

O MINÉRIO DE FERRO DA MINERAÇÃO CORUMBAENSE REUNIDA S/A – MCR¹

*Edson Miranda da Silva²
Gil Lúcio Franco Muniz³
João Carlos Moller⁴*

Resumo

A MCR, pertencente ao Grupo Rio Tinto Brasil, tem sua mina de minério de ferro na região de Corumbá, Mato Grosso do Sul, situada no centro do continente Sul-Americano e na divisa Brasil - Bolívia. Sua reserva mineral é de 330 Mt ROM, além de recursos adicionais da ordem de 430 Mt, com recuperação média de minério granulado (lump) da ordem de 65%, após beneficiamento. A pesquisa geológica desenvolvida permitiu também a caracterização do minério, através de análises e ensaios normalizados internacionalmente, indicando um produto lump de elevada qualidade com teor médio igual a 67,20 % de ferro. O minério é constituído exclusivamente de hematita micro-cristalina, característica esta que confere alta porosidade ao lump e elevada redutibilidade nos processos siderúrgicos. Seu excelente desempenho no alto-forno a coque tem sido comprovado nos últimos 12 anos de fornecimento à indústria Argentina, aonde seu consumo chega a níveis de 40,0 % da carga mineral do forno. Pesquisas laboratoriais e testes industriais mais recentes de avaliação física e metalúrgica deste lump mostraram resultados altamente promissores para seu uso na redução direta. A MCR, atualmente no ritmo de produção de 2,0 Mta, projeta em curto prazo uma expansão para 7,5 Mta para atender a demanda do mercado. Desenvolve estudos de projetos em médio prazo projetando uma expansão para 15,0 Mta, vislumbrando o desenvolvimento de um pólo siderúrgico na região de Corumbá e o crescimento observado no setor siderúrgico internacional. O presente trabalho apresenta um olhar panorâmico sobre a empresa, sua reserva mineral, características geológicas do depósito e qualidade de seus produtos, bem como sobre sua evolução presente e projetada ao futuro.

Palavras-chave: Minério; Minério de ferro; Mineração; Siderurgia.

MCR - MINERAÇÃO CORUMBAENSE REUNIDA'S IRON ORE

Abstract

MCR, which is part of the Rio Tinto Brazil Group, operates an iron ore mine in the region of Corumbá in the Brazilian State of Mato Grosso do Sul, situated in the center of the South American continent close to the border of Brazil with Bolivia. The deposit has a proved and probable ore reserve of 330 Mt ROM with additional resources of 430 Mt and has an average lump recovery of around 65%. Geological studies have included ore characterization using standard international chemical analyses and physical tests and these have demonstrated the high quality of the lump ore, which has an average product grade of 67.2% of iron. The ore is constituted exclusively of microcrystalline hematite that bestows high porosity to the lump as well as high reducibility in the metallurgical processes. Its excellent performance as blast furnace feed has been proved over the last 12 years supplying the Argentinean steel industry where its consumption reaches levels of 40% of the mineral load of the furnace. More recent laboratory research and industrial tests for physical and metallurgical assessment of this lump have shown highly promising results for its use in direct reduction processes. At present MCR produces 2 Mt of lump per year and has been planning an expansion in the short-term to 4 Mt of lump per year in order to meet market demand. MCR is also carrying out studies of medium term projects for expansion to 15 Mt of lump per year, which will provide for the establishment of a steel center in the region of Corumbá as well as the visible growth in the international metallurgical sector. This work presents an overview of the company including its ore reserve, the geological characteristics of the deposit and the quality of its products, as well as its evolution present and projected.

Key words: Ore; Iron ore; Mining; Metallurgy.

¹ *Contribuição técnica ao XXXVII Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 18 a 21 de setembro de 2007, Salvador - BA, Brasil.*

² *Mining Engineer and General Manager MCR.*

³ *MCR Consultant Metallurgist.*

⁴ *MCR Consultant Geologist.*

1 INTRODUÇÃO

A Mineração Corumbaense Reunida S/A – MCR faz parte o Grupo Rio Tinto Brasil desde dezembro de 1991 e sua mina de minério de ferro está localizada em Corumbá, no Estado do Mato Grosso do Sul, na região do Pantanal, bem próximo à divisa Brasil – Bolívia.

