

APROVEITAMENTO DE TITÂNIO NO REJEITO DA USINA DE BENEFICIAMENTO DA MINERAÇÃO RIO DO NORTE

P.S.G.de Mello¹, A.E. Lenzi², L.M. Sant'Agostino³, H. Kahn⁴

1 - Gerência de Beneficiamento - Mineração Rio do Norte S.A. – Porto Trombetas s/nº - Porto Trombetas – PA
E-mail : paulo.mello@mrn.com.br

2 - Gerência de Beneficiamento - Mineração Rio do Norte S.A. – Porto Trombetas s/nº - Porto Trombetas – PA
E-mail : aldo.lenzi@mrn.com.br

3 - Instituto de Geociências Universidade de São Paulo Rua do Lago,562 – São Paulo – SP
E-mail : agostino@usp.br

4 - Laboratório de Caracterização Tecnológica - Universidade de São Paulo - Av Prof. Mello Moraes,2373 - São Paulo - SP
E-mail : henrkahn@usp.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar o desenvolvimento do projeto de caracterização tecnológica do rejeito da Mineração Rio do Norte, visando a obtenção de um concentrado de titânio de valor comercial.

A Mineração Rio do Norte, maior produtora individual de bauxita no mundo, localiza-se em Porto Trombetas, estado do Pará, e tem uma produção prevista de 17,4 MTPA para 2005. Este produto gerará uma massa de rejeito de aproximadamente 7,8 MTPA. Para avaliação inicial do titânio contido no rejeito, foram coletadas amostras, no período de novembro/2004 a dezembro/2004, para análise química por fluorescência de raio-X e plasma (feita por laboratório externo). Os resultados obtidos, bastante próximos e com teores econômicos, permitiram a efetivação do projeto de caracterização tecnológica, a partir de março/2005.

Foram coletados cerca de 150 kg de amostra para o estudo. A primeira etapa consistiu na caracterização física, química e mineralógica do rejeito, com ênfase nos minerais portadores de titânio. Concluída esta etapa, serão iniciados os trabalhos de bancada, para indicação das alternativas de rotas de processo para obtenção de concentrado de titânio. A totalidade dos concentrados de titânio hoje obtidos são com material de granulometria grosseira, e o grande desafio dessa etapa será o estudo de concentração em frações extremamente finas, com 95 % da alimentação passante em 400 mesh.

Numa terceira etapa, será feita uma avaliação econômica e comercial do concentrado obtido, o que permitirá uma indicação clara para consecução das etapas seguintes. A recuperação do titânio contido no rejeito, de acordo com o Plano de Exaustão da Empresa, poderá constituir-se em valiosa receita adicional, além do impacto na massa de rejeito gerada, que decresceria após o aproveitamento do titânio.

Área temática: caracterização de rejeitos

Palavras-chave: rejeitos; mineralogia; concentração de minerais pesados.

1. INTRODUÇÃO

O titânio, nono elemento mais abundante na crosta terrestre, possui as principais reservas localizadas na Austrália, África do Sul, Estados Unidos e Noruega (ilmenita), Austrália e África do Sul (rutilo) e Brasil (anatásio). No Brasil, as principais reservas estão localizadas na Paraíba (Mataraca) e ao longo da costa, principalmente nos estados da Bahia e Espírito Santo.

O titânio, face às suas propriedades de tenacidade, resistência à corrosão, opacidade, elevado ponto de fusão, brancura, alto índice de refração e alta capacidade de dispersão, possui diversificado campo de utilização. Cerca de 96% dos concentrados de titânio são destinados à produção de pigmentos para a indústria de tintas, sendo o restante empregado na produção de esponja de titânio, carbetos, vidros e cerâmicas especiais.

