

Tântalo

Antônio Fernando da Silva Rodrigues; Geól., MSc.
E-mail: antonio.fernando@dnpm.gov.br
DNPM – Sede / DF. Tel.: (61) 3312-6868/4070

I. O BEM MINERAL – TÂNTALO

O **tântalo** (do latim: *tantalum*) foi descoberto na Suécia, por Anders G. Ekeberg (1802) e isolado por Jöns Berzelius (1820). Até meado do século XIX os químicos acreditavam que o tântalo (Ta) e nióbio (Nb) eram os mesmos elementos, quando, experimento realizado por Mariganc (1844) comprovou a natureza química diferentes desses elementos.



Tantalita, Pilbara district, Australia

O elemento metálico Tântalo é relativamente raro na crosta terrestre. Estima-se que a abundância seja da ordem de 1,7 ppm (0,000017%), sendo mais reduzida nas águas do mar (0.002 ppb). A tantalita, principal mineral-minério, pode ser encontrada na composição dos meteoritos carbonados, com teores de 20 ppb, especulando-se uma abundância no Universo de 0.08 ppb.

O Tântalo apresenta notável características físico-químicas pelo elevado ponto de fusão a 2.996°C, excedido apenas pelo Tungstênio (3.410 °C) e pelo Rhênio (3.180°C), bem como excepcional resistência a ataques químicos, praticamente inerte aos ácidos, exceto o sulfúrico.



A história da evolução do pensamento científico assinala que o primeiro metal dúctil, relativamente puro, somente veio a ser produzido por Werner von Bolton, em 1903. Importa enfatizar que, da pesquisa pura à pesquisa aplicada, o tântalo foi aplicado inicialmente na fabricação filamentos (em substituição ao carbono), usados em lâmpadas incandescentes (bulbos claros) – inovação tecnológica associada ao uso da energia elétrica, na época – até que o tungstênio (mais elevado ponto de fusibilidade inata entre os metálicos) o substituiu em 1909, arrefecendo-se, então, o ímpeto da indústria pelo metal, o que implicou no retorno ao âmbito das pesquisas puras em laboratório.

Somente em 1922 retoma-se a produção comercial do tântalo, por processo de eletrólise de sais, com a empresa americana *Fansteel Metallurgical Co.* lançando no mercado um carregador de baterias que empregava um retificador fabricado com o metal. Portanto, com o re-início do desenvolvimento das pesquisas aplicadas, amplia-se o campo de aplicação do tântalo na composição de ligas (Ta-Ni) resistentes à corrosão, na fabricação de ferramentas de usinagem, equipamentos de laboratório químico e válvulas de rádio, bem como na indústria joalheira.

As notáveis características de inércia química, elevadas resistência, dureza e ductilidade, associadas às propriedades elétricas

cas (capacitância) do óxido de tântalo o tornam apto no fabrico de componentes eletrônicos (capacitores), de equipamentos químicos resistentes à corrosão, fornos de altas temperaturas, de contendores e canalizações para a permutação de metais líquidos em reatores nucleares, de placas e fios para processos cirúrgicos. A prevalência no uso do tântalo é na fabricação de retificadores para conversão de correntes elétricas alterna e contínua, bem como capacitores (componentes armazenadores de energia) usados na indústria eletrônica.

Atualmente, sobressaem-se como principais mercados demandantes e o uso-fim de tântalo as indústrias de telefonia móvel/celulares (capacitores eletrolíticos), de equipamentos eletrônicos (*PC-personal computer, pagers, laptop, video-filmadoras*), aeroespacial (componentes de motor a jato: ligas especiais), de vidro com índices de refração especiais (câmeras) e automobilística que sinalizam tendências de crescimento no longo-prazo.

Vantagens comparativas do Tântalo

Conforme *ALLWIN Digital Jet Printer*, destacando as características *high tech* do tântalo, afirma na apresentação *'Allwin News Products Marketing Strategy Seminary in 2009*, que:

Quality of control system

Adopt solid tantalum capacitance which the cost is ten times higher than normal electrolysis capacitance. The solid tantalum capacitance is smaller and the inner resistance is low, moreover, it has more effect to sieve wave and the service life is far more than normal capacitance. Many domestic manufacturers use electrolysis capacitance which will decrease the capability (www.allwinthec.com).



Com efeito, pode-se admitir que a inovação tecnológica da impressora piezoeletrica está associada à adoção da capacitância do tântalo sólido, ainda que o custo fosse dez vezes superior à capacidade de eletrólise normal. A capacitância tântalo sólido é menor e a resistência interna é baixa, além disso, tem mais efeito ao crivo das ondas e o tempo de vida é muito maior do que a capacitância normal.

Alternativas Concorrentes e Substitutos

Estima-se que no universo de segmentos de aplicação do tântalo o principal uso-fim se dá na fabricação de componentes eletrônicos 'capacitores' (>60%), cuja característica elétrica de capacidade, reside no armazenamento de energia sob a forma de um campo eletrostático (www.lps.usp.br/lps/arquivos/conteudo/grad/.../Capacitores.ppt).

Os seguintes elementos e materiais podem substituir o tântalo, mas geralmente com menor eficácia: carbonetos de nióbio, alumínio e cerâmicas em capacitores eletrônicos; vidro, nióbio, platina, titânio e zircônio em equipamentos resistentes à corrosão; e háfnio, íridio, molibdênio, nióbio, rênio e tungstênio em aplicações de alta temperatura.

Destacam-se como principais alternativas concorrentes na fabricação de capacitores:

Capacitores Eletrolíticos de Alumínio (*Aluminum Electrolytic Capacitors*)

Conforme a *NIC Components Corp.*, esses componentes eletrônicos são adequados para funcionamento a temperaturas entre

-40 ~ 105 ° C e são compatíveis com o fluxo – onda processos de solda. Esses componentes são normalmente utilizados para grandes capacitâncias (1 μ F a 20.000 μ F). O dielétrico consiste em uma película de óxido de alumínio (Al_2O_3) finíssima que se forma sobre o polo positivo, quando se aplica sobre o capacitor uma tensão contínua. As principais desvantagens deste tipo de componente são a sua elevada tolerância (chegando a 100 % maior que o valor nominal, e 10 % no sentido negativo) e o fato de ser altamente influenciado pela temperatura, tanto na capacitância como na resistência de perda (www.lps.usp.br/lps/arquivos/conteudo/grad/.../Capacitores.ppt).

Capacitores Cerâmicos

(Ceramic Chip Capacitors – MLCCs)

Segundo *Johanson Dielectrics*, existem dois sistemas materiais usados hoje para fazer capacitores de cerâmica: Metais Preciosos Eletrodo e Base Metal Electrode. O sistema de metais preciosos é a tecnologia mais antiga e utiliza eletrodos de paládio e prata, em seguida, níquel e estanho. Hoje, este sistema de material é usado principalmente em peças de alta tensão da ordem de 500V e superior. O sistema de metais é uma tecnologia mais nova e utiliza eletrodos de níquel ou de cobre, níquel e estanho. Este sistema de material é normalmente usado para peças com avaliações de tensão inferior a 500V (www.johansondielectrics.com).

Características dos *chips* capacitores de cerâmica: baixa impedância, coeficiente de temperatura e coeficiente de tensão. Portanto, os MLCCs têm impedância baixa quando comparada com tântalo e outros capacitores eletrolíticos. Isto inclui menor indutância e resistência série equivalente (ESR), permitindo o uso de capacitores de cerâmica em freqüências muito maiores do que os capacitores eletrolíticos.

Capacitores Eletrolíticos de Nióbio

(*Niobium Electrolytic Capacitors*)

Considerando que as fontes primárias de tântalo tornam-se cada vez menos disponíveis, com o fator agravante das denúncias sobre questões de direitos humanos relacionadas à exploração dos recursos minerais na África, em particular na RD Congo, o nióbio (Nb; 41; 92.90638) desponta como uma das soluções alternativas a serem consideradas na substituição do tântalo em capacitores. Segundo a NIC Corp. a fabricação dos componentes eletrônicos é semelhante a dos capacitores tântalo condutores de polímeros (NIC NTP Series). Prevê-se que, no futuro, os condensadores de nióbio sejam usados como dispositivos de alta capacidade (cerca de 1000 μ F), cujos custos seriam muito elevados usando-se o tântalo como insumo básico. (www.niccomp.com/help/presentations/NewProducts1001.ppt)

2. RECURSOS

Geologia Econômica do Tântalo

A mineralização em tântalo, nas perspectivas da metalogênese e da explatabilidade, está associada a três tipos clássicos de depósito geológicos: **carbonatíticos, pegmatíticos e metasomáticos de contato**. Adverte-se, contudo que não obstante a amplitude de ocorrências dos carbonatitos, associada às condições inatas dos prospectos em tonelagem de Ta-contido no minério, admite-se improvável concentrações econômicas. Em consequência, dos depósitos conhecidos de carbonatitos, que associam tântalo e nióbio, somente 20% são economicamente viáveis, haja vista que o teor de Ta_2O_5 geralmente é inferior a 0,01% (100g/t). Assim, admite-se que a descoberta de grandes depósitos potenciais de carbonatitos, como pirocloro, não significará uma provisão adicional significativa de tântalo.

Neste contexto, considera-se que os granitos/*greisens* são os melhores prospectos na relação Nb-Ta. Entretanto, eventuais extra-

ções de tantalita – principal mineral-minério $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_5$ – de depósitos relativamente pequenos e baixo teor ($\leq 0,1\%$ ou 1.000g/t de Ta_2O_5) podem tornar-se viáveis tanto em veios pegmatíticos quanto em *placers*, a depender das *cíclicas de preços*. Adverte-se, contudo, que menos de 1% dos milhares de pegmatitos conhecidos no mundo são explotáveis para qualquer substância mineral, onde os teores de Ta_2O_5 raramente excedem 0,25% (2.500g/t).

Há uma prevalência de mineralizações de tântalo nos pegmatitos complexos, zonados, irregulares. A propósito, a paragênese mineral do tântalo, na forma de columbita-tantalita, favorece sua exploração consorciada com a cassiterita, berilo, cristais de rocha (quartzo) etc., na condição de produto principal, co-produto ou subproduto. Os *minerais satélites*, indicadores de maiores teores de tântalo em pegmatitos são: albita, lítio e minerais de berilo.

É neste ambiente geo-econômico que os depósitos aluviais e eluviais sobressaem-se como os melhores prospectos para produção artesanal, em pequena escala e a custos módicos, comparativamente às mineralizações em rochas duras (granitos/*greisens*). A propósito, regiões tropicais apresentam as melhores condições para a formação desses depósitos, a exemplo da Amazônia, tornando-se raros em zonas temperadas.

