

## **AUMENTO DA CAPACIDADE E MELHORIA DA QUALIDADE DO CÁTODO DE COBRE PRODUZIDO NA PARANAPANEMA**

V. L. S. Borges<sup>1</sup>, J. L. R. Bravo<sup>1</sup>, E. M. Alcântara<sup>1</sup>, D. T. S. da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Divisão de Tecnologia e Processos Químicos, Paranapanema S.A.

[vscaranto@paranapanema.com.br](mailto:vscaranto@paranapanema.com.br), [jbravo@paranapanema.com.br](mailto:jbravo@paranapanema.com.br),

[ealcantara@paranapanema.com.br](mailto:ealcantara@paranapanema.com.br)

<sup>2</sup>Divisão de Produção de Cátodos, Paranapanema S.A.

[dtourinho@paranapanema.com.br](mailto:dtourinho@paranapanema.com.br)

### **RESUMO**

Um dos indicadores operacionais mais importantes da operação de uma refinaria de cobre eletrolítico é a eficiência de corrente. Ao longo dos últimos quatro anos, foram implementadas, na Paranapanema, Unidade Dias d'Ávila - Bahia (PMA), novas práticas e procedimentos operacionais, além de novos acompanhamentos dos indicadores de processo, os quais contribuíram para um aumento da eficiência de corrente dos grupos que compõem a eletrólise.

O trabalho apresenta essas mudanças na rotina e melhorias implantadas, que contribuíram para esse aumento da eficiência de corrente e conseqüentemente, uma maior produtividade. Conforme será apresentado, entre 2005 e 2006 a eficiência de corrente média foi de 92,5%. A partir de 2006, a eficiência de corrente média aumentou gradativamente e atualmente esse valor é de 98%.

Os principais fatores abordados no trabalho são as melhorias na qualidade física da chapa de partida, melhorias na composição química do eletrólito, melhorias na qualidade dos anodos, modificações na rotina e controle dos principais parâmetros que impactaram em valores recordes de produção.

**Palavras-chave:** cátodo, cobre, corrente, eficiência, eletrólito, produtividade.

## 1. INTRODUÇÃO

A PARANAPANEMA S.A. (PMA) iniciou suas atividades em 1982, sendo projetada para uma capacidade de produção de 150.000 toneladas de cobre eletrolítico por ano através da tecnologia convencional, a qual utiliza chapa de partida de cobre, também produzidas na refinaria. Atualmente essa capacidade é de 230.000 toneladas de cátodos de cobre por ano.

O cobre eletrolítico é produzido na forma de cátodo e é obtido através do processo de refino eletrolítico, que promove a purificação do cobre metálico alcançando uma pureza de 99,99%. Esse processo é baseado na dissolução do ânodo e deposição catódica, através da aplicação de uma corrente elétrica contínua segundo a lei de Faraday.

A produção de cobre depende diretamente da densidade de corrente, a qual é definida como sendo a relação entre a intensidade da corrente e a área da superfície do cátodo e é expressa em amperes/m<sup>2</sup>. Quanto maior a densidade de corrente, maior a produtividade, porém podem ocorrer efeitos negativos quando essa densidade é elevada. Com a rapidez de deposição, pode-se ocorrer uma maior rugosidade do depósito provocando oclusão de impurezas no cátodo. Outro problema é a tendência dos ânodos a passividade, ou seja, a interrupção da dissolução de cobre proveniente dos ânodos. Além disso, esse efeito provoca uma maior elevação da tensão em relação a amperagem e, conseqüentemente, maior consumo de energia.

Outro parâmetro importante para se avaliar é a eficiência de corrente, a qual é definida como a relação entre a produção real e a produção teórica de cátodos. A corrente não utilizada na deposição do cobre é perdida através de fugas de corrente, curto-circuito entre ânodos e cátodos e reoxidação dos cátodos.

A tabela a seguir apresenta os principais parâmetros de processo comparando-se as condições de projeto com as condições atuais e a previsão para o ano de 2012.

Tabela I – Comparativo entre as bases de projeto da PMA e as condições atuais.

	Bases de Projeto	Parâmetro Atual	Previsão 2012
Intensidade de Corrente Nominal, kA	16,1	22,0	22,5
Densidade de Corrente, A/m <sup>2</sup>	204 A/m <sup>2</sup>	278	298,9
Eficiência de Corrente, %	93,0	98,0	98,5
Energia de deposição, kWh/t	266,0	278,0	260,0
Capacidade de Produção de cátodos, t/ano	150.000	230.000	280.000

## 2. METODOLOGIA

Desde o início de sua operação a refinaria de cobre passou por várias modificações e melhorias. Essas modificações foram implementadas nas diversas áreas da eletrólise, conforme se pode verificar a seguir.

