

## USO DE SODA CÁUSTICA NA DESLAMAGEM PARA RECUPERAÇÃO DE FINOS DE MINÉRIO DE FERRO NA USINA DE CASA DE PEDRA - CSN<sup>1</sup>

Adriana Baldessin Costa<sup>2</sup>  
Wellington Ribeiro Moreira<sup>3</sup>  
Farley Santos Ribeiro<sup>4</sup>  
Domingos Magalhães<sup>5</sup>  
Michelle Cristina de Paula<sup>6</sup>  
Higor Magno da Silva<sup>7</sup>

### Resumo

A ação de dispersão das partículas minerais suspensas em polpa minimiza os efeitos nocivos das lamaz (*slime coating*) no processo de concentração por flotação com o objetivo de maximizar a recuperação metalúrgica de ferro. O trabalho valida o uso da soda cáustica ( $\text{NaOH}$ ) como dispersante na planta de beneficiamento de Casa de Pedra. Primeiramente, o uso do  $\text{NaOH}$  validou-se em escala laboratorial através de testes de dispersão seguido de testes de deslamagem e flotação. Este procedimento seguiu-se para várias tipologias de ROM. Os testes de flotação em bancada validaram o uso do  $\text{NaOH}$  através do ganho de recuperação metalúrgica. Para o uso do  $\text{NaOH}$  em escala industrial, foi necessário repotenciar o sistema de dosagem deste reagente e conduzi-lo até o sistema de alimentação da deslamagem e em concentração de 10%. Industrialmente, testou-se 4 tipologias de ROM, ou seja, formou-se no pátio de homogeneização 4 pilhas *chevron* com 160 mil toneladas cada (3 dias de operação), onde em determinados períodos houve adição do  $\text{NaOH}$  e em outros períodos não. A amostragem seguiu-se sempre nos períodos estáveis de operação. Realizou-se um comparativo da eficiência do uso do  $\text{NaOH}$  por pilha e ao final verificou-se que adição do  $\text{NaOH}$  na deslamagem resultou, em média, no processo por flotação um ganho de 3,0% na recuperação metalúrgica e mássica.

**Palavras-chaves:** Deslamagem; Minério de ferro; Dispersão;  $\text{NaOH}$ .

## THE USE OF CAUSTIC SODA IN DESLIMING PROCESS FOR RECOVERING FINE IRON ORE

### Abstract

The dispersion of mineral particles suspended in pulp minimizes the negative effects of sludge (*slime coating*) in concentration process of froth flotation maximizing metallurgical iron recovery. The paper validates the use of  $\text{NaOH}$  as a dispersant in the beneficiation plant of Casa de Pedra. First, the use of  $\text{NaOH}$  was validated in laboratory scale testing dispersion followed by desliming and flotation process. This testing procedure was used for various types of flotation tests with different ore samples from the mine. These labs tests ratified the use of  $\text{NaOH}$  because of gains in metallurgical recovery. To use  $\text{NaOH}$  in industrial scale, it was necessary to improve the dosing system of this reagent and directs it to the desliming system feed an use it concentration around 10%. Industrially, were tested four types of ROM, these materials were formed in the homogenization courtyard using 4 formers stacks type *chevron* with 160 tons each (3 days of operation), where in certain periods there was addition of  $\text{NaOH}$  and other sampling periods was not. The samplings were take always during stable periods in the process. The efficiency of  $\text{NaOH}$  was based comparing each industrial stack and the final result proves, that addition of  $\text{NaOH}$  in desliming process, indicated that the froth flotation gain of 3, 0% both in metallurgical and mass recovery.

**Key words:** Desliming; Iron ore; Dispersion;  $\text{NaOH}$ .

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 68<sup>o</sup> Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Engenharia de Minas. Engenheira. CSN, Unidade Congonhas, Casa de Pedra, MG, Brasil.

<sup>3</sup> Engenharia de Minas. Gerente Processos. CSN, Unidade Congonhas, Casa de Pedra, MG, Brasil.

<sup>4</sup> Engenharia de Minas. Gerente. CSN, Unidade Congonhas, Casa de Pedra, MG, Brasil.

<sup>5</sup> Técnico de Mineração. Técnico. CSN, Unidade Congonhas, Casa de Pedra, MG, Brasil.

<sup>6</sup> Técnico de Mineração. Técnico. CSN, Unidade Congonhas, Casa de Pedra, MG, Brasil.

<sup>7</sup> Técnico de Mineração. Técnico. CSN, Unidade Congonhas, Casa de Pedra, MG, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Aquino,<sup>(1)</sup> o Brasil é um dos membros de destaque no que se refere à produção de minério de ferro, principalmente no Estado de Minas Gerais. Tal estado é responsável por grande parte da produção nacional, uma vez, que o mesmo dispõe ainda de grandes reservas de minério de ferro com alto teor na região conhecida como Quadrilátero Ferrífero. A instalação de grandes empresas mineradoras, como a CSN, são fatores importantes para o desenvolvimento econômico e social da região. O estudo de novas rotas de processos e novos produtos está cada vez mais ligado para atendimento e satisfação das necessidades dos clientes atuais e possíveis clientes em potencial. Montenegro<sup>(2)</sup> define que a demanda global por minérios está exigindo uma forte reestruturação interna (operacional) e externa (clientes) das empresas mineradoras atuais com novas abordagens nos processos de negociação e práticas. À medida que a equação de oferta e demanda por minerais muda e novas tecnologias se tornam comercialmente viáveis, os desafios vem à tona. No caso específico da mineração de ferro, o principal desafio é a proximidade de exaustão das reservas de altos teores de ferro. A CSN desenvolve fortes estudos técnicos e econômicos com intuito de viabilizar a lavra e o beneficiamento de minérios com baixos teores de ferro e elevados teores de contaminantes, dentre eles o  $Al_2O_3$  (alumina). Hoje, na indústria de tratamento de minério de ferro, a deslamagem por hidrociclones e a flotação, são respectivamente, os métodos consagrados de classificação e de concentração para minérios abaixo de 0,150mm.

