

Prata: Breve histórico, propriedades e aplicações

Gustavo Duarte de Souza, Mônica Aparecida Rodrigues, Priscila Pereira Silva e
Wendell Guerra*

ABSTRACT (Silver: Brief history, properties and applications)

Silver, a malleable metal, ductile, bright, known since prehistoric times is widely used in photographic industry, of jewelry and decorative objects. Due to its remarkable physical and chemical properties, new applications have emerged. Considering the importance of this element, this article describes their history, properties and applications.

KEYWORDS: Silver compounds, history of silver, silver nanoparticles

Resumen (Plata: breve historia, propiedades y aplicaciones)

Plata, un metal maleable, dúctil, brillante, conocido desde tiempos prehistóricos y muy utilizado en la industria fotográfica, de joyería y objetos de decoración. Debido a sus notables propiedades físico-químicas, han surgido nuevas aplicaciones. Considerando la importancia de este elemento, este artículo describe su historia, propiedades y aplicaciones.

Palabras clave: Compuestos de plata, historia de la plata, nanopartículas de plata

Os primeiros metais a serem manipulados e utilizados pelo homem foram aqueles que podiam ser encontrados na natureza como elemento puro, a prata foi um deles. Existe um consenso entre os pesquisadores a respeito da descoberta desse precioso metal, acredita-se que a prata tenha sido o terceiro metal a ser encontrado e manipulado pelo homem, sendo sua descoberta antecedida pela do ouro e do cobre (King, 1994).

Os objetos de prata mais antigos datam de 5000 a.C. provenientes da Índia, também foram encontrados objetos desse metal nos túmulos de Ur de 3500 a.C. (Maar, 1999). Há também referência à prata na Bíblia em Gênesis 44:2: “*E o meu copo, o copo de prata (...)*”. Essa citação trata-se de um relato sobre a época das civilizações egípcias (3000 a.C.).

Os alquimistas consideravam a prata como o elemento mais próximo do ouro. Para eles o ouro era um metal perfeito e por isso deram-lhe o símbolo de um círculo, representando o sol, e para a prata, “quase perfeita”, atribuíram-lhe o símbolo de um semicírculo, representando a lua. O nome dado a esse metal deveu-se ao seu brilho característico, a palavra pra-

ta tanto em grego (*argyros*) quanto em latim (*argentum*) significa brilhante. O símbolo químico dado à prata (Ag) deve-se ao seu nome em latim.

A mineração da prata na Ática (Grécia) por volta de 1000 a.C. foi responsável pela riqueza ateniense (império grego). Essas minas foram exploradas até os tempos dos romanos. No início, a prata era mais cara do que o ouro, mas na Grécia clássica a relação entre o valor do ouro e o da prata já era de 13:1, e durante o período romano de 18:1 (Maar, 2008).

A descoberta do Novo Mundo, em 1492, foi seguida pela abertura de grandes minas de prata no México, Bolívia e Peru, e isso ocasionou um rápido aumento na produção mundial de prata. Quando os colonizadores espanhóis descobriram a grandiosa mina de prata em Potosi, na Bolívia, logo se migraram para o local, estabelecendo rotas, impostos, cidades, instituições etc. Durante o período áureo da produção argentífera em Potosi, séculos XVI-XVII, esta foi a cidade mais populosa de todo novo mundo (Deveza, 2006). A jazida de Potosi, a maior mina de prata encontrada no mundo, foi explorada durante cerca de 300 anos com o sacrifício de milhares de vidas indígenas devido às más condições de trabalho.

A grande evolução na tecnologia de extração do elemento deveu-se ao desenvolvimento do processo de amálgama de mercúrio que possibilitou um aumento na extração da prata a partir de seus minérios e ampliou tanto a qualidade quanto a quantidade de metal explorado. Entre 1500 e 1800, Bolívia, Peru e México responderam por mais de 85% da produção mundial de prata. Após 1850, vários outros países tiveram um aumento na produção de prata. Atualmente os sete maiores produtores são o México, Peru, China, Austrália, Chile, Bolívia e Estados Unidos. Cabe ressaltar que em 2010 a produção de prata aumentou 2,5% enquanto sua demanda foi elevada em 12,8% quando comparada ao ano anterior (The Silver Institute, 2012). Apesar de a América Latina ser um grande produtor de prata, há países, como exemplo o Brasil, que necessitam importar o metal visando atender a demanda do mercado interno. No caso específico do Brasil, existe uma pequena produção de prata que tem sido obtido como um subproduto do beneficiamento do ouro ou através da reciclagem. Os principais setores responsáveis pelo consumo do elemento e de seus compostos neste país são as indústrias fotográfica,

* Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil.