Disponibilidade Primária de Minério de Tântalo

O exercício estimativo visando a consolidação dos recursos e reservas globais de tântalo ficaram extremamente prejudicados, na medida em que se avaliam números de confiabilidade questionável. O esforço em compor estatísticas de diferentes fontes de países, empresas, do Anuário Mineral Brasileiro – DNPM e do *Mineral Commodities Summary*–MCS/USGS, 2009 (*Reserve base: measured + inferred*), resultou no quadro abaixo, onde infere-se uma disponibilidade primária de recursos mundiais de *tantalum* da ordem de 193,3 mil t Ta_2O_5 . Esses recursos estão espacializados nas Américas (Brasil, 40,1% e Canadá 2,6%), na Austrália (35,7%), África (8,3%), Ásia (8,3%) e Oriente Médio (7,3%).

Tabela 01
TÂNTALO: RECURSOS & RESERVAS – 2008

TÂNTALO	Reservas	Part. □ %
	($10^3\text{t Ta}_2\text{O}_5$)	
Brasil	79.200	40,98
Austrália	69.000	35,70
Egito	14.014	7,25
China	8.370	4,33
Tailândia	7.700	3,98
Nigéria	7.000	3,62
Moçambique	6.032	3,12
Canadá	5.000	2,59
Congo RD	1.500	0,78
Ruanda	1.500	0,78
Mundo	193.284	100,00

Fontes: Mineral Summary-USGS, 2009; AMB-DNPM, 2009.

Nota: □ % Participação dos países (ano base 2008).

Importa destacar que as reservas de tântalo da Austrália relacionadas a pegmatitos e as do Brasil às rochas graníticas (*greisens*), ainda que apresentem maior grau de confiabilidade, as expectativas relacionadas ao potencial geológico da África Central (Congo RD) e do Egito, são enormes. Outros países com admissível potencial, porém com recursos precariamente dimensionadas são: Cazaquistão, Etiópia, Namíbia, Rússia, Uganda e Zimbábue (cf. USGS, 2006 e Roskill, 2001).

Entretanto, essa baixa confiabilidade nos indicadores estatísticos referentes às reservas mundiais de tântalo, pode ser atribuída à

prevalência da associação do metal às rochas de natureza pegmatíticas, erradicidade das concentrações e baixa possança desses corpos em forma de diques, com o agravante da vulnerabilidade às atividades mÍnnero-artesanais (garimpos), extração imediata, que dispensam pesquisa prévia de dimensionamento dos depósitos.

Convém destacar, que os depósitos comerciais de pirocloro, fonte principal de nióbio, apresenta baixos teores de tântalo, tipicamente entre 0 e 2% em peso. Outra fonte de tântalo é *struvite*, uma variação do rutilo titanífero, apresentando baixos teores de Ta_2O_5 , sendo recuperada de rejeitos de mineração de cassiterita no Sudeste Asiático, notadamente na Malásia. Outros minerais menos comuns acontecem em certos depósitos de pegmatito, como a *tapiolita* (*tapiolite*) e a *wodginita* de pouco significado econômico, quimicamente semelhante à tantalita, mas com propriedades cristalográficas diferentes.

O mineral *loparite*, $(Ce,Na,Ca)(Ti,Nb)O_3$, é a fonte principal de tântalo e nióbio na Península de Kola, Rússia.

América do Norte: Recursos de Tântalo

Na América do Norte, são identificados depósitos nos EUA (Alaska), Canadá e Groenlândia (com recurso estimados em 50 Mt; 0,03% a 0,1% de Ta_2O_5). Entretanto apenas o Canadá apresenta produção significativa na mina de Manitoba.

No Canadá, o único produtor de tântalo é a Tanco, no Lago de Bernic, em Manitoba. Em 1992, foram informadas reservas de 1.09Mt, com teor de 0,117% Ta_2O_5 . Admite-se um adicional armazenado no local de 300.000t (0,065% Ta_2O_5) de *tailings*. Ao norte de Kenora, Ontário, próximo ao Lago Bernic, associado a mesma provÍncia pegmatítica há mineralizações de lítio, césio, rubídio e tântalo calculadas em 7.1Mt de minério de petalita com teores de 1,285% LiO_2 e 0,346% Rb_2O . Outros depósitos de tantalita estão localizados em Crevier-Quebec, com recursos que montam a 33Mt de minério, com teores de 0,187% Nb_2O_5 e 201ppm Ta_2O_5 .

América do Sul: Recursos de Tântalo

Brasil

O Brasil, com reservas (medida + indicada) da ordem de 396 mil t de minério primário (teor médio: 0,02% Ta_2O_5), que excede 79,2 mil Ta_2O_5 contido. Conforme conceito de reserva lavrável adotado para efeito de planejamento da Mineração Taboca S.A., admite-se que esses recursos tantalíferos situem-se na ordem de 176,3 mil t (35,3 mil t Ta_2O_5).

Distribuição macrorregional dos recursos

Nos estados do Norte são expressivas as ocorrências em Rondônia (*placers* aluvionares de 'Cachoeirinha' e 'Massangana', município de Ariquemes), Roraima (Rorainópolis) e Amapá. No Amazonas, além da jazida polimetálica do 'Pitinga', registram-se Alto e Médio Rio Negro, nos municípios de São Gabriel da Cachoeira e Barcelos (serra do Araçá), alvo esporádico de garimpagem, inclusive por algumas etnias indígenas.

No domínio da ProvÍncia Mineral do Mapuera as mineralizações polimetálicas estão associadas ao Granito Madeira (Fig., relacionam-se ao albita-granito em seus dois subfácies de núcleo e de borda: ABGN e ABGB.

- ✓ Criolita disseminada e maciça associada a micas litiníferas (restrita ao ABGN);
- ✓ Mineralização disseminada de cassiterita, xenotímo e columbita/tantalita (ocorrentes tanto no ABGN como no ABGB).

A seguir, apresenta-se um panorama da distribuição de Sn, Nb-Ta, Zr, U, Th, ETR e Li, na paragênese mineral do albita-granito:

- ✓ **Estanho:** O Sn ocorre apenas na forma de cassiterita (SnO_2).

- ✓ **Nióbio-Tântalo:** Devido às suas características atômicas, esses elementos ocorrem associados em fases minerais específicas. No albita-granito apresentam duas formas distintas mineralogicamente:

No ABGN, portador da mineralização de criolita, o Nb-Ta ocorre em um grupo de minerais de estrutura e composição química complexas, nomeados genericamente de “niobatos metamíticos da família do pirocloro” $[(\text{Na}_3\text{Ca})_2(\text{Nb},\text{Ta})(\text{O},\text{F})_7]$. No albita-granito de borda (ABGB) possivelmente o par Nb-Ta ocorra apenas como columbita $[(\text{Fe},\text{Mn})(\text{Nb},\text{Ta})_7\text{O}_6]$, que é a fase estável nas condições de formação desta rocha.

– **Ítrio:** O xenotírmio (YPO_4) é o principal mineral de Y, mas os teores de P_2O_5 da rocha – sempre muito baixos – são insuficientes para formar todo o xenotírmio necessário para acomodar alguns teores mais elevados de Y observados em análises químicas, indicando a possibilidade de ocorrência de outras fases, tais como samarskita e ixiolita.

– **Zircônio:** O Zr ocorre como malacom $[\text{ZrSiO}_4 \cdot \text{nH}_2\text{O}]$, este mineral é um dos últimos minerais a cristalizar dentro do albita-granito, apresentando cristais bem desenvolvidos, mas também com abundantes inclusões de minerais opacos, albita, criolita, quartzo, “pirocloro”, etc. Um único outro mineral portador de Zr presente no albita-granito é a catapleíta (zirconato hidratado de sódio), que é um mineral acidental e não resistato.

– **Urânio e Tório:** Estes elementos ocorrem associados tanto na forma de torita como também nos niobatos metamíticos. A torita é o principal mineral radioativo do albita-granito, existindo alta probabilidade de ocorrerem outros minerais ainda não identificados.

– **Elementos Terras Raras (ETR):** A principal fonte dos ETR é o xenotírmio, que no caso do albita-granito Pitinga é enriquecido nos ETR pesados, especialmente Ho, Er e Yb. Os niobatos metamíticos também podem apresentar ETR na sua composição.

– **Lítio:** O Li ocorre exclusivamente em micas. As micas estão representadas essencialmente no ABGN, onde ocorrem sob diversas formas – lepidolita / zinvaldita, siderofilita e biotita. O ABGN mostra um teor uniformemente alto de Li (+/- 800 ppm), indicando a presença constante de micas. Já o ABGB, em função de sua gênese a partir de processos metassomáticos sobre o fácies de núcleo mostra teores muito variáveis de Li, em função da maior ou menor presença de micas sobreviventes aos processos de substituição por hematita, fluorita, óxidos / hidróxidos de Fe e quartzo.

As ocorrências de tantalita no Nordeste brasileiro estão relacionadas à Província Pegmatítica de Borborema. Contudo, são pouco conhecidas em termos de potencial, ainda que historicamente explotadas por fluxos de garimpagem, tendo como principal indutor o ciclo de alta dos preços dos metais. Os estados que se destacam são: Paraíba (Juazeirinho), Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia (nestes as ocorrências de tantalita estão associadas a xistos e pegmatitos da *Faixa de Dobramentos Araçuaí*).

Na região Sudeste e Centro-Oeste, Minas Gerais e Goiás também apresentam diversas ocorrências. Os pegmatitos situados no município de São João D'el Rey (MG), têm sido explotados na mina Mibra, pela Cia. Estanho Minas Brasil (*Metallurg Goup*), como subproduto da cassiterita.

África: Recursos de Tântalo

Na África registram-se ocorrências minerais em pelo menos 17 países. A despeito da situação de conflito interétnico na África Central, estima-se que a origem primária de tantalita da maior parte da produção do continente africano derive das regiões de disputa político-geográfica, ‘*modalidade de guerrilha*’, na República Democrática do Congo: ‘tântalo de sangue’ (*blood tantalum*).

A Etiópia é o segundo maior produtor da África, sendo sua principal mina Kenticha, que possui recursos estimados entre 90-229 TPA com 0.02 % de Ta_2O_5 .