O rejeito gerado na Mineração Rio do Norte, cerca de 7,8 MTPA, é proveniente de uma alimentação na Usina de Beneficiamento de cerca de 25,0 MTPA, com recuperação mássica em torno de 70%. O rejeito, com cerca de 8 a 10% de sólidos em peso, é encaminhado para os reservatórios de rejeito diluído, e após um processo de adensamento natural, é bombeado para os reservatórios de rejeito espessado, já com um percentual de sólidos entre 30-32%. O estudo prevê o possível aproveitamento do titânio contido no rejeito logo após sua geração na Usina de Beneficiamento.

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é realizar estudos de caracterização tecnológica do rejeito da usina de Beneficiamento da MRN, identificando os minerais portadores de titânio e estimativa de partição entre eles, fornecendo subsídios para avaliação das possibilidades e condições de sua concentração por métodos de beneficiamento correntes.

3. AMOSTRAGEM DO REJEITO E AMOSTRA ESTUDADA

Para uma análise inicial do potencial do titânio contido no rejeito, foi realizada campanha de amostragem durante o período de novembro/2004 a janeiro/2005, com a coleta de 55 amostras. Cada amostra, diária, era composta entre 18 a 20 incrementos.

As amostras foram submetidas a dois métodos de análise: Fluorescência de Raio-X (realizada no Laboratório da MRN) e Plasma (Laboratório externo). Os resultados indicaram um teor médio de 3,65% de TiO_2 (Fluorescência de Raio-X) e 3,76% de TiO_2 (Plasma). A coleta de amostra para os trabalhos de caracterização tecnológica foi realizada no 1º semestre de 2005, e a amostra foi enviada na forma de uma polpa com porcentagem de sólidos em torno de 10%, sendo que os sólidos apresentam granulometria com 85 a 95% passante em 635 malhas (20 micrômetros), de acordo com dados de controle operacionais relativos ao período de janeiro e fevereiro/2005. A amostra estudada foi submetida a análises químicas com determinação de Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 e perda ao fogo, conforme resultados apresentados na Tabela 1

Tabela 1 - Resultados de análises químicas da amostra estudada

Teores (%)				
Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	TiO_2	PF
36,5	20,3	26,0	3,93	16,9

Um massa maior de amostra, cerca de 120 kg de sólidos, foi coletada após a caracterização tecnológica parcial da amostra, para os ensaios de beneficiamento.

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento experimental adotado, exposto na Figura 1, compreendeu as seguintes atividades:

- Quartamento da polpa com tomada de aliquotas para as diversas análises químicas da amostra Tal Qual.
- Análise granulométrica por espalhamento de luz laser de baixo ângulo (difração laser; Malvern MMS).
- Classificação granulométrica em circuito com dois ciclones de 25 mm (pressão de 25 e 45 psi), com geração de três produtos (Under 1, Under 2 e Over), análises químicas e estudos em microscopia eletrônica (MEV) com microanálise por EDS das frações geradas.
- Peneiramento do Under 1 em 0,020 mm (635#).
- Separação em líquido denso ($d = 2,95 \text{ g/cm}^3$) das frações de underflow dos ciclones (+0,020 mm, Under 1 e Under 2), análises químicas e por difração de raios X dos produtos gerados.

- Separações magnéticas a úmido no WHIMS (Wet High Intensity Magnetic Separator) da amostra Tal Qual, com variações de intensidade de campo (5 e 9 kGauss) e meio de separação (palha lã de aço nº 2 e tela expandida fina - TEF), análises químicas dos produtos obtidos.