Considerando o trajeto fluvial da hidrovia Paraguai / Paraná, a mina localiza-se a 2.500 km do Oceano Atlântico. Distam 1.400 km do porto de Santos por estrada de ferro de bitola estreita.

A empresa está certificada pelas normas ISO 9001, ISO 14001, OHSAS-18001 e SA – 8000 além da graduação 05 estrelas NOSA em segurança do trabalho.

Sua reserva mineral é de 330 Mt ROM (base ano de 2004), e foi estimada segundo as rígidas normas recomendadas pelo Código JORC, aceitas pelas principais bolsas de valores do mundo. Somada a esta reserva podem ser considerados também recursos adicionais de 430 Mt. A recuperação média de minério granulado (lump) é da ordem de 65%, após beneficiamento.

O minério é de natureza sedimentar, não metamórfico, formado pelo enriquecimento supergênico de protominério jaspilítico. A seqüência ferrífera tem 270 metros de espessura e constitui parte do Grupo Jacadigo, depositado a cerca de 800 milhões de anos. O jazimento é destituído de cobertura laterítica, embora seja comum a presença de blocos de jaspilito não lixiviado no interior do pacote mineralizado. A relação estéril / minério é igual a zero.

A MCR atende hoje ao mercado argentino e chega até a Europa e Ásia fornecendo lump , atendendo a siderurgia de alto-fornos a coque. No mercado doméstico fornece aos alto-fornos, de pequeno porte, a carvão vegetal.

Pesquisas laboratoriais e testes industriais mais recentes de avaliação física e metalúrgica deste lump mostraram resultados altamente promissores para seu uso na redução direta.

A MCR, atualmente no ritmo de produção de 2,0 Mta, projeta em curto prazo uma expansão para 7,5 Mta para atender a demanda do mercado. Desenvolve estudos de projetos em médio prazo projetando uma expansão para 15,0 Mta, vislumbrando o desenvolvimento de um pólo siderúrgico na região de Corumbá e o crescimento observado no setor siderúrgico internacional.

Para o transporte do minério pelo Rio Paraguai / Paraná, a Rio Tinto tem uma frota fluvial própria de bandeira paraguaia e baseada em Assunção. A frota da Transbarga Navegación - TBN tem 05 comboios de barcaças com capacidade anual de 1,5 Mt.

O presente trabalho apresenta um olhar panorâmico sobre a empresa, sua reserva mineral, características geológicas do depósito e de qualidade de seus produtos, bem como sobre sua evolução presente e projetada ao futuro.

2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DO DEPÓSITO DA MCR

O minério de ferro da MCR é derivado do intemperismo de espesso pacote de rochas jaspilíticas, responsável pela manutenção do relevo de elevações que se erguem até 900 metros acima da planície do Pantanal.

A Figura 1 apresenta a seqüência ferrífera. A coluna tem espessura de 270 metros, sendo dividida em 11 unidades estratigráficas, representativas de diferentes ciclos de deposição de sedimentos ferruginosos. O estabelecimento destas unidades

fundamenta-se em dois critérios básicos: 1) na presença ou não de camadas de sedimentos areno-siltico ferruginosos intercalados nas camadas hematíticas, e 2) nos aspectos estruturais e texturais destas camadas - o que têm implicações nas características morfológicas do lump gerado (variação nos percentuais de tipo denso compacto, denso bandeado, denso com cavidades, tabular, poroso, etc), e por conseqüência na sua qualidade.

A classificação estratigráfica adotada reflete o manto intempérico da seqüência ferruginosa (principalmente quanto ao segundo critério acima), ou seja, é válida para o minério, não necessariamente para o protominério.

As características químicas e físicas destas unidades são constantes ao longo de todo o depósito, conforme foi demonstrado pela similaridade estratigráfica observada nas cinco linhas de poços abertas e amostradas em pontos distintos do jazimento. Estes poços permitiram a descrição e amostragem de toda a coluna estratigráfica aí aflorante.

