

UTILIZAÇÃO DO AMIDO DE MANDIOCA NA FLOTAÇÃO DA SAMARCO MINERAÇÃO S.A ¹

*Paulo Sérgio Mapa ²
Álvaro José do Carmo Resende ³
Marcos Gomes Vieira ⁴*

Resumo

A gradual queda de seletividade da flotação do quartzo, de alguns itabiritos lavrados atualmente na Samarco Mineração S.A, tem causado uma queda nos índices de recuperação metálica. Para reverter essa situação, preservando os níveis de qualidade concomitantemente com a manutenção e/ou elevação dos índices de recuperação metálica e a redução de custos, uma das opções é o desenvolvimento de reagentes alternativos. Neste trabalho, buscou-se estudar a utilização do amido de mandioca (farinha) em substituição à utilização do amido de milho (fubá). Foram feitos testes de flotação em célula mecânica de laboratório e testes industriais. Foram obtidos melhores índices de recuperação metálica com a utilização da farinha de mandioca e, também, uma redução expressiva no consumo de coletor.

Palavras-chave: Flotação; Amido; Recuperação metálica.

CASSAVA STARCH UTILIZATION ON THE SAMARCO MINERAÇÃO S.A FLOTATION PROCESS

Abstract

The iron ore that is currently been explored by Samarco Mineração S.A. have been showed a selectivity reduction on the quartz flotation, causing a decrease of the process metallic recovery. The development of alternative reagents is one of the options to maintain or even increase this metallic recovery, keeping the quality levels of the concentrate and also trying to reduce the process costs. The purpose of this study was to verify the possibility of substitution of the corn starch for the cassava starch. Laboratory flotation tests on mechanical cells and an industrial test were performed and the cassava starch presented an increase of the process metallic recovery and a significant reduction of the collector consumption.

Key-words: Flotation; Starch; Metallic recovery.

¹ *Contribuição técnica ao VIII Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 18 a 21 de setembro de 2007, Salvador - BA, Brasil.*

² *Analista de Processo Sênior da Gerência de Processo e Automação, Gerência de Operação Minas, Samarco Mineração S/A - Unidade de Germano*

³ *Engenheiro de Processo Pleno da Gerência de Processo e Automação, Gerência de Operação Minas, Samarco Mineração S/A - Unidade de Germano*

⁴ *Chefe de Equipe de Laboratórios da Gerência de Processo e Automação, Gerência de Operação Minas, Samarco Mineração S/A - Unidade de Germano*

1 INTRODUÇÃO

O processo de flotação catiônica reversa de minério de ferro ocupa papel estratégico em todas as grandes usinas brasileiras produtoras de *pellet-feed*. Iwasaki⁽¹⁾ destaca três fatores para esse papel primordial da flotação:

- (i.) A flotação é o principal processo utilizado para a concentração de minérios oxidados de baixos teores;
- (ii.) O processo possibilita a redução dos teores em sílica de concentrados magnetíticos obtidos por separação magnética, principalmente quando a liberação extremamente fina da sílica impede o bom desempenho da separação magnética;
- (iii.) A flotação é o processo mais indicado para a produção de concentrados com baixos teores de sílica, destinados aos processos metalúrgicos de redução direta.

Rabelo⁽²⁾ destaca também o forte impacto positivo da flotação nas questões ambientais, ao possibilitar a recuperação de grandes massas de frações finas de minérios de baixos teores em ferro, rejeitadas por processos destinados somente à produção de granulados e *sinter-feed*, ao longo de vários anos. A importância econômica do aproveitamento desse material também é indiscutível.

Um dos parâmetros mais utilizados para aferir o desempenho desse processo é a recuperação metálica. Sua maximização é de vital importância para o aumento do lucro do empreendimento mineral, para a elevação da vida útil das reservas e das bacias de descarte de rejeito.

Na flotação reversa de minérios de ferro de baixos teores (itabiritos), utilizando eteramina como coletor/espumante, os minerais de ferro também estão susceptíveis à flotação na presença de eteramina, principalmente as de cadeias maiores, devido à componente eletrostática do mecanismo de adsorção das aminas. Torna-se necessária a adição de um depressor, que irá permitir a seletividade do coletor para o quartzo, reforçando o caráter hidrofílico dos minerais de ferro. Os reagentes depressores mais utilizados neste sistema de flotação são os amidos.

