

# RUTÊNIO



Priscila Pereira Silva e Wendell Guerra  
Recebido em 20/01/2011, aceito em 07/02/2012

Número Atômico	Z = 44
Massa Molar	M = 101,07 g mol <sup>-1</sup>
Ponto de Fusão	T <sub>f</sub> = 2334 °C
Isótopos naturais	<sup>96</sup> Ru (5,52%), <sup>98</sup> Ru (1,88%), <sup>99</sup> Ru (12,7%), <sup>100</sup> Ru (12,6%), <sup>101</sup> Ru (17,0%), <sup>102</sup> Ru (31,6%) e <sup>104</sup> Ru (18,7%)

O rutênio é um metal pouco abundante que geralmente é encontrado na natureza junto com os demais metais do grupo da platina: Pt, Pd, Ir, Os e Rh (Greenwood, 1993). O rutênio só foi isolado quatro décadas depois da separação e caracterização dos outros elementos desse grupo. Os químicos britânicos Wollaston e Tennant estudaram intensamente os minérios de platina e foram eles os responsáveis pela separação de todos os metais do grupo, exceto o rutênio (Silva, 2010).

O rutênio foi isolado e identificado como um novo elemento em 1844 pelo químico russo Karl Karlovitch Klaus enquanto ele analisava resíduos de platina. Em homenagem a sua terra natal, Klaus deu o nome de *ruthenia* (do latim Rússia) ao novo metal.

Ao adicionar água régia ao minério de platina, tem-se uma porção solúvel (constituída pelos metais: platina, paládio e ródio, que podem conter outros metais) e uma porção insolúvel (ósmio, irídio e rutênio). O processo de separação do rutênio, Figura 1, consiste na utilização de resíduos provenientes da extração de metais do grupo da platina ou originários do refinamento eletrolítico de metais comuns (Cu e Ni). Esses resíduos são fundidos com peróxido de bário ou peróxido de sódio, posteriormente são lixiviados com água e tratados com cloro gasoso que atua como um forte oxidante. Obtém-se, então, o volátil tetróxido de rutênio, RuO<sub>4</sub>, que é destilado e em seguida dissolvido em ácido clorídrico. À solução de ácido clorídrico, adiciona-se sal de amônio e o rutênio precipita-se como hexaclororutenato de amônio, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>[RuCl<sub>6</sub>]. Este, por sua vez, é reduzido com hidrogênio ao metal puro (Greenwood, 1993).

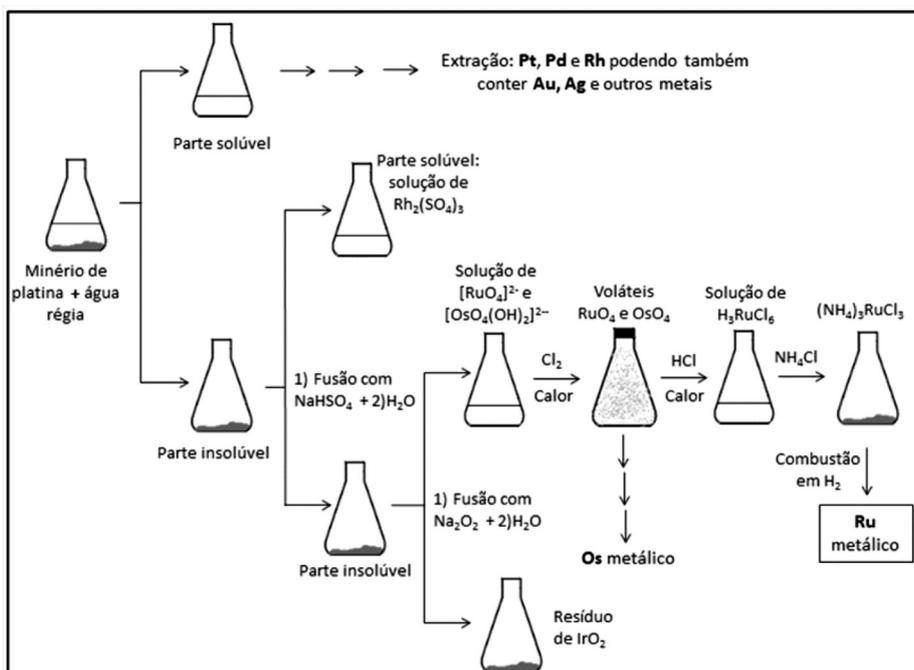


Figura 1: Diagrama para extração do rutênio.

