

UTILIZAÇÃO DO FINO COMUM ANFIBOLÍTICO DE BRUCUTU NA MATRIZ DE MINÉRIO NA PELOTIZAÇÃO *

Igor Quaresma Vianna¹
Marcela Lessa de Freitas²
Lilian Silva Costa³
Laila Bonzi Ramos⁴

Resumo

A oitava usina de pelletização, localizada na Unidade Industrial do complexo de Tubarão da Cia Vale S/A em Vitória-Espirito Santo-ES processa uma matriz de pellet feed prioritariamente composta por Itabirito compacto e friável proveniente das usinas de concentração de Itabira e Brucutu, localizadas no quadrilátero ferrífero em Minas Gerais-MG. A utilização de minérios hidratados na composição das pilhas de finos, como o fino comum de itabirito anfibolítico de Brucutu (FABR), com elevado percentual de goethita, e o pellet feed de Fábrica Nova (PEFN), com elevado percentual de martita, contribuíram para o aumento de eficiência energética de cominuição, elevando a produção horária líquida da moagem, minimizando os impactos de produção durante a manutenção de um dos moinhos.

Palavras-chave: Anfibolítico; Cominuição; Pelotização; Pellet Feed

USE OF BRUCUTU'S AMPHIBOLITE COMMON FINE IN ORE MATRIZ IN PELLETIZING

Abstract

The eighth pelletizing plant, located at the Tubarão complex Industrial Unit of Vale S/A in Vitória-Espirito Santo-ES, processes a pellet feed primarily composed of compact and friable itabirite from Itabira and Brucutu concentration plants, located in the iron quadrangle in Minas Gerais-MG. The use of hydrated ores in the composition of the fine piles, such as Brucutu's common fines amphibolite itabirite (FABR), and Fábrica Nova pellet feed (PEFN), contributed to increase the energy efficiency of comminution, increasing the production of tumbling ball mills, minimizing the impacts during a mill preventive maintenance.

Keywords: Amphibolite; Comminution; Pelletizing; Pellet Feed.

¹ Engenheiro de Produção, Engenheiro, Unidade Técnica, VALE S/A, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

² Engenheira de Produção, Estagiária, Unidade Técnica, VALE S/A, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

³ Engenheira de Produção, Engenheira, Unidade Técnica, VALE S/A, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

⁴ Engenheira de Produção, Engenheira, Unidade Técnica, VALE S/A, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O aumento crescente da demanda mundial por minério de ferro e a exaustão das minas de alto teor de ferro, faz com que as empresas procurem cada vez mais, formas de processar minérios antes considerados marginais.

O processo de cominuição de minério de ferro da oitava usina de pelotização de Tubarão em Vitória/ES é composto por três moinhos de bolas operados via úmido em circuito aberto, sem classificação, e uma prensa de rolos de alta pressão, conforme figura (Figura 1).