Os resultados desta amostragem ressaltam a isotropia horizontal das características químicas e físicas do minério da MCR, ou seja, os parâmetros qualitativos pouco variam ao longo do mesmo horizonte estratigráfico. Entretanto, verifica-se uma forte anisotropia no eixo vertical, o que embasou a divisão do depósito em unidades estratigráficas. Esta se constitui numa característica de suma importância do depósito, pois permite uma previsão muito coerente dos produtos que virão a ser gerados pela lavra. Esta premissa é fundamental para o planejamento da lavra, que é efetuada seletivamente, por unidade.

As rochas jaspilíticas que deram origem ao jazimento de minério de ferro da MCR são sedimentares, não metamórficas e não dobradas. O minério é formado pelo enriquecimento supergênico do protominério jaspilítico e esta característica genética explica o baixo grau de cristalinidade da hematita (tamanho do grão variando de 0,005 a 0,05 milímetros), bem como a textura muito fina e microporosa do minério.

Devido ao intenso fraturamento, o minério da MCR é extraível por simples escarificação, não necessitando de explosivos para sua remoção. O depósito se caracteriza pela inexistência de cobertura laterítica, o que se constitui em garantia de constância no teor em fósforo do produto, nunca superior a 0,060%.

A relação estéril / minério é igual à zero.

Mine 5 W

T - Z C		Ore reserve %		Lump yield %		T - Z C		THICKNES
LJP	LLL	Ull	TBL	AKB	ABC	Azul	E	
1.2%	2.3%	9.2%	10.1%	8.4%	12.1%	3.8%	4.4%	37.0 m
29.5%	29.5%	29.5%	32.4%	34.0%	32.4%	8.5%	2.6%	
32.0%	32.0%	32.0%	35.7%	31.0%	33.6%	5.5%	2.6%	13.2 m
						25.0%	40.4%	
						41.7%	34.6%	28.9 m
								15.3 m
								16.6 m
								25.7 m
								11.3 m

Figura 1 – Coluna Estratigráfica do Depósito Mineral da MCR

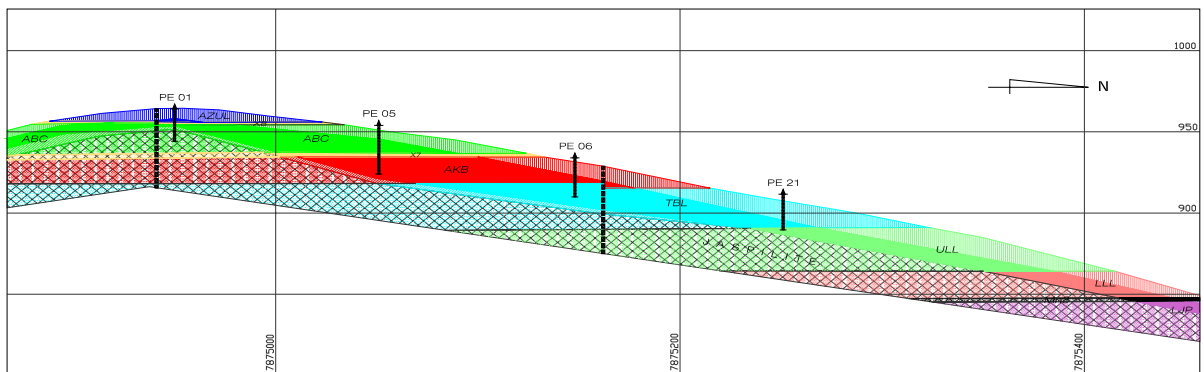


Figura 2 – Camadas Estratigráficas ao Longo do Morro.

O enriquecimento supergênico da seqüência jaspílica pode atingir até 35 metros de profundidade na encosta das elevações, sendo uma função do mergulho das camadas, da geomorfologia e do horizonte estratigráfico envolvido, ou seja, o manto de minério capeia superficial e integralmente as elevações.

Conforme mostrado esquematicamente na Figura 2, o minério recobre as elevações como uma casca de laranja, embora com espessura variável.

3 CARACTERÍSTICAS DO MINÉRIO E SEUS PRODUTOS

3.1 Beneficiamento

O beneficiamento do minério consiste basicamente de britagem, lavagem e peneiramento. Nenhum produto químico é utilizado no processo. A lavagem é essencial para a produção de um *lump* de alta qualidade, tanto que pode ser afirmado que quanto melhor a lavagem melhor será a qualidade do produto.

