

ESTUDO PARA OTIMIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NA FLOTAÇÃO REVERSA DE *PELLET FEED* DA MINERAÇÃO CASA DE PEDRA ATRAVÉS DE UMA UNIDADE PILOTO MÓVEL DE FLOTAÇÃO EM COLUNA¹

E. C. Souza²
P. S. de Oliveira²
M. C Segato²
T. O. Moreira²
D. Magalhães³
J. A. Aquino⁴
R. O. Albuquerque⁴
W. E. Junior⁴

Resumo

A Mineração Casa de Pedra com o objetivo de otimizar o processo de concentração de pellet-feed em colunas, desenvolveu testes em escala piloto, suportado pelo Serviço de Tecnologia Mineral do Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN). Os testes foram realizados com três colunas de flotação, bem equipadas com controladores instrumentais e o material alimentado foi retirado da alimentação das colunas industriais. As principais variáveis de processo como tempo de condicionamento de depressores e coletores, vazão de água, fluxo de ar, taxa de alimentação e pH foram reavaliados na planta piloto com objetivo de alcançar melhor performance operacional. Como resultado a recuperação metalúrgica aumentou 5,5% e o pellet feed com teor de 0,90% SiO₂. A Mineração Casa de Pedra melhorou o controle de processo da flotação e a capacidade de produzir pellet feed com alto teor de ferro.

Palavras-chave: Flotação em coluna; Minério de ferro; Otimização de processos.

Abstracts

Casa de Pedra Mining in order to optimize the process of pellet-feed concentration on column flotation, developed pilot scale tests supported by Mineral technology Service (CDTN – Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear). The pilot tests were carried-out with 3 columns flotation well equipped with instrumental controlling and the fed material was taken from the feed of the industrial columns. The main process variables as conditioning time for depressants and collectors, flows of water and air, feed rate and pH, were reevaluated at the pilot plant in order to achieve a better operational performance. As a result the metallurgical recovery increase 5,5% and the pellet feed with 0,90% SiO₂. Casa de Pedra Mining improved the control on flotation process and the capability to produce pellet feed with high grade iron content.

Key words: Column flotation; Iron ore; Process optimization.

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

² *Engenheiros da Mineração Casa de Pedra (CSN)*

³ *Técnico de Desenvolvimento da Mineração Casa de Pedra (CSN)*

⁴ *Pesquisadores do Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear – CDTN*

INTRODUÇÃO

A mineração Casa de Pedra está localizada no vale do Paraopeba, município de Congonhas, Minas Gerais, com reservas auditadas de 1,9 bilhão de toneladas de minério de ferro, sendo responsável pelo suprimento integral de minério de ferro para a usina siderúrgica Presidente Vargas - CSN. Produz granulados, *sinter feed* e *pellet feed* de elevado teor de ferro e ótimas propriedades físicas. As reservas minerais de Casa de Pedra são expressivas, com alto teor de pureza (de até 68%) e classificação do tipo *world class mine*. Atualmente a produção de Casa de Pedra é de 16,0 milhões de toneladas por ano, com previsão de 40 milhões de toneladas até 2010.

Dos 16 milhões de toneladas de produtos produzidos anualmente, 20% é de *pellet feed*. Para produção de *pellet feed* a polpa proveniente do overflow dos hidroclassificadores é deslamada em três estágios de hidrociclonagem e concentrada através do processo de flotação catiônica reversa.

A flotação é o processo de concentração mais utilizado pela indústria mineral e tem como objetivo a separação do(s) mineral(is) útil(eis) dos de ganga presentes em um dado minério. O processo baseia-se na diferença existente nas propriedades físico-químicas de superfície dos diversos minerais. Uma partícula mineral é denominada hidrofóbica quando não tem afinidade com a água. Normalmente, para concentração via flotação a hidrofobicidade dos minerais é induzida através da interação da polpa com agentes químicos específicos, uma vez que poucos minerais possuem hidrofobicidade natural. Por meio da passagem de bolhas de ar através da polpa em uma máquina de flotação, as partículas hidrofóbicas são coletadas e, portanto, separadas das partículas minerais hidrofílicas, que afundam.

Visando estudar as variáveis de processo do circuito de concentração de *pellet feed*, em outubro de 2006, a Coordenação de Processo da Gerência de Tratamento de Minérios da Mineração Casa de Pedra contratou a equipe da Área Mineral do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN.

Esse trabalho consistiu da instalação de uma unidade piloto móvel de flotação em coluna, de propriedade do CDTN, junto à planta industrial da Mineração Casa de Pedra, alimentada com parte do fluxo desviado da alimentação usual da unidade industrial de flotação em coluna para garantir a representatividade dos ensaios.