Amidos são depressores universais de óxidos de ferro na flotação de minérios de ferro. Amidos podem ser extraídos de diversas espécies vegetais tais como milho, mandioca, batata, trigo, arroz, cará e araruta. Na indústria mineral, amidos de milho são as espécies mais largamente utilizadas. Amido de milho tem sido usado na flotação de minérios de ferro no Brasil desde 1978, conforme Araújo, Peres e Viana.⁽³⁾

O nome comercial do produto utilizado inicialmente era Collamil, consistindo de um pó muito fino, de elevada pureza. O conteúdo de amilose mais amilopectina atingia 98% a 99% em base seca, o restante sendo representado por fibras, matéria mineral, óleo e proteínas. Esse produto era usado na Samarco e também em concentradores de fosfato. Não havia razões técnicas para a busca de alternativas ao Collamil. Por outro lado, uma empresa detinha o monopólio de seu fornecimento. Esse monopólio gerou sérios problemas comerciais e a Samarco investigou, mediante experimentos de laboratório, alternativas ao Collamil, tendo Viana e Souza⁽⁴⁾ identificado o gritz de milho como um possível substituto.

O gritz de milho, utilizado em cervejarias, estava disponível em condições comerciais atraentes e os resultados da prática operacional mostraram que o uso do mesmo não prejudicou o desempenho metalúrgico da usina de concentração, bem como a obtenção do teor de sílica no concentrado. O preço do depressor alternativo era aproximadamente a metade daquele do amido até então utilizado e havia forte

competição entre oito diferentes fornecedores, um cenário muito mais confortável que o antigo monopólio.

Algum tempo mais tarde, segundo Araújo, Peres e Viana,⁽³⁾ a demanda por griz de milho para o mercado de *snaks*, que pagava um preço muito maior que aquele praticado pela mineração, levou os produtores de amido a oferecer o fubá como alternativa. O fubá é muito mais fino que o griz e apresenta maior teor de óleo. Araújo, Peres e Viana⁽³⁾ observam que teores de óleo em amidos superiores a 1,8% são considerados um risco para a estabilidade da espuma, com o risco aumentando para minérios com maior valor de perda ao fogo.

Embora todas as bibliografias consultadas considerem a supressão da espuma como o maior problema ocasionado por altos teores de óleo, este fato ainda não foi observado na usina de concentração da Samarco. Resultados de testes de flotação em bancada, conduzidos por Mapa e Vasconcelos⁽⁵⁾ e realizados no laboratório de controle de processo da Samarco, com fubás de quatro diferentes fornecedores, mostram que, embora a formação de espuma ocorresse de modo semelhante, fubás com maiores teores de óleo e menores teores de amido conduziam a menores índices de recuperação em peso e metálica. Efeitos deletérios na qualidade do concentrado não foram verificados e esses resultados foram análogos em diversos testes. As análises de amido e óleo foram realizadas em três laboratórios externos distintos e são apresentadas, na tabela 1, as médias das três análises.

Tabela 1. Resultados de testes de flotação com fubás de diferentes fornecedores

Fornecedor	SiO ₂ (%) Concentrado	Fe (%) Rejeito	Recuperação em Peso (%)	Recuperação Metálica (%)	Amido (%)	Óleo (%)
A	2,16	16,39	65,13	88,33	85,51	1,24
B	2,29	16,37	65,51	88,48	87,40	1,20
C	1,86	19,73	62,35	84,81	79,26	2,66
D	1,84	22,04	60,40	82,03	72,45	3,06

O beneficiamento do minério de ferro na usina de concentração da Samarco Mineração S.A inicia-se com a pré-moagem e a moagem primária, para adequar a granulometria à flotação. Em seguida, é efetuada a deslamagem, em 3 etapas de ciclonagem. A primeira etapa da flotação é mecânica e é nela que ocorre a maior parte da remoção da sílica do minério. O concentrado dessa flotação é moído e passa por outra etapa de flotação mecânica em células de grande volume. Em seguida a polpa segue para o circuito de flotação em colunas, onde é feita a remoção final de sílica. A próxima etapa é a moagem secundária que ajusta a granulometria do minério para o transporte pelo mineroduto e a pelotização.. Após esta etapa, o concentrado é espessado e transferido para os tanques do mineroduto, de onde seguirá para a usina de pelotização, em Ponta Ubu. Na Figura 1 está apresentado o fluxograma geral da Samarco e na figura 2 o fluxograma da usina de concentração.