Moreira<sup>(3)</sup> relata que a operação unitária de concentração por flotação deve ser estudada cada vez mais com o objetivo de aprimorar o processo no que tange à maximização da recuperação metálica e recuperação mássica, de maneira a se obter concentrados com melhor qualidade, rejeitos com menor teor de ferro e redução de custos, ligado principalmente ao consumo específico de reagentes e rotas de processo robustas que minimizem os impactos negativos oriundo da variabilidade do ROM. Um dos grandes problemas na concentração de minérios é a presença de lamas (partículas coloidais) que possuem um efeito deletério na flotação. Segundo Chaves,<sup>(4)</sup> o efeito nocivo destas lamas pode ocorrer por dois motivos:

- O primeiro, e a causa mais comum, é a condição mineralógica das lamas, que é de argilo-minerais ou óxidos hidratados de ferro. Essas lamas quando se aderem às superfícies das partículas minerais e as recobrem impossibilitam que os insumos químicos como o agente coletor (aumenta a hidrofobicidade) ou o agente depressor (torna a partícula hidrofílica) possam reconhecê-las. Tal efeito é denominado slime coating - Carvalho<sup>(5)</sup> traduz este efeito também com uma intensa força de atração eletrostática entre as partículas de lamas (coloidais) e a partícula flotada.

- A segunda é que estas lamas quando são da mesma espécie do mineral a área específica torna-se enorme e consome todo reagente disponível. As superfícies dos minerais, que se deseja flotar, quando recobertas por lamas acarreta uma deficiência ou redução na eficiência do processo. De acordo com Souza e Araújo<sup>(6)</sup> as lamas prejudicam a interação partícula-bolha, afetando a atuação dos reagentes químicos e o efeito de coleta causando perdas de seletividade e recuperação mássica. Verifica-se na Figura 1, abaixo, os efeitos das partículas ultrafinas:

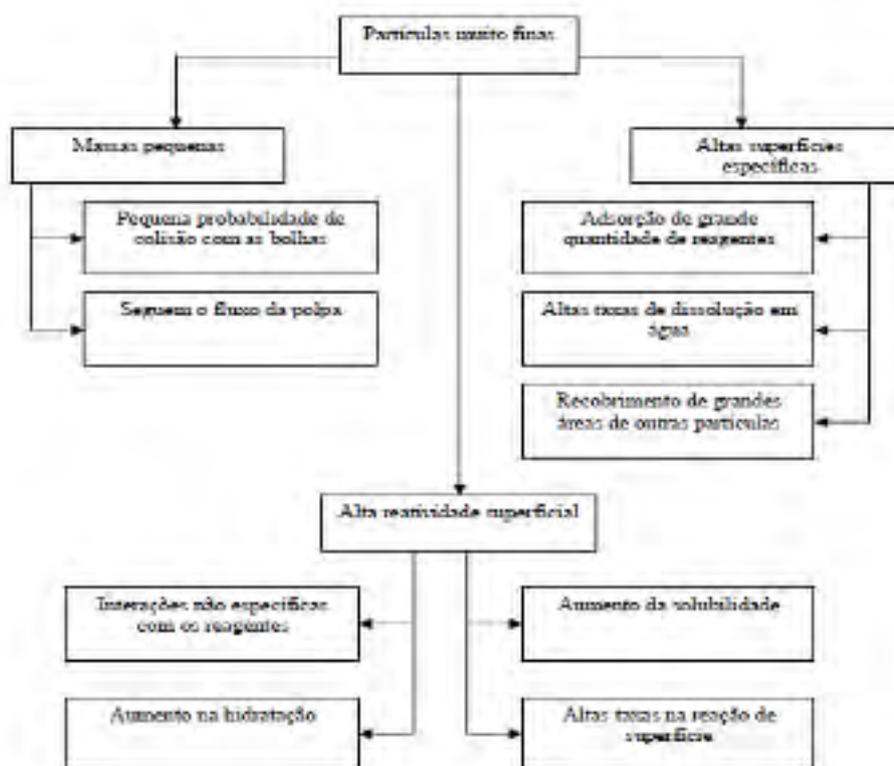


Figura 1. Efeitos negativos das partículas ultrafinas na flotação.<sup>(7)</sup>

A adsorção correta dos reagentes na flotação necessita de um processo eficiente “limpeza” das partículas minerais. Sendo assim, a deslamagem tem a finalidade de remover a maior parte das partículas ultrafinas que são nocivas na flotação.