Os resultados obtidos mostram que a realização de testes piloto em paralelo com a produção industrial torna possível avaliar o efeito de variáveis de processo tais como: dosagens dos reagentes depressores e coletores, pH, velocidades superficiais específicas do ar e da água de lavagem, tempo condicionamento dos reagentes, avaliação da capacidade de alimentação das colunas, em condições similares de alimentação, ou seja, sob a influência da variabilidade inerente à alimentação de plantas industriais e da qualidade da água. A partir desse trabalho foi possível comparar a resposta de desempenho metalúrgico das colunas nas duas escalas e definir as condições mais favoráveis à obtenção de resultados otimizados na escala industrial.

Este trabalho tem por objetivo avaliar e otimizar as variáveis de processo e operacionais na flotação reversa de *pellet feed* da mineração Casa de Pedra.

MATERIAL E MÉTODOS

A unidade piloto de flotação com capacidade em torno de 400kg/h, e constituída basicamente por: três colunas de flotação, sendo duas colunas de 6" e uma coluna

de 4" de diâmetro, totalmente instrumentadas; três condicionadores de polpa; seis bombas de polpa para alimentação de minério de ferro nas etapas do circuito; bombas peristálticas utilizadas na dosagem e controle de reagentes; rotômetros para controle das vazões de ar e água industrial; inversores e sistemas eletrônicos para garantir o total controle automático do circuito.

Parte do fluxo da polpa de alimentação da planta industrial de flotação da CSN, com uma concentração de sólidos usualmente superior a 70%, era desviada para um tanque pulmão de onde era alimentada a uma taxa constante no condicionador A, enquanto o excesso foi descartado. No condicionador era adicionada uma pequena quantidade de água de diluição, para ajuste da concentração de sólidos para 60% aproximadamente, e o agente depressor de hematita. A seguir, a polpa fluía por gravidade para o condicionador B, onde era adicionado o agente coletor dos minerais silicatados. Após a adição de água de diluição para adequação da concentração de sólidos para um valor médio de 50%, a polpa condicionada era então alimentada na coluna, obtendo-se na fração não-flotada o concentrado - contendo principalmente os minerais de ferro, e na fração flotada os minerais silicatados.

Para a realização dos testes do estágio *rougher* foi utilizada uma coluna de 15,2 cm de diâmetro e altura total de 530,0 cm, com sistema interno de geração de bolhas. O controle de nível da interface polpa-espuma era feito através de sinais provenientes de dois sensores de pressão instalados na coluna, processados no controlador digital CD-600, atuando sobre a vazão de polpa na fração não-flotada, ajustada na bomba de parafuso BO-3. As vazões de ar e de água de lavagem eram medidas e ajustadas através de rotômetros.

Nestes testes de flotação foram estudadas as seguintes variáveis:

- Dosagem dos reagentes depressor e coletor;
- pH;
- tempo de condicionamento dos reagentes depressor e coletor;
- concentração de sólidos no condicionamento;
- vazão de ar;
- vazão de água de lavagem;
- taxa de alimentação de sólidos.

Para avaliação da etapa *cleaner* foram realizados testes utilizando uma segunda coluna, de 10,2 cm por 530 cm.

Considerando a necessidade de se obter concentrado final com baixo teor de SiO_2 e elevado nível de recuperação de Fe, foram realizados testes de circuito utilizando as etapas *rougher/cleaner* e *rougher/scavenger*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão apresentadas as condições e os resultados dos testes de flotação *rougher* assim como os comentários sobre cada variável estudada. Em cada uma das séries de testes foi estudado o efeito de uma variável sobre o teor e a recuperação de Fe e SiO_2 no concentrado e no rejeito.

Os resultados dos testes variando o tempo de condicionamento do reagente depressor de 4,8 a 9,4 minutos estão apresentados na Tabela 1 e mostram que o aumento do tempo de condicionamento do depressor não alterou o desempenho da flotação. Em função disto, foi considerado o menor tempo de condicionamento estudado ($\approx 5,0$ minutos) como o mais adequado.