Nas plantas de beneficiamento, após a eliminação de cerca de 12% de finos por peneiramento a seco, ocorre a lavagem em dois estágios, PL-01 e PL-02, cada uma constituída por três *scrubbers* com capacidade total de 550 t/h.

Além do rejeito enviado para a barragem (cerca de 12% do ROM), atualmente a lavagem do minério fornece dois produtos distintos:

- lump*, com recuperação média de 65% variando de 40% a 75%, de acordo com a unidade processada;
- sinter feed*, atualmente representando cerca de 10% do ROM.

A Figura 3 detalha o processo produtivo da MCR através do *Flowsheet* apresentado.

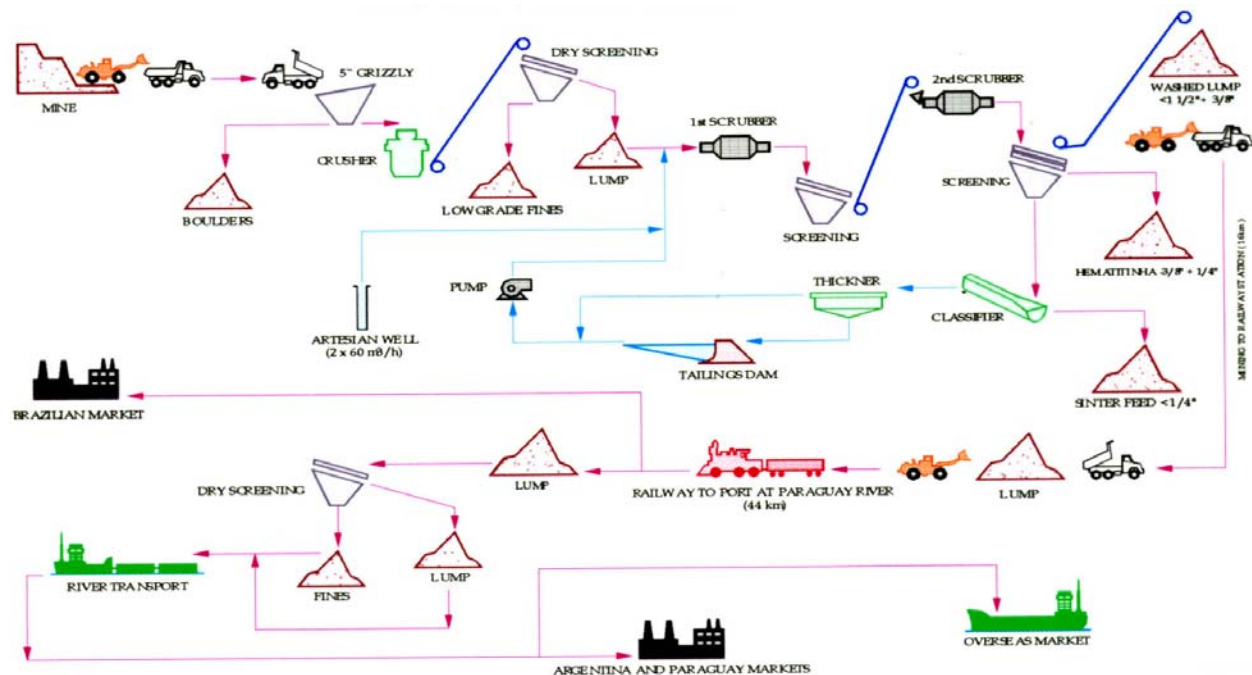


Figura 3 – *Flowsheet* da Produção de Minério de Ferro.

Presentemente, o beneficiamento requer um total de $1,42\text{m}^3$ de água por tonelada de *lump* alimentada ao lavador, dos quais $0,53\text{m}^3$ correspondem à água nova, proveniente dos poços tubulares profundos. O restante da água utilizada é proveniente da recirculação através do espessador e da barragem de rejeitos.

