

Ciências da Terra (UNL)	Lisboa	N.º 3	pp. 23-31	1977
-------------------------	--------	-------	-----------	------

O PROBLEMA DA EXTRACÇÃO DO ALUMÍNIO A PARTIR DOS SIENITOS NEFELÍNICOS

A. V. Pinto COELHO *

RESUMO

Palavras-chave: Minério de Alumínio – sienitos nefelínicos – Monchique

Alguns países produtores de alumínio tentam utilizar minérios que, de futuro, venham a substituir gradualmente a bauxite como matéria-prima.

Em Portugal, o maciço de sienitos nefelínicos de Monchique pode ser utilizado para este fim, visto a nefelina apresentar vantagens relativamente a outros minérios pobres já ensaiados.

Mediante processos laboratoriais, o autor evidencia tais vantagens e chama a atenção para a necessidade de realizar ensaios sobre a nefelina (pelo método dos ácidos), bem como reconhecimentos petrográficos pormenorizados do maciço.

RÉSUMÉ

Mots-clés: Minerai d'aluminium – syénites à néphéline – Monchique (Portugal)

Quelques pays producteurs de l'aluminium cherchent à employer de nouvelles substances minérales lesquelles remplaceront, à la longue, la bauxite comme matière première. Il existe au Portugal un massif de syénites néphéliniques qui pourrait être utilisé dans ce but puisque la néphéline offre des avantages, sur d'autres minerais pauvres essayés à présent dans ces pays.

L'auteur, par des procédés de laboratoire met en évidence ces avantages et attire l'attention sur le besoin de procéder à des essais sur la néphéline (par la méthode des acides) et à des reconnaissances pétrographiques détaillées du massif syénitique de Monchique.

ABSTRACT

Keywords: Aluminium ore – nepheline syenite – Monchique (Portugal)

Some countries producers of the aluminium, attempt to use other ores which, in the future, will gradually substitute the bauxite as a raw material.

Portugal possesses an nephelinitic syenite massif which may be utilized for this purpose because the nepheline offers some advantages above other poor ores which are being essayed now.

By laboratorial processes, the author puts forward those advantages and calls the attention for the necessity of to accomplish essays about the nepheline (by the acid's method) and realize petrographic's detailed reconnaissances of the Monchique syenitic massif.

1 — O alumínio: metal em expansão

O esforço enorme que há-de exigir-se ao País para vencer a grave crise económica actual, passa pela mobilização dos recursos de que dispõe, com particular relevância para os do subsolo.

E porque os nossos recursos neste domínio são pouco numerosos, têm que ser aproveitados, sem hesitações, nos casos de comprovada rendibilidade.

Julgamos, por isso, que chegou o momento de efectuarmos, resolutamente, o estudo aprofundado das possibilidades técnicas e económicas da produção do alumínio, ou apenas da alumina, a partir da nefelina das rochas de Monchique.

São muito raros os países europeus que não têm instalada a indústria do alumínio. Metal de múltiplas e crescentes aplicações, o seu coeficiente de aumento de produção coloca-o na dianteira de todos os outros.

Em 1938 a produção do alumínio era a mais modesta entre os metais, não ferrosos, industriais:

Cobre	1 939 000 toneladas
Chumbo	1 642 000 "
Zinco	1 597 000 "
Alumínio	602 000 "

Mas a situação modificou-se radicalmente nos anos seguintes e, em 1973, as produções dos mesmos metais, foram:

Variação 1938-1973

Alumínio	12 785 000	(x 21,2)
Cobre	7 487 000	(x 3,9)
Chumbo	5 545 000	(x 3,5)
Zinco	4 140 000	(x 2,5)

A escala de variação mostra eloquentemente o aumento vertiginoso do alumínio que o distanciou dos restantes metais não ferrosos. Se considerarmos os consumos mundiais, em lugar das produções, a variação ainda é superior:

1938	505 000 toneladas
1973	13 580 000 "

Pelo que diz respeito à Europa, a produção em 1938 foi de 320 000 toneladas, ou seja 53,2% da produção mundial; em 1973 — 2 840 000 toneladas o que representa 22,2% da produção global.