Tabela 1: Efeito do tempo de condicionamento do depressor na flotação *rougher*

Pilha	Teste	Tempo (min)	IS	Teor de Fe (%)		Teor de SiO ₂ (%)		Recuperação (%)		
				Conc	Rej	Conc	Rej	Massa	Fe	SiO ₂
83/82	FE-47	4,8	15,9	67,09	13,70	1,53	78,82	65,9	90,4	3,6
	FE-37	6,9	15,8	67,30	12,81	1,69	80,10	65,6	90,9	3,9
83	FE-47R	5,0	15,6	67,16	13,01	1,69	79,46	63,5	90,0	3,6
	FE-42R	7,2	15,5	67,18	15,76	1,35	76,30	63,1	87,9	2,9
	FE-54	9,4	14,5	66,90	13,60	1,83	78,73	63,0	89,3	3,8

Os resultados dos testes variando o tempo de condicionamento do reagente coletor estão apresentados na Tabela 2 e Figura 1. De maneira similar aos testes realizados para com o depressor, a percentagem de sólidos da polpa era mantida constante e variou-se o tempo de condicionamento.

Os resultados mostram que para ambas as pilhas estudadas o aumento do tempo de condicionamento do coletor acarretou aumento significativo no índice de seletividade e na recuperação de ferro e redução do teor de sílica no concentrado. Em função destes resultados, foi considerado o tempo de condicionamento de 10,1 minutos como o adequado para flotação do minério.

Uma vez que o condicionamento da amina permitiu a obtenção de concentrados com teores de SiO₂ significativamente mais baixos, foi possível reduzir a dosagem desse reagente para obtenção de resultados similares aos praticados atualmente, ou seja, sem a etapa de condicionamento do reagente coletor.

Tabela 2: Efeito do tempo de condicionamento da amina na flotação *rougher*

Pilha	Teste	Tempo (min)	IS	Teor de Fe (%)		Teor de SiO ₂ (%)		Recuperação (%)		
				Conc.	Rej.	Conc.	Rej.	Massa	Fe	SiO ₂
79	FE-8	0,0	7,9	64,68	15,17	5,19	76,80	64,2	88,4	10,8
	FE-7	5,6	13,9	66,53	11,98	2,31	81,03	65,9	91,5	5,2
	FE-9	10,1	17,9	67,10	9,59	1,86	84,71	65,0	92,9	3,9
83	FE-55	0,0	8,4	66,00	20,66	3,13	69,40	60,5	83,0	6,5
	FE-56	5,4	13,3	66,88	15,43	1,87	76,08	59,8	86,6	3,5
	FE-42R	9,7	15,5	67,18	15,76	1,35	76,30	63,1	87,9	2,9

Inicialmente, foram realizados testes com valores de pH de 10,6 e 11,1 e posteriormente com valores variando de 9,1 a 11,2, ajustados através da adição de ácido sulfúrico. Nesses testes foi mantida uma dosagem média do depressor e do coletor. Os resultados apresentados na Figura 2 mostram que na faixa estudada o valor de pH não teve influência significativa sobre o desempenho da flotação.