### 2.1 Circuito de chapas de partida

A área de produção de chapas de partida era composta, até 2007 por 74 células. Em 2008, foram instaladas mais quatro células fabricadas em concreto polimérico e também, elevou-se o número de eletrodos por células.

No circuito de produção de chapas de partida operava inicialmente com um ciclo de 12 dias, o que gerava uma movimentação maior no mesmo, pois diariamente era necessário substituir os ânodos de oito células por dia. Em 2008 passou-se a operar com ciclos de 19 dias, reduzindo-se a movimentação de eletrólito nas células, pois o número de células a serem substituídos os ânodos se reduziu para quatro, assim como o percentual de sucatas geradas, não sendo mais necessário utiliza-las nos circuitos comerciais.

Em 2010 foi implantado um novo sistema de drenagem do eletrólito das células eletrolíticas em dois níveis e o circuito passou a ser independente dos demais, passando a operar com um nível inferior de impurezas e com isso, produzindo chapas com qualidade melhor. Com esse sistema, o eletrólito é mantido num circuito fechado, mesmo com as drenagens das células durante a substituição dos anodos.

A partir de outubro de 2010 deixou-se de fazer a substituição dos ânodos de 4 células diariamente e passou-se a substituir os anodos de cada grupo de 38 células uma vez a cada 20 dias. Dessa forma, a geração de chapas passou a ser mais uniforme, pois os ânodos possuem o mesmo tempo de vida.

Além dessas modificações, podemos citar ainda algumas modificações na rotina que favoreceram também a melhorias na qualidade das chapas, como substituição de chapas de titânio velhas por chapas novas, utilização de fitas de PVC nas bordas das chapas de titânio por meio de um processo de vulcanização. Estas bordas em PVC promoveram uma melhor qualidade do depósito laterais das chapas de cobre. Outra modificação importante foi o retorno a estripagem manual das chapas de cobre, reduzindo-se o rejeito das chapas brutas e evitando-se o empeno das mesmas, provocadas pela máquina utilizada para remoção da chapa de cobre depositada na superfície da chapa de titânio.

## 2.2 Circuitos comerciais

Os cátodos são produzidos em três circuitos comerciais, compostos por 29 grupos, totalizando 1131 células eletrolíticas. Inicialmente a PMA operava com 24 grupos compostos em média por 40 células eletrolíticas construídas em concreto e revestidas com chumbo, a fim de evitar a corrosão do mesmo e inibir a fuga de corrente. Atualmente, a eletrólise opera com 29 grupos, e um total de 1131 células fabricadas em concreto polimérico.

O circuito comercial três é o mais novo e é composto por quatro grupos de células. Em 2006, com a conclusão do último grupo, a produção de cátodos teve um aumento de 10%.

Em 2009 concluiu-se a substituição das células de concreto revestidas com chumbo para células fabricadas em concreto polimérico. Isso fez com que houvesse uma melhora na eficiência de corrente, uma vez que o concreto polimérico inibe a fuga de corrente, enquanto que as células revestidas com chumbo apresentavam necessidade de manutenção constantemente para evitar as fugas de corrente. Além disso, com a introdução de novas células, pode-se aumentar o número de eletrodos, que inicialmente era de 43 passando para 45, gerando dois cátodos a mais por célula.

Nos últimos quatro anos, além desses fatores que impactaram em um aumento de produção, foram implantadas novas práticas durante a rotina de operação da eletrólise que favoreceram a uma elevação na eficiência de corrente, como um controle mais rigoroso na seleção de chapas de partida e ânodos, através da implantação de medição de verticalidade dos mesmos. O acondicionamento desses eletrodos nas células, após a retirada de produção, também é importante para um bom desempenho do grupo, o que passou também a ser feito com mais rigor, e utilizando-se ferramentas mais adequadas.

Nos últimos quatro anos, passou a ser feito um controle maior nas impurezas presentes no eletrólito, além de ter sido implantada uma rotina de limpeza das tubulações, fazendo com que a variação na vazão fosse minimizada. Investimentos foram efetuados na melhoria de filtração do eletrólito, onde foi instalado mais um filtro para polimento, tecidos especiais para filtração sem a necessidade do uso de pre-coating e melhor controle sobre o sólido no eletrólito utilizando um turbidímetro on-line para monitorar os filtros de eletrólito e outro de bancada para monitorar o sólido contido no eletrólito em outros pontos do circuito comercial.