Em Moçambique, a americana Cabot Corporation detém potenciais enormes na Mina de Morrua, em cuja rocha pegmatítica calculam-se reservas da ordem 7,5 Mt, com teores da ordem de 700g/t

Ta_2O_5 . Outros depósitos notáveis incluem Muiane (7 Mt; 160g/t Ta_2O_5) e Marropino (21.7 Mt; 192 g/t Ta_2O_5). A jazida de Marropino também contém significante mineralização de nióbio.

MOÇAMBIQUE: CATEGORIA DE RECURSOS DE TÂNTALO – 2008

Jazida/Mina	Indicado			Inferido		
	Minério (Mt)	Teor Ta_2O_5 (ppm)	Metal-Contido Ta_2O_5 (lbs)	Minério (Mt)	Teor Ta_2O_5 (ppm)	Metal-Contido Ta_2O_5 (lbs)
Marropino	9,26	228	4.649.000	1,13	295	720.000
Morrua	4,65	510	5.230.000	3,12	392	2.700.000
Total	13,91	...	9.879.000	4,25	...	3.420.000
(t)	4.481	1.551

Fonte: Noventa Ltd, 2009.

Nota: Recursos dimensionados de acordo com 'SANREC code'; 1t = 2.204,62 lbs.

No Egito, a companhia australiana *Gippsland Limited* formalizou uma *joint-venture* com o governo egípcio visando desenvolver um projeto mineiro em *Abu Dabbab*. A subsidiária *Tantalum Egipto JSC*, concluiu o estudo de viabilidade definitivo (DFS) definindo recursos da ordem de 44,5 Mt Ta - Sn -Feldspato (0,025% de Ta_2O_5), projetando um produção 2 Mt/ano ROM e estimando uma recuperação de £ 650.000 pentóxido de tântalo (Ta_2O_5), podendo afirmar-se em breve como a maior mina de tântalo do mundo.

O projeto *Abu Dabbab* deve gerar como coproduto/subproduto 1.530 t/ano de Sn -metálico. O planejamento da mina prevê ainda a produção de 1,5 Mt/ano de feldspato *grade* de cerâmica, visando a redução no fluxo de rejeitos (<0,5 Mt/ano) e minimizar o impacto ambiental do projeto.

RECURSOS DA ÁFRICA SAARIANA – 2008

Nuweibi-Abu Dabbab (Recursos)	Pentóxido de Tântalo (Ta_2O_5)
Total	98 Mt @ 143 g/t
Indicada	48 Mt @ 147 g/t
Inferida	50 Mt @ 138 g/t

Fonte: *Gippsland Limited*, 2009.

Figura 3
ABU DABBAD – NUWEIBI TANTALUM JV STRUCTURE

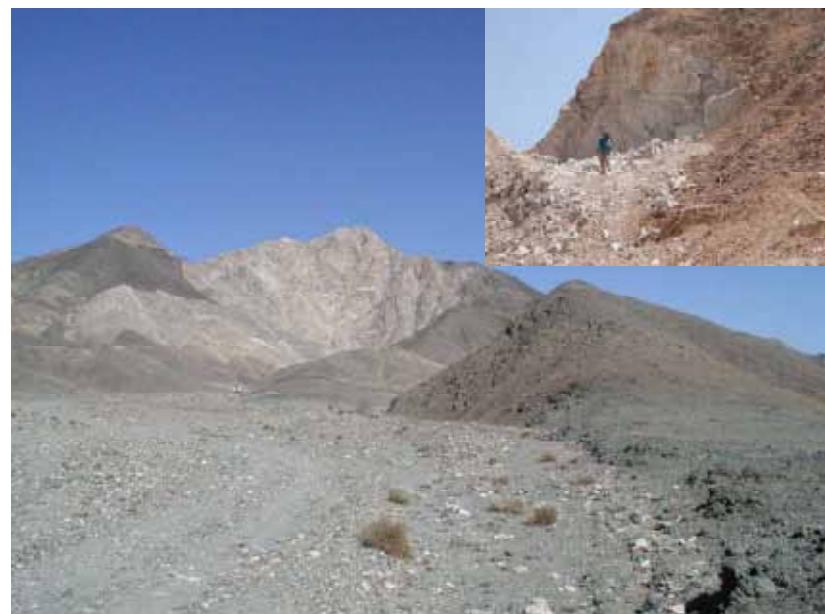


Fonte: *Gippsland Limited, 2009.*

A *Tantalum Egipro JSC* detém ainda recursos geológicos da ordem de 98 Mt de minério de tântalo, em Nuweibi.

Tantalum Egipro JSC, anunciou acordo com a refinadora de minério alemã HC Starck GmbH, para fornecimento de 600.000 kg Ta-contido/ano (Teor: 20% Ta_2O_5), por um período de 10 anos. As negociações em curso prevê adaptar acordo de modo a evoluir para a entrega de um alto grau sintético de concentrado (SynCon), com teor superior a 50% Ta_2O_5 no concentrado de minério.

Figura 3
ABU DABBAD – TANTALUM DEPOSIT



Fonte: *Gippsland Limited, 2009.*

Ásia: Recursos de Tântalo

Na Ásia os recursos minerais de tântalo estão concentrados na China, Cazaquistão, Malásia, Tailândia e Rússia.

A região que comprehende a Malásia, Tailândia e Birmânia é que possui a maior produção, sendo que a maioria do tântalo deriva como subproduto e/ou coproduto da mineração e garimpagem de cassiterita.

Na China, calcula-se que as reservas de tântalo somem 8.370t de Ta_2O_5 , respondendo por aproximadamente 4% das reservas mundiais. Os depósitos de tântalo estão amplamente distribuídos nas

províncias de Jiangxi, Xingjiang, Guangxi, Guangdong, Hunan e Fujian. Contudo, os teores são geralmente baixos, em média 0,016% Ta_2O_5 ou menos. A mina de Yuchum possui o maior depósito, mas de qualidade comparativamente inferior (6.800 t com 0,02%) aos demais países.

A antiga União Soviética pode encerrar um dos maiores recursos de tântalo. Estima-se que essas reservas poderiam somar 300.000t de Ta_2O_5 , das quais aproximadamente 98% situam-se na Rússia. A maioria dos recursos está localizada em Lovozerskoe, em Oblast de Murmansk, na Península de Kola (noroeste Rússia), ainda não explorados possivelmente pelos baixos teores.

Austrália: Recursos de Tântalo

Figura 02
WODGINA MINE, AUSTRÁLIA, JUN 2004



A Greenbushes é complexo mineralógico com recursos minerais (Li, Ta, Sn) de cerca de 91 Mt de tântalo, com uma capacidade de processamento de 4 Mt/ano e cerca de 36 Mt de lítio com uma capacidade instalada de 500 Mt/ano. (<http://www.miningaustralia.com.au/>)

Conforme a Talison Minerals (out2008), os recursos minerais de Wodgina mine aproximavam-se da ordem de 135 Mt, cujo *up grade* realizado na usina de beneficiamento condicionaram alcançar uma produção de 3,2 Mt/ano (1,3 para 1,4 Mlbs/ano), com concentrado final do minério a teores de 8% a 10% Ta_2O_5). O minério era transportado para processamento final nas instalações da Greenbushes.

Greenbushes mine, maior produtora mundial de lítio (300 kt/ano Li), com uma vida útil projetada para mais 15 anos, tem capacidade instalada para produzir cerca de 1,0 Mt/ano de Ta_2O_5 .

Talison Minerals admite que a região do entorno das minas Wodgina e Greenbushes apresentam potencial para a expansão da produção de tântalo e lítio, condicionada ao advento de novas aplicações *high tech* para esses minerais. Destaca ainda os domínios geológicos de Pilgangora e Mt Francisco.

Fontes Secundárias de Tântalo

Um *quantum* significativo de *tantulum*, associados aos depósitos de cassiterita, são recuperados das escórias de fundições de estanho. Calcula-se que o tântalo sintético, derivado de escórias de estanho, responda pelo menos por 20% da provisão total da oferta do metal no mercado mundial. Parte da provisão total recuou consideravelmente, em face da crise da indústria de estanho, agravada a partir de meado da década '80.

A propósito, em 1980, escórias de estanho contribuíram com 721 t de Ta_2O_5 , representando cerca de 69% de todas as remessas de óxido de *tantulum* primário. Em 1997, a tonelagem de escórias tinha declinado a 102 t Ta_2O_5 , representando somente 17% das remessas de Ta-primário. Entretanto, com a recuperação do preço do Sn-metálico, observa-se a retomada na produção de tântalo derivado de escórias de fundições da Tailândia e Malásia (12-15% Ta_2O_5), que excederam às 700 t em 1999.