Casa de Pedra ainda não possui um estudo de geometurgia de seu jazimento, mas pela Figura 2, que mostra a evolução do ROM em Casa de Pedra, fica fácil entender a mudança de partição do ROM. Em 2008, apenas 38,7% do *split* do ROM em Casa de Pedra encontrava-se na fração abaixo de 0,150mm. Em 2012, a fração de finos (abaixo de 0,150mm) possui 47,8% da partição do ROM, ou seja, houve um aumento de aproximadamente 9% da massa de finos. Este aumento de massa impactou negativamente no circuito de finos, principalmente na deslamagem.

Desta forma, para suprir as necessidades volumétricas oriundas da mudança do *split* de ROM, foi necessário aumentar a pressão de alimentação dos ciclones com o aumento da potência do conjunto moto-bomba, e assim alterou-se o corte dos ciclones, ocasionando o *by pass* de finos (lamas) para o *underflow* dos hidrociclones. A polpa de *underflow* dos hidrociclones é direcionada para o circuito de condicionamento e concentração por flotação. A principal consequência na flotação por colunas foi a perda de seletividade desta operação, que resultou na perda de recuperação metálica e massa, e secundariamente, destaca-se o aumento no consumo anual e específico dos reagentes (amina - coletor e amido - depressor).

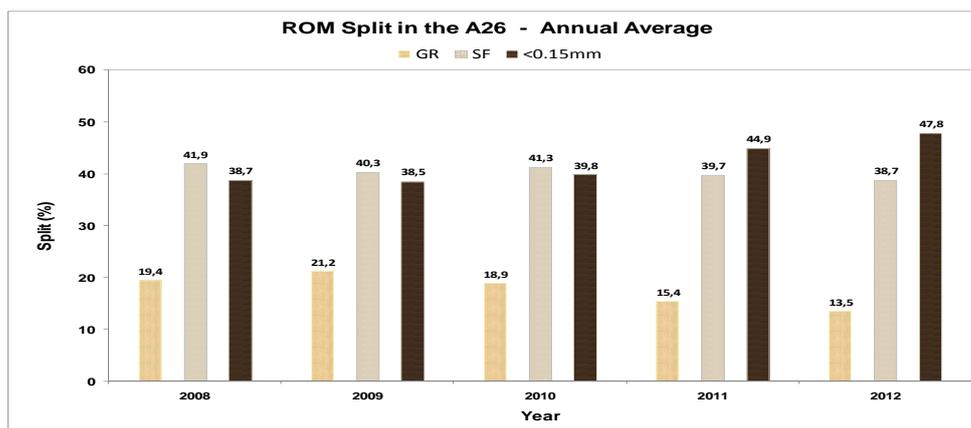


Figura 2. Evolução do *split* (partição) do ROM de Casa de Pedra.

Assim uma melhoria de desempenho na etapa de deslamagem é feita promovendo a dispersão das partículas ultrafinas (coloidais) através de uso de dispersantes como, por exemplo, hexametáfosfato de sódio, silicato de sódio, CMC, NaOH, entre outros como mostra a Tabela 1. Esta dispersão minimiza principalmente os efeitos deletérios na flotação.

Tabela 1. Principais dispersantes utilizados para beneficiar minérios finos<sup>(8)</sup>

Classes	Principais Tipos	Exemplos (Observações)
Inorgânicos	Fosfatos de sódio	Hexametáfosfato/Tripolifosfato
	Silicatos de sódio	Relação de SiO <sub>2</sub> /Na <sub>2</sub> O (1,5 a 3,5)
	Outros sais sódicos (alcalinos)	Bórax/Aluminato/Carbonato/Fluoreto
Orgânicos Monoméricos	Diaminas	H <sub>2</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> -NH <sub>2</sub> (n=3 a 6)
	Amino - Alcoóis	H <sub>2</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> -OH (n=3 a 6)
	Fenóis Múltiplos	Catecol/Pirogalol
	Ácidos Hidrocarboxílicos	Ácido cítrico/Ácido gálico/Ácido tartárico
Orgânicos Poliméricos	Poliacrilatos de sódio	(CH <sub>2</sub> =CH-COOH) <sub>n</sub> (1000 a 10000)
	Polissacarídeos	Dextrina/Carboximetilcelulose
	Outros polímeros	Gelatinas/Goma arábica/Caseína/Taninos

No caso de Casa de Pedra, optou-se em usar como dispersante o hidróxido de sódio (NaOH) por causa do custo, disponibilidade na planta e urgência em recuperar os finos devido à perda de seletividade da flotação. Além de reduzir as perdas de ferro no rejeito, elevar os ganhos de recuperação tanto mássica quanto metalúrgica, melhorar o corte dos hidrociclones e conseqüentemente reduzir o by-pass de finos/lamas para a flotação. Totou<sup>(9)</sup> orienta que uma maneira simples, mas onerosa, para se atingir uma boa dispersão é elevar o pH da alimentação da deslamagem mediante altas dosagens de NaOH, aumentando a repulsão eletrostática entre as partículas. Os experimentos de laboratórios simples e confiáveis fornecem uma correlação entre grau de dispersão e eficiência da deslamagem, constituindo-se em uma ferramenta útil para predição do desempenho na flotação. A consequência desta dispersão e do aumento do pH é a dificuldade em sedimentar o fluxo de *overflow* dos hidrociclones nos espessador de lama (EP51) em Casa de Pedra. Para reverter o efeito da repulsão eletrostática das partículas nos espessadores, já é consagrado no nosso meio mineral o uso de coagulantes inorgânicos como Cal (Ca(OH)<sub>2</sub>) ou coagulantes orgânicos sintéticos.