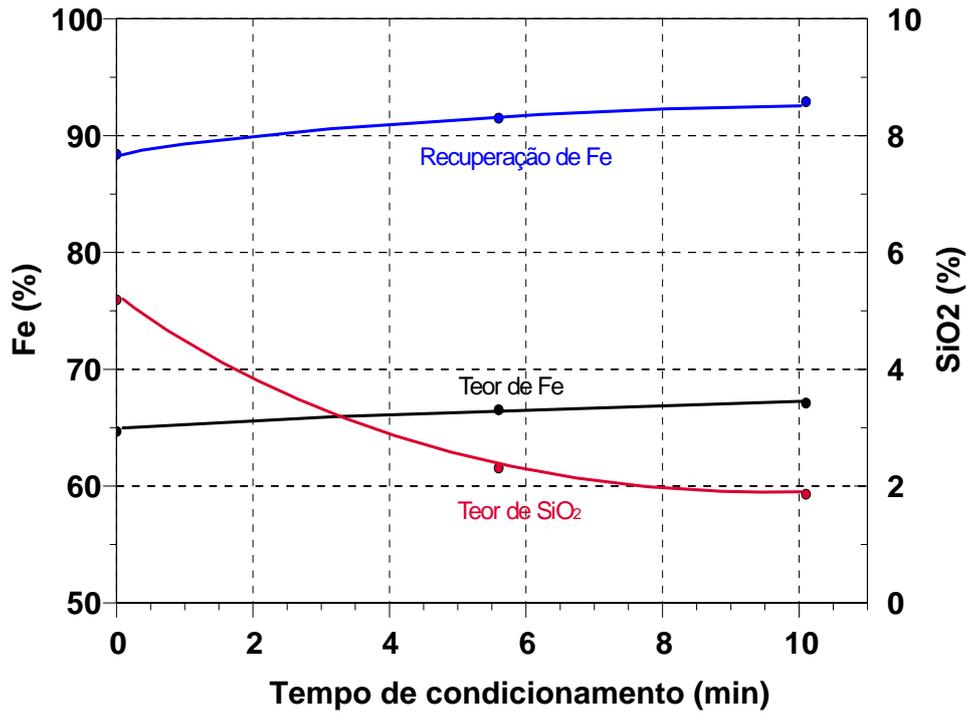


Figura 1 - Efeito do tempo de condicionamento da amina

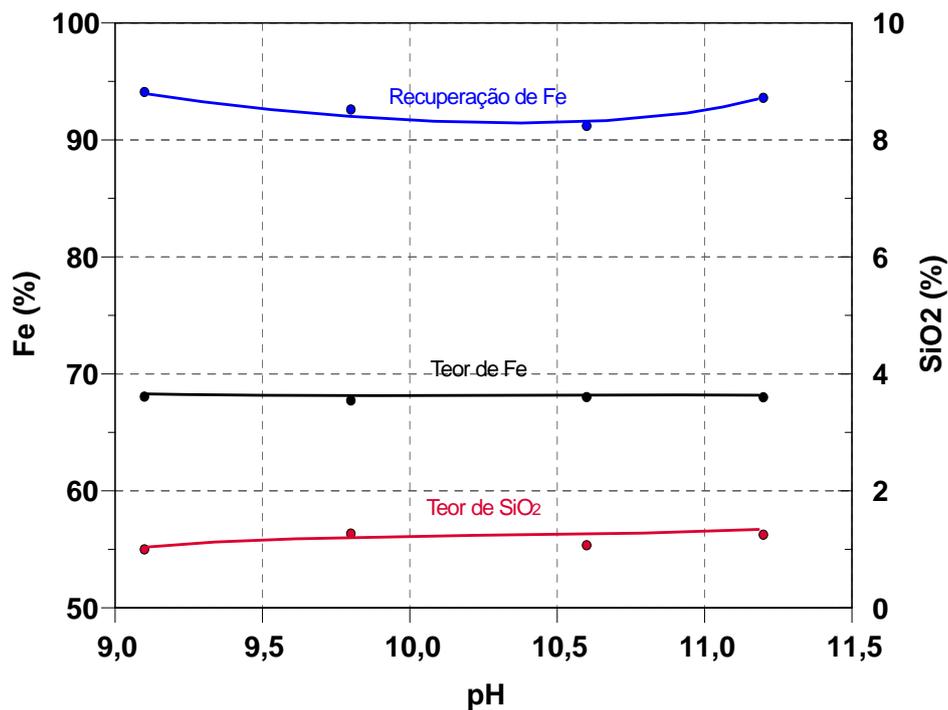


Figura 2: Efeito do valor de pH

Embora atualmente a CSN não utilize água de lavagem em suas colunas industriais *rougher*, foram realizados testes variando a velocidade superficial de água de lavagem de 0,00 a 0,41 cm/s. Os resultados estão apresentados na Figura 3 e Tabela 3 e mostram que o aumento desta variável até 0,28 cm/s propiciou uma significativa redução no teor de Fe do rejeito e conseqüente aumento na recuperação de Fe, sem elevação do teor de SiO₂ no concentrado.

Tabela 3 - Efeito da velocidade superficial de água de lavagem na flotação *rougher*

Pilha	Teste	Vel. Sup. de Água (cm/s)	IS	Teor de Fe (%)		Teor de SiO ₂ (%)		Recuperação (%)		
				Conc.	Rej.	Conc.	Rej.	Massa	Fe	SiO ₂
83	FE-44	0,00	13,3	67,62	20,76	1,26	68,79	53,6	79,0	2,1
82	FE-43	0,17	11,7	66,68	23,43	1,35	65,15	57,9	79,6	2,8
	FE-37	0,28	15,8	67,30	12,81	1,69	80,10	65,6	90,9	3,9
83	FE-44R	0,00	11,0	67,01	20,20	1,89	69,21	56,8	81,3	3,5
	FE-43R	0,12	15,0	67,59	18,46	1,18	72,14	58,2	83,6	2,2
	FE-42R	0,28	15,5	67,18	15,76	1,35	76,30	63,1	87,9	2,9
	FE-52	0,41	13,0	66,40	15,03	2,01	77,36	60,8	87,3	3,9

Normalmente as variáveis taxa de alimentação de sólidos e vazão de ar têm uma influência significativa sobre o processo de flotação, principalmente com relação à recuperação do mineral flotado. Os valores de vazão de ar utilizados nesse trabalho foram transformados em velocidade superficial de ar, que é definida como sendo a relação entre a vazão de ar e a área da seção transversal da coluna. Geralmente, colunas de flotação operam com velocidade superficial de ar entre 1,0 a 3,0 cm/s.