3. PRODUÇÃO

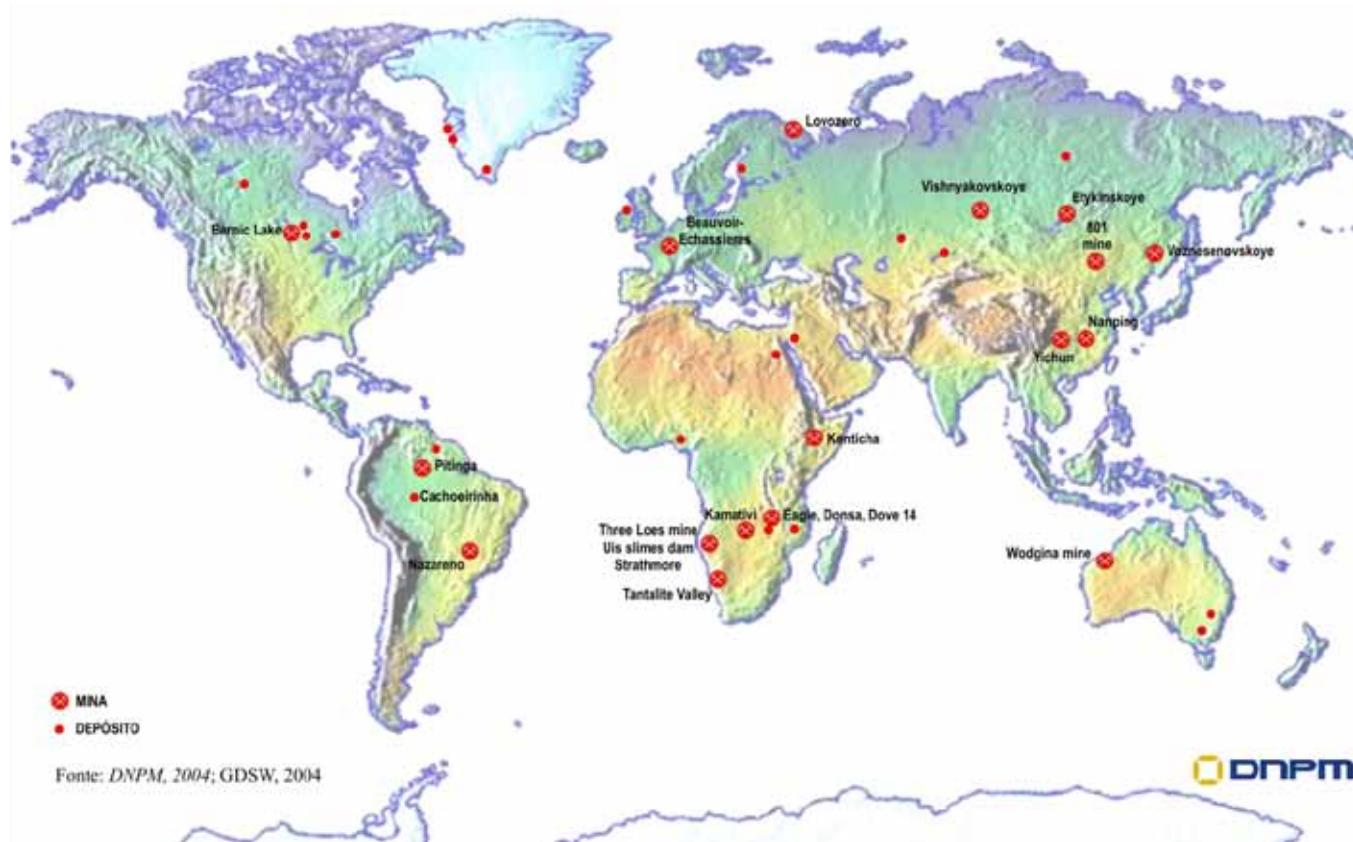
No passado recente, a maioria da produção de tântalo era derivada como subproduto ou coproducto da mineração de cassiterita (SnO_2 ; mineral-minério de estanho), normalmente na forma de columbita-tantalita. Entretanto, as condições atrativas dos preços de Ta_2O_5 , na segunda metade da década de '90, incentivaram sobremaneira a sobrevida de antigas minas, independentemente do estanho – mais notadamente a operação da mina de *Wodgina*, na Austrália – bem

como contribuiu para o acirramento da disputa entre grupos armados por domínios geológicos favoráveis à ocorrência de **Coltan** (columbita-tantalita) na África Central.

Há casos em que se pode observar a evolução no *status* do tantalita como co-produto em relação à cassiterita: mina polimetálica

do 'Pitinga', no Estado do Amazonas, Brasil. O preço elevado viabiliza também várias minas artesanais (garimpos), que produzem concentrado de tantalita derivada de depósitos de aluviões e pegmatitos, nos Estados de Minas Gerais e Rondônia, muitas vezes associada outros metais e gemas: berilo, mica e minério de lítio.

Figura 01
PRINCIPAIS PAÍSES PRODUTORES DE MINÉRIO DE TÂNTALO



PRINCIPAIS MINAS DE TANTALITA NO MUNDO

País/Country	Minas/Mine	CI-Produção* (Ta ₂ O ₅ /ano)	Unid	Grupo-Empresa
Austrália	Wodgina <i>mine</i> (Ta) Grenbushes <i>mine</i> (Li, Ta, Sn)	1.300.000 590	lbs/ano t/ano	Talison Minerals Pty Ltd (Sons of Gwalia's Advanced Minerals Division)
Moçambique	Marropino <i>mine</i>	200-300.000** 135	lbs/ano t/ano	Noventa Ltd
Etiópia	Kenticha	100-170.000	lbs/ano t/ano	Empresa Estatal (EMDSC)
Brasil	Mina Pitinga (Rocha Sã) Rocha Sã' (Sn, Ta, Nb, Pb)	150-200.000	lbs/ano t/ano	Mineração Taboca S.A. (Grupo MINSUR - Peru) Município de Presidente Figueiredo - AM
	Mina Mibra (Ta, Nb, Sn)	100	lbs/ano t/ano	Cia. Estanho Minas Brasil - MIBRA (Metallurg Group) Município de São João Del Rey - MG
	Mina Cacheirinha (Sn, Nb-Ta)	nd	...	COOGER - Coop. Garimpeiros do Estado de Rondônia Município de Itapuã d'Oeste - RO
	Mina Massangana (Nb-Ta)	nd		METALMIG Município de Ariquemes - RO
China	Yichun <i>mine</i>	>120.000	lbs/ano t/ano	China Minmetals
	Nanjing	116	lbs/ano t/ano	China Minmetals and Shenzhen Jiuweihang
Canadá	Tanco <i>mine</i> (Ce, Li, Ta), 1930.	150	lbs/ano t/ano	TANCO - The Tantalum Minig Corp. of Canada Cabot Corporation

Fonte: DNPM, 2009; *Global Capital Magazine and Engineering & Mining Journal*, apud Vulcan, T., 2009.

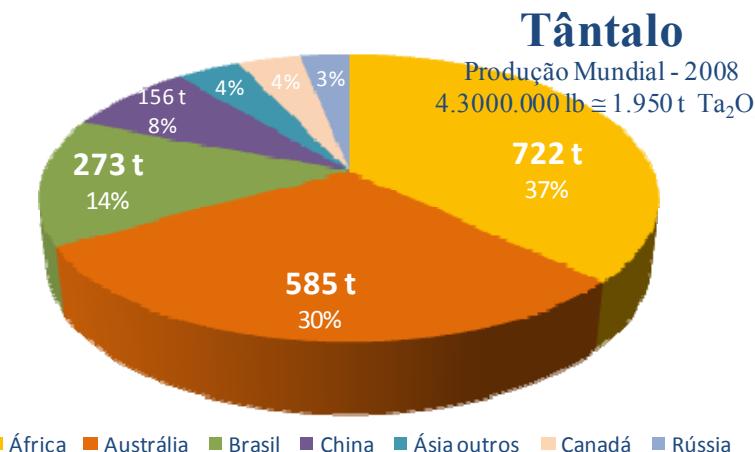
Disponível em: <http://www.hardassetsinvestor.com/features-and-interviews/1376.html?start=3>

*CI-Produção: Capacidade instalada da Mina (libras e t/ano)

**Estima-se que a produção deverá alcançar 450 – 550.000 Ta₂O₅ lbs, em 2009.

Não obstante as estatísticas oficiais de provisão *formal-primária* de minério de tântalo (*fazendo-se uma analogia à ‘certificação de origem’ – CPK-Diamante*), registrar a liderança da *Talison Mineral’s* (minas de *Wodgina* e *Greenbushes*), na Austrália, seguida da mina do ‘Pitinga’, no Brasil, admite-se que, a produção ‘tântalo de sangue’ derivada de garimpos em países da África Central, contribua significativamente na composição e consequente desequilíbrio na relação oferta *versus* demanda mundial do minério, com reflexos negativos na instabilidade-preço do minério.

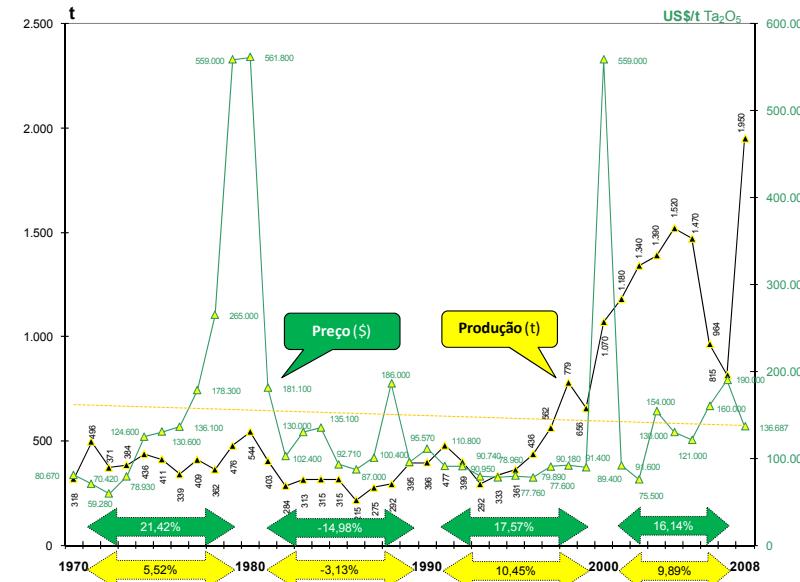
Figura 02
PRODUÇÃO MUNDIAL DE MINÉRIO DE TÂNTALO:
PARTICIPAÇÃO DAS REGIÕES



Fonte: *Talison Minerals*, 2008.

Conforme estimativas da *Talison Mineral’s* a África (Congo RD, Burundi, Etiópia, Moçambique, Ruanda), responde por cerca de 37% (722 t Ta_2O_5 – contido) da produção mundial, seguida pela Austrália (30%; 585 t), Brasil (14%; 273 t), China (8%; 156 t), Canadá (4%), Rússia (4%) e outros países asiáticos (4%).

Na Etiópia, empresa governamental *Ethiopian Mines Development Share Company*, explora minério de nióbio e tântalo na Mina de Kenticha (*hard rock mine; open pit*), situada na zona Borena, no Estado de Oromia. A título de referência, em 2001, exportações de 46t de tântalo (UE, EUA e Japão) geraram divisas da ordem de US\$ 5,6 milhões para o País. (Disponível em: http://www.dismalworld.com/world_tour/mining_industry_in_ethiopia.php)



No Brasil a principal empresa produtora de concentrado e liga de tântalo é a Mineração Taboca S.A, com início de produção no ano de 1998. Enquanto a cassiterita continua sendo transferida da mina para Mamoré Mineração e Metalurgia S.A., situada no interior de São Paulo, a implantação de uma pequena usina de aluminotermia, no domínio da própria mina permite a agregação de valor transformando o minério em liga Ferro-Nióbio-Tântalo, que apresenta os seguintes teores médios: Nb = 45% Ta = 4,2% Fe = 25% e outros. Esta liga é exportada para a Europa e Ásia, sendo utilizada como matéria-prima na produção de óxidos.