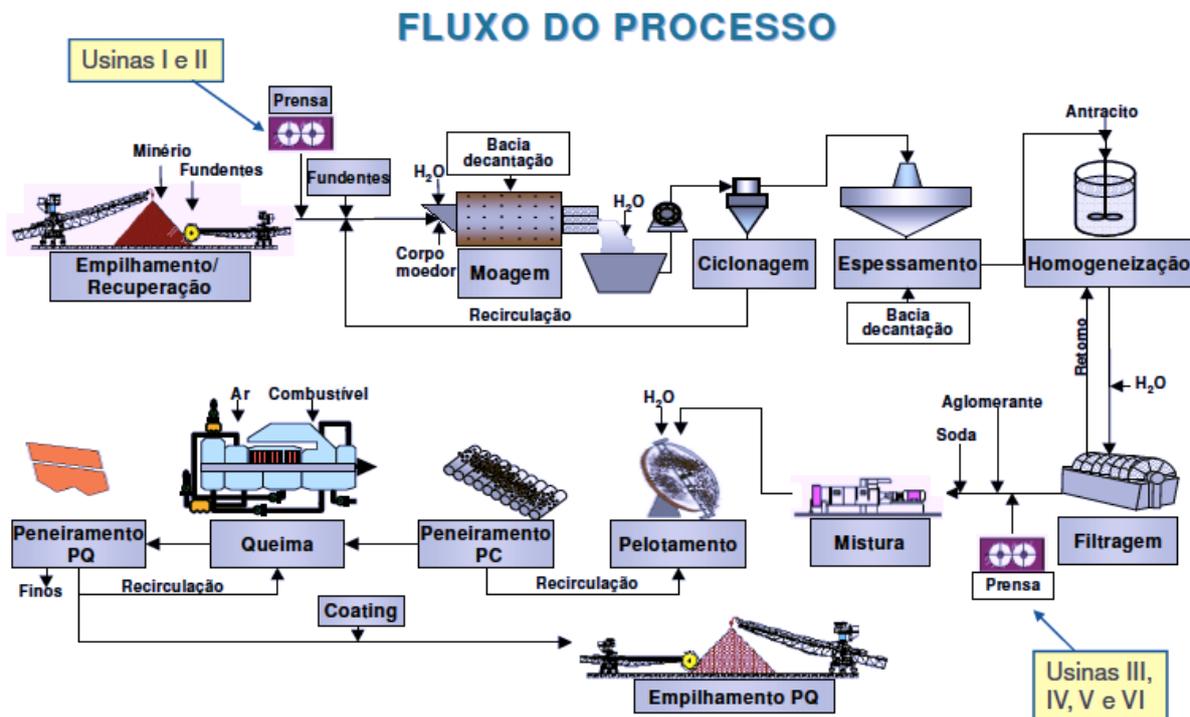


Figura 1. Fluxograma de Processo Usina 8.

O fluxograma não corresponde à descrição de circuito aberto, sem classificação. Favor realizar a adequação para um fluxograma mais próximo da realidade atual.

A capacidade de produção de pelotas é dependente da disponibilidade física e da produção horária dos moinhos. O impacto da manutenção destes reduz consideravelmente a oferta de pelotas no mercado.

Em visita técnica à mina de Brucutu, foi (observado) observada a oportunidade da utilização do FABR na pelotização, tendo em vista os ganhos potenciais no processo de cominuição. Planejou-se então um teste em escala industrial afim de avaliar os impactos no volume de produção nos casos de paradas preventivas nos moinhos.

Além disso, tendo em conta que o FABR possui elevado percentual de goethita terrosa com elevada área superficial, apresentando assim dificuldades operacionais em seu processo de concentração. Sendo a mina de Brucutu estratégica no fornecimento de pellet feed e tendo em vista que este minério representa a segunda maior reserva mineral da mina, como pode ser verificado na figura (Figura 2), esse teste buscou também validar e analisar sua utilização nas usinas de pelotização da Unidade Tubarão da Vale S/A, como sendo mais uma opção na matriz de minério.

Grupos Tipológicos	Litologia	Recurso Total		Reserva Total	
		Massa (Mton)	% Participação Recurso Total	Massa (Mton)	% Participação na Reserva
Itabiritos	Friável	654,9	66,52	388,9	68,05
	Goethítico	7,40	0,75	6,2	0,31
	Aluminoso	20,5	2,08	12,3	2,10
	Anfibolítico	153,9	15,63	90,7	16,17
	Manganesífero	53,8	5,46	30,5	5,96
	Compacto	64,0	6,50	43,7	5,2
Hematítitos	Friável	6,7	0,68	5,9	0,2
	Goethítico	2,7	0,27	2,3	0,1
	Aluminoso	1,7	0,17	1,1	0,15
	Anfibolítico	10,3	1,05	7,9	0,61
	Manganesífero	0,4	0,04	0,4	0,00
	Compacto	0,1	0,01	0,1	0,00
	Canga	8,1	0,82	3,6	1,15
	Total	984,51	100	593,6	100

Figura 2. Recurso mineral da mina de Brucutu entre as superfícies topográficas de janeiro/2017 à superfície final projetada.

A possibilidade apresentada foi utilizar este minério em forma de fino comum, quando o R.O.M (Run of Mine) não passa pela fase de concentração, apenas pelas operações de britagem e peneiramento, já que os itabiritos anfibolíticos apresentam uma elevada quantidade de lama, dificultando sua recuperação na operação de flotação.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

Frente a oportunidade proveniente da manutenção programada do moinho 01, decidiu-se realizar o teste, que visava elevar a moabilidade da matriz de minério e consequentemente aumentar a eficiência energética e produção horária dos moinhos 02 e 03, reduzindo a perda de produção do período.

Foram programados quatro períodos: um período inicial e final com a utilização de um feed padrão conforme e dois períodos intermediários com o feed de teste conforme tabela (Tabela 1), sendo um durante a manutenção do moinho 01, e um logo após seu retorno de operação.

Tabela 1. Matriz de minério padrão e de teste.

Mina de origem	Itabira	Brucutu	Fábrica Nova (PEFN)	Anfibolítico de Brucutu (FABR)
Feed Padrão	50%	50%	0%	0%
Feed Teste	50%	37,5%	6,25%	6,25%

- Período 1: Período referência (ANTES)
- Período 2: Mix com FABR e PEFN sem o moinho 01 (S/M01)
- Período 3: Mix com FABR e PEFN e todos os moinhos em operação (C/M01)
- Período 4: Período após o teste (DEPOIS)

Afim de se obter informações sobre o Itabirito Anfibolítico de Brucutu executaram-se ensaios de caracterização química, física e mineralógica, na Usina Piloto, conforme tabelas (Tabela 2; Tabela 3; Tabela 4) e figuras (Figura 3; Figura4).