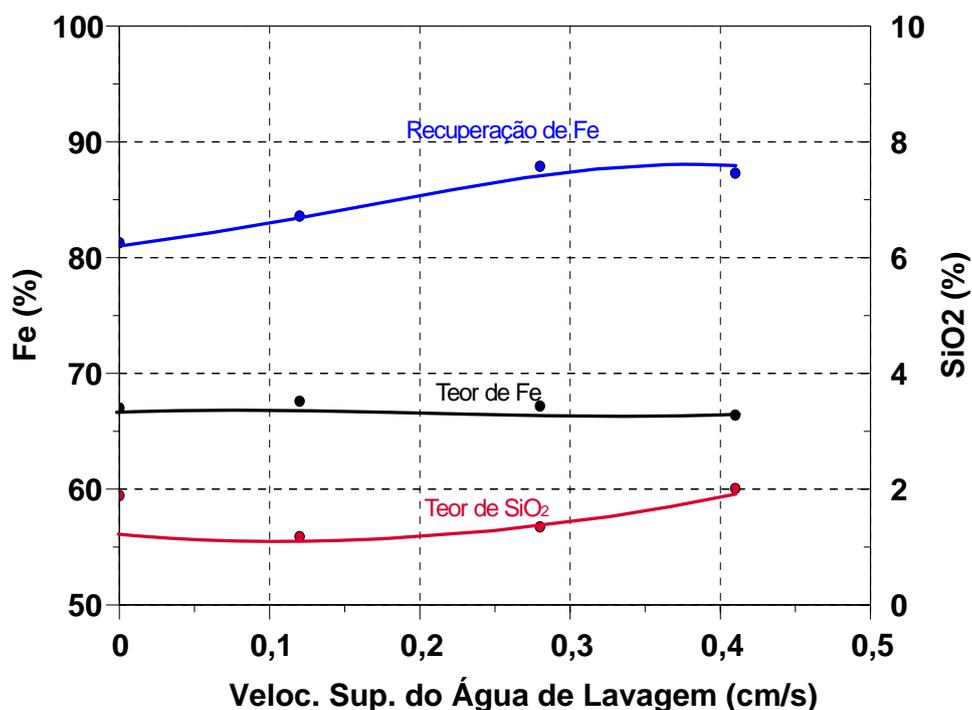


Figura 3 - Efeito da velocidade superficial de água de lavagem

Os resultados dos testes realizados variando a taxa de alimentação de sólidos de 328,3 a 604,4 kg/h, com diferentes valores de velocidade superficial de ar e mantendo constante as demais variáveis, estão apresentados na Tabela 4. Esses resultados mostram que para todas as taxas de alimentação de sólidos testadas o teor de Fe no rejeito foi crescente e, conseqüentemente, a recuperação de Fe no concentrado decrescente com o aumento da velocidade superficial de ar. Por outro lado, observa-se que, para uma mesma velocidade superficial do ar, o aumento da taxa de alimentação de sólidos acarreta uma elevação no teor de SiO₂ do concentrado de ferro, atingindo valores elevados (7,06%), e uma redução significativa do índice de seletividade. Em função destes resultados, foi considerado

1,0 cm/s a velocidade superficial de ar e 415,0 kg/h a taxa de alimentação de sólidos como sendo as condições adequadas ao processo.

Tabela 4 - Efeito da taxa de alimentação de sólidos e da velocidade superficial de ar na flotação *rougher*

Pilha	Taxa de Sól. (kg/h)	Teste	Veloc. Sup. de Ar (cm/s)	IS	Teor Fe (%)		SiO ₂ (%)		Recuperação (%)		
					Conc	Rej	Conc	Rej	Massa	Fe	SiO ₂
84	328,3	FE-63	1,00	19,0	67,45	11,65	1,31	81,86	67,0	92,2	3,2
83	397,3	FE-45	1,25	14,0	67,46	16,86	1,51	74,01	62,8	87,1	3,3
		FE-52	1,38	13,0	66,40	15,03	2,01	77,36	60,8	87,3	3,9
		FE-46	1,50	15,5	67,53	17,12	1,23	74,46	60,3	85,7	2,4
83/84	415,0	FE-42R	1,00	15,5	67,18	15,76	1,35	76,30	63,1	87,9	2,9
		FE-45R	1,28	13,4	66,76	14,79	1,93	77,32	60,7	87,5	3,7
		FE-46R	1,56	15,2	67,17	17,55	1,22	73,29	58,3	84,3	2,3
		FE-53	1,83	12,2	66,99	17,90	1,82	72,18	61,3	85,6	3,8
83/84	502,6	FE-58	1,00	13,3	66,38	10,68	2,95	83,64	65,4	92,2	6,2
		FE-59	1,37	12,5	66,98	16,09	2,00	75,18	62,1	87,2	4,2
		FE-60	1,83	10,5	66,65	17,84	2,45	72,85	62,6	86,2	5,3
83/84	604,4	FE-61	1,37	7,2	63,33	13,70	7,06	78,85	72,6	92,5	19,2
		FE-62	1,83	7,9	64,58	14,77	5,48	77,59	70,6	91,3	14,5