O presente trabalho apresenta-se os resultados obtidos nos testes industriais de dispersão química com NaOH na deslamagem da planta de beneficiamento de Casa

de Pedra. Verifica-se ganhos em recuperação mássica e metalúrgica, redução de perdas de ferro no rejeito da flotação (coleta de ultrafinos de ferro) e melhoria de performance da flotação. Além de verificar a correta coagulação das partículas coloidais no espessador de lamas com o uso de leite de cal hidratada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  disponibilizada pela empresa Belo Cal Lhoist Group para manter a disponibilidade de água clarificada, recirculada e com baixa turbidez que é fonte essencial para o funcionamento da planta industrial.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Antes de iniciar a etapa industrial, analisou-se em bancada qual seria o pH ideal e dosagem de coagulante a ser trabalhada. Esta etapa experimental contou com ensaios em bancada e teste piloto para determinar o pH ideal de dispersão industrial conforme as Figuras 3 e 4.

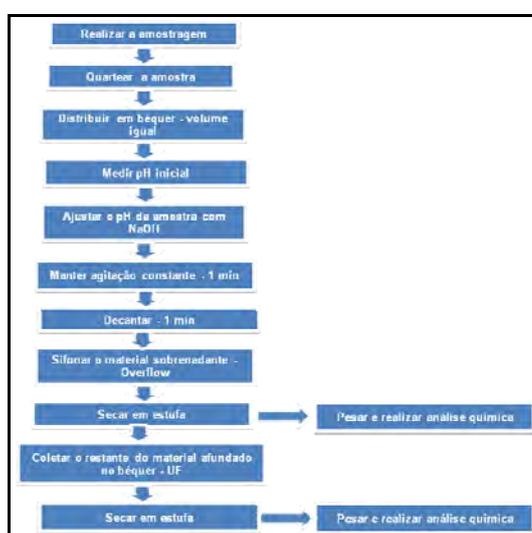


Figura 3. Fluxograma do procedimento dos ensaios de dispersão em bancada.

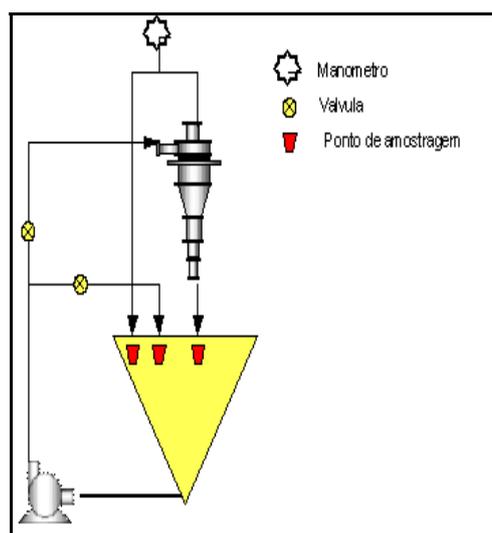


Figura 4. Circuito dos testes de dispersão em planta piloto.

Os ensaios industriais tiveram a participação das pilhas nº 75, 84, 87 e 88 nos períodos de 25 e 26/07; 09, 21 e 24/08 do ano de 2010. A caracterização química e granulométrica em relação aos teores contaminantes ( $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) na alimentação

e rejeito da flotação processados na planta industrial e as partições de finos na formação de cada pilha estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Análise global das pilhas

Análise de Teores/desempenho Concentração															
Pilhas	Mês	Massa	Alimentação flotação				Rejeito flotação				Formação de Pilhas % < 0,15mm pilhas A26	% Alimentação desl. % < 0,15mm Usina	Finos A 26		
			% Fe	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Mn	% Fe	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Mn			%Fe	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Mn
75	JUL	205.242	53,04	21,27	0,55	0,020	27,74	59,13	0,62	0,01	47,30%	43,50%	55,43	2,10	0,10
84	AGO	152.660	47,52	30,52	0,65	0,077	27,1	59,92	0,66	0,04	39,10%	39,72%	50,35	2,45	0,17
87	AGO	378.850	48,53	29,49	0,60	0,067	29,19	57,32	0,66	0,04	44,10%	40,29%	51,22	2,33	0,25
88	AGO	308.940	50,06	27,45	0,48	0,070	28,46	58,42	0,58	0,058	49,20%	41,85%	51,17	2,02	0,29

O desempenho da soda cáustica (NaOH) foi avaliado através dos índices de teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> da alimentação, índices de teor de SiO<sub>2</sub> no concentrado, índice do teor de ferro no rejeito, recuperação metalúrgica, recuperação mássica, índice de seletividade, o consumo horário de soda na deslamagem (kg/h) para atingir o pH de 9,5 como definido o valor ótimo de atuação (resultado encontrado em escala de piloto), o consumo específico de cal (g/t) e a turbidez no fluxo de overflow do espessador de lamas EP 51.