No final de 1938, eram 16 os países produtores de alumínio; hoje são 40 e nestes estão incluídos todos os países europeus, com raras excepções, embora os quantitativos sejam, como é óbvio, muito díspares.

Diz BAUDART, (1975) que este metal está a tomar actualmente tal importância no contexto económico — é o segundo, depois do aço — que poucos serão os países a não encararem a possibilidade de o produzir.

As principais aplicações do alumínio são: transportes (ferroviários, rodoviários, marítimos, aéreos), construções mecânicas, construções eléctricas, construção civil, embalagens, equipamentos domésticos, siderurgia, metalurgia em geral, etc.

2 — A bauxite vai ceder o passo

Tentemos fazer o ponto da situação actual quanto às perspectivas de aplicação de novos métodos de obtenção da alumina, particularmente daqueles que se afiguram de maior interesse, tendo em atenção a natureza do nosso minério — a nefelina. Procuraremos sintetizar as ideias de diversos especialistas que, desde há anos, se dedicam ao estudo deste problema.

Data dos princípios deste século o início da aplicação dos dois processos — Bayer e Hall-Héroult — o primeiro para a obtenção da alumina e o segundo para a transformação desta, por electrólise, em alumínio. Outros métodos, entretanto, foram ensaiados. São, por isso, extremamente numerosas as publicações que, ao longo destes três quartos de século, têm divulgado outros processos, em sucessivas tentativas de os verem utilizados nesta indústria. Não obstante, o processo Bayer mostrava tal superioridade que tais propostas de substituição eram rapidamente rejeitadas. Apenas em alguns países da Europa de Leste vingaram outras técnicas, a partir de minérios de composição diferente da tradicional bauxite. Deve mencionar-se, pela sua importância, o processo Fersman utilizado na U. R. S. S., a partir da nefelina (COELHO, 1963) e que, presentemente,

chama a si a produção do alumínio em quantidades elevadíssimas (cerca de 2 milhões de toneladas anuais).

As motivações desta indiferença eram compreensíveis: qualquer método novo, mesmo competitivo, seria uma aventura que ninguém estava disposto a tentar, em desfavor da bauxite, abundante e barata. Os industriais dispunham de um processo que funcionava bem, em fábricas amplamente amortizadas que lhes permitiam (e permitem) preços de custo muito favoráveis.

Hoje, porém, os condicionamentos desta indústria são totalmente diferentes. Por um lado, prevê-se que os jazigos de bauxite, com extracções sempre mais elevadas, se esgotarão a prazo relativamente curto; por outro lado, as altas dos preços do minério, actuais, e as ameaças para o futuro, atingem proporções que impõem, só por si, a revisão completa do problema.

Quanto à rarefacção das bauxites no Mundo, e, embora tenham sido descobertos enormes jazigos, nos últimos tempos, os especialistas calculam que esta matéria-prima estará praticamente esgotada, no primeiro quartel do século XXI. Tomam como base dos cálculos o aumento prodigioso da produção de alumínio que, pouco depois do ano 2000, terá atingido 100 milhões de toneladas. À medida que as reservas vão diminuindo, a extracção, o transporte e o tratamento tornam-se mais dispendiosos. A provável e rápida promoção social e económica dos países produtores de bauxites poderá levar a aumentos salariais que encareçam este minério de molde a torná-lo vulnerável à competição de outros, mais próximos das fábricas, até agora considerados não utilizáveis (ROULLIER, 1974).

Na Europa Ocidental os jazigos de bauxite são muito restritos, em confronto com os das regiões tropicais, pelo que os países produtores de alumínio, quanto à matéria-prima, estão na dependência dos outros continentes — África, América Central e do Sul, e Austrália. O caso da França é sintomático da preocupação dos países europeus relativamente ao futuro. A extracção de bauxite dos jazigos franceses desde o início da exploração até 1972 foi de 68 milhões de toneladas, e as reservas calculadas não ultrapassam 40 milhões. Para salvaguardar as reservas nacionais e assegurar às fábricas de alumina a matéria-prima, na hipótese de períodos críticos nas relações internacionais, ou nos transportes, este país importa de outros continentes as bauxites de que necessita.