Foram realizados testes variando a concentração de sólidos na etapa de condicionamento dos reagentes. Para realização desses testes a água de diluição adicionada no condicionador foi toda ou parcialmente transferida para a alimentação da coluna. Dessa forma, a concentração de sólidos da alimentação da flotação era mantida constante em torno de 50%. Os resultados dos testes estão apresentados na Figura 4 e mostram que a utilização de concentrações de sólidos mais elevadas não prejudicou o condicionamento dos reagentes de flotação.

Com o objetivo de avaliar o efeito da etapa *cleaner* foram realizados testes utilizando uma segunda coluna, de 10,2 cm de diâmetro e altura total de 530 cm. Na Tabela 4 estão apresentados os resultados dos testes variando a dosagem do reagente coletor com e sem condicionamento. Esses resultados mostram que a introdução da etapa *cleaner* no circuito de flotação do minério da CSN e o aumento da dosagem do coletor nessa etapa propiciam uma redução do teor de SiO₂ no concentrado de ferro. Observa-se ainda que foram obtidos teores similares de SiO₂ no concentrado de ferro com ou sem condicionamento da amina nesta etapa. Em função disso, foi considerado que a utilização da etapa *cleaner* de flotação, com uma pequena dosagem do agente coletor é necessária para garantir a obtenção de concentrados com teor de SiO₂ na especificação desejada, principalmente quando o circuito for alimentado com um material cujas características sejam menos favoráveis ao processo de flotação.