Tabela 2. Caracterização Química em Usina Piloto do FABR.

RAIO-X ISO 9516	
Calc Fe	59.71%
SiO ₂	5.52%
Al ₂ O ₃	1.48%
P	0.17%
Mn	0.10%
CaO	0.01%
MgO	0.15%
TiO ₂	0.04%
CURVA	MAF
PPC	
Número do Cadinho	1
m	20,2845 g
m1	22,2842 g
m2	22,1457 g
PPC	6.93%

Tabela 3. Caracterização Física em Usina Piloto do FABR.

Densidade Real	4.206 g/cm ³
Densidade Granel	1.79 g/mL
Área Superficial Específica	4120 cm ² /g

Tabela 4. Caracterização Mineralógica em Usina Piloto do FABR.

Caracterização mineralógica							
Malha	Hematita	Magnetita	Martita	Goethita	Goethita Terrosa	Quartzo	% Massa
+0.106	28.1%	0.9%	7.0%	4.9%	41.9%	17.2%	25.1%
+0.045 e -0.106	53.2%	0.6%	15.6%	2.9%	26.1%	1.6%	24.3%
-0.045	3.1%	0.0%	2.5%	6.6%	87.6%	0.1%	50.6%
Total	21.6%	0.4%	6.8%	5.3%	61.2%	4.7%	100.0%

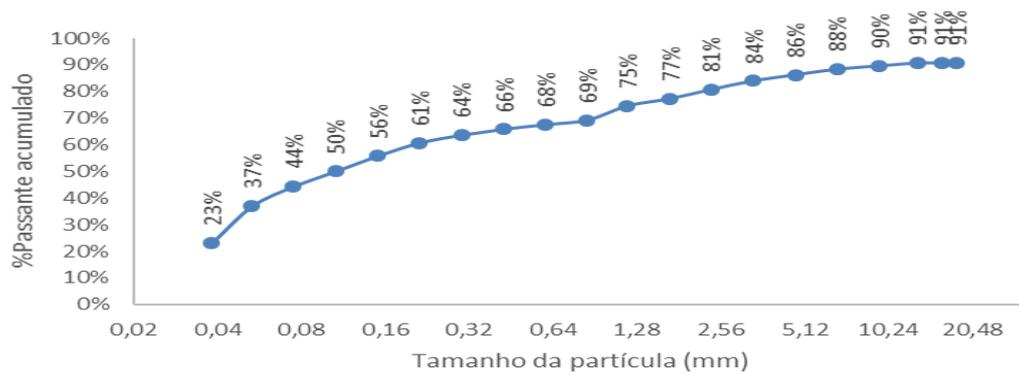


Figura 3. Distribuição Granulométrica do FABR em Usina Piloto.