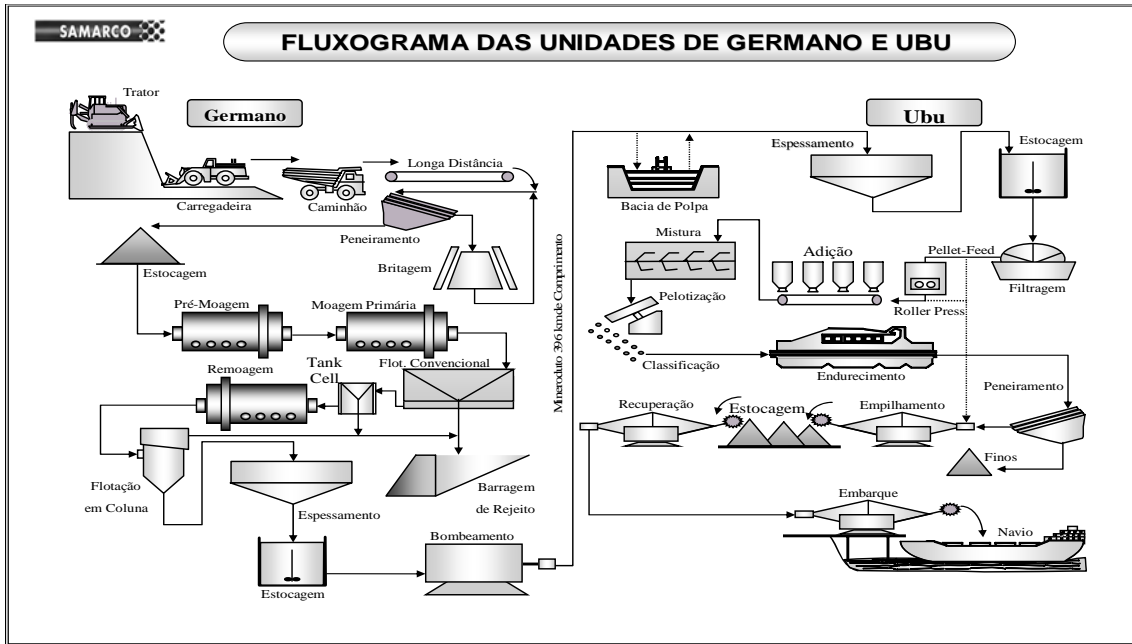


Figura 1. Fluxograma do processo produtivo da Samarco Mineração S.A.

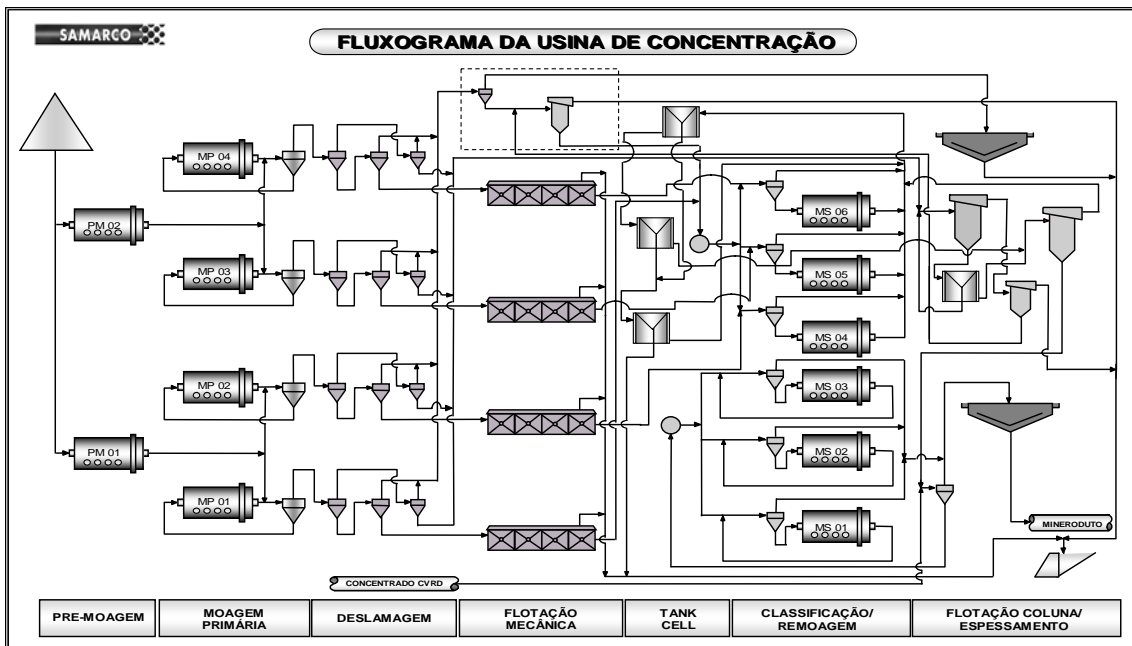


Figura 2. Fluxograma da usina de concentração da Samarco Mineração S.A.