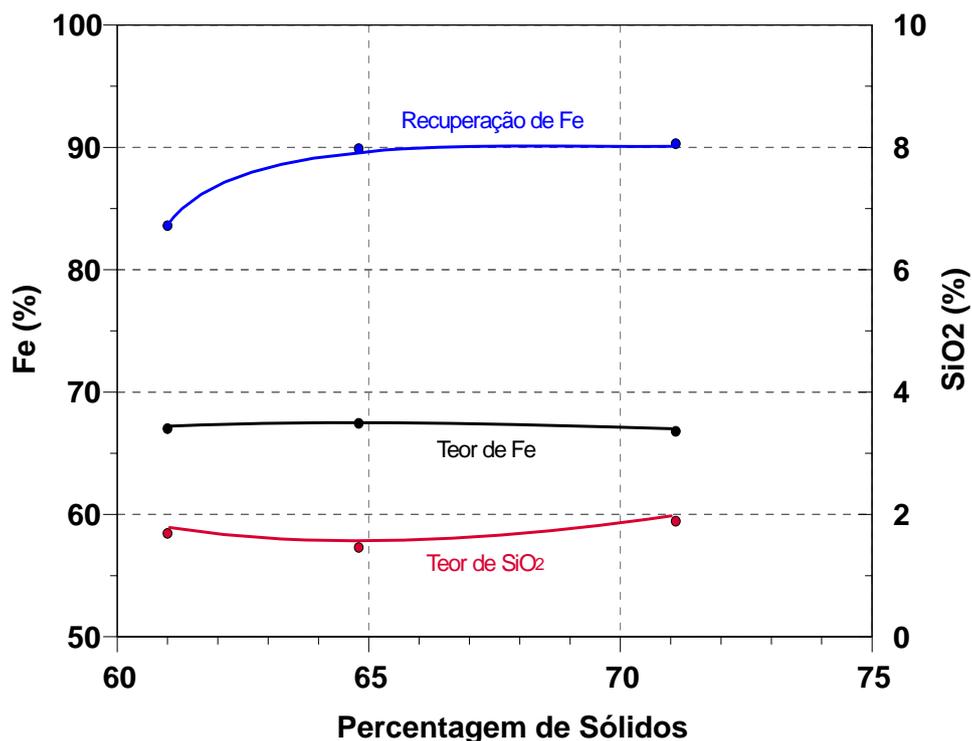


Figura 4 - Efeito da concentração de sólidos no condicionamento

Tabela 4: Efeito da dosagem e do condicionamento da amina na flotação *cleaner*

Teste	Flotigam EDA-3		IS	Teor de Fe (%)		Teor de SiO ₂ (%)		Rec. (%)	
	Dosagem (g/t)	Condicionamento		Conc.	Rej.	Conc.	Rej.	Massa	Fe
FE-94	0,0	-	3,8	66,80	54,70	1,57	19,56	88,9	90,7
FE-95	12,8	Sim	3,5	67,61	61,30	0,84	9,17	87,6	88,6
FE-96	24,2	Sim	2,6	68,01	64,97	0,74	4,84	84,0	84,6
FE-97	25,7	Não	6,4	68,19	54,51	0,60	19,69	90,1	91,9

Utilizando uma dosagem média de amina de 23,9 g/t na etapa *cleaner* foram realizados os testes variando a dosagem do agente depressor adicionado na etapa *cleaner*. Os resultados obtidos mostram que o aumento da dosagem do depressor acarretou uma expressiva redução no índice de seletividade e um aumento do teor de SiO₂ no concentrado final. Em função disso, não é necessária a utilização de depressor na etapa *cleaner*.

Os testes de flotação *rougher/cleaner* foram realizados em circuito aberto (Teste FE-104) e fechado (Testes FE-103 e FE-105) com recirculação do rejeito *cleaner* no primeiro condicionador da etapa *rougher*. Os resultados estão apresentados na Tabela 5. Esses resultados mostram que a etapa *cleaner* é importante para garantir a obtenção de concentrados finais na especificação desejada, principalmente com minérios que apresentem características menos favoráveis ao processo de flotação.

Com o objetivo de avaliar a possibilidade de recuperação do ferro contido no rejeito *rougher* foi realizado o Teste FE-118 em circuito constituído das etapas *rougher* e *scavenger*. A etapa *scavenger* de flotação propiciou uma redução no teor de Fe no rejeito *rougher* de 8,2 para 3,9% e, conseqüentemente, uma diminuição na perda de Ferro de 4,0 para 1,8%. Vale ressaltar que, embora

nesse teste o teor de Fe no rejeito *rougher* tenha sido excepcionalmente baixo em função das características dos finos contidos no minério da Pilha 99, a etapa *scavenger* será muito importante para garantir a recuperação de Fe em níveis elevados quando as suas perdas no rejeito *rougher* forem significativas.

Tabela 5 – Resultados dos testes de circuito *rougher/cleaner*

Teste	Circuito	Teor de Fe (%)		Teor de SiO ₂ (%)		Recuperação (%)		
		Conc.	Rej.	Conc.	Rej.	Massa	Fe	SiO ₂
FE-104	Aberto	67,41	18,99*	0,75	71,44*	65,9	83,5	2,3
FE-103	Fechado	68,42	22,05	0,63	67,38	69,0	87,3	2,0
FE-105	Fechado	67,97	21,82	0,56	67,09	67,5	86,6	1,7

* Teores no rejeito *rougher*

Alternadamente foram realizados os testes comparativos entre as condições de processo e operacionais praticadas atualmente e as condições otimizadas pelo estudo piloto a fim de avaliar e mensurar os prováveis ganhos. As condições específicas atualmente em uso e que foram utilizadas para a execução destes testes e as otimizadas estão na Tabela 6.

Tabela 6: Valores das variáveis de processo do teste comparativo condições de processo industrial *versus* condições otimizadas.

Variáveis de processo	Industrial	Otimizado
Tipo de agente depressor e coletor	Os mesmos utilizados na planta industrial	
Dosagem de agente depressor [g/t]	763	936,2
Dosagem de agente coletor: [g/t]	58	50,4
Tempo de condicionamento do agente depressor [min]	9,4	8,2
Tempo de condicionamento do agente coletor [min]	-	11
% de sólidos no condicionamento	71,90%	63,7
% de sólidos na alimentação da flotação	50,00%	53,4
Velocidade superficial de água de lavagem [cm/s]	-	0,29
Velocidade superficial do ar [cm/s]	1,2	1
Altura da camada de espuma [cm]	54	60
pH de condicionamento	11,2	11,3

Os resultados obtidos mostram que utilizando as condições atualmente praticadas industrialmente na unidade piloto obteve-se concentrados com teor de SiO₂ na especificação desejada ($\leq 1,5\%$). Por outro lado, observa-se que as recuperações de Fe foram relativamente baixas, variando de 68,8 a 86,7%.