O planejamento sempre considera a lavra em várias frentes localizadas em diferentes zonas e unidades estratigráficas, de maneira a minimizar variações na qualidade do *lump* e garantir embarques de qualidade constante para o cliente. O *lump* de cada unidade é produzido e transportado até o porto, onde é estocado em pilhas individuais para posterior blendagem com *lump* de outras unidades, para a

constituição de um determinado embarque. O plano de lavra ideal deveria considerar a lavra das diferentes unidades na mesma proporção em que elas ocorrem na reserva. Tal condição ideal, entretanto, só deverá ser atingida quando o nível de produção atingir patamares mais expressivos.



Figura 4 – Vista Geral da Mina 05

3.2 Produto Granulado - *Lump*

A qualidade do *lump* e do *sinter feed* varia de uma unidade estratigráfica para outra. Os produtos de cada unidade têm suas vantagens e desvantagens. De maneira a se beneficiar totalmente de seus recursos a MCR tem que lavar e beneficiar seletivamente as diferentes unidades e blendar o *lump* produzido no porto, assim garantindo embarques com qualidade aproximadamente constante.

Ao estratificar o depósito em camadas de diferentes características a Natureza propiciou ao planejamento de mina uma poderosa ferramenta no que se refere ao controle da qualidade.

O *lump*, principal produto da mina, apresenta uma qualidade química, física e metalúrgica de acordo com as especificações dos clientes e sua característica típica, média da jazida, é mostrada na Tabela 1.

O *lump* da MCR tem desempenho comprovadamente excepcional nos altos-fornos da siderurgia a coque, chegando o minério de Corumbá a fazer parte da carga mineral em níveis da ordem de 40% no alto-forno da Siderar, Argentina.

Tabela 1 – Característica Típica do *Lump* da MCR.

<u>Elementos</u>	<u>%</u>	<u>Ensaios Físicos</u>	<u>%</u>	<u>Ensaios Metalúrgicos</u>	<u>%</u>
Fet	67,20	Índice Tumbler (ISO)	87,0	Redutibilidade (JIS)	63 - 65
SiO ₂	2,00	(% < 6,35 mm)		Metalização (Midrex)	96,0
Al ₂ O ₃	0,90	Índice Abrasão (ISO)	5,5	Finos de Redução (Midrex)	13,7
P	0,055	(% < 0,50 mm)		(% < 6,35 mm)	
LOI	0,90	Crepitação (ISO)	1,2	Liberação S em ppm (IAS)	9,2
Mn	0,020	(% < 6,35 mm)			
K ₂ O	0,020	Densidade aparente	2,2		
Na ₂ O	0,016	Umidade (ISO)	4,0		

Para uso na redução direta, apesar de ter sido consumido na Acindar - Argentina, nos anos de 1993 a 1996, o fator de qualidade que dificultou seu uso contínuo foi a grande quantidade de finos gerados durante o processo de redução, na fabricação do ferro-esponja.

Dois fatores principais são os causadores destes finos: primeiro a desintegração pelo efeito térmico, crepitação; e segundo a transformação da hematita para magnetita durante a redução, onde ocorre a mudança de fase cristalina com expansão em volume das peças de minério, causando fissuras e trincas internas, levando conseqüentemente à geração de finos por redução.

A MCR sempre estudou em seu laboratório metalúrgico os mecanismos destes fenômenos. A crepitação é um fenômeno de grandes contradições e alguns especialistas afirmam que é variável dependente do tempo, não encontrando repetibilidade dos índices.

Na MCR, nos vários estudos realizados em 1996, chegou-se a conclusão que a crepitação é uma variável independente, não se verificando correlação com outros parâmetros.

A partir daí foram desenvolvidos nestes últimos oito anos, inúmeros e exaustivos programas de pesquisa do minério em relação às principais variáveis de processo da redução; do seu manuseio e acondicionamento; das características e particularidades de cada tipo de minério que ocorre na mina; de cada camada estratigráfica; de cada uma das zonas do pacote mineralizado etc.

Foram realizados dois testes na planta piloto da HYLSA em Monterrey, México, envolvendo amostras de 400 toneladas cada. Também foi realizado um teste industrial na Planta M3 da HYLSA em Monterrey, envolvendo 27.200 toneladas de *lump*, objetivando a determinação de parâmetros que permitam a instalação futura de uma instalação de redução direta nas imediações do depósito, em sinergia com o gasoduto Bolívia – Brasil.