Está em execução um projeto de expansão e atualização tecnológica da refinaria de cobre, o qual contempla um aumento de produção para 280 mil t/ano de catodo de cobre, utilizando a tecnologia de cátodo permanente (Aslin *et al.*, 2010). Esta tecnologia prevê uma elevação na densidade de corrente para valores próximos de 330 A/m<sup>2</sup>, e compreende praticamente a compra de uma máquina especial para remover o catodo de cobre após 7 dias de depósito sobre as chapas de aço inox .

## 3. RESULTADOS

A partir da implantação das modificações na rotina e instalação dos novos grupos na planta de refino eletrolítico da PARANAPANEMA S.A., pode-se verificar nos gráfico a seguir um aumento aproximado de 7% na produção, sendo que em termos de capacidade esse aumento foi de 15%. Considerando a implantação da expansão prevista para 2012, esse aumento será de 21%.

## XXIV ENTMME - 2011 - Salvador/Bahia

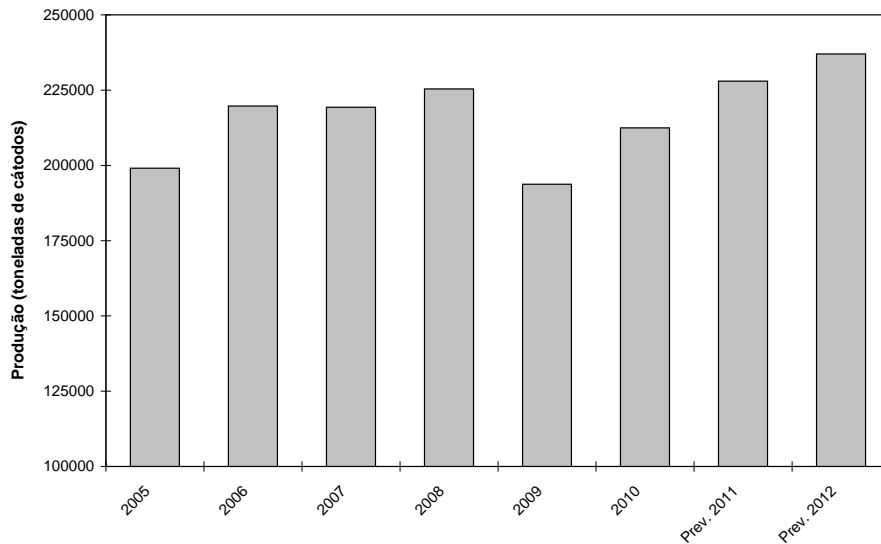


Figura 1 – Produção de cátodos em toneladas de 2005 a 2010 e previsão para 2011 e 2012.

Está previsto também um aumento na densidade de corrente, passando-se a operar com valores próximos a 300 A/m<sup>2</sup>, conforme pode ser verificado no gráfico a seguir, a partir de 2012.

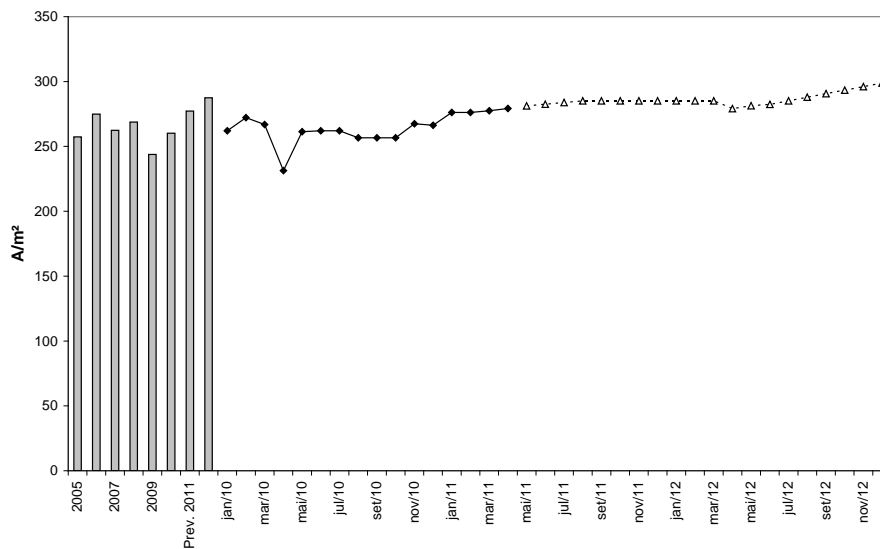


Figura 2 – Densidade de corrente (A/m<sup>2</sup>) de 2005 a 2010 e previsão para 2011 e 2012.