Durante os testes, foi controlado o pH da deslamagem em 9,5, conforme indicado nos estudos de escala de bancada. O trabalho foi desenvolvido pela Equipe Operacional da Usina de Casa de Pedra. A disposição operacional do fluxo de dosagem do NaOH é detalhada na Figura 5. A dosagem do leite de cal Ca(OH)<sub>2</sub> foi monitorada e intertravada com o valor de turbidez obtido no overflow do espessador de lamas (água de processo). Para os testes industriais definiu-se o set point da turbidez em 100 NBTU.

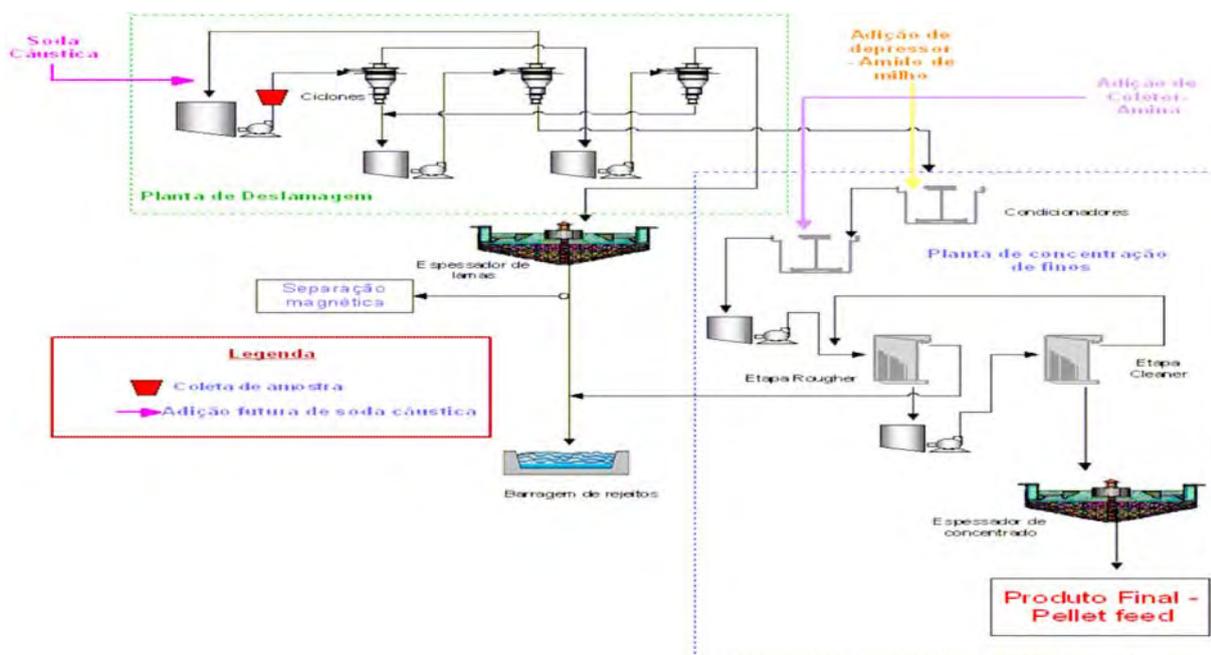


Figura 5. Representação esquemática do fluxo de dosagem de NaOH na deslamagem.

Para os testes industriais, como descritos anteriormente utilizou-se como coagulante uma solução de leite de cal hidratada (25% de sólidos). A disposição do reagente no espessador de lamas conforme Figura 6.

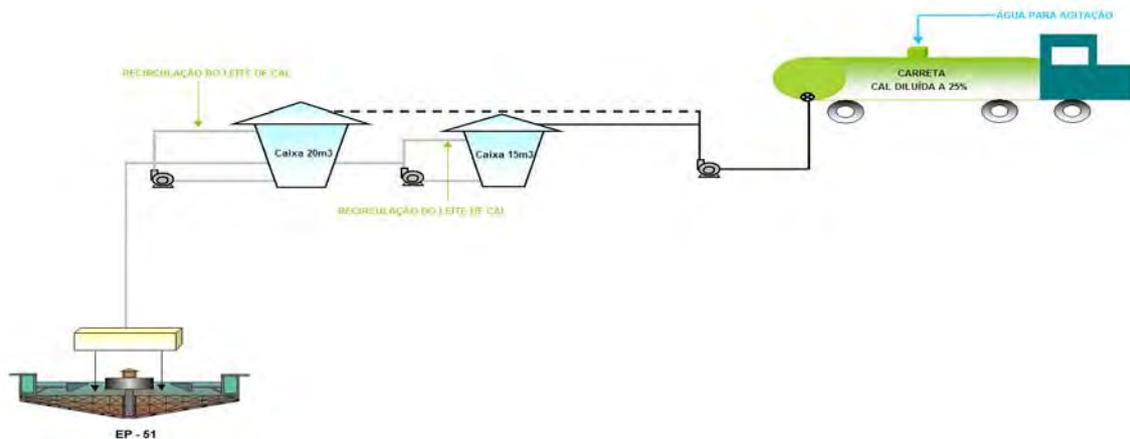


Figura 6. Fluxo de solução de leite de cal na alimentação do espessador de lamas EP – 51.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Testes laboratoriais – Análise de Resultados

Os resultados dos testes piloto demonstraram que o hidróxido de sódio (NaOH) atende as necessidades operacionais da planta de Casa de Pedra na CSN no que se refere a redução dos teores de contaminantes conforme observado na Figura 7 com as variações de pH. Nesta figura é possível observar a inversão das curvas no direcionamento do teor de alumina para o rejeito da ciclonagem.