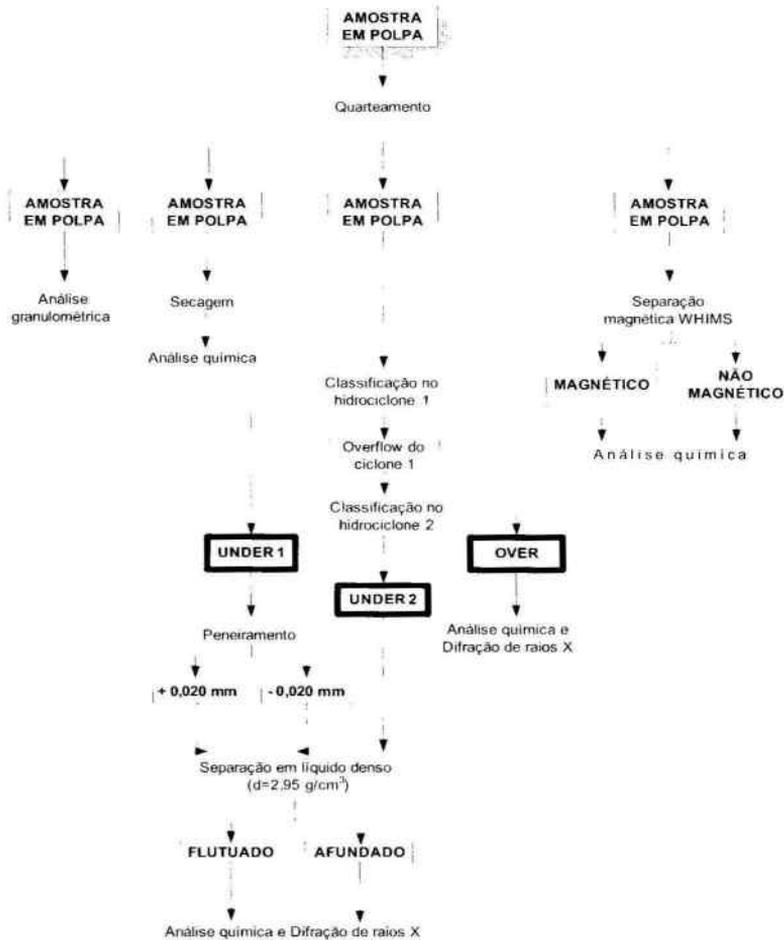


Figura 1 - Esquema de procedimento experimental adotado

Notar que os resultados de microanálises são apresentados sem normalização, pois muitas das fases minerais presentes são hidratadas com conseqüente fechamento analítico baixo na metodologia aplicada, a qual não dosa hidrogênio. Destaca-se, ainda, que para o mineral gibbsita os dados de microanálises foram mantidos em elementos químicos e não em óxidos como para as demais espécies minerais, devido ao fato deste mineral mostrar relações entre Al e O bastante diversas, ou seja Al:O=1:1 versus Al:O=2:3 no Al_2O_3 .

5. RESULTADOS OBTIDOS

5.1 – Distribuição Granulométrica

A amostra em polpa, tal qual recebida, submetida à classificação por hidrocliclonagem complementada por peneiramento em 0,020 mm (635 malhas) apresentou a distribuição granulométrica e de teores da Tabela II.

Tabela II - Distribuição de teores na granulometria

Fração	% Peso		Teores (%)					Distribuição na amostra(%)			
	retido	ac.abaixo	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	PF	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂
<0,020 mm	7,5	92,5	53,7	17,0	4,81	1,41	27,2	1,4	11,1	6,4	2,7
under 1	6,9	85,6	37,4	28,2	7,77	2,66	25,0	2,1	7,1	9,9	4,8
under 2	1,6	84,0	39,8	28,6	9,95	2,96	20,4	0,6	1,8	2,3	1,2
over	84,0		34,5	19,1	29,5	4,17	15,6	95,9	80,0	81,4	91,2
Total calculado	100		36,2	19,7	25,9	3,84	17,2	100	100	100	100
Total dosado			36,5	20,3	26,0	3,93	16,9				

A alumina mostra acentuado enriquecimento de teores na fração retida em 0,020 mm com tendência a menores teores em direção às frações mais finas, embora 96% do total existente na amostra se associe ao Over. O titânio mostra tendência a enriquecimento de teores para as granulometrias mais finas, de forma que o Over carrega 91% do total da amostra apresentado teor de 4,17% com fator de enriquecimento de 1,08 em relação à amostra Tal Qual. Os maiores teores de ferro são observados nas frações intermediárias, e a sílica mostra acentuado enriquecimento nas frações finas; cerca de 80% destes óxidos contidos na amostra Tal Qual se associam ao Over.