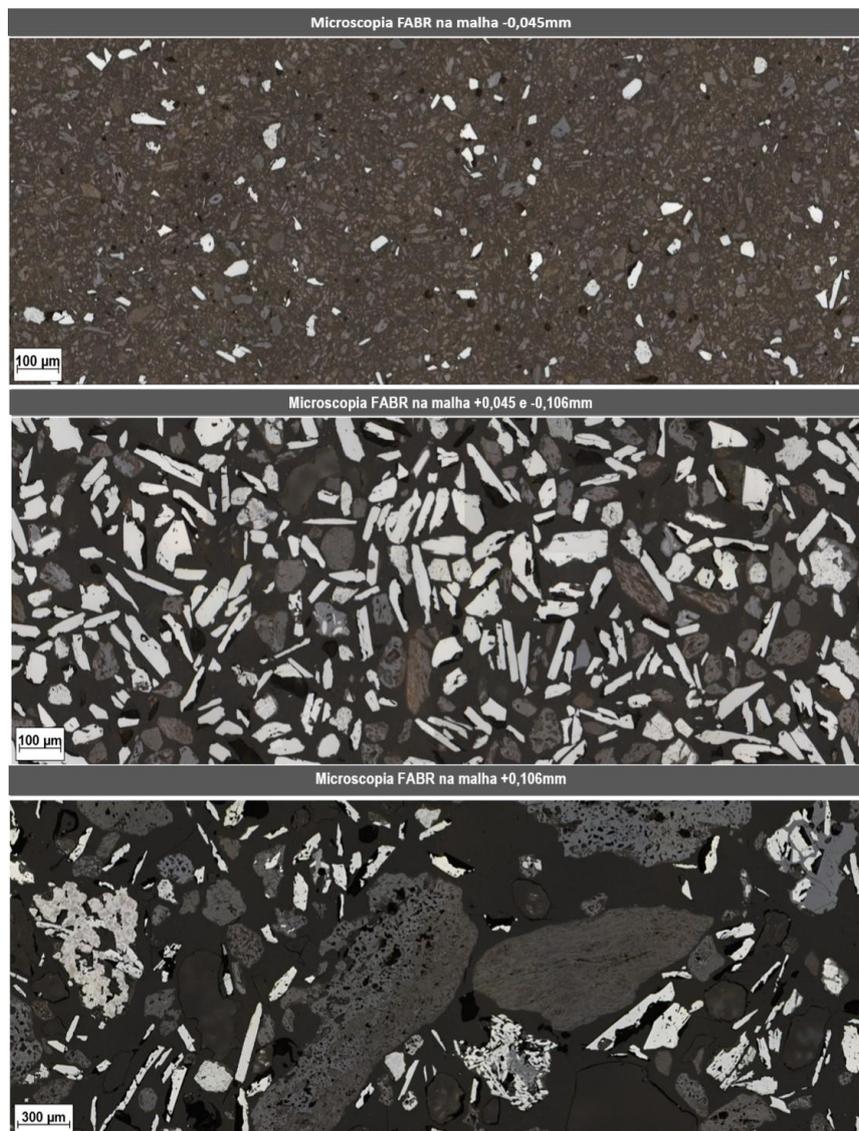


Figura 3. Constituição mineral em Usina Piloto.

Os dados para análise foram obtidos do Process Information Management System (P.I.M.S) e de dados enviados pelo Laboratório Central da Pelotização de Tubarão. O banco de dados foi tratado no software Microsoft Excel, e as variáveis foram analisadas através de cartas de controle e boxplot feitos no software Minitab®.

2.2 Resultados e Discussões

Durante os períodos de teste, ficou evidente a elevação da média da (do) Perda por Calcinação (PPC), o que pode ser observado nas figuras (Figura 5; Figura 6), resultado já esperado, pois conforme Rocha, J (Junia) [1] explica, por terem a goethita como um dos principais minerais, os itabiritos anfíbolítico apresentam um alto grau de PPC.

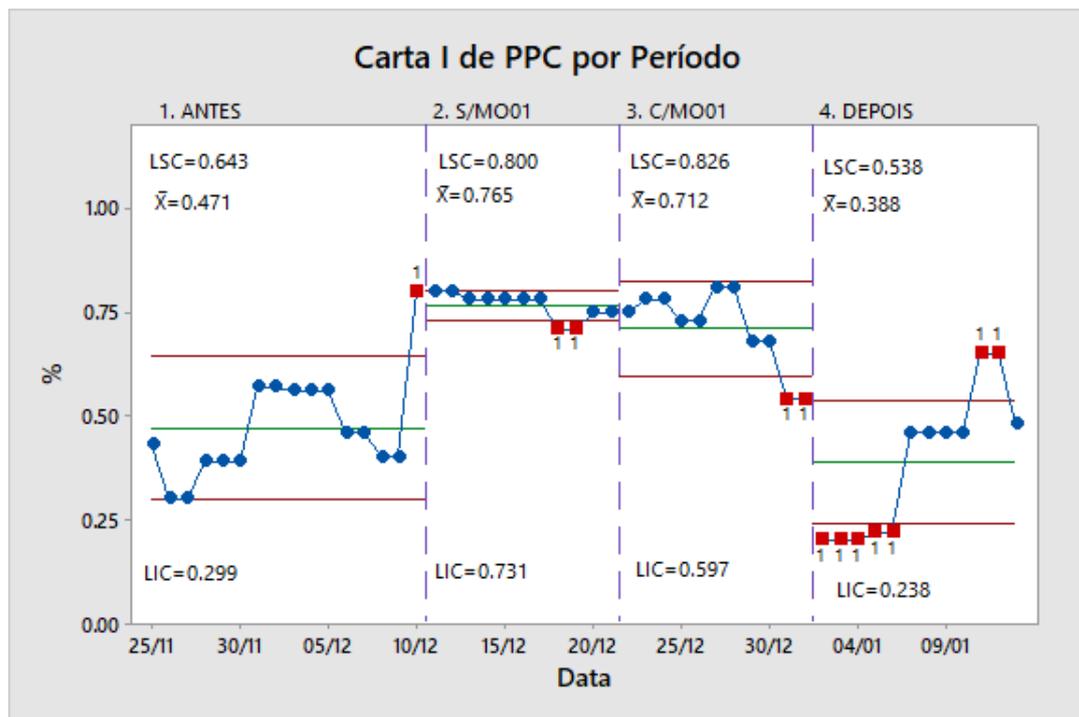


Figura 4. Carta de controle PPC por período.