Os resultados dos testes comparativos são apresentados na Tabela 7, comparação entre os resultados obtidos utilizando as condições praticadas na unidade industrial e as melhores condições do estudo piloto. Verifica-se que em ambas as condições são obtidos concentrados na especificação desejada, ou seja, teor de SiO₂ inferior a 1,5%. Entretanto, utilizando as condições otimizadas definidas no estudo piloto foram obtidos níveis de índice de seletividade e de recuperação de Fe no concentrado aproximadamente 5,5% mais elevados e menor teor de SiO₂ no concentrado. Isso pode ser atribuído, principalmente, ao

condicionamento do agente coletor, à utilização de água de lavagem na coluna *rougher* e uma taxa de alimentação de sólidos adequada na coluna.

As condições utilizadas no teste nas melhores condições do estudo piloto foram as seguintes:

Tabela 7 – Resultados dos testes realizados com as condições da coluna industrial e a otimizada (piloto).

Pilha	Teste	Condições	IS	Teor de Fe (%)		Teor de SiO ₂ (%)		Rec. (%)	
				Conc.	Rej.	Conc.	Rej.	Massa	Fe
88	FE-71	Industrial	12,7	68,12	26,75	0,95	60,29	58,9	78,5
	FE-70	Piloto	17,2	68,04	20,77	0,76	68,92	60,5	83,4
92	FE-92	Industrial	12,9	68,15	24,14	1,08	63,60	66,8	85,0
	FE-93R	Piloto	19,4	68,46	13,34	1,04	76,56	64,8	90,4
96	FE-102	Industrial	15,6	68,19	22,19	0,84	67,04	67,9	86,7
	FE-101	Piloto	20,0	68,16	14,48	0,92	78,31	73,5	92,9

CONCLUSÃO

Os resultados desse estudo de otimização permitiram as seguintes conclusões:

- o tempo necessário para condicionamento do agente depressor com a polpa na escala piloto foi da ordem de 5 minutos;
- o condicionamento da amina com a polpa mostrou-se importante no processo, sendo responsável por um aumento significativo no índice de seletividade e na recuperação de ferro e uma redução no teor de sílica do concentrado.
- utilizando valores de pH de 9,1 a 11,2 na flotação dos minerais silicatados, ajustados com ácido sulfúrico, foram obtidos níveis elevados de recuperação de Fe e baixos de SiO₂ no concentrado;
- uma vez que foram obtidos níveis similares de teor e recuperação de Fe e de SiO₂ nos testes realizados com diferentes valores de pH (10,5 e 11,1), ajustado através da quantidade de hidróxido de sódio utilizado na preparação do agente depressor, a relação amido/soda poderá ser reduzida de 6,6 para 3,3;
- a taxa de alimentação de sólidos na coluna mostrou-se uma variável importante para obtenção de concentrados na especificação desejada, com índices de seletividade e níveis de recuperação de Fe elevados;
- a velocidade superficial do ar de 1,0 cm/s apresentou o melhor desempenho na flotação dos minerais silicatados;
- a adição de água de lavagem no sistema de flotação *rougher* mostrou-se importante no sentido de reduzir o teor de Fe da fração flotada e, conseqüentemente, aumentar os níveis de recuperação de Fe sem elevação do teor de SiO₂ no concentrado. Na escala piloto a velocidade superficial de água de lavagem de 0,28 cm/s foi considerada adequada para flotação do minério da CSN;
- os resultados dos testes de flotação envolvendo as etapas *rougher/cleaner* e *rougher/scavenger* permitiram definir que, para garantir a obtenção de concentrados na especificação desejada, principalmente quando o circuito for alimentado com um material cujas características sejam menos favoráveis ao processo de flotação, torna-se necessária a utilização de um circuito composto das etapas *rougher*, *scavenger* e *cleaner*. Ressalta-se ainda que a adição de uma pequena dosagem do agente coletor na alimentação da etapa *cleaner*, sem condicionamento, acarreta uma redução no teor de SiO₂ no concentrado de ferro;

- e principalmente os testes comparativos entre a condição de processo e operações industrialmente praticada e as condições otimizadas por este estudo mostram ganhos na recuperação metalúrgica e no índice de seletividade de aproximadamente 5,5% e a diminuição do teor de SiO₂ no concentrado.

Agradecimentos

Às equipes de manutenção, laboratório, produção e processo da Mineração Casa de Pedra, e ao CDTN pela parceria e comprometimento.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Aquino, J. A. de; Albuquerque, R. O. de; Junior, W. E. Relatório técnico: Estudo de concentração de finos de minério de ferro da Mineração Casa de Pedra (CSN). Belo Horizonte: CDTN/CNEM, 2007