5.2 Separação Magnética

Os resultados das separações magnéticas realizadas na amostra Tal Qual, em polpa, mostraram os resultados expostos na Tabela III, onde se observa não ter ocorrido enriquecimento significativo do Ti em qualquer das condições avaliadas.

Tabela III - Resultados das separações magnéticas em WHIMS

Separação em intensidade de campo de 5.000 Gauss														
Produto	palha de lâ de aço n° 2							Tela expandida fina - TEF						
	% peso	Teores (%)				Distribuição (%)		% peso	Teores (%)				Distribuição (%)	
		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
Mag 5A	5,9	19,2	60,9	8,03	2,23	17,8	3,3	9,8	22,6	48,1	11,7	2,43	23,2	6,1
Não Mag 5A	94,1	37,2	17,7	27,5	4,06	82,2	96,7	90,2	37,3	17,2	27,9	4,08	76,8	93,9
Total calculado	100	36,1	20,2	26,4	3,95	100	100	100	35,9	20,2	26,3	3,92	100	100
Total dosado		36,5	20,3	26,0	3,93				36,5	20,3	26,0	3,93		

Separação em intensidade de campo de 9.000 Gauss														
Produto	palha de lâ de aço n° 2							Tela expandida fina - TEF						
	% peso	Teores (%)				Distribuição (%)		% peso	Teores (%)				Distribuição (%)	
		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
Mag 17A	8,3	20,3	59,5	9,02	2,43	24,5	5,1	12,3	27,1	45,3	12,9	2,87	27,7	8,8
Não Mag 17A	91,7	37,9	16,6	27,6	4,06	75,5	94,9	87,7	37,7	16,7	27,9	4,09	72,3	91,2
Total calculado	100	36,4	20,2	26,0	3,92	100	100	100	36,4	20,2	26,0	3,93	100	100
Total dosado		36,5	20,3	26,0	3,93				36,5	20,3	26,0	3,93		

5.3 Separação em líquido denso

O produto afundado é essencialmente composto por óxido de ferro que atinge 60,9% Fe₂O₃ contendo ainda alguma alumina. Verificou-se alguma concentração do titânio nos produtos afundados, em todas as frações granulométricas, mas apenas 56% do total contido nas várias frações do Under se associam a este produto; o teor obtido neste afundado é similar ao da amostra recebida, ou seja, 3,68% TiO₂. O produto flutuado concentra alumina e perda ao fogo, sendo que permanece com um teor de titânio que varia de 1 a 2,75% TiO₂ nas diversas frações de granulometria.

5.4 Composição Mineralógica

A amostra estudada apresenta a composição mineralógica exposta na Tabela IV.

Tabela IV - Composição mineralógica estimada da amostra estudada

Minerais/grupos	% em peso	Discriminação
Gibbsita	24	Al(OH) ₃
Quartzo	1	SiO ₂ Cristobalita, SiO ₂
Caolinita e Naerita	49	Al ₂ (Si ₂ O ₇) (OH) ₄
Phillipsita	tr	KNaCaFeSi ₆ ·39H ₂ O
Oxi-hidróxidos de ferro	22	Hematita, Fe ₂ O ₃ Goethita, FeO(OH)
Oxidos de titânio	3	Anatásio, TiO ₂
Outros	1	Zircão, ZrSiO ₄

Forma de ocorrência e associações minerais:

A gibbsita se apresenta em grãos liberados e em grãos mistos com alumino-silicatos e, mais frequentemente, com óxidos de ferro, estes por vezes como inclusões submicrométricas. A composição química está expressa na Tabela V, mostrando teores variáveis de 30 a 37% Al, sendo que contém ferro associado à sua estrutura cristalina (teores < 2% Fe) podendo localmente atingir maiores. Si e Ti têm presença freqüente na estrutura cristalina da gibbsita.