Neste período foram realizados, ainda, testes industriais nas usinas da ACINDAR e SIDERCA, na Argentina, bem como na usina de Georgetown, no Texas;

Estes esforços foram recompensados, finalmente, quando estudos laboratoriais mais recentes mostraram que a secagem prévia do minério (fora do forno siderúrgico) antes de seu uso, pode diminuir acima de 80% a geração de finos pelo efeito térmico e em torno de 50% os finos totais durante a redução.

Os estudos laboratoriais permitiram também um conhecimento amplo e seguro da jazida e de suas frentes de minério para atender aos diferentes clientes e seus processos siderúrgicos.

Os bons resultados destes estudos laboratoriais foram confirmados através de teste industrial de redução direta realizado em fevereiro de 2004, na Siderca, Argentina, onde o forno operou regularmente, por um período considerado consistente para apurar resultados, utilizando 60% de *lump* MCR na carga mineral. Este teste industrial mostrou que, promovendo-se os ajustes operacionais necessários, levando-se em conta as características do *lump*, principalmente a maior geração de finos em relação às pelotas por um lado, e por outro lado a maior velocidade de redução e maior metalização alcançada na carga com *lump* MCR, é viável uma operação equilibrada e contínua com o uso de até 70% deste *lump*.



Figura 5 – Vista do Minério na Frente de Lavra

3.2 Produto *Sinter Feed*

Devido principalmente à baixa disponibilidade de transporte do Rio Paraguai, a MCR comercializa apenas uma pequena tonelagem de *sinter feed*, sendo o excedente estocado na Mina. Os vários estudos efetuados demonstraram que a MCR pode produzir um *sinter feed* de qualidade adequada à sinterização. Os estudos de caracterização para classificá-lo dentro dos modernos conceitos para fabricação de *sinter* de alta redutibilidade, também chamado de *sinter heterogêneo*, indicaram que este *sinter feed* pode ser considerado um minério de adição à mistura de minérios a sinterizar, por que:

- a) Apresenta distribuição granulométrica grosseira com 80,0 % maior que 1,0 mm e apenas 7,9 % abaixo de 0,25 mm. Esta característica o coloca como corretor da distribuição granulométrica de outros minérios mais finos. Na tecnologia do *sinter heterogêneo* age como partícula nucleante na formação das micropelotas no preparo da mistura a sinterizar.
- b) É um minério de grão cristalino pequeno (~ 0,2 micron) apresentando partícula porosa, semelhante aos minérios Australianos e ao de Carajás. Esta característica confere a este *sinter feed* uma excelente qualidade para “funcionar” como partícula nucleante, associado à sua distribuição granulométrica mais grossa. Na tecnologia do *sinter heterogêneo*, o núcleo das micropelotas é preservado mantendo as características do minério original (porosidade, forma, tamanho do grão cristalino, fusibilidade) o que confere alta redutibilidade ao *sinter* no alto-forno.
- c) A qualidade química do *sinter feed* natural, se considerada a média do depósito, apresenta alto teor de alumina e fósforo, mas descartando o material mais argiloso das zonas superiores, o *sinter feed* da MCR obtido terá qualidade média de:

Fet	=	65,0%
SiO ₂	=	2,7%
Al ₂ O ₃	=	1,4%
P	=	0,060%

Assim, a avaliação deste *sinter feed*, segundo a composição química, tamanho do grão cristalino, forma e porosidade da partícula e sua distribuição granulométrica, o

coloca junto aos principais minérios finos para sinterização, como minério de adição no processo.

4 CRESCIMENTO DA MCR A CURTO E MÉDIO PRAZOS

4.1 Curto Prazo

A MCR atualmente no ritmo de produção de 2,0 Mta, projeta em curto prazo uma expansão para 7,5 Mta para atender a demanda do mercado.

Para o transporte do minério pelo Rio Paraguai / Paraná, a Rio Tinto tem uma frota fluvial própria de bandeira paraguaia e baseada em Assunção. A frota da Transbarge Navegación - TBN tem 05 comboios de barcaças com capacidade anual de 1,5 Mt.

A MCR desenvolve um projeto em curto prazo para colocação de uma nova Planta de Beneficiamento com capacidade para 7,5 Mt de lump, sendo a sua construção prevista para 2008/2009, alcançando produção plena em 2010.