Tabela 02
PRODUÇÃO MUNDIAL DE MINÉRIO DE TANTALITA
CONCENTRADO DE TÂNTALO (t Ta₂O₅)

País		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Austrália	C-T	334	337	368	403	427	592				730	1.200
Brasil	C-T	61	67	153	205	216	235	256	231	249	277	264*
Moçambique											280	260
Canadá	T	40	67	67	70	66	69				69	65
Congo (Kinshasa)	C-T										60	60
Rwanda	C-T	20	32	73	73	40	27				40	40
Ethiopia	T	10	15	15	29	35	46				35	35
Malásia	S	15	32	35	45	55	50					
Nigeria	C	2	4	64	4	4	5				21	5
Burundi	C-T	12	11	13	9	12	12				6	6
China	C-T	15	20	...	81	91	109					
DRC	C-T	1	0	...	33	133	159					
Uganda	C-T	0	0	0	0	0	0				5	1
Zimbabwe	C-T	0	0	0	2	3	2				4	15
Total		510	584	728	1.165	1.235	1.700	1.820	1.438	1.296	1.379	1.956*

Fonte: Mineral Industry Sur World Mineral Statistics, British Geological Survey

Note: C – Columbie; S – Struverite; T – Tantalita.

A Companhia Industrial Fluminense – CIF, pertencente ao Grupo Metallurg, localizada em São João del-Rei em Minas Gerais, também produz minérios derivados de pegmatitos e comercializa derivados de tântalo.

Conforme a CIF o sistema produtivo da empresa (mina e usina de beneficiamento) tem uma capacidade instalada da ordem de 14t/mês ou 165t/ano de Ta₂O₅. A origem dos minérios de tântalo é da

MIBRA – mineração pertencente ao complexo industrial da CIF; a columbita (Nb₂O₅) provém da empresa MELT. Adquire também minérios de tantalita derivados de vários pontos do nordeste brasileiro

Os produtos finais da Usina-CIF e os coeficientes técnicos (proporção %) de aplicação de tântalo são: 94% (Ta₂O₅) na fabricação de carbeto e componentes eletrônicos; 06% (Ta₂O₅) na aplicação ótica e ligas especiais.

A propósito, consolida-se no quadro abaixo a série histórica de produção de tântalo a partir do início da produção da mina do Pitinga, localizada no Município de Presidente Figueiredo, Estado do

Amazonas. Importa advertir que, foram adicionadas de 30 a 50 t/ano (estimativas derivadas de garimpos da região Amazônica e de pegmatitos do sudeste) à produção brasileira.

Produção Brasileira e Mundial de Tântalo

Ano	1998*	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Produção Brasileira (t)	205	216	235	256	231	249	277	264*
Produção Mundial (t)	1.165	1.235	1.700	1.820	1.438	1.296	1.379	1.956*

Fonte: Sumário Mineral/DNPM valores corrigidos de 1998 a 2000; *Mineral Commodity Summaries*; * Início da produção da mina do Pitinga Preliminar

4. DEMANDA

O aumento dramático na demanda de tântalo pela indústria de componentes eletrônicos (aplicação > 60% em capacitores), a partir de meado da década de '80, alcançando índices médios da ordem de 10% – associado abundância do elemento na crosta terrestre relativamente baixa, poucos depósitos econômicos conhecidos, fornecimento esporádico de minério a teores adequados, domínio tecnológico restrito na produção do pentóxido de tântalo (Ta_2O_5) – e a insegurança na provisão das necessidades da indústria são fatores de instabilidade de mercado e volatilidade.

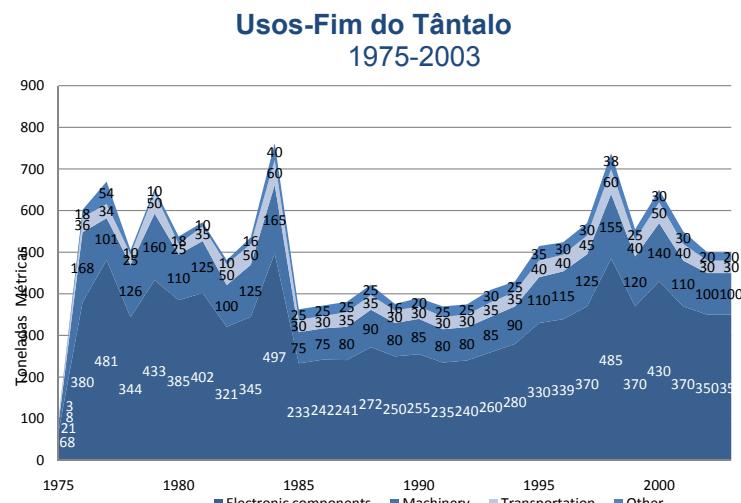
Destacam como principais setores industriais demandantes de tântalo: Eletrônica (PCs, laptops, câmeras digitais, videos), Telecomunicação (aparelhos celulares), Automotiva (airbags, controles de ignição e freios ABS) e Saúde (aparelhos auditivos e 'marca-passos' cardíacos). Na eletrônica a função dos capacitores é armazenar carga elétrica, assegurando o fornecimento de energia em circuitos digitais.

Outros usos principais de tântalo incluem:

✓ **Superligas:** usado na combinação de ligas de elevadas dureza e ponto de fusão. Assim, o tântalo é amplamente utilizado no fabrico de pás de turbinas, tanto para motores a jato e turbinas a gás.

- ✓ **Tantalum Carbide:** a exemplo do carboneto de tungstênio, o carboneto de tântalo usados na combinação de elementos de ligas demandadas para a fabricação de brocas e lâminas de corte. O maior consumidor desse produto é a indústria automotiva.
- ✓ **Sputtering metas:** material metálico que recebe revestimentos finos de tântalo metal (ou nitreto de tântalo ou de óxido de tântalo). usado na fabricação de semicondutores ou de vidro.
- ✓ **Mill Products:** Fornecido na forma de chapas, barras, chapas e tubos, tântalo é usado em uma ampla gama de aplicações diferentes. Estes incluem o uso em: peças de forno, as articulações do quadril artificial e clipes de sutura (evitando a rejeição do organismo humano), dando resistência à corrosão as porcas e parafusos. Tem várias aplicações na indústria bélica-militar, por exemplo: revestimentos de armas e como um *liner* em EFP (*explosively formed penetrator*) de projéteis anti-tanque, onde a densidade do penetrador é fundamental.
- ✓ Enfim, os compostos químicos tântalo são usados na fabricação de lentes especiais para câmeras, impressoras jato de tinta e filme de raio-X-ray.

Figura 03
PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO TÂNTALO
Uso-Fim do Tântalo – 1975-2003



Cadeia de Produção – Consumo

Considerando os elos de ligação na cadeia de produção minas – indústrias de transformação intermediária e final, admite-se que em 2008, 70-80% do consumo de concentrado de tântalo convergiu para apenas três grupos: *Cabot Corporation* dos EUA (*holding* das subsidiárias *Cabot Supermetals* e proprietário da mina de tântalo Tanco, no Canadá); *HC Starck GmbH*, da Alemanha e *Ningxia Metais Non-Ferrous Metals Smeltery*, da China. Outros processadores de tântalo: *Mitsui Mining & Smelting*, no Japão e *Ulba Metallurgical Plant (UMP)*, no Cazaquistão.

Após a fase intermediária de processamento do concentrado de minério, resultando em produtos de tântalo metálico na forma de pó e arames (*powder and wire*), estes são então enviados, conforme especificação do material, aos fabricantes de capacitores: *AVX*, *Kemet*, *NEC*, *Hitachi* e *Sanyo Electronics*, que, por sua vez, fornecerão aos grupos: *Nokia*, *Dell*, *Motorola*, *IBM*, *Apple* e *HP*.

Tendências

Conforme o Mineral Summary (USGS, 2009), estima-se que o consumo aparente de tântalo nos EUA reduziu cerca de 7% em relação a 2007. Concentrado de minério primário, resíduos e sucatas foram as principais fontes primária e secundária de tântalo importadas, admitindo-se uma participação proporcional no consumo do metal no país.

Os principais países-origem das importações foram: Austrália (77%) e Canadá (20%), Ta-contido em concentrado; Brasil (24%), China (13%) e Japão, ligas metálicas; e desperdícios e resíduos da Austrália (18%), da China (14%) e do Brasil (12%).

Contudo, considerando que os números não ‘fecham’, analistas de mercado admitem a seguinte conformação lógica de provisão da demanda interna dos EUA (2004-2007) de diferentes fontes primárias de tântalo: Austrália (18%), China (14%), Brasil (12%), Japão (10%) e outros (46%). Este último índice seguramente composto por produtos derivados da África, em prevalência do RD Congo.

Atribuí-se a redução do consumo aparente nos EUA à crise do mercado de capitais e à recessão econômica mundial, a partir do agravamento da crise financeira internacional em 2008.

Estimativas da Talison Minerais apontam que a demanda mundial tântalo, em 2008, alcançou o patamar de 6,6 milhões de libras de Ta_2O_5 contido em concentrado de minério (pentóxido de tântalo). Por outro ângulo, calcula que a produção primária de tântalo foi estimada ficou a cerca de 4,3 milhões de quilos de Ta_2O_5 contidos em 2008.

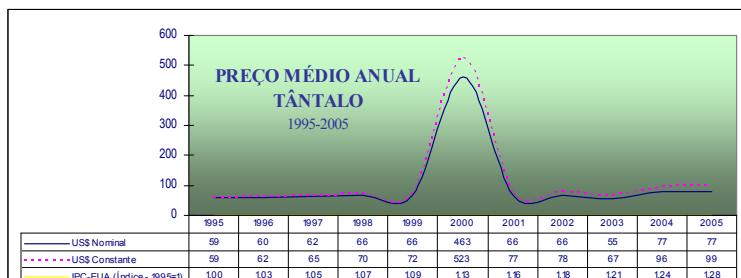
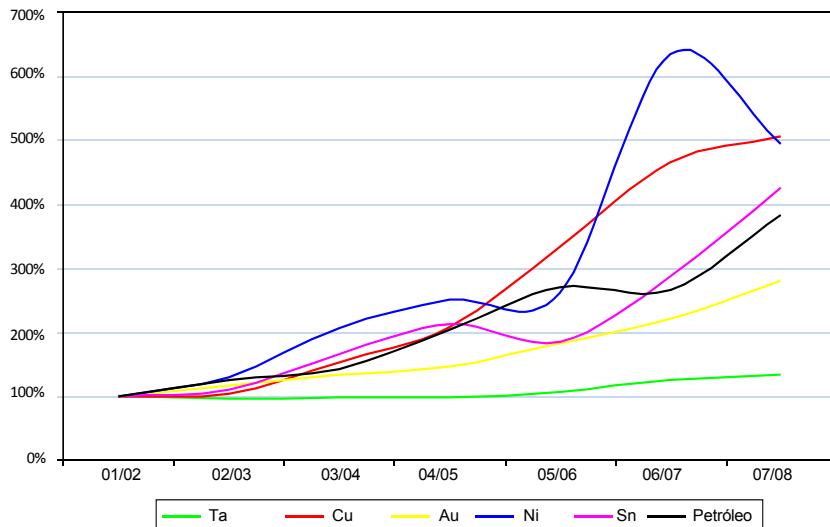
5. PREÇOS