Correos electrónicos: gustavomatrixx@hotmail.com;
moniquitarodrigues@hotmail.com; priscilaps@ufv.br;
wg@iqifu.ufu.br

Fecha de recepción: 17 de enero de 2012.

Fecha de aceptación: 5 de abril de 2012.

Tabela 1. Alguns dados sobre propriedades físicas da prata.

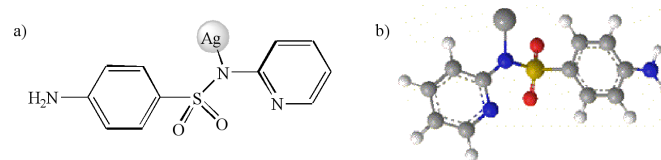
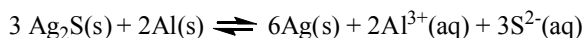
Número atômico	$Z = 47$
Massa molar	$M = 107,868 \text{ g/mol}$
Ponto de fusão	$T_f = 1234,93 \text{ K}$
Ponto de ebulição	$T_e = 2435 \text{ K}$
Densidade	10490 kg/m^3
Isótopos naturais	^{107}Ag (51,839%), ^{109}Ag (48,161%)
Resistividade elétrica	$1,63 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$
Condutividade térmica	$430 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Estrutura cristalina	Cúbica de empacotamento compacto

radiográfica, de produtos odontológicos, de joalheira e de peças decorativas.

A prata localiza-se no bloco *d* da Tabela Periódica (metal de transição), grupo 11, período 5 ($4d^{10}5s^1$). Possui cor prateada, é brilhante, maleável, dútil e apresenta ótima condutividade elétrica. É pouco reativa e bastante resistente à corrosão. Embora não seja muito abundante, pode ser encontrada no estado nativo e na forma combinada, como no mineral argenta (Ag_2S). Pode ser extraída na forma de ciano complexos solúveis à partir de seus minérios. No entanto, a maior parte é obtida como subproduto do refino eletrolítico de metais comuns (Cu, Pb e Zn). Recentemente, uma quantidade considerável do metal tem sido obtida através da reciclagem, principalmente pela indústria fotográfica.

Quando combinada com os outros elementos do quadro periódico, a prata exibe essencialmente o estado de oxidação +1 (AgCl), exceto em AgF_2 , cujo estado de oxidação é +2. Todos os sais de Ag(I) são insolúveis, com exceção do AgNO_3 , AgF e AgClO_4 . O estado de oxidação +2 é mais comum em complexos (compostos complexos ou de coordenação), como $[\text{Ag}(\text{piridina})_4]^{2+}$ e $[\text{Ag}(\text{orto-fenantrolina})_2]^{2+}$ que formam sais solúveis com ânions não redutores, como nitrato e perclorato. Esses complexos possuem geometria quadrado plano e são paramagnéticos. Já os complexos de Ag(I) , como o $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, são bem comuns e estes possuem geometria linear e são diamagnéticos (LEE, 2000).

A prata apresenta potencial de redução padrão positivo e por isso, não é suscetível à oxidação pelos íons H^+ sob condições padrão. Esse caráter nobre justifica sua aplicação em jóias e ornamentos. No entanto, objetos de prata perdem lentamente o brilho quando expostos ao ar, pois ocorre a formação de sulfeto de prata (Ag_2S) devido à pequena presença de compostos sulfurados no ar atmosférico. O brilho perdido por causa da oxidação do metal pode ser prontamente recuperado mediante aquecimento do objeto de prata quando imerso numa solução salina em um recipiente forrado internamente com papel alumínio. Neste processo (ver equação baixo), o alumínio metálico é um agente oxidante que reduz a prata regenerando seu brilho característico (Sartori, 2008).

**Figura 1.** (a) Estrutura da sulfadiazina de prata. Em (b) sua respectiva estrutura em 3D.

Outra aplicação comum é em emulsões fotográficas onde se usa cloreto e brometo de prata. Isso torna o AgNO_3 o composto mais importante de prata, uma vez que é o sal de partida para a obtenção dos respectivos haletos. Uma observação importante é que a demanda por prata pela indústria fotográfica vem diminuindo drasticamente nos últimos anos devido ao surgimento da máquina fotográfica digital (The Silver Institute, 2012). O metal é ainda utilizado na produção de energia (como no caso das baterias secas), na fabricação de espelhos, em amálgama dentário (liga contendo 70% de Ag, 18% de Sn, 10% de Cu e 2% de Hg), em fármacos, na purificação da água, na semeadura de nuvens com o propósito de produzir chuva (AgI), dentre outras aplicações. A prata é dentre os metais o melhor condutor de corrente elétrica e por isso, é uma escolha natural para diversos componentes eletrônicos, desde telefones, computadores, placas de circuito impresso para interruptores e telas de TV.