3 — Novos métodos de preparação da alumina

Perante os progressos recentes da tecnologia, e na perspectiva da rarefacção da bauxite a médio prazo, os industriais deste ramo estão a investir somas importantes na investigação que conduza à industrialização de novos métodos de obtenção de alumina, a partir de rochas abundantes na natureza. Na realidade, o que era impraticável, por exemplo, há 30 ou 40 anos (a utilização de ácidos no tratamento de certos minérios, então ensaiados) é hoje realizável sem grandes dificuldades.

Os numerosos processos imaginados pelos investigadores para extrair a alumina a partir de minérios pobres, incluindo os silicatos, podem enquadrar-se nestes dois ramos da química: via seca ou húmida; via básica ou ácida. Os diversos métodos ensaiados reduzem-se a quatro tipos, ou

classes: via seca ou húmida, básicas; via seca ou húmida, ácidas.

O primeiro destes métodos, embora aplicável, teoricamente, a todos os minérios é, do ponto de vista económico, especialmente indicado para certos silicatos de alumínio e cálcio, como, por exemplo, as rochas denominadas anortositos, existentes no nosso país em quantidade significativa⁽¹⁾. O segundo, tem um campo de acção limitado, podendo interessar, por exemplo, para certas argilas bauxíticas ou laterites siliciosas, o que também não diz respeito ao caso português. O terceiro, se bem que atraente do ponto de vista teórico, envolve aspectos tecnológicos muito complexos. Finalmente, o método que utiliza a via húmida ácida poderá reunir, segundo supomos, maior número de vantagens no tratamento dos nossos sienitos nefelínicos. Este processo é, certamente, o que tem sido objecto de mais vasta gama de investigações e, por consequência, oferece numerosas modalidades. No entanto, em termos de realismo, tendo em atenção o custo das operações a executar, parece que ficam na liça apenas quatro ácidos — sulfuroso, sulfúrico, clorídrico e nítrico — para o ataque inicial do minério, do qual resulta a indispensável dissociação dos silicatos de alumínio. O tratamento pelo ácido sulfúrico oferece duas vantagens muito importantes: o baixo preço, relativo, do ácido; o seu alto ponto de ebulição que permite operar a temperaturas elevadas sem necessidade de trabalhar sob pressão com as inerentes dificuldades tecnológicas.

O emprego deste ácido, no início das operações, provoca a solubilização de impurezas que terão de ser eliminadas posteriormente. Para esse efeito, a utilização do ácido clorídrico parece abrir perspectivas muito interessantes. A separação dos cloretos permite obter um grau de pureza inteiramente satisfatório.

Em 1959 a Sociedade Alumínio Pechiney (francesa) decidiu ensaiar um processo de ácido de fabricação da alumina que designou Pechiney. H⁺. O processo iniciou-se por ensaios de orientação, seguidos pela "mise au point" em pequena escala, e, depois, por uma instalação experimental capaz de tratar uma tonelada de minério por dia. O seu funcionamento, que se manteve vários anos, forneceu todas as indicações possíveis em escala reduzida, como esta. Neste processo, o ataque do minério (xistos, argilas, etc.) é efectuado pelo ácido sulfúrico a quente, à pressão atmosférica. As impurezas, igualmente atacáveis por este ácido, representam certa perda, embora de pequeno significado, em virtude do baixo custo do reagente. O sulfato de alumínio obtido tem grau de solubilidade próximo dos restantes sulfatos e não pode ser isolado neste estado, havendo, por isso, que proceder a uma mudança do meio químico. A partir do sulfato de alumínio impuro, passa-se ao meio clorídrico. O ácido sulfúrico é recuperado, em grande parte, sendo o metal precipitado sob a forma de cloreto de alumínio hidratado, seguidamente purificado por recristalização. A alumina é, finalmente, obtida por calcinação e o ácido clorídrico também recuperado. Este processo, que se aplica a argilas e xistos diversos, é considerado viável para uma vasta gama de matérias-primas. Tal como sucede com os outros processos dos ácidos, pode aplicar-se, em prin-