Os alumino-silicatos, identificados por difração de raios X, são caolinita, com menor presença de naerita, e provável presença de phillipsita. Sob MEV se mostram como agregados de cristalitos em grãos individualizados ou mistos com gibbsita, normalmente com inclusões micrométricas a submicrométricas ou mesmo grãos totalmente impregnados por óxidos de ferro. A composição química destes silicatos, exposta na Tabela V, indica fases com relação SiO₂:Al₂O₃ de 1 a 1,2 distinguindo-se algumas pelo elevado conteúdo de ferro (Fe₂O₃>30%) e outras mais hidratadas com Fe₂O₃<10%; todos os alumino-silicatos mostram titânio associado com teores de 0,79 a 3,08% TiO₂.

Tabela V - Composição química semiquantitativa por EDS (% em peso)

Gibbsita							Alumino-silicatos						
	Al	Si	Ti	Fe	O	soma		Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Soma
+635 A2	30,1	6,14	0,42	0,74	34,3	71,7							
+635 A3	35,1	---	---	0,39	31,4	66,8	+635 P0	26,8	31,9	---	0,78	34,4	93,9
+635 A4	33,4	2,67	0,41	0,99	33,5	71,0	+635 A6	25,2	27,9	---	1,82	36,7	91,6
+635 A7	30,7	5,38	0,57	1,79	34,6	73,1	+635 A8	22,7	22,0	---	0,85	29,6	75,1
+635 A12	34,0	---	---	0,56	30,4	65,0	-635 P1	15,2	18,0	---	2,57	54,4	90,2
+635 A13	33,4	---	---	0,68	27,0	64,0	+635 A14	30,7	35,8	0,99	2,38	5,86	75,8
+635 A18	32,9	3,48	0,46	0,62	33,8	71,3	+635 A15	31,9	37,7	---	3,08	4,74	77,3
+635 P2	33,0	4,17	0,41	0,68	34,7	72,9	+635 A17	36,0	35,8	---	1,73	3,60	77,2
under1 A2	34,5	---	---	0,70	31,0	66,2	under1 A1	30,5	38,0	---	2,77	9,97	81,2
under1 A3	32,9	2,50	1,06	1,88	33,7	72,1	under2 P4	30,3	37,1	0,65	2,65	6,61	77,3
under1 A5	35,2	---	---	0,31	31,5	67,0	under2 P8	29,3	34,2	---	2,06	4,36	69,9
under2 P2	31,6	4,19	---	3,95	34,6	74,4	-635 P9	41,3	57,5	---	---	3,05	101,9
under2 P5	34,9	---	---	---	31,0	65,9							
under2 P11	37,1	1,17	0,51	2,09	35,6	76,5							
Média	33,5	---	---	1,18	32,7	69,9	Média	29,3	34,4	---	2,21	15,9	81,8
Máximo	37,1	6,14	1,06	3,95	35,6	76,5	Máximo	41,3	57,5	---	3,08	54,4	101,9
Mínimo	30,1	1,17	0,41	0,31	27,0	64,0	Mínimo	15,2	18,0	---	0,85	3,05	69,9

Nota: resultados expressos em elementos e não normalizados

Os oxi-hidróxidos de ferro identificados foram hematita e goethita, sendo que ocorrem individualizados em agregados micro a criptocristalinos, seja uma ou uma mescla das fases com presença de porosidade/corrosão/textura botrioidal. Os grãos analisados mostram presença de alumina e sílica tanto associada à sua estrutura cristalina como devida à associação de cristaltitos de aluminosilicatos, fato observado em agregados de composição predominante hematítica ou goethítica; praticamente todos apresentaram conteúdo de titânio cujos teores variaram de 0,57 a 5,35% TiO₂.

