, contribui de maneira eficaz para assegurar que a água apresenta em suas características, apropriada para o consumo humano, isto devido à precisão de detecção de metais que este método apresenta.

## REFERÊNCIAS

AMMANN, A. A. **Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP MS): a versatile tool.** *Journal of mass spectrometry*, 42, p. 419–427, 2007.

BATSALA, M. et al. **Inductively coupled plasma mass spectrometry (icp-ms).** *International journal of research in pharmacy and chemistry*, vol/ed. 2(3), p. 671-680, 2012.

BEILER, B. C. et al. **Avaliação da sustentabilidade da administração de esgotos.** 2019.

BIANCHI, S. R. **Avaliação de estratégias analíticas para reduzir interferências em ICP-MS e ICP OES.** 2011. 150 p. Tese (Doutora em ciências)- Centro de ciências exatas e de tecnologia, departamento de química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

BINGS, N.H; NIESSEN, J. O. O. V; SCHAPER, J. N. **Liquid sample introduction in inductively coupled plasma atomic emission and mass spectrometry — Critical review.** *Spectrochimica Acta Part B*, 100, p. 14–37, 2014.

BRANDÃO. N. C.; PIRES. D. O. **Políticas públicas do saneamento básico: investimento na dignidade da pessoa humana.** Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) – Texto para discussão n. 2. Rio Grande do Sul. 2019

CAVALCANTE, J. A; BUTEL, A. J; DRESSLER, V. L. **Potencialidades analíticas do dietilditiofosfato de amônio em espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado empregando extração em fase sólida e sistemas de injeção em fluxo.** Eclética Química, vol. 24, São Paulo, 2017.

FONSECA S. R. **Avaliação de estratégias analíticas para reduzir interferências em ICP-MS e ICP OES.** 2011. 150 p. Tese (Doutora em ciências)- Centro de ciências exatas e de tecnologia, departamento de química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

FONSECA, A. A. **Espectrômetro de massa: um novo instrumento analítico para o laboratório clínico.** J Bras Patol Med Lab, vol. 42, n. 6, dez, 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/jbpml/v42n6/a02v42n6.pdf>>.

GERVASIO, A. P. G. et al. **Eletroforese capilar acoplada à espectrometria com plasma: uma ferramenta eficiente para a especificação.** Química Nova, vol. 26, n. 1, São Paulo, Jan./Fev, 2019.

GERVASIO, A. P. G. et al. **Eletroforese capilar acoplada à espectrometria com plasma: uma ferramenta eficiente para a especificação.** Química Nova, vol. 26, n. 1, São Paulo, Jan./Fev, 2003.

GOMES NETO, J. A; CURTIUS, A. J; DRESSLER, V. L. **Potencialidades analíticas do dietilditiofosfato de amônio em espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado empregando extração em fase sólida e sistemas de injeção em fluxo.** Eclética Química, vol. 24, São Paulo, 2009.

LESSA: Yasmim Ferreira. **A Importância da Reciclagem no Brasil.** Universidade Federal Fluminense - UFF Faculdade De Administração, Ciências Contábeis E Turismo Niterói, RJ 2018

MARIANO: Cíntia Teresinha Burhalde. **Emissões de Gases de Efeito Estufa.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul Faculdade de Direito Programa de Pós-Graduação Especialização em Direito Ambiental Nacional e Internacional. Porto Alegre 2016

MELO; J. ALLEONI: Susanne Batista. **A Gestão e a Responsabilidade Socioambiental no Estado Pernambuco, Brasil.** Universidade de Pernambuco - UPE Faculdade das Ciências da Administração de Pernambuco – FCAP. Recife, 2017

MIRANDA, N.H; NIESSEN, J. O. O. V; SCHAPER, J. N. **Liquid sample introduction in inductively coupled plasma atomic emission and mass spectrometry — Critical review.** Spectrochimica Acta Part B, 100, p. 14–37, 2019.

NASCIMENTO. Carlos Renato Garcez do. **Administração de esgotos /** Carlos Renato Garcez do Nascimento, José Roberto Borghetti, Senai. Departamento Regional do Paraná. Curitiba: Senai, 2018.

NOVAIS: Matheus Cordeiro. **Estudo da Administração de esgotos no Ambiente Agroindustrial.** Universidade de Brasília Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Brasília-DF, Julho/2017.

ROSIAS, M.L. **Water and wastewater engineering: design principles and practice.** New York: McGraw-Hill. 1998

SAMPAIO; Marinalva Rodrigues. **A Contribuição Dos Sistemas De Informação Para A Administração de esgotos.** Universidade Paulista - Unip Programa De Mestrado Em Engenharia De Produção. São Paulo 2010.