Esta planta de beneficiamento seguirá o mesmo conceito da planta atual, com britagem, escrubagem, peneiramento e classificação.



Figura 6 – Vista Geral do Porto Gregório Curvo

4.2 Médio Prazo

Desenvolve estudos projetando uma expansão para 15,0 Mta, vislumbrando o desenvolvimento de um pólo siderúrgico na região de Corumbá e o crescimento observado no setor siderúrgico internacional.

Em médio prazo a MCR pretende fomentar e liderar o processo de instalação de um pólo siderúrgico em Corumbá e garantir o fornecimento em longo prazo de minérios de elevada e constante qualidade às indústrias lá instaladas.

Atualmente a MCR encontra-se desenvolvendo um amplo projeto de Expansão, onde uma das principais preocupações é a logística envolvida no transporte do minério, seja fluvial, seja ferroviário. Os desafios impostos pelo Rio Paraguai exigem a aplicação de tecnologia avançada; assim, foram efetuados levantamentos detalhados do leito do rio permitindo a elaboração de cartas eletrônicas e a navegação por satélite, reduzindo o tempo das viagens; instalação de propulsores azimutais nos navios empurradores da TBN além de variados estudos para aumentar a capacidade de transporte dos comboios. Enfim, tudo tem sido feito com um objetivo único, a aproximação dos produtos da MCR ao mercado consumidor.

A MCR tem mantido acordos de cooperação com o Governo do Estado do Mato Grosso do Sul e com a Ferrovia ALL-América Latina Logística, na realização de estudos de viabilidade técnica e econômica para expansão da ferrovia Corumbá - Santos.

Acompanhando o desenvolvimento regional com a implantação de um Pólo Siderúrgico em Corumbá, quando já estiver operando a 1ª fase, a MCR espera aprovar a pré-viabilidade de implantação da segunda planta de 7,5 Mt elevando sua capacidade para 15,0 Mt /ano de *lump*.



Figura 7 – Comboio da TBN no Rio Paraguai

5 CONCLUSÃO

A MCR desponta como detentora de um dos depósitos mais importantes do mundo quanto à produção de minério granulado. A qualidade do *lump* está acima dos padrões normalmente presentes em outros depósitos conhecidos, principalmente por sua alta redutibilidade nos aparelhos siderúrgicos.

Acompanhando a evolução crescente do mercado de minério de ferro, a MCR já efetuou em 2005 um aumento de sua capacidade de produção para 2,0 Mta e segue promovendo estudos e investimentos para um crescimento significativo nos próximos anos, elevando sua produção para o patamar de 15,0 Mt/ano.

Na instalação do Pólo Siderúrgico de Corumbá a MCR está trabalhando junto a empresas siderúrgicas a carvão vegetal, na produção de ferro-gusa, visando elevar os padrões ambientais utilizados e contribuir com o desenvolvimento da região.

Nos estudos desenvolvidos junto com a Midrex, comprovou-se que é possível operar seu módulo de redução direta com carga de 60% *lump* MCR e 40% pellet no forno.

A Rio Tinto, detentora do processo, está operando uma planta Hismelt na Austrália e também estuda a viabilidade de implantar um módulo no Pólo Siderúrgico em Corumbá. Esta alternativa, além de possibilitar o uso de minérios mais finos e de qualidade inferior, também poderia ser utilizada num arranjo com o processo de

redução direta. Um ferro esponja de menor teor de metalização poderia ser alimentado ao processo Hismelt, potencializando o nível de produção de ambos os processos, com aumento de 2,5 vezes o nível de produção da mesma planta, um ganho fabuloso no resultado final da usina.

Quanto à logística de transporte, os investimentos na TBN para aumentar sua capacidade e sua eficiência operacional mostraram que o custo de frete fluvial até a costa Argentina se equipara, por exemplo, ao frete das usinas siderúrgicas do interior do estado de Minas Gerais até a costa brasileira.

Assim, a MCR está desenvolvendo cada vez mais sua capacidade produtiva e sua participação no desenvolvimento da região, procurando parcerias para a implementação do pólo siderúrgico de Corumbá – Mato Grosso do Sul, no centro-oeste brasileiro, além de se colocar como fornecedora de minério de ferro no mercado internacional.