Tabela VI - Composição química semiquantitativa por EDS dos oxi-hidróxidos de Fe (% em peso)

Hematita						Goethita						
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Soma		Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Soma
+635 P1	3,67	1,68	0,83	89,3	95,5	+635 P3	8,41	0,91	1,76	5,35	54,8	71,1
+635 P2A	16,9	13,7	0,85	67,7	99,1							
+635 P5	12,3	0,65	2,42	71,8	87,2							
+635 P7	5,31	0,98	4,18	85,8	96,2	+635 A5	1,81	2,06	---	1,02	76,2	81,1
+635 A1	4,54	2,25	1,01	83,6	91,4							
+635 A10	2,10	2,61	0,57	85,6	90,8							
under1 P2	5,31	3,31	---	89,4	98,0	+635 A9	6,75	0,89	0,58	0,42	63,1	71,7
under1 P3	1,68	1,33	0,67	87,9	91,6							
under2 P6	1,87	2,30	0,79	90,2	95,2							
under2 P9	6,02	5,85	1,33	86,8	100	+635 A11	13,5	1,53	---	5,09	51,6	71,7
under2 P12	2,23	2,58	0,89	94,3	100							
Média	4,50	2,35	1,41	86,5	94,7	Média	7,62	1,35	---	2,97	61,4	74,2
Máximo	12,3	5,85	4,18	94,3	100	Máximo	13,5	2,06	---	5,35	76,2	81,1
Mínimo	1,68	0,65	0,57	71,8	87,9	Mínimo	1,81	0,89	---	0,42	51,6	71,7

Nota: resultados expressos em óxidos e não normalizados

O anatásio foi o mineral portador de titânio identificado por difração de raios X, que ocorre na forma de grãos liberados de dimensões máximas da ordem de 20 micra (fotomicrografia I) e, na maioria, de dimensões micro a submicrométricas; ocorre também como inclusões em grãos de gibbsita associado ou não a óxidos de ferro (fotomicrografia II). Por MEV-EDS (tabela VII) verificou-se a presença escassa de óxidos de ferro com teores da ordem de 45 a 60% Fe₂O₃ contendo 20 a 35% TiO₂ associados à sua estrutura cristalina.

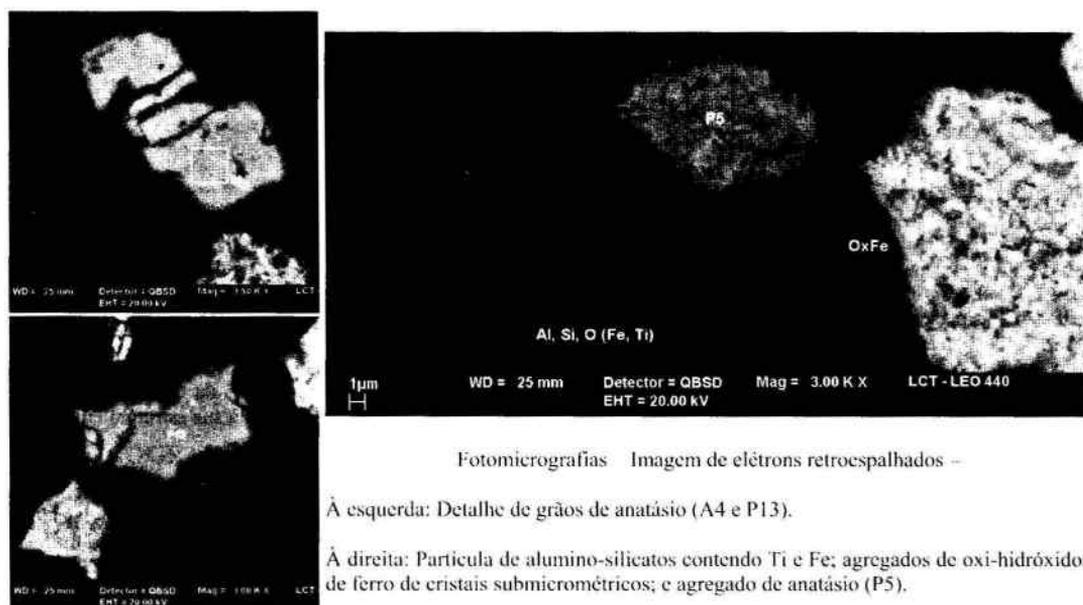


Figura II - Fotomicrografias - Imagem de elétrons retroespalhados

Tabela VII - Composição química semiquantitativa por EDS dos óxidos de Ti (% em peso)