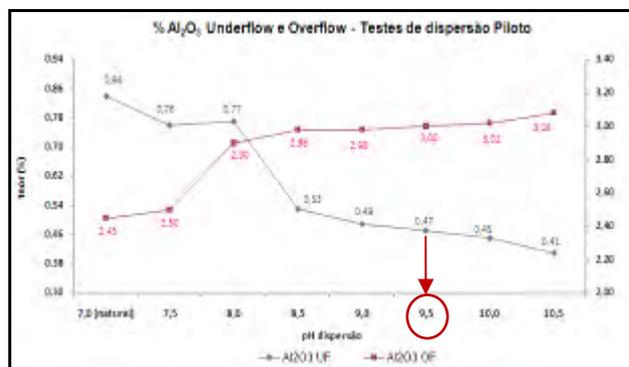


Figura 7. Resultados do teor de  $Al_2O_3$  do underflow e overflow dos testes pilotos de dispersão.



Figura 8. Grau de dispersão dos ensaios de dispersão em piloto.

A soda cáustica, NaOH, garantiu uma correta dispersão das lamas (partículas coloidais), principalmente quando elevado o pH a partir de 8,5. O pH de 9,5 é o limite

máximo a ser atingido segundo os resultados de laboratório apresentados pela Figura 8.

### 3.2 Teores $Al_2O_3$ da Alimentação da Flotação

A Figura 9, mostra o teor médio de alumina alcançado durante os testes industriais na alimentação da flotação, com e sem adição do NaOH.



Figura 9. Teor médio de  $Al_2O_3$  durante o processo de dispersão química.

De acordo com os resultados observados, constata – se que a soda tornou possível a dispersão destas partículas ultrafinas deletérias que provocam o *slime coating* nos minérios de ferro reduzindo em 0,02 pp. ou 3,5% do teor industrial.

### 3.3 Teores de $SiO_2$ no Concentrado e Ferro no Rejeito

Pela Figura 10, verifica-se que o uso do NaOH minimizou o efeito do *slime coating* nas partículas minerais portadoras do elemento ferro, desta forma, houve melhor adsorção do agente depressor (amido) na fase de flotação e conseqüentemente reduziu-se o teor de ferro no fluxo de rejeito das colunas de flotação.



Figura 10. Teor médio de  $SiO_{2conc}$  e  $Fe_{rej}$  durante o processo de dispersão química.

Em resumo, verifica-se a importante redução de material útil para o rejeito da flotação. Tem-se uma redução aproximada de 3,8 pp. Enquanto para o teor de  $SiO_2$  no concentrado final não se observa uma diferença importante – redução de 0,03 pp. Durante os testes conforme detalhado anteriormente, as intervenções na planta de flotação foram mínimas para manter uma correlação e verificar a sensibilidade da planta para esta mudança operacional. Estes teores médios de  $SiO_2$  no concentrado representam que a soda não interferiu de maneira agressiva com as condições de qualidade finais do concentrado.

### 3.4 Índice de Seletividade

A Figura 11 mostra o ganho de seletividade no processo de flotação em relação ao uso do NaOH. Houve um ganho médio de 18,2% quando utilizado o NaOH na deslamagem. O índice de seletividade foi o de Gaudin.

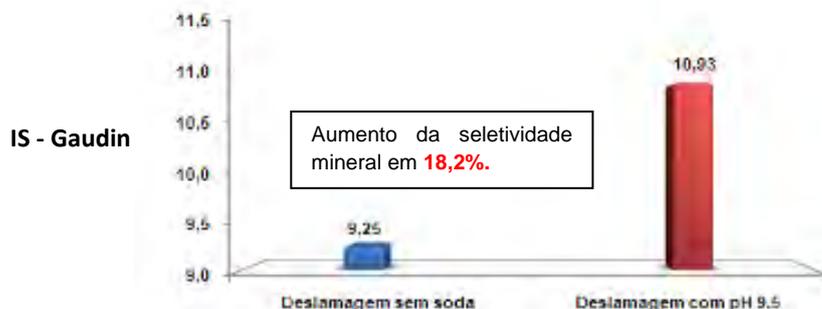


Figura 11. Resultado médio do índice de seletividade durante o processo de dispersão química.

### 3.5 Recuperações Metalúrgicas e Mássicas

Grande parte dos contaminantes de um processo de deslamagem de minério de ferro são os argilo-minerais. Tais contaminantes impactam negativamente o processo de flotação, dificultando a obtenção de um concentrado final de baixo teor de SiO<sub>2</sub> comprometendo sua recuperação mássica e metalúrgica. Ou seja, uma redução na produção de Pellet Feed, assim como na sua qualidade final. Pela Figura 12, os resultados mostram que a dispersão química permite um aproveitamento mais eficiente das partículas minerais e com isso uma maior recuperação do material útil e de valor econômico para usina.