O emprego da prata e de seus compostos na medicina e na purificação da água se deve à atividade antibacteriana e antifúngica dos íons Ag^+ . O fármaco denominado sulfadiazina de prata (Figura 1), é muito utilizado em pacientes queimados para evitar e tratar infecções. Este composto possui amplo espectro de atividade, sendo muito eficiente contra *Pseudomonas aeruginosa* que é um dos principais organismos responsáveis pelas infecções decorrentes de queimaduras.

O mecanismo de ação é devido aos íons prata que causam a precipitação de proteínas e age diretamente na membrana citoplasmática da célula bacteriana, exercendo ação bactericida imediata e ação bacteriostática residual (Franco, 2008). Além da sulfadiazina tem-se a norfloxacin de prata que também é utilizada como agente antibacteriano.

Em alguns países é determinada por lei a necessidade de administrar nos olhos de crianças recém-nascidas soluções aquosas contendo sais de prata para evitar infecções oculares neonatal. A administração de íons de prata, Ag(I) , como medicamento é vantajosa pois esse íon, geralmente, não apresenta efeitos adversos em seres humanos (Silver, 2003). De fato, o uso de compostos de prata como medicamento é muito antigo e vale destacar que seus sais, como exemplo, o AgNO_3 , tem sido utilizados durante séculos como agentes antimicrobianos e que o uso destes, diminuiu drasticamente quando os antibióticos foram introduzidos nas práticas médicas. Entretanto, em decorrência do aumento de casos envolvendo resistência aos antibióticos, os compostos de prata têm ganhado espaço.

Outra importante aplicação de compostos de prata na me-

dicina é no revestimento de cateteres, válvulas cardíacas e outros dispositivos médicos com polímeros impregnados de prata a fim de retardar o desenvolvimento de biofilme microbiano (Silver, 2003).

Recentes estudos mostraram que não só íons de prata têm atividade antimicrobiana, mas uma alta atividade também é observada para as nanopartículas de prata. Estas nanopartículas são ativas contra diversos tipos de bactérias, incluindo cepas multi-resistentes (Rodrigues, 2009). Por serem facilmente incorporadas em diversos materiais, as nanopartículas de prata têm sido utilizadas em curativos (bandagens) para promover cicatrização, no interior de refrigeradores de alimentos para retardar deterioração, em palmilhas antimicrobianas para evitar odores, em purificadores de ar, em instrumentos cirúrgicos dentre outras aplicações. No entanto, o aumento na produção e aplicação de nanopartículas tem provocado um amplo debate sobre os riscos potenciais destes ao ambiente e à saúde humana (Seaton, 2005). Atualmente, sabe-se que por causa de sua pequena dimensão, os nanomateriais podem ter uma permeabilidade maior através da pele, mucosas e membranas celulares, podendo ter seu efeito tóxico aumentado, já que possuem uma reatividade maior, principalmente devido ao aumento da área superficial (Paschoalino, 2010).

Referências

- Deveza, F.; O caminho da prata de Potosi até Sevilha (séculos XVI e XVII), *Revista Navigator*, **4**, 1-10, 2006.
- Franco, D.; Gonçalves, L. F.; Feridas Cutâneas: A escolha do curativo adequado, *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgias*, **35**, 203-206, 2008.
- King, R. B.; *Encyclopedia of Inorganic Chemistry*. New York, United States: John Wiley and Sons Ltd., 1994.
- LEE, J. D. *Química Inorgânica não tão concisa*. São Paulo, Brasil: Editora Edgard Blücher, 2000.
- Maar, J. H. *Pequena História da Química*. Florianópolis, Brasil: Editora Papa-livro, 1999.
- Maar, J. H. *História da Química - Primeira Parte - Dos primórdios a Lavoisier*. Florianópolis, Brasil: Editora Conceito Editorial, 2008.
- Paschoalino, M. P.; Marcone, G. P. S.; Jardim, W. F.; Os nanomateriais e a questão ambiental, *Quím. Nova*, **33**, 2010.
- Rodrigues, M. A.; Ruggiero, R.; Guerra, W.; Compostos inorgânicos como fármacos, *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, **115**, 25-30, 2009.
- Sartori, E. R.; Batista, E. F.; Fatibello-Filho, O.; Escurecimento e Limpeza de Objetos de Prata, *Química Nova na Escola*, **30**, 61-65, 2008.
- Seaton, A.; Donaldson, K.; Nanoscience, nanotoxicology, and the need to think small, *The Lancet*, **18**, 923-924, 2005.
- Silver, S.; Bacterial silver resistance: molecular biology and uses and misuses of silver compounds, *FEMS Microbiology Reviews*, **27**, 341-353, 2003.
- The Silver Institute. Disponível em <http://www.silverinstitute.org>. Acesso em 03/01/2012.