A mistura de minérios itabiríticos provenientes de três minas (Alegria 1/2/6, Alegria 3/4/5 e Alegria 9) proporciona variações físicas (ex.: liberação, granulometria e área superficial da alimentação) e químicas (ex.: teores de Fe, SiO₂, Al₂O₃, P e PPC) na alimentação da usina de concentração da Samarco e, de forma mais relevante, na alimentação do processo de flotação, ocasionando mudanças na seletividade do mesmo.

O tratamento de minérios cada vez mais complexos, com menores taxas de flotação da ganga, menores teores de ferro e crescentes taxas de alimentação para compensar as menores recuperações em peso decorrentes dessa queda de teores, ocasiona quedas na recuperação metálica na usina de concentração da Samarco Mineração S.A, cujo fator preponderante é a perda de partículas ultrafinas de

minerais de ferro no flotado, por arraste ou flotação verdadeira. A figura x mostra a tendência de redução do teor de ferro na alimentação da usina de concentração.

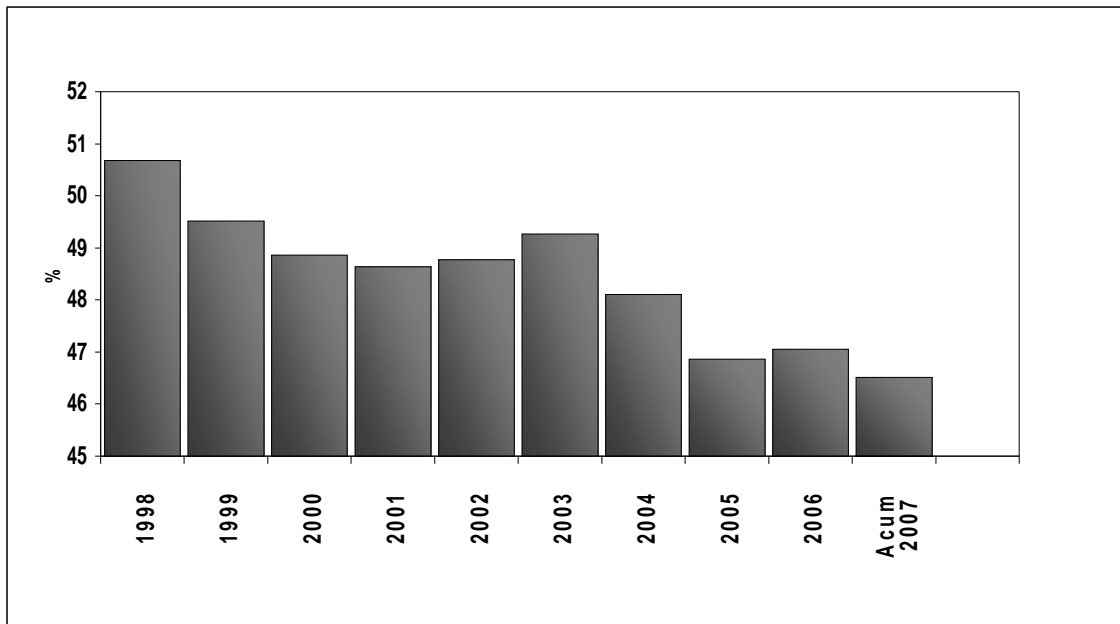


Figura 3. Teor de ferro na alimentação da usina de concentração

Essa queda na recuperação metálica tornou-se mais acentuada à partir de 2004/2005 e suscitou a necessidade de pesquisas voltadas para melhorar ou no mínimo retornar aos patamares anteriores de recuperação. Dentro desta linha de ação, iniciaram-se algumas pesquisas e o estudo da utilização do amido de mandioca (farinha) em substituição à utilização do amido de milho (fubá) foi uma delas, frente aos resultados dos testes da tabela 1, onde verifica-se a influência do teor de óleo na recuperação metálica e ao fato do amido de mandioca ser praticamente isento desse componente.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados testes de flotação em bancada no laboratório de controle de processo da Samarco, conforme procedimento interno. Os ensaios foram realizados em célula Wemco de 2400ml, com rotação de 1300 rpm. O coletor da ganga silicatada foi uma mistura de 75% de etermonoamina Flotigam EDA-3, fornecida pela Clariant, e de 25% de eterdiamina Flotigam 2835-2, também fornecida pela Clariant. A solução de coletor foi preparada na concentração de 1%p/v. A dosagem de coletor foi de 50g/t.