	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	ZrO ₂	Soma
+635 P9	---	3,32	2,30	0,52	92,2	1,63	---	100
+635 P10	---	4,49	---	---	93,1	1,52	0,90	100
+635 P11	---	2,03	0,64	0,36	95,9	1,05	---	100
under1 A4	0,33	0,71	0,75	---	95,9	2,29	---	100
under1 P5	---	0,68	---	---	93,1	6,24	---	100
under1 P10	---	---	---	---	98,4	1,65	---	100
under1 P11	---	---	---	---	98,1	1,91	---	100
under1 P12	---	0,29	0,49	---	96,9	2,27	---	100
under1 P13	---	---	---	---	98,7	1,30	---	100
under2 P3	---	0,89	---	---	95,9	3,23	---	100
under2 P10	---	1,36	1,21	---	94,3	2,57	0,56	100
Média	---	---	---	---	95,7	2,33	---	100
Máximo	---	4,49	---	---	98,7	6,24	---	100
Mínimo	---	0,29	---	---	92,2	1,05	---	100

Nota: resultados expressos em óxidos e não normalizados

Estimativa de partição do titânio:

Verificou-se, então, que algumas das espécies minerais maiores constituintes da amostra contém teores significativos de titânio associado à sua estrutura cristalina, além da fase anatásio onde este elemento é o constituinte essencial.

O titânio na amostra estudada ocorre principalmente na forma de anatásio e, secundariamente associado à gibbsita, alumino-silicatos e oxi-hidróxidos de ferro como indicado na Tabela VIII. A estimativa apresentada se apoia nas análises de MEV-EDS e na composição mineralógica da amostra, esta obtida a partir de análises por difração de raios-X.

Tabela VIII - Estimativa da distribuição de titânio nas diversas espécies minerais

Mineral/associação	Distribuição de Ti (%)
anatásio	60 a 65
gibbsita	<5
alumino-silicatos	15 a 20
oxi-hidróxidos Fe	10 a 15

6. CONCLUSÕES

6.1 Caracterização tecnológica

O principal mineral componente é a caolinita – Al₂(Si₂O₁₀)(OH)₂ – que perfaz 49% em peso da amostra e ocorre sob forma de agregados de cristais frequentemente associados com óxidos de ferro e, mais raramente, formando grãos mistos com gibbsita; tende a se concentrar nas frações granulométricas mais finas. As microanálises por MEV-EDS indicaram a presença de titânio associado à estrutura cristalina da caolinita em teores variados de 0,85 a 3,08% TiO₂.

A segunda espécie em abundância, com proporção de 24% em peso da amostra, é a gibbsita – Al(OH)₃ – que ocorre em grãos liberados por vezes contendo inclusões micro a submicrométricas de óxidos de ferro e de titânio; tende a se concentrar na fração retida em 20 micrômetros. Também a gibbsita mostrou titânio associado à sua estrutura cristalina em teores de 0,68 a 1,77% TiO₂ (0,41 a 1,06% Ti), além de Fe (< 4%) e Si (< 6% Si).

Oxi-hidróxidos de ferro completam 22% da amostra (hematita - Fe₂O₃ - e goethita - FeO(OH)), sendo que ocorrem em agregados minerais com mescla das duas espécies associadas ou não com outros minerais ou mesmo em agregados monominerálicos; formam inclusões na gibbsita ou nos agregados de caolinita. Independentemente de hematita ou goethita, apresentaram titânio em sua estrutura cristalina, com teores obtidos por MEV-EDS de 0,57 a 5,35% TiO₂.