O gráfico a seguir apresenta o aumento na eficiência de corrente a partir de 2005, o que comprova a melhora na qualidade e produtividade ao longo desses anos, sendo que a meta é operar acima de 98%.

## XXIV ENTMME - 2011 - Salvador/Bahia

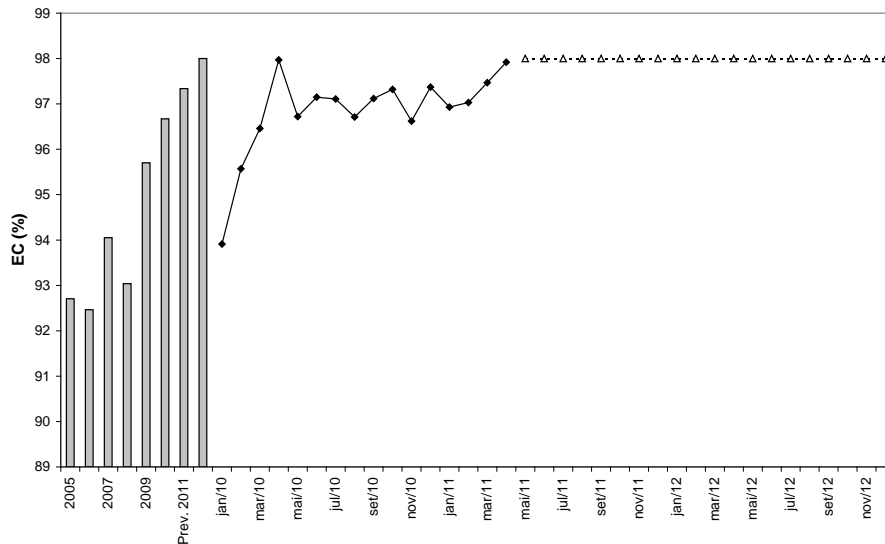


Figura 3 – Eficiência de corrente (%) de 2005 a 2010 e previsão para 2011 e 2012.

A partir do gráfico 4, podemos verificar uma redução significativa no consumo de energia, uma vez que foram reduzidas as fugas de corrente e número de curtos, melhorando a eficiência de corrente.

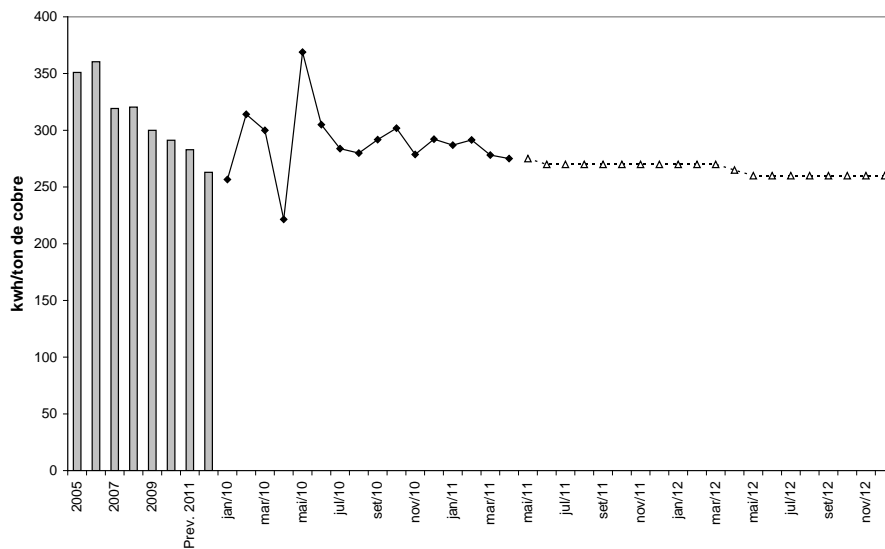


Figura 4 – Consumo de energia (kWh) por toneladas de cátodo.

A tabela II a seguir apresenta um comparativo entre as principais refinarias no mundo que utilizam a tecnologia convencional (Moats *et al.*, 2007). Os dados do ano de 2011 apresentados para a Paranapanema referem-se aos meses de janeiro a abril e a produção prevista para os meses de janeiro a dezembro.