Os depressores dos minerais de ferro foram o fubá de milho, tendo sido selecionado aquele que rotineiramente apresentava os melhores resultados tanto no uso industrial quanto na utilização em laboratório, e dois produtos derivados de mandioca disponibilizados por um potencial fornecedor: uma farinha de mandioca pura e uma mistura de farinha de mandioca com um farelo de mandioca, sendo este farelo um subproduto da fabricação de fécula de mandioca. Os depressores foram gelatinizados com soda cáustica (NaOH) na proporção 5:1. A solução de depressor foi preparada na concentração de 1%p/v e a solução de soda foi preparada a 3% p/v. A dosagem de depressor foi de 450g/t.

O procedimento adotado nos ensaios de flotação é o seguinte: adiciona-se na cuba de flotação a massa de amostra correspondente ao percentual de sólidos desejado para um volume final de 2400ml de polpa, acrescentando-se 1500ml de água destilada. Agita-se a polpa, adicionando na seqüência um volume da solução de depressor correspondente à dosagem desejada, e condiciona-se por 5 minutos. Na seqüência, adicionam-se mais 600ml de água destilada, obtendo-se um volume de 2400ml. Ajusta-se o pH para 10,5 com a solução de soda. Acrescenta-se o volume de solução de coletor correspondente à dosagem do ensaio e condiciona-se por 1 minuto. Abre-se o ar da célula e inicia-se a flotação, removendo-se mecanicamente, com espátulas, a espuma da cuba, durante 3 minutos.

Visando confirmar os resultados obtidos nos testes de flotação em bancada, foram programados dois testes industriais com a utilização de farinha de mandioca pura, um em campanha de sílica normal (CNS) e outro em campanha de sílica baixa (CLS), em que os teores máximos de sílica no concentrado final são 1,7% e 1,06%, respectivamente. Nesses testes a concentração máxima estipulada para a solução de depressor foi de 3,5%p/v, no intuito de evitar problemas no bombeamento da solução para os pontos de adição na usina de concentração. Na utilização rotineira de fubá a concentração da solução situa-se em torno de 5,5%p/v, tendo em vista a menor viscosidade da mesma.

3 RESULTADOS

Os ensaios de flotação em bancada, com os produtos derivados de mandioca sendo comparados com o fubá de milho rotineiramente utilizado na usina, foram executados em duplicata e os resultados de cada teste, assim como as médias dos mesmos podem ser observados nas Figuras 4 e 5.

A Tabela 2 mostra os resultados médios alcançados no período de 03 a 06/02/06, com a utilização industrial de fubá de milho e no período de 15 a 20/02/06, com a utilização de farinha de mandioca, em campanha CNS. Também são mostrados os resultados médios atingidos em campanha CLS, com a utilização de fubá no período de 21/02 a 24/02/06 e de farinha no período de 25/02 a 02/03/06.