(1) Os afloramentos de anortositos do Alentejo poderão vir a ter interesse nesta indústria mas, nas actuais circunstâncias, os sienitos nefelínicos oferecem muito maiores facilidades de utilização.

cípio, a grande parte dos minerais silicatados existentes na natureza em quantidades inesgotáveis.

No entanto, alguns destes alumossilicatos oferecem, sem dúvida, maiores vantagens tecnológicas do que outros e, conseqüentemente, terão a preferência na aplicação dos novos processos. A cal, por exemplo, provoca perda de ácido, se bem que o baixo preço do ácido sulfúrico permita certa tolerância. Um minério com 3% de CaO é, economicamente, admissível. O ferro elimina-se sob a forma de sulfato, podendo tolerar-se até 10% de Fe_2O_3 na matéria-prima. O potássio é recuperado sob a forma de sulfato, transaccionável. Pelo contrário, o sódio elimina-se como cloreto, sem valor.

Na fase actual de experiências, está construída no Sul da França uma instalação que trata 100 toneladas de minério por dia, com o objectivo de fornecer todos os ensinamentos técnicos e económicos para uma futura exploração em escala verdadeiramente industrial.

OLIVIER BES DE BERC, (1975) presidente da Sociedade Alumínio Pechiney, em alocução proferida no 6.º Congresso Internacional dos Metais Leves efectuado em Viena a 18 de Junho de 1975, afirmou: "Se nós dissermos que antes do ano 2000 parte importante do alumínio produzido no Mundo será extraído de minérios diferentes da bauxite e por processos diversos do clássico Bayer, será pequeno o risco de nos enganarmos." E acrescentou: "Estamos persuadidos de que em futuro próximo, um processo dos ácidos (ou até vários) atingirá a fase de competitividade em relação às instalações de tipo Bayer. Não podemos deixar de crer que o processo Pechiney H^+ tem os melhores trunfos para vencer. Por outro lado, deixamos apenas no domínio da esperança a "cloração" directa dos minérios."

4 — Os sienitos nefelínicos de Monchique

Está por fazer o trabalho de prospecção sistemática do maciço de Monchique, com vista a delimitar as áreas onde a rocha contenha teores mais elevados de nefelina pois estes variam de local para local em termos muito significativos, como acontece em quase todos os maciços de rochas alcalinas.

A avaliação das reservas exige prospecção à superfície e por meio de sondagens, pois apenas se sabe existirem em determinadas áreas (que são vastas) rochas com teores de nefelina não inferiores a 10%, desconhecendo-se a distribuição exacta dos sienitos de concentrações mais elevadas, embora esses teores possam ascender a 30% ou mais. Este estudo fundamental deverá ser efectuado sem delongas, independentemente da decisão das entidades responsáveis acerca do futuro dos sienitos de Monchique.

Realizámos ensaios laboratoriais com o objectivo de determinar a composição química aproximada da nefelina e, também, o seu comportamento sob a acção dos ácidos clorídrico, sulfúrico e nítrico.

Composição química da nefelina:

SiO_2	45.0
Al_2O_3	30.0
Fe_2O_3	2.5
CaO	1.0

MgO	0.6
Na_2O	14.0
K_2O	4.5
TiO_2	0.8
H_2O	0.7

Acção dos ácidos — a grande vantagem da nefelina em relação a outros alumossilicatos como sejam xistos, argilas, feldspatos, etc., consiste em se dissociar facilmente pela presença, a frio, de qualquer dos três ácidos mencionados. Pode afirmar-se que o ataque, a temperatura ambiente é, praticamente, completo mesmo quando utilizamos ácido diluído, 1/1 ou 1/2. Os grãos de nefelina que foram submetidos à acção dos ácidos tinham diâmetros entre 0,4 mm e 1,2 mm e ficaram mergulhados nos ácidos de um dia para o outro.