A formação do preço do tântalo – diferentemente de outros metais, como os não-ferrosos (Al, Cu, Sn, Ni, Pb e Zn) que têm a LME como ‘barômetro’ de mercado – por não apresentar um mercado central, deriva de uma relação direta de negócio entre mineradores e processadores do metal. Em consequência torna-se difícil a determinação de uma cotação de preço de referencial de mercado, com o fator agravante dos

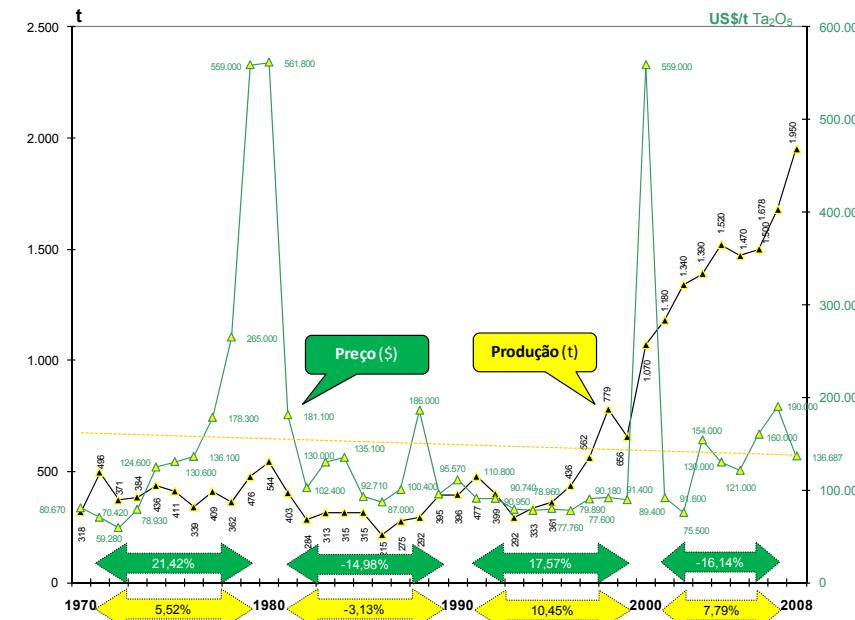
diferentes tipos e teores de minérios e ligas de tântalo, estreitamente relacionados às condições beneficiamento e processos de refinamento.

Durante as últimas décadas, o mercado de tântalo caracterizou-se por uma estabilidade relativa, pontuada por súbitos 'picos' de preços, reflexo de uma demanda global forte, associado ao clima de incerteza sobre a disponibilidade do metal, alimentada pela equivocada expectativa de escassez iminente de matéria-prima mineral.

Figura 04
COMMODITY PRICES: US\$ INDEX



Com efeito, a partir da análise retrospectiva sobre o comportamento dos preços do tântalo, observa-se uma estabilidade relativa durante a década de '90, experimentando um vertiginoso aumento no ano 2000, seguido de um súbito colapso dos preços em 2001 e retorno à normalidade de cotação no mercado internacional.



Fonte: USGS, 2009; Talison, 2008.

Portanto, pressionado pela demanda crescente de novas aplicações de tântalo na indústria de eletroeletrônica (com prevalência de uso em doublé-digit para condensador de tântalo) e consequente escassez do metal no mercado mundial, o preço do tântalo eleva-se a ordem de US\$250/Ib em dezembro de 2000. Entretanto, também de modo súbito, sofre uma queda abrupta nos meses seguintes, uma vez que a demanda, particularmente do setor de telefonia-móvel, não respondeu às expectativas sustentabilidade no mercado.

Neste contexto de instabilidade de mercado e de volatilidade-preço, pode-se observar, já no início de 2002, que os preços retornam ao nível antes do pico máximo, reflexo natural e imediato da força da Lei da Oferta e Demanda, haja vista a volta ao equilíbrio entre a provisão e o consumo. Atribui-se o repentino aumento dos preços à insegurança no abastecimento e à escassez relativa do metal. Em decorrência, denota-se uma verdadeira frustração mercadológica, na medida em que a expectativa era de crescimento contínuo da demanda da indústria mundial, o que não se confirmou.

Importa destacar que a estabilidade foi assegurada quando a Cabot e a Start, maiores processadores mundiais de tântalo, firmaram contratos de provisão do metal com preços fixos a longo-prazo, com a *Australia's Sons of Gwalia*, principal produtor mundial.

Enfim, a performance dos preços do tântalo nas duas décadas passadas, foi lenta mas continuamente acima de US\$20/lb dos anos '70, evoluindo para a ordem US\$ 30/lb na década de '90.

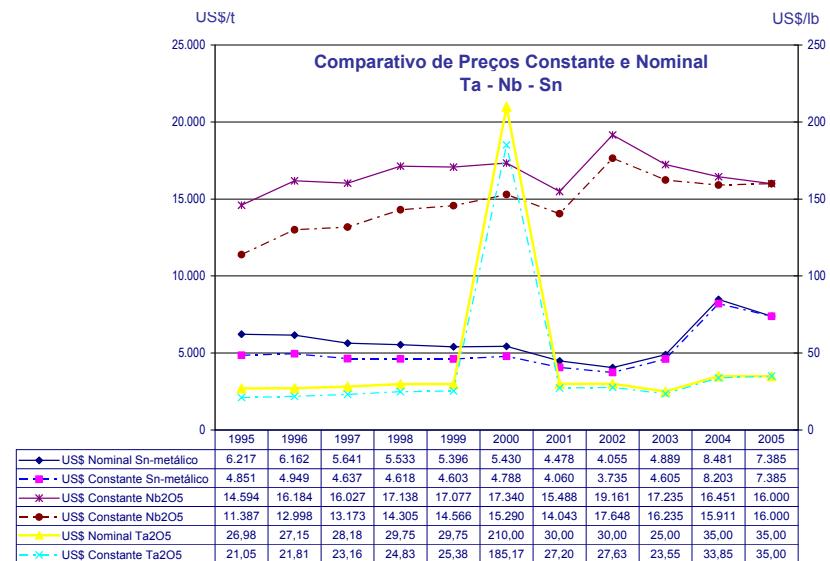
Conclusivamente, observa-se que a massificação (vulgarização/popularização) das vendas de telefones celulares, a preços populares, entre 1998 e 2000, resultaram no aumento do insumo de materiais componentes demandados pela indústria eletrônica, particularmente condensadores de a base de tântalo, sinalizando uma (falsa) tendência de escassez do metal e consequente estrangulamento da oferta, com implicações imediatas no aumento dos preços no mercado de *commodities*. Em decorrência de cotações situadas na faixa de US\$40-50/lb em meado de 2000, os preços saltam para US\$240/lb no final do mesmo ano.

A expectativa geral era de que fontes novas de provisão de tântalo poderiam eliminar flutuações de preço. Porém, em vez de continuar crescendo, o mercado de telefone móvel e indústria aeroespacial apresentaram um perfil declinante em 2001, refletindo na queda dos preços de tântalo, mantendo-se abaixo do nível de US\$40/lb, no início de 2005.

Retrospecto e Prospectiva de Preços da Tantalita

Analizando-se a série histórica de preços causa impacto a elevação abrupta ocorrida em 2000, verdadeiro *boom* dos preços de tantalita (Ta_2O_5), mesmo que efêmero (ver Fig.), onde o metal atingiu cotações superiores a US\$240/lb (dez. 2000), observa-se uma certa estabilidade na faixa de US\$30/lb. A título de exemplo, as importações do Japão acusam os seguintes aumentos médios no mesmo período: Lingotes e pó 33% (preços variando de ¥33,000/kg a ¥44,000/kg); produtos de tântalo 27% (¥44,000/kg a ¥83,700/kg); e tantalum esmagam rosa 180% (¥10,000/kg a ¥28,000/kg). Contudo, ao final de 2001 o preço de mercado para tantalita tinha despencado de seu nível de *boom* para de \$30/lb.

A série histórica de preços (1995-2005) consolidada na tabela abaixo, destaca o *boom* dos preços da tantalita em 2000.



Fontes/Sources: Mineral Industry Surveys-Columbium and Tantalum, US Geological Survey Metal Bulletin

Sobre a Formação dos Preços dos Concentrados de Minérios

Não obstante a ausência de um referencial de mercado, existem algumas publicações que divulgam os preços praticados para a tantalita. O *Metal Bulletin* publica um guia de preço para minério de tantalito com teores de 30% Ta_2O_5 (CIF, entregue em porto europeu). Este preço está baseado em uma taxa de cotações de mercado livre (*market spot*), ou seja sem contratos previamente firmados. No Brasil, a *Gazeta Mercantil* também registra a cotação diária do minério de tantalito no mercado internacional.

Os preços da tantalita subiram dramaticamente em três ocasiões durante as últimas duas décadas, reflexo em todas as situações da demanda global forte e de uma escassez (real ou assumida) de matéria-prima para processamento.

De uma retrospectiva recente, observa-se, nos anos 1978 a 1980, o claro posicionamento estratégico dos processadores demandando quantias crescentes tantalito para assegurar estoques de matéria-prima, numa perspectiva de iminente escassez do metal. Neste período, o nível mais alto alcançado foi em maio de 1980, com os preços elevando-se 30% (US\$112-120/lb). Contudo, em agosto de 1980, com o clima econômico mudado, o preço da tantalita entra em declínio. A mudança de estratégia construída pelos processadores, reduzindo a demanda, reflete imediatamente na depressão dos preços.

Importa registrar que a elevação dos preços da tantalita está associada à ampla substituição de outros metais pelo tantalito. Entre 1980 e 1985, o preço de tantalito despencou de US\$108 -111/lb a US\$30/lb, atingindo o fundo do poço em abril de 1986 (US\$18-25/lb). Ao final de 1987 a demanda estava começando a aumentar e a cotação de preços elevou-se para US\$21-24/lb. Neste contexto, os preços começaram a recuperar em 1990, estabilizando-se no nível de US\$30-34/lb em 1991.

A estabilidade de mercado durou até início de 2000. A cotação do mercado europeu que havia permanecido na faixa de US\$28-31.50/lb Ta_2O_5 desde 1995, elevou-se para US\$40-50/lb em julho. O crescimento sem precedente da demanda por tantalito, no final da década

de '90, era em grande parte devido à demanda para capacitores de tantalito de alto desempenho exigido pela indústria eletrônica.