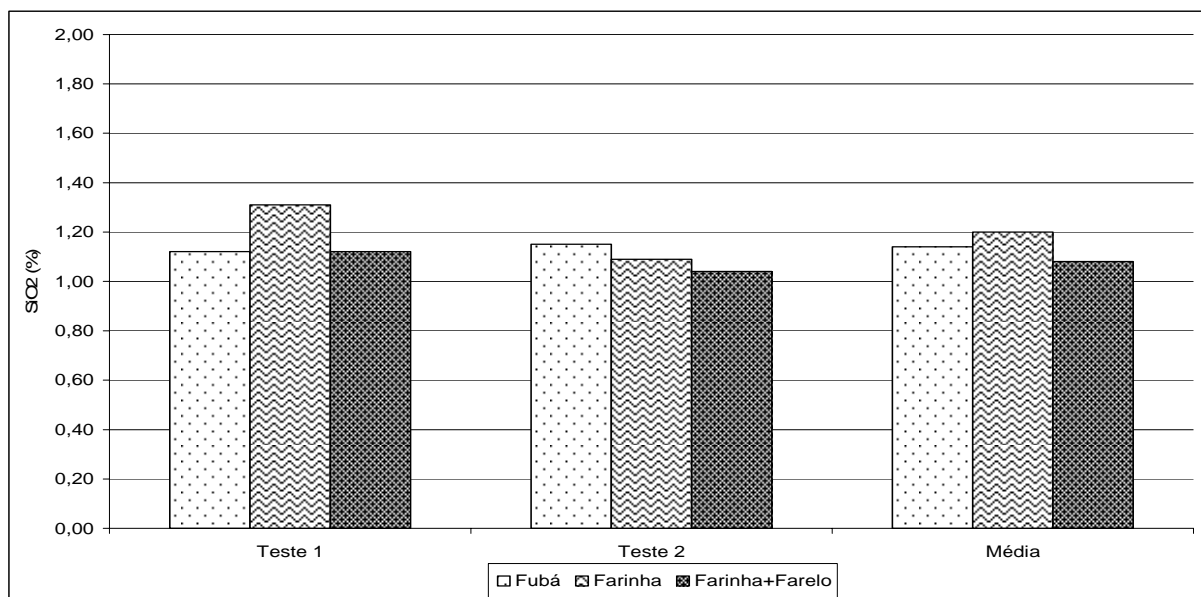


Figura 4. Teor de sílica no concentrado em função do depressor utilizado

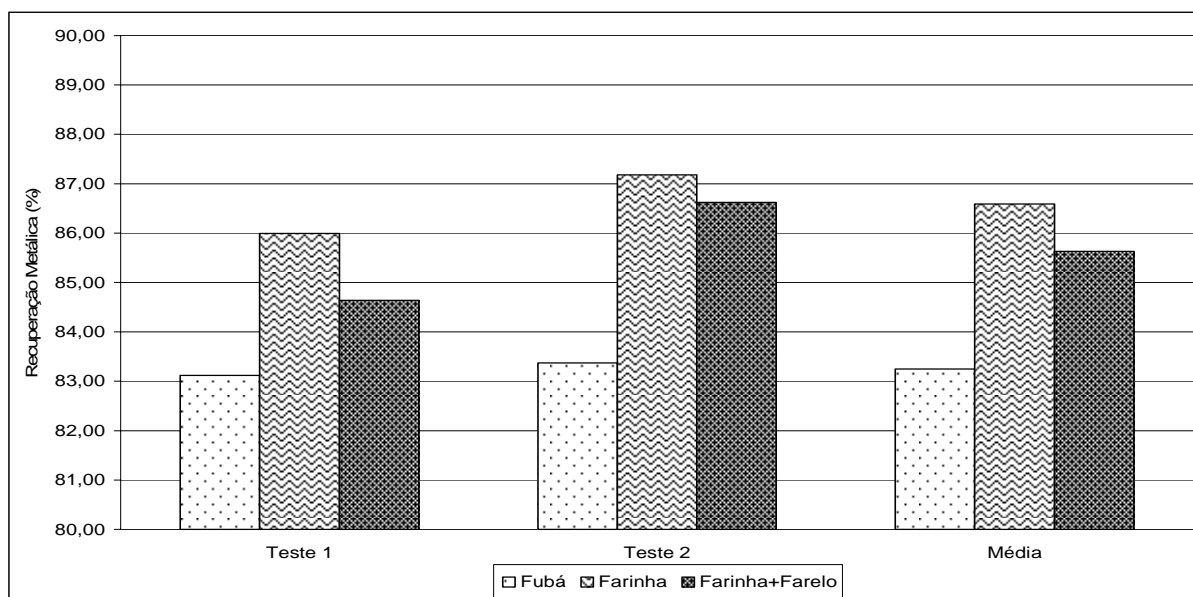


Figura 5. Recuperação metálica em função do depressor utilizado

Tabela 2. Quadro resumo dos testes industriais comparativos

Campanha	Depressor	Consumo depressor (g/TMSc ¹)	Consumo coletor (g/TMSc ¹)	Recuperação metálica (%)	SiO ₂ no concentrado (%)
CNS	Fubá	1331	130	90,54	1,64
	Farinha	1346	109	93,85	1,50
Diferenças		+ 1,12%	-16,15%	+3,31	-0,14
CLS	Fubá	1458	160	90,06	1,05
	Farinha	1443	113	91,12	1,02
Diferenças		-1,02%	-29,37%	+1,06	-0,03