Além dos ataques a frio, fizemos experiências com aquecimento e separámos seguidamente a alumina dos restantes elementos que entram na composição deste minério.

Obtivemos nos dois casos praticamente a mesma quantidade de alumina. Verificámos ainda que a acção dos ácidos quentes tem a desvantagem de dissolver, como é natural, impurezas contidas no minério ou que não possam ser separadas no processo de concentração. Parece portanto que o tratamento a frio se torna, em princípio, muito selectivo, visto que o ácido dissocia, quase exclusivamente, a nefelina.

Se for ensaiado o processo dos ácidos por via húmida não em xistos, ou argilas, mas em nefelina, são de prever as seguintes vantagens:

1) Tecnológicas

- diminuição dos efeitos de corrosão no material dos tanques onde é efectuado o ataque do minério;
- maior pureza dos elementos dissolvidos.

2) Económicas

- menor dispêndio de energia e de ácidos;
- redução de equipamento.

Se estas vantagens puderem compensar a diferença de preço existente entre o ácido clorídrico e o sulfúrico será, porventura, viável utilizar o primeiro no ataque inicial da nefelina, evitando o emprego dos dois, do que resultará a eliminação da fase dos sulfatos e transformação destes em cloretos, como é praticado no processo Pechiney H^+ para outros minérios.

É evidente que o rendimento do processo aplicado aos sienitos de Monchique estará condicionado ao grau de concentração da nefelina.

As operações prévias de trituração e separação correctas terão a maior importância no aproveitamento máximo da alumina do minério (MOREIRA & ASSUNÇÃO, 1973).

5 — Perspectivas para o futuro próximo

Já foi acentuado que a Europa está dependente dos outros continentes no fornecimento de minério às suas numerosas fábricas de alumínio.

Anotemos, sumariamente, alguns pareceres de dois técnicos altamente qualificados, desta indústria — CH. GUINARD (1975) e J. P. ROULLIER (1974). Se actualmente determinados factores favorecem a implantação da indústria do alumínio nos países em vias de desenvolvimento (abundância de bauxites, energia a baixos preços, problemas do meio ambiente) amanhã serão preferidos os países que disponham, ao mesmo tempo, de energia de origem nuclear e de minérios que possam ser tratados pelos novos processos de fabricação de alumina. Devemos acrescentar que a localização das unidades de produção de alumina resulta da tendência, já antiga, de valorizar parte importante do minério nos locais de extracção. Presentemente os países mineiros possuidores de bauxites exportam grandes quantidades do produto semiacabado, sob a forma de alumina: África — 39%; América Latina — 48%; Oceania — 73%.

É provável que nos próximos dez anos assistamos ao lançamento de duas linhas de realizações:

1 — Construção de novas unidades de electrólise nos países em vias de desenvolvimento, dispondo de bauxite e/ou de energia a baixos preços;

2 — Ampliação de unidades existentes em países industrializados e construção de grandes complexos deste tipo: minérios novos (xistos, argilas, etc.) — alumina — electrólise (base nuclear).

A resultante destes dois movimentos determinará a estrutura geográfica da indústria do alumínio.

Nesta previsão, os complexos referidos, que utilizarão minérios novos, devem surgir de 1980 a 1985, embora se mantenham as unidades “clássicas” dado o grande acréscimo de produção que se espera para o alumínio nas próximas décadas.

Segundo um outro técnico categorizado — MAURICE SERPETTE (1974) — ao ritmo actual de aumento de produção do alumínio, se as novas fábricas de alumina fossem alimentadas por bauxites, estariam, dentro de poucos anos, em condições gradualmente menos favoráveis quanto ao custo e à qualidade da produção. Pelo contrário, o processo dos ácidos aplica-se aos minérios mais variados sem o perigo da rarefacção da matéria-prima.