O rutênio, cuja configuração eletrônica é [Kr] 4d<sup>7</sup>5s<sup>1</sup>, é um metal caro, duro, quebradiço, brilhante, resistente à corrosão, de densidade (12,45 g cm<sup>-3</sup>) e ponto de fusão elevados. Possui boa condutividade elétrica e excelentes propriedades catalíticas. Na tabela periódica, localiza-se no bloco *d*, grupo 8, quinto período.

Esse metal reage com oxigênio somente em temperaturas elevadas. Não é atacado por ácidos nem mesmo por água régia. No entanto, é solúvel em álcalis fundidos e em presença de clorato de potássio, KClO<sub>3</sub>. Nessas condições, o rutênio é energeticamente oxidado. Os estados de oxidação mais comuns do rutênio são +2, +3 e +4, mas podem ser encontrados compostos desse metal cujo número de oxidação varia de -2 a +8. Um exemplo de composto de rutênio com estado de oxidação +8 é o tetróxido de rutênio, RuO<sub>4</sub>, que é tóxico, muito oxidante e se decompõe violentamente a altas temperaturas (Lee, 1999). O rutênio forma um número extremamente elevado de complexos (compostos complexos ou de coordenação). A relevância desses compostos tem crescido muito

A seção "Elemento químico" traz informações científicas e tecnológicas sobre as diferentes formas sob as quais os elementos químicos se manifestam na natureza e sua importância na história da humanidade, destacando seu papel no contexto de nosso país.

devido às diversas aplicações como catalisadores; sensibilizadores em processos de degradação fotocatalítica, envolvendo compostos orgânicos; sensibilizadores em células solares; dentre outras aplicações (Alves, 2010).

Um complexo que merece apreciação é o íon de Creutz-Taube, Figura 2, que possui dois átomos de rutênio em diferentes estados de oxidação, +2 e +3, unidos por uma molécula de m-pirazina (pz). Esse composto deu origem aos estudos envolvendo materiais de valência mista, compostos que contêm íons em mais de um estado de oxidação formal em uma mesma unidade molecular (Rocha, 2002), um campo bastante instigante da eletrônica molecular.

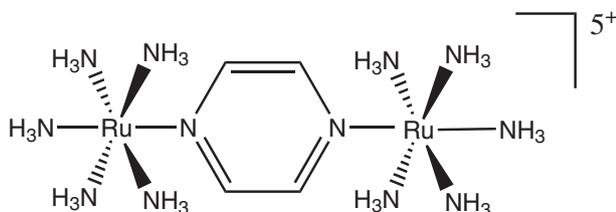


Figura 2: Estrutura do íon complexo de Creutz-Taube.

Assim como os complexos de platina, os de rutênio têm sido extensivamente avaliados como potenciais agentes antitumorais, pois além de possuírem boa atividade antitumoral, os promissores compostos de rutênio são bem menos tóxicos quando comparados aos de platina. Essa baixa toxicidade é devida à capacidade do elemento de imitar a ligação do ferro com biomoléculas, assim o rutênio utiliza os mecanismos de defesa do organismo para eliminação de ferro em excesso. (Allardyce, 2001). É importante ressaltar que dois complexos de rutênio, denominados NAMI-A e KP1019, encontram-se em fase de testes clínicos e exibem promissoras atividades antitumorais (Antonarakis, 2010).

Outro exemplo de uso de complexos de rutênio é o corante conhecido como vermelho de rutênio (Figura 3). Esse complexo trinuclear, que também possui valência mista, é utilizado em microscopia para produzir colorações diferenciadas e em estudos envolvendo alterações na concentração citoplasmática do cálcio uma vez que é um potente inibidor da liberação de cálcio intracelular (Rossi, 1973).