Admitia-se que a sustentabilidade dos níveis elevados da demanda por tantalito, seria justificada pelo *boom* das vendas de telefones móveis (celulares). A falsa euforia, refletiu na elevação dos preços a US\$240/lb, com anúncios de transações que alcançaram a ordem US\$500/lb Ta_2O_5 .

O *boom* foi efêmero, haja vista que os preços de tantalito começaram a despencar em já em janeiro de 2001. Ao final de maio a cotação estava abaixo de US\$100/lb.

Admite-se que a estabilidade da indústria, na década de '90, estava estreitamente relacionada à evolução tecnológica da indústria, e principalmente pelas atividades de um produtor australiano, *Son of Gwalia* (formalmente *Greenbush Tin Ltd.*), haja vista que a companhia elevou tantalita de um subproduto de cassiterita para o *status* de produto principal na mina.

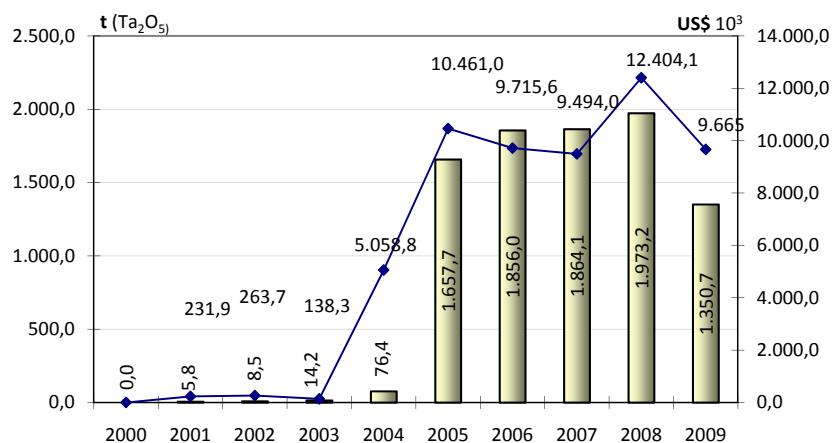
No *Simpósio Internacional em Tantalum e Niobium*, sugeriu-se à *Greenbushes* a necessária racionalização na indústria de tantalito para prevenir a repetição do *boom* de preços no futuro. Advogou-se que a integração adicional entre provedores, processadores e produtores resultaria em um número menor de participantes, condição *sine qua non* para melhor administrar a natureza volátil da indústria.

Enfim, não obstante os produtores de tantalita estarem ampliando capacidade instalada, associada a abertura de novos projetos na Austrália, África e Brasil, – mesmo considerando-se os custos mais elevados da exploração de rochas duras (granitos) – a perspectiva é de que os preços oscilarão entre US\$30-40/lb, até o próximo ciclo de escassez e subidas de preço do tantalito.

6. COMÉRCIO EXTERIOR

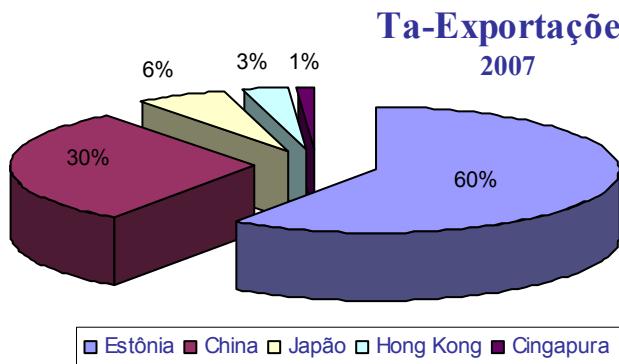
A evolução recente do comércio exterior brasileiro de tantalito, evidencia um salto abrupto a partir de 2004, podendo-se atribuir a entrada em operação da usina de aluminotermia na mina do 'Pitinga',

no Amazonas, que facultou a produção de liga Fe-Nb-Ta, agregando mais valor ao material exportado. As importações são inexpressivas.



Fonte: Secex-MDIC, 2009.

Os principais portos de destino das exportações da liga Fe-Nb-Ta são: Estônia (60%) e China (30%).



Fonte: Secex-MDIC, 2008.

7. PERSPECTIVAS

Economia Mundial

O ambiente econômico internacional, na primeira metade de 2009, caracterizou-se pela diluição progressiva da crise financeira, ensejando à percepção pelos analistas mercado de superação do ciclo recessivo global, embora ainda remanesçam dúvidas quanto ao ritmo de recuperação das atividades econômicas, tanto nos países centrais quanto nos emergentes.

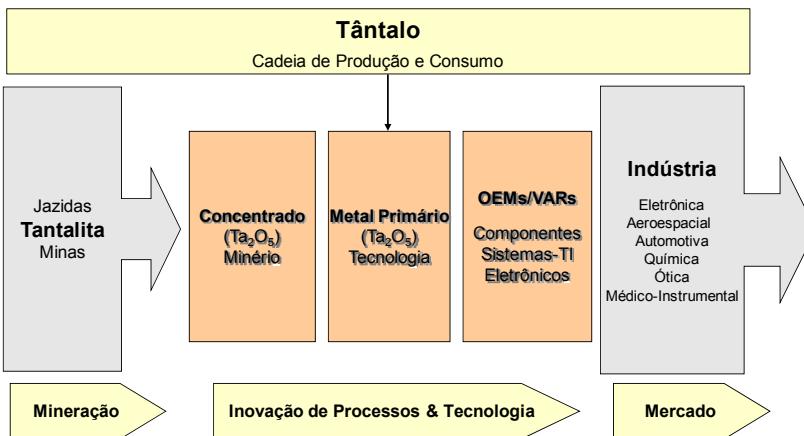
Portanto, a despeito dos efeitos da crise internacional – iniciada a partir do ‘estouro da bolha’ imobiliária americana, e consequente colapso do sistema de crédito em *Wall Street*, na figura das semiestatais Fannie Mae e Freddie Mac – agravados no quarto final de 2008, com a falência da Lehman Brothers, a expectativa de recuperação da economia mundial se renova, na medida em que a aferição das contas nacionais dos países desenvolvidos, em junho de 2009, sinaliza a saída da recessão e a retomada do crescimento, não obstante ainda persistir incertezas sobre a consolidação da confiança no sistema financeiro e a sustentabilidade do revigoramento do mercado de *commodities* metálicas.

Pelo Ângulo da Oferta Primária

Mesmo que a abundância relativa do elemento tântalo seja considerada baixa, quando comparados a outros elementos químicos, no contexto da crosta terrestre, pode-se admitir que a disponibilidade primária de minério de tântalo tem crescido significativamente a partir da década de ‘90 – destacando-se as jazidas do Pitinga (1997), no Amazonas-Brasil, associada à reavaliação das reservas das antigas minas de *Greenbushes* (descoberta em 1886) e *Wodgina* (1904), na Austrália – e mais recentemente pela descoberta e exploração artesanal dos ricos depósitos de Coltan (columbita-tantalita) na região étnico-conflituosa da África Central: Congo RD, Burundi, Uganda e Ruanda.

A condição de mineral *high tech* do tântalo, tracionado pelo notável avanço tecnológico no campo da comunicação, eletrônica e tecnologia da informação (TI), associado ao período de *boom* dos preços das *commodities* minerais na primeira década do século XXI, podem ser enumerados como principais fatores determinantes à atração de investimentos direcionados à reavaliação técnico-econômica desses depósitos minerais em dimensão global.

Figura 05
FLUXO DA CADEIA DE PRODUÇÃO E CONSUMO DE TÂNTALO



É neste ambiente, altamente favorável que se observaram anúncios sobre a retomada de investimentos em ampliação, modernização e implantação de novos projetos minero-tântalíferos, destacam-se:

- i) Projeto Polimetálico Rocha- (Ta-Nb-Sn), no Brasil;
- ii) *Abu Dabbab*, no Egito;
- iii) *Ghurayyah*, na Arábia Saudita; e
- iv) *Big Whopper e Fir/Verity*, projetados no Canadá.

Considerando a situação econômica mundial refratária à tomada de decisão sobre a implantação de novos empreendimentos mînero-

tântalíferos, com o fato agravante da paralisação da *Wodgina mine*, na Austrália, então maior produtora mundial, induz antevers a precarização da relação oferta vs demanda, de modo que se pode admitir que a base de provisão mundial de tântalo primário deve afunilar nos próximos anos, até que se reponha a vácuo (*market share*) deixado pela *Talison Minerals*, no final de 2008.

Ademais, mesmo reconhecendo que cerca de 65-70% da provisão no mercado de tântalo advém na forma de minérios primários de tântalo, pode-se observar já haver um equilíbrio com outros compostos de materiais secundários (22%) e metal derivado da reciclagem de escórias e de bacias de rejeitos de cassiterita (*tailings*, 13%). Entretanto, fato é que as fontes de tântalo derivadas dos rejeitos de cassiterita (estanho), cujos estoques principais estão localizados na Malásia e Tailândia, encontram-se em fase de depleção, tendendo à exaustão.

Neste contexto, a expectativa é de que em futuro próximo o mercado de tântalo venha a ser inteiramente provido pela produção primária, principalmente de tantalita derivada de rochas-sâs (grânitos/*greisens*) e, complementarmente, por uma quantia crescente de metal reciclado.

Evidente que o *crash* de *Wall Street* impactou severamente os novos projetos, alguns já em fase adiantada de implantação, impondo a revisão do planejamento e desenvolvimento dos minero-empreendimentos, ante a incerteza sobre a saída da fase de recessão, iniciada no 2º semestre de 2008, e ritmo da retomada e sustentabilidade do crescimento da economia mundial, sinalizada no final do 1º semestre de 2009.