4 DISCUSSÃO

Os ensaios de flotação em bancada com os produtos derivados de mandioca sendo comparados com o fubá de milho sinalizaram a possibilidade de obtenção de melhores índices de recuperação metálica, com a manutenção da qualidade do concentrado. Os resultados médios de recuperação metálica com a utilização de farinha de mandioca e de farinha misturada com farelo de mandioca foram, em valores absolutos, 3,34% e 2,28%, respectivamente, maiores que a média dos ensaios com a utilização de fubá como depressor.

A comparação entre os resultados médios da flotação mecânica, durante o período do teste industrial, mostrou ganhos na recuperação metálica, em valores absolutos, de 3,31% na campanha de sílica normal (CNS) e de 1,06% na campanha de sílica baixa (CLS), índices certamente afetados pela interferência de variáveis que, no dia-a-dia, fogem dos limites normais de operação (peagômetros descalibrados, quedas bruscas no teor de ferro, troca de bombas, etc.). O consumo de coletor sofreu uma redução acentuada quando da utilização da farinha de mandioca, de 16,15% na

¹ Tonelada métrica seca de concentrado

campanha CNS e de 29,37% na campanha CLS. O consumo de depressor não sofreu alterações significativas.

A análise dos dados apresentados na tabela 2 propiciou a consideração de duas oportunidades com a utilização da farinha de mandioca: redução de 20% no consumo de etramina e aumento de 1,5% na recuperação metálica.

Partindo das premissas listadas abaixo é possível prever um possível aumento na capacidade produtiva de aproximadamente 130.000 TMSc/ano, considerando a utilização da farinha de mandioca em campanhas CLS e a programação anual de produção com um mix de 50% de CNS e 50% de CLS:

- Teor de Fe na alimentação da usina: 46,67%
- Teor de Fe no concentrado: 66,87%
- Aumento de recuperação metálica: 1,5%
- Aumento de recuperação em peso = $1,5\% \times (46,97\%/66,87\%) = 1,05\%$
- Recuperação em peso orçada Samarco/2006: 57,73%
- ROM orçado para 2006: 27.000.000 TMN
- Umidade e perdas: 6,98%

5 CONCLUSÃO

Os dados de recuperação metálica referentes aos períodos em que foi utilizada a farinha de mandioca como depressor mostraram diferenças significativas dos períodos em que foi utilizado o fubá de milho. Houve também uma redução significativa no consumo de amina, ocasionada, provavelmente, pela maior seletividade proporcionada pela utilização da farinha de mandioca, que é praticamente isenta de óleo.

Esses fatos, aliados a um estudo de custo/benefício e ao conhecimento do mercado de derivados de mandioca, indicaram a utilização parcial da farinha de mandioca como a alternativa mais viável. Assim, considerando-se também a grande demanda atual de minério de ferro, concluiu-se que a utilização de farinha de mandioca em campanhas de sílica baixa (CLS), onde maiores dificuldades na obtenção do teor de sílica no concentrado ocasionam maiores perdas nos índices de recuperação metálica, seria o mais apropriado no momento.

REFERÊNCIAS

- 1 de ARAUJO, A. C., PERES, A. E. C, VIANA, P. R. M. (2004) Reagentes na flotação de minérios de ferro. In: 59º Congresso Anual da ABM Internacional, São Paulo. Anais do 59º Congresso Anual da ABM. São Paulo: ABM, p. 4815-4823.
- 2 IWASAKI, I. (1983) **Iron ore flotation, theory and practice**. Mining Engineering, p.622-631
- 3 MAPA, P S., VASCONCELOS, S. L. (2004) Ensaio de flotação em laboratório e sua aplicação no controle operacional. In: 3º Seminário de Tecnologia Mineral – CVRD – Belo Horizonte.
- 4 RABELO, P. J. B. (1994) Estudos de caracterização e redução do teor de fósforo do minério de ferro da mina de Alegria, Mariana, MG. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte.
- 5 VIANA, P. R.M. e SOUZA, H. S. (1985) O uso de gritz de milho como depressor no sistema de flotação hematita/quartzo. In: II congresso latinoamericano de flotación, Universidad de Concepción, vol. II, p.Vi 2.1-Vi 2.20.