O mineral de titânio é o anatásio, na forma de grãos/agregados de cristalitos com dimensões micro a submicrométricas e raros grãos atingindo 20 µm, mostrando tendência de concentração nas frações granulométricas mais finas; pode

ocorrer como inclusões em gibbsita ou em agregados de caolinita. A composição química obtida por MEV-FDS indica 92 a 99% TiO₂ com ferro, sílica e alumínio na sua estrutura cristalina. Verificou-se a raro mineral com proporções de 50% Fe₂O₃ e 20-35% de TiO₂ formando agregados com hematita. Apenas uma parcela de 60 a 65% do teor de TiO₂ do material em estudo está sob forma de anatásio, ficando o restante associado à caolinita e aos óxidos de ferro, tanto hematita como goethita, com menos de 5% contido na gibbsita.

Na classificação por hidrociclonagem verificou-se que 84% em peso da amostra estudada compuseram o Overflow, o qual continha 91% do TiO₂ total da amostra. Face às características de tamanho de grãos de anatásio estes se concentram nesta fração que contém 95% do total de anatásio da amostra.

As separações minerais realizadas não lograram obter qualquer concentração significativa de titânio. Nas separações por líquido denso o anatásio se concentrou junto com os óxidos de ferro nos produtos afundados que mantiveram teores de titânio similares à amostra original. Nas separações magnéticas em alta intensidade via úmida (WHIMS) não houve seletividade devido às características de susceptibilidade magnética dos minerais componentes da amostra às quais se somam a granulometria extremamente diminuta dos grãos minerais.

6.2 Sugestões para o beneficiamento

Face às características de granulometria e de composição mineralógica da amostra, o beneficiamento vislumbrado para a concentração do anatásio envolveria métodos que utilizam propriedades interfaciais, flotação e floculação seletiva, explorando o fato de que os silicatos possuem superfície mais ácida que os óxidos. Os valores de recuperação do titânio total do rejeito em estudo poderiam atingir patamares máximos de 50 a 60%, que se referem à parcela aportada pelo anatásio, a depender da performance do processamento, sendo que não se deve esperar concentrados com teores de TiO₂ acima de 95% (como verificado nos grãos de anatásio), estando estes sujeitos à seletividade da separação que venha a ser atingida na concentração do anatásio.

A alternativa de beneficiamento a ser avaliada em etapa posterior de estudos envolve o processamento em separado de duas faixas de granulometria, constando das etapas indicadas na Figura III.

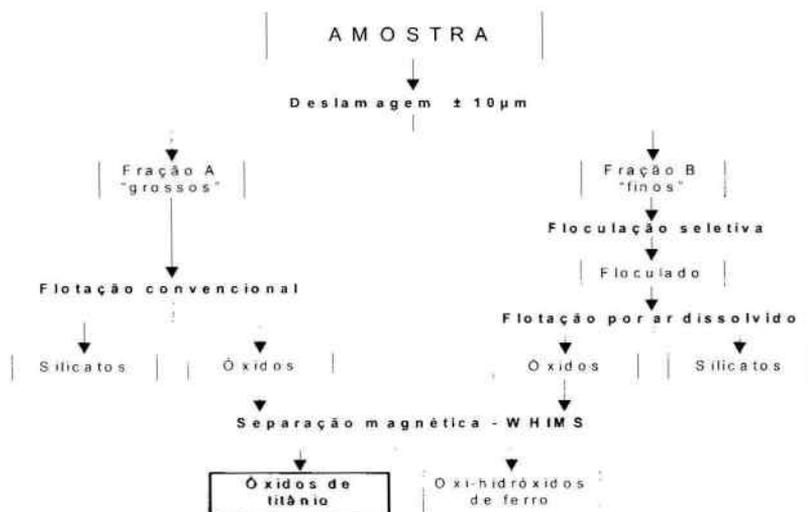


Figura III Fluxograma de beneficiamento sugerido

7. BIBLIOGRAFIA

- 1 - Relatório de Caracterização Tecnológica do Rejeito da Planta de Beneficiamento da MRN LCT – USP – 2005
- 2 - Estudo do aproveitamento do Titânio no rejeito da Planta de Beneficiamento da MRN Relatório Interno da MRN 2004