Pelo Ângulo da Demanda

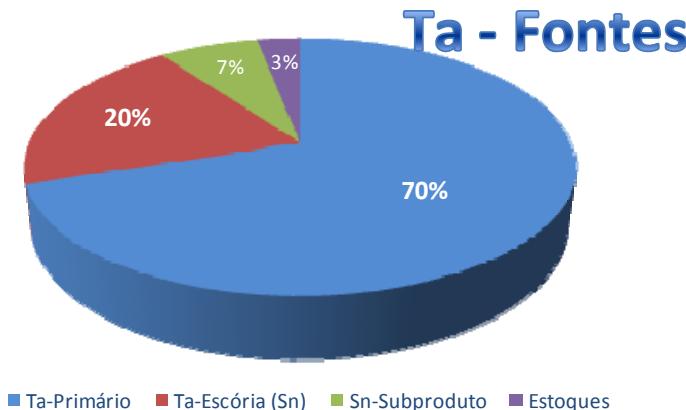
Pelo ângulo da demanda, não se pode desconsiderar as propriedades únicas do tântalo, indispensáveis ao ganho de eficiência em alguns aplicativos eletrônicos *high tech*, como pressupostos fundamentais à evolução consistente da demanda do metal. Exercícios de cenários prospectivos para mercado mundial tântalo (pré-crise eco-

nômica), admitindo-se uma taxa média anual (CAGR) de crescimento da ordem de 3,6% a.a., permitia projetar uma procura pelo metal da ordem de 6,95 milhões de libras (3.153 t) até o ano de 2012 (cf. Global Industry Analysts, Inc., (GIA); <http://www.strategyr.com/>)

A melhoria das condições de acesso e popularização do uso de equipamentos eletrônicos, tais como computadores, telemóveis e câmeras de vídeo, são fatores determinantes a impulsionar o consumo de tântalo na fabricação de capacitores eletrônicos. Por outro ângulo, espera-se o aumento no consumo de Ta-metálico na pulverização catódica.

A indústria mundial demandante de tântalo mantém o seguinte perfil: a eletrônica para capacitores e fios (70%); a fabricação de pastilhas cimentada para ferramentas de usinagem (20%); e, finalmente a indústria química para componentes estruturais de equipamentos (10%). A provisão do consumo da indústria é assegurado pelas fontes primárias de tantalita, em prevalência, em torno de 70% (Fig. 01).

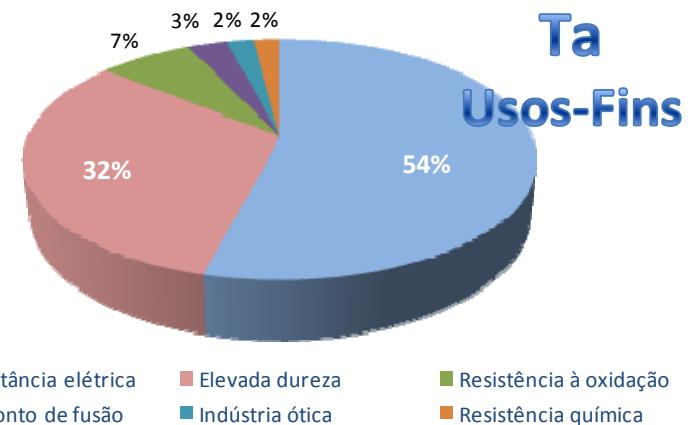
Figura 06
FONTES PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA
DE SUPRIMENTO DE TÂNTALO



Fonte: Talison, 2008.

Nos últimos anos, sobressaem-se como principais mercados demandantes e o uso-fim de tântalo: as indústrias de telefonia móvel/celulares (capacitores Ta-eletrolíticos), de equipamentos eletrônicos (*personal computer, pagers, laptop, filmadoras de vídeo*), a aeroespacial (componentes de motor a jato), de vidro com índices de refração especiais (câmeras) e a automobilística que sinalizam tendências de crescimento a longo-prazo.

Figura 07
PRINCIPAIS APLICAÇÕES INDUSTRIALIS EM FUNÇÃO
DOS ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO TÂNTALO



Fonte: Talison, 2008.

Admite-se, contudo, que isso não se traduz completamente em demanda adicional para tântalo, enquanto elemento *high tech*. Adverte-se ainda que, no segmento de condensadores, implicações da miniaturização têm refletido negativamente no consumo de unidade de materiais de componente. Por outro ângulo, o clima de incerteza sobre a origem/oferta de tântalo de áreas de conflitos étnicos na África Central, agrava a perda de mercado para outros materiais correntes e substitutos, tais como: capacitores cerâmicos, capacitores

de alumínio eletrolítico e nióbio em aplicações onde a competição era insignificante anteriormente.

Enfim, considerando a Europa como maior mercado de tântalo, admitia-se antes da crise econômica mundial que sua demanda deveria projetar-se 6,75% a.a. (CAGR), alcançando a ordem de 2,5 milhões de libras (1.134 t) em 2010 (cf. *Global Industry Analysts, Inc.*). Na América do Norte, o consumo tântalo na indústria eletrônica deveria chegar a 614,8 t em 2010. Para a Ásia-Pacífico as expectativas de crescimento da demanda eram as melhores possíveis, considerando os potencial dos emergentes: China, Kazakistão e Coréia do Sul. Resta, pois aguardar a conformação da nova ordem econômica mundial, a superação definitiva da recessão e a retomada do crescimento do comércio global.

Tendências & Cenários prospectivos

Geopolítico: África Central – ‘A guerra do Coltan’

Estudos da Enough assinalam que a violência na África Central, associada à ‘maldição dos recursos naturais’, tem mais de um século. Nos últimos dez anos, diferentes grupos rebeldes e unidades militares disputam o controle das áreas ricas em recursos minerais. A situação é agravada pela forma corrupta como esses recursos são tratados na República Democrática do Congo (RDC, ou Congo Kinshasa), mais notadamente: estanho, tântalo, tungstênio e ouro. Estima-se que as milícias armadas geram com a venda desses metais receitas da ordem de US\$ 85 milhões/ano; US\$ 8 milhões/ano; US\$ 2 milhões/ano, respectivamente. O ouro, por sua vez, rende aos grupos armados entre US\$ 44 milhões e US\$ 88 milhões/ano.

Organizações de direitos humanos denunciam que algumas indústrias de processadores estão dispostas a comprar o ‘*tântalo de sangue*’ (*blood tantalum*) no mercado negro e barganhar preços na China e na Rússia. Estimativas da ONU apontam valores da ordem de US\$ 750 milhões derivados dessas atividades ilícitas financiaram a guerrilha na RDC, entre 2000 e 2004.

Existe um forte apelo e grande incentivo das organizações humanitárias na perspectiva de futura introdução de um protocolo internacional de certificação de origem de tântalo, envolvendo países produtores e consumidores, visando impedir o mercado negro de ‘*tântalo de sangue*’, a exemplo do *Kimberley Process Scheme* adotado pela ONU (*United Nations General Assembly*) para impedir as transações com ‘*diamantes de sangue*’ (*blood diamond*). contudo, assegurar a demanda da indústria eletrônica de tântalo livre de conflitos, oriundos de regiões politicamente estáveis está a revelar-se um desafio mais difícil.

Mercadológico

O recente processo de desaceleração econômica mundial e a contaminação recessiva da indústria eletrônica impactaram fortemente o mercado de tântalo. Admite-se que uma combinação de pressões financeiras e custos operacionais crescentes foram fatores determinantes ao anúncio de suspensão das atividades da *mina Wodgina* pela *Australia's Talison Minerals*, em novembro de 2008, maior produtora mundial do metal, limitando-se ao processamento dos estoques de minério remanescentes na cidade de *Greenbushes*.

Há convergência de opinião entre analistas sobre a posição dominante dos consumidores nas negociações diretas de contratos (garantia de abastecimento e preços) do tântalo nos últimos cinco anos, na medida em que as indústrias líderes – *Cabot Corp.* e *H.C. Starck Gmbh* – se beneficiaram de uma situação de mercado favorável de excedente de minério acumulada durante o final dos anos 1990 e início de 2000, bem como das vendas de estoques reguladores do *Defense Logistics Agency (DLA)* dos Estados Unidos.

Esta situação pode reverter-se na medida em que a suspensão das operações das minas de tantalita da australiana *Talison* (*Wodgina* e *Greenbushes*) – devido à escalada dos custos de produção e à recessão mundial – significa menos minério no mercado e maior poder de barganha para os produtores na negociação dos *contracts-prices*.

Para o Brasil, esses aspectos estruturais de mercado ganham maior relevância aos conjunturais de volatilidade-preço (inato às *commodities* minerais), na perspectiva de planejamento estratégico do Setor Mineral, na medida em que se vislumbra uma grande oportunidade ao País em se afirmar como *great player* com a mina polimetálica da 'rocha sã' do Pitinga, no estado do Amazonas, ocupando o vazio de *market share* (quota de mercado) gerado pela então maior produtor mundial de tântalo.

Principais desafios, restrições e oportunidades:

- ✓ O desafio tecnológico relativo à adequação de uso de minérios de tântalo, associados a elementos radiogênicos (urânio e tório);
- ✓ A rigidez na observância à Norma TS-R-1 da *International Atomic Energy Agency* (IAEA);
- ✓ O desafio da concorrência do aumento do uso do nióbio constatada em *notebooks*, com forte tendência em migrar rapidamente para os *desktops*;
- ✓ O aumento de uso do tântalo e do nióbio na indústria automobilística, principalmente em carros esportivos que utilizam mais componentes eletrônicos.
- ✓ Exercício de cenário-preço, divulgado no *Tantalum: Global Market Outlook: 2008-2013*, previa uma evolução nos preços na modalidade dos *Contract-prices* da ordem de 63%, assinalando um salto de \$ 62/lbs (2008) para \$ 101/lbs Ta_2O_5 , em 2011 (Fig. 03).

Enfim, em estudos elaborados pelo *US National Research Council*, 2008 (apud Ericsson, 2009) – sobre as disponibilidade primária global e condições de acesso aos recursos minerais – o tântalo ganha relevância por seus atributos físico químico, situando-se no seletivo grupo de elementos metálicos, advertindo-se aos países consumidores, em particular aqueles da União Européia, sobre o elevado grau de criticidade no que se refere assegurar a provisão desses insumos minerais para a indústria de componentes *high tech* (Fig. 02).

Figura 08
EXERCÍCIO DE CENÁRIOS-PREÇOS DE TÂNTALO: 2008-2013



Fonte: *Tantalum: Global Market Outlook: 2008-2013 Final Report: Aug 2008; apud Noventa Ltd.*

8. BIBLIOGRAFIA

GIA – Global Industry Analysts, Inc. (GIA)

Greenbushes mine cuts 30 jobs. Disponível em: <http://www.miningaustralia.com.au/>

Ericsson, M. *Europe's security of supply & access to raw materials: Implications for Africa.* In: UN ECA 4th ISG Meeting. Addis Ababa. March 10-12 2009. Raw Material Group.

Republic of South Africa. Department: Minerals and Energy. *The tantalum market (A micro-economic analysis).* Disponível em: http://www.dme.gov.za/pdfs/minerals/r37_2002.pdf