Tabela II – Comparativo entre as principais refinarias de cobre no mundo, (Moats *et al.*, 2007)

Refinaria	Localização	Ano (Dados)	Capacidade de produção, toneladas de cátodo por ano	Produção de cátodos, ton	Amperagem por célula	Densidade de corrente, A/m <sup>2</sup>	Espaçamento, mm	Eficiência de corrente, %	kWh por tonelada de cátodo
Codelco Norte	Chuquicamata, Chile	2003	666.658	-	24.000 - 27.000	242 - 252	114	-	288,5
Asarco LLC	Amarillo, TX, USA	2005	500.000	188.745	20.000	234	108	94	-
Phelps Dodge	El Paso, TX, USA	2005	455.000	295.018	17.500	274	102	94	290
Codelco	Las Ventanas, Chile	2005	375.000	359.000	21.000 - 21.500	305	105	96 - 97	-
Southern Peru Copper	Ilo, Peru	2005	285.000	185.200	29.450	277,6	100	97,6	-
OnahamaSmelting & Ref.	Onahama, Japão	2005	258.000	242.800	18.500	205	110	98	-
Mitsubishi Materials Corp	Naoshima Refinery, Japão	2005	231.600	208.600	27.500	260	97	96	-
Paranapanema S.A.	Bahia, Brasil	2005	225.000	199.041	22.000	257	110	92,7	350
		2010	230.000	212.452	21.700	260	110	96,7	291
		2011*	230.000	228.000	21.800	277,3	110	97,3	283
Sumitomo Metal Mining	Nishibara, Japão	2005	175.200	151.108	16.970	291	105	98	339
PASAR	Isabel, Leite, Filipinas	2005	172.500	180.600	29.800	299	100	93,24	-
Nicico	Sar Chesmeh, Ira	2005	158.000	168.000	24.450	270	105	91,3	-
Cobre de Mexico Nacozari	Sonora, Mexico	2005	150.000	96.000	7.750	193	102	94	-
Codelco Salvador	Potrerillos, Chile	2005	139.392	137.798	10.250	234	98	97,9	223
Sumitomo Metal Mining (Nº1)	Toyo, Japão	2005	135.000	123.279	33.800	301	105	97	-
Boliden Harjavalta Oy	Porí, Finlândia	2005	126.000	124.225	17.900	327	112	92	443

#### 4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados pode-se verificar a importância de se ter um controle sobre os parâmetros que impactam diretamente na eficiência de corrente, para garantir a produção de cátodos com boa qualidade, além de aumentar a produtividade.

A geração de chapas de partida de melhor qualidade juntamente com um controle mais rigoroso na seleção dos eletrodos, tanto na verticalidade, quanto peso e aspecto físico favoreceram a uma redução no número de curtos-circuitos.

A variação na vazão de eletrólito causa problemas de má distribuição de aditivos no eletrólito e contaminação dos cátodos. Um dos principais fatores que causam esse problema, como a deposição de arsenatos nas válvulas e tubulações, foi minimizado através da implantação do procedimento de limpeza das tubulações. Além disso, vale ressaltar a importância do controle na filtração para minimizar os efeitos da variação da vazão.

Com a implantação dessas práticas, além de obter um ganho maior na produção, conseguiu-se reduzir o custo de produção dos cátodos.

#### 5. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Diretoria da Paranapanema pela oportunidade de desenvolver todo este trabalho de melhorias na Refinaria de cobre da Paranapanema SA. Agradecemos, também, todo o pessoal da operação, manutenção, processo e engenharia que tornaram possível estes excelentes resultados alcançados.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Moats, M., Davenport, W., Demetrio, S., Robinson, T., Karcas, G. Electrolytic Copper Refining – 2007 World Tankhouse Operating Data. Proceedings of the Sixth International Copper-Cobre Conference, v. V, p.375-424, Toronto, Ontario, Canada, 2007;

Nagai, K., Hashikawa, T., Yamagush, Y. Recent Improvements and Expansion at the Toyo Copper Refinery. Proceedings of Copper 2010, v. 4, p.1521-1530, Hamburg, Alemanha, 2010;

Aslin, N. J., Eriksson, O., Heferen, G. J., Yek, G. S. Developments in Cathode Stripping Machines – An Integrated Approach for Improved Efficiency. Proceedings of Copper 2010, v. 4, p.1253-1270, Hamburg, Alemanha, 2010.