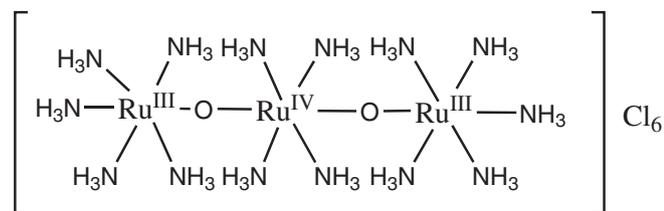


Figura 3: Estrutura do corante inorgânico vermelho de rutênio.

Devido à sua capacidade de conferir maior dureza à platina e ao paládio, o rutênio é adicionado a esses metais com a finalidade de torná-los mais resistentes ao desgaste. Quando adicionado ao titânio, melhora consideravelmente

sua resistência à corrosão. Também é usado juntamente com o molibdênio na confecção de uma liga supercondutora a 10,6 K. Outras aplicações para o rutênio são: produção de ornamentos; chips e discos rígidos para computadores modernos; telas de plasma; fabricação de ácido acético, cloro e polímeros; na microeletrônica em geral (na forma de filmes); dentre outros. O rutênio também é utilizado em diversos processos catalíticos, tais como oxidação, hidrogenação, hidroformilação etc. O óxido de rutênio(IV),  $RuO_2$ , é empregado como catalisador para remoção do sulfeto de hidrogênio em refinarias de petróleo. Outro exemplo importante são os catalisadores de Grubbs utilizados na metátese de olefinas, cujo descobridor, Robert Grubbs, foi laureado em 2005 com o prêmio Nobel de Química (Ferreira, 2005).

A maior parte do rutênio em circulação no mundo é proveniente de jazidas de minérios localizadas na África do Sul, nas Américas do Norte e do Sul e nos Montes Urais (Rússia). No Brasil, a quantidade de rutênio encontrado no subsolo é bastante escassa e, conseqüentemente, não há produção do metal. Segundo a Johnson Matthey, o maior consumo de rutênio no período compreendido entre 2005-2010 foi feito por indústrias de materiais eletroeletrônicos, eletroquímicos e químicos (Platinum Today, 2010).

**Priscila Pereira Silva** (priscilaps@ufv.br), licenciada e mestre em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), atualmente é doutoranda na mesma instituição e também atua como professora assistente na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Campus de Rio Paranaíba. Rio Paranaíba, MG - BR.  
**Wendell Guerra** (wg@iqufu.ufu.br), bacharel, licenciado e mestre em Química pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), doutor em Química pela UFMG, é professor adjunto na UFU. Uberlândia, MG - BR.

## REFERÊNCIAS

- ALLARDYCE, C.S. e DYSON, P.J. Ruthenium in medicine: current clinical uses and future prospects. *Platinum Metals Rev.* v. 45, p. 62-69, 2001.
- ALVES, F.E; SILVA, P.P. e GUERRA, W. Metais do grupo da platina: história, propriedades e aplicações. *Química*, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, v. 119, p. 27-33, 2010.
- ANTONARAKIS, E.S. e EMADI, A. Ruthenium-based chemotherapeutics: are they ready for prime time? *Cancer Chemother Pharmacol*, v. 66, p. 1-9, 2010.
- FERREIRA, V.F. e SILVA, F.C. Nobel 2005: metátese em síntese orgânica. *Química Nova na Escola*, v. 22, p. 3-9, 2005.
- GREENWOOD, N.N. e EARNSHAW, A. *Chemistry of the elements*. Oxford: Pergamon, 1993.
- LEE, J.D. *Química inorgânica não tão concisa*. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- PLATINUM Today. *Iridium & ruthenium charts*. Disponível em: <http://www.platinum.matthey.com/publications/market-data-charts/iridium-ruthenium-charts/>. Acessado em: 31 dez. 2010.
- ROCHA, R.C. e TOMA, H.E. Transferência de elétrons em sistemas inorgânicos de valência mista. *Química Nova*, v. 25, p. 624-638, 2002.
- ROSSI, C.S.; VASINGTON, F.D. e CARAFOLI, E. The effect of ruthenium red on the uptake and release of  $Ca^{2+}$  by mitochondria. *Biochem Biophys Res Commun*, v. 50, p. 846-852, 1973.
- SILVA, P.P. e GUERRA, W. Platina. *Química Nova na Escola*, v. 32, p. 129-128, 2010.