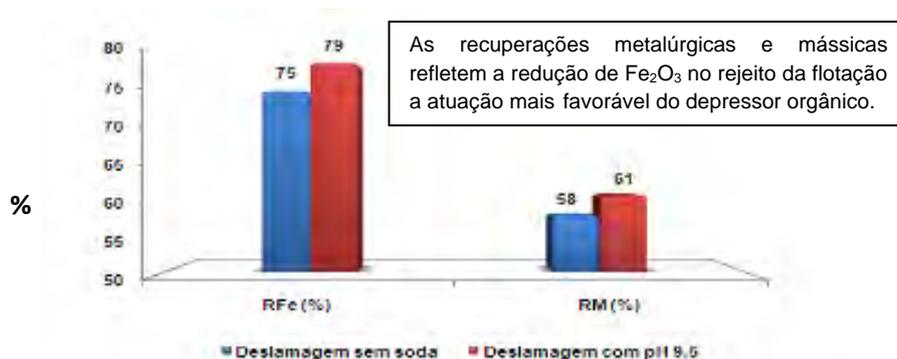


Figura 12. Valores médios das recuperações metalúrgicas e mássica durante teste de dispersão química.

A média das recuperações metalúrgicas (RFe) e mássicas (RM) obtidas na mostram os ganhos positivos e expressivos de produção. O uso do NaOH aumentou em média 3% nos índices supracitados. A recuperação mássica atingida, durante os testes industriais, foi próxima das expectativas encontradas em laboratório. Em escala laboratorial conseguiu-se aproximadamente o ganho de 5 pontos percentuais. Ou seja, ainda há a possibilidade de adequar a operação industrial de forma a alcançar valores significativos de produção de *pellet feed*.

### 3.6 Avaliações do Espessador de Lamas EP – 51

O pH da polpa de overflow do hidrociclones que é conduzida ao espessador de lamas, após a dispersão química com NaOH, é superior à faixa de trabalho do atual floculante utilizado em Casa de Pedra. Devido esta situação foram estudados alguns coagulantes com potencial de reverter ou anular as cargas elétricas. Para este ensaio industrial, utilizou-se como coagulante uma solução de leite de cal hidratada (25 % de sólidos). Com uso da solução de leite de cal, o espessador de lamas teve possibilidade de agregar as partículas ultrafinas e repulsivas com eficiência e permitir a ação do floculante para sedimentação dos sólidos e manter a qualidade da clarificação de toda a água reutilizada para a planta (Figuras 13 e 14).

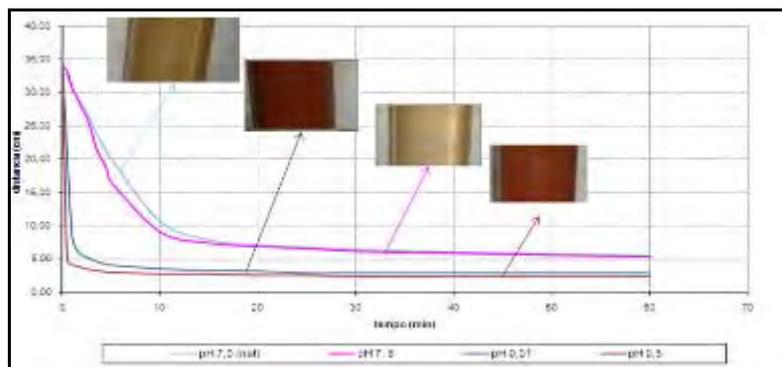


**Figura 13.** Aspecto usual do espessador de lamas EP –51.



**Figura 14.** Aspecto usual do espessador de lamas EP –51 sendo afetado pela dispersão química da deslamagem.

O pH da polpa que vai para o espessador, após a dispersão química com NaOH, é superior a faixa de trabalho eficiente do floculante. Em escala laboratorial, observou-se o nível de estabilidade do sistema disperso que é direcionado para o espessador de lamas (Figura 15). Para este ensaio industrial, utilizou-se como coagulante uma solução de leite de cal hidratada (25 % de sólidos). Com uso da solução de leite de cal, o espessador de lamas teve possibilidade de agregar as partículas ultrafinas e repulsivas com eficiência e permitir a ação do floculante para sedimentação dos sólidos e manter a qualidade da clarificação de toda a água reutilizada para a planta (Figura 16).

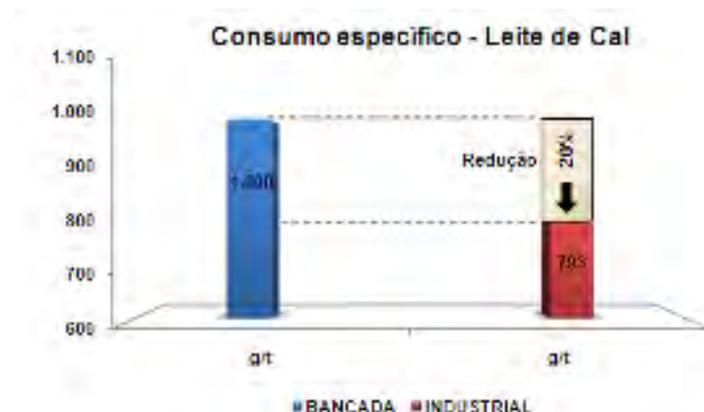


**Figura 15.** Efeitos no rejeito da ciclonagem piloto (alimentação do espessador de lamas – EP51) em todos os pH estudado.