Não obstante o processo se tornar competitivo dentro de pouco tempo, convém recordar que a fabricação da alumina exige investimentos elevados e por isso é de prever a sobrevivência das instalações existentes, incluindo as que estejam já relativamente antiquadas.

Estas opiniões de técnicos qualificados, baseadas na experiência do passado e na realidade do presente, definem

as linhas previsíveis da evolução desta indústria nos próximos anos e apontam as coordenadas prováveis da distribuição geográfica dos futuros centros produtores de alumina e de alumínio.

À luz destas premissas parece indispensável avançar no conhecimento dos sienitos nefelínicos de Monchique como provável reserva importante de alumina, susceptível de oferecer vantagens na aplicação de um dos novos processos de extracção para os quais a indústria se encaminha.

O processo por via alcalino-terrosa (calcário) segundo a crítica dos nossos técnicos, tem o inconveniente grave de fazer depender a sua rendibilidade da comercialização de grandes quantidades de cimento, subproduto inevitável obtido no decurso das operações de extracção da alumina.

O condicionalismo do nosso mercado torna essa dependência desaconselhável.

Por sua vez, o processo dos ácidos, ao eliminar esse e outros problemas, deve ser encarado numa perspectiva muito mais favorável. Se por um lado estamos longe de dispor de energia eléctrica a baixo custo, possuímos um minério que poderá competir, vantajosamente, com outros ensaiados em alguns países, e cujo êxito é já uma certeza. As realidades actuais parecem sugerir que se estude a preparação da alumina para exportação, deixando a conversão desta em alumínio para fase ulterior de maiores disponibilidades de energia, seja de origem nuclear ou qualquer outra.

Aproxima-se o momento em que Portugal virá a ser admitido na Comunidade Económica Europeia, com os direitos e deveres inerentes a essa admissão.

É do nosso interesse, e também o da Comunidade, valorizar os recursos do subsolo nacional, particularmente os minérios de que a Europa é deficitária. Está nesse caso a matéria-prima da indústria do alumínio. A extracção e concentração da nefelina, e sua transformação em alumina, parecem estar ao alcance das nossas possibilidades.

Os problemas tecnológicos implicados nesta industrialização impõem o estudo prévio, experimental, que permita trilhar caminho seguro.

A experiência de alguns países e o avanço por eles alcançado na tecnologia de novos métodos de preparação da alumina, poderão ser para nós da maior utilidade, quando resolvermos fazer ensaios de aplicação desses processos aos sienitos nefelínicos de Monchique. Uma instalação-piloto, ou experimental, deveria realizar o ciclo completo das operações desde a nefelina até ao produto acabado (alumina) e aos subprodutos.

Essa colaboração estaria perfeitamente no âmbito da C. E. E., com vantagens recíprocas para Portugal e outros países europeus.

BIBLIOGRAFIA

- BAUDART, G. A. (1975): *Réflexions sur une mutation*. Révue de l'Aluminium, Paris, n.º 438, pp. 387-390.
- COELHO, A. V. PINTO (1963): *Os sienitos nefelínicos, possível matéria-prima da indústria do alumínio em Portugal*. Boletim de Minas, Lisboa, n.º 21, pp. 1-9.
- ROULLIER, J. P. (1974): *La bauxite*. Révue de l'Aluminium, Paris, n.º 426, pp. 81-88.
- BERC, O. BES de (1975): *Procédés nouveaux*. Révue de l'Aluminium, Paris, n.º 443, pp. 397-401.
- MOREIRA, R. J. C. & ASSUNÇÃO, M. (1973): *Ensaio de purificação sobre sienitos nefelínicos de Monchique*. Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro, Porto, vol. XXII-3-4, pp. 311-330.
- GUINARD, Ch. (1975): *Evolution ou révolution?* Révue de l'Aluminium, Paris, n.º 444, pp. 428-430.
- SERPETTE, M. (1974): *Procédé H^+ de production d'alumine, construction d'un atelier de 20t/j*. Révue de l'Aluminium, Paris, n.º 426, p. 80.