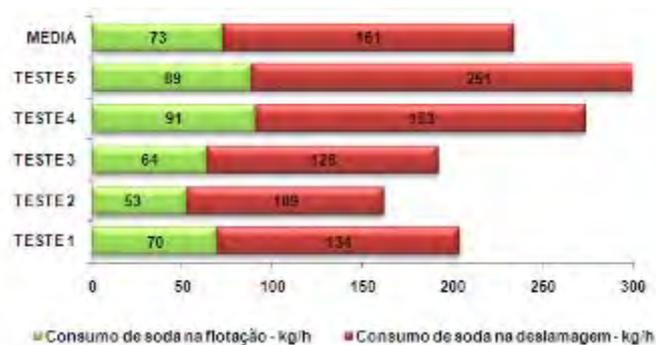
**Figura 16.** Formação de coágulos na polpa dispersa do espessador de lamas – EP 51.

Ao longo dos testes com as pilhas industriais processadas, monitorou-se a altura da lâmina d'água (controle de nível de água recuperada) do espessador de lamas – EP 51 e a dosagem de cal (previamente definida em bancada – 1000g/t de alimentação).



**Figura 17.** Avaliação do consumo de leite de cal durante os testes.

Com a otimização operacional durante os testes industriais, a dosagem média usada foi relativamente inferior (cerca de 20%) à dosagem em laboratório. O uso de leite de cal no espessador de lamas coaguló as partículas ultrafinas dispersas na polpa mantendo a lâmina d'água em torno de 1,4mm e sempre clarificada (< 100NTU de turbidez). O consumo médio de soda cáustica – NaOH - total (dispersão química na alimentação da deslamagem e gelatinização o depressor e modular o pH da polpa de flotação) é apresentado na Figura 18.



**Figura 18.** Consumo médio horário de soda durante os testes industriais.

A relação de consumo do NaOH foi próxima da razão 2:1, ou seja, para cada unidade de soda cáustica utilizada na flotação foi necessário utilizar duas unidades na etapa de deslamagem para manutenção em torno do pH de 9,5 – pH utilizado para a dispersão química das partículas.

#### 4 CONCLUSÃO

Conforme as expectativas dos ensaios de bancada e validado pelos testes industriais o uso do hidróxido de sódio (ou soda cáustica – NaOH) como dispersante químico na alimentação da deslamagem, apresentou um melhor aproveitamento das partículas finas de minérios de ferro e a retirada dos contaminantes argilosos que causam o efeito denominado de *slime coating* (recobrimento das partículas por lamas). A relação dos valores médios encontrados com os testes e com os resultantes do processo convencional segue, respectivamente, como na distribuição abaixo:

- teor de  $Al_2O_3$  na alimentação da flotação de 0,54 e 0,56% - Redução de 0,02 ponto percentual ou 3,5%;
- teor de  $SiO_2$  no concentrado de 1,62 e 1,65% - redução de 0,03 ponto percentual ou 2,0%;
- teor de  $Fe_2O_3$  no rejeito de 25,18 e 29,04% - redução de 3,9 pontos percentuais ou 13,3%;
- recuperação metalúrgica de 79,35 e 75,40% - aumento de 3,0 pontos percentuais ou 5,4%;
- recuperação mássica de 60,78 e 57,88% - aumento de 3,0 pontos percentuais ou 5%; e
- índice de seletividade de 10,93 e 9,25 - aumento de 1,7 pontos ou 18,2%.

Para a correta operação do espessador de lamas EP – 51, constatou – se a necessidade do uso de um coagulante, no teste utilizou-se o leite de cal.

Pelo exposto neste artigo, o uso do NaOH como agente dispersante na operação unitária de deslamagem em Casa de Pedra foi aprovado, visto o ganho de massa e metalúrgica na operação de concentração por flotação subsequente.

#### REFERÊNCIAS

- 1 AQUINO, José A. Estudo de Concentração de Finos de Minério de Ferro da Mineração Casa de Pedra. Congonhas (2007).
- 2 MONTENEGRO, Ivan. Excelência Operacional: O desafio da melhoria contínua. 1ed. São Paulo: Sobratema (2007).

- 3 MOREIRA, W.R. Fontes de amido aplicáveis à flotação reversa de minério de ferro. Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas – PPGEM/UFMG, 2012.
- 4 CHAVES, A. P. Teoria e prática de tratamento de minérios. Volume 4, Rio de Janeiro, Editora Signus (2006).
- 5 CARVALHO, Mauro. Rodrigues de. Interferência de Cátions  $Ca^{2+}$  nas Etapas de Deslamagem e Flotação de Minério de Ferro. Dissertação de Mestrado. (Curso de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia de Minas). Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (2003).
- 6 SOUZA, C.C.; ARAUJO, A.C., A Influência do Tamanho da Partícula de lama na Flotação de Minérios de Ferro. In: II Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro: Caracterização, Beneficiamento e Aglomeração, 17 a 20 de Outubro de 1999, Ouro Preto, MG, ABM, p. 73 – 88;
- 7 ARAÚJO, A.C. Influência de Íons de Alumínio e Caolinita na Flotação Catiônica de Quartzo e Hematita. Dissertação de mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Escola de Engenharia, UFMG, 1982;
- 8 BRANDÃO, P.R.G. Reagentes Dispersantes em Meio Aquoso. Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG, 1992, Notas de aula;
- 9 TOTOU, A. R. Efeito da dispersão na Deslamagem e Flotação de Polpas de Minérios Hematíticos Itabiríticos, Ouro Preto, M.G., UFOP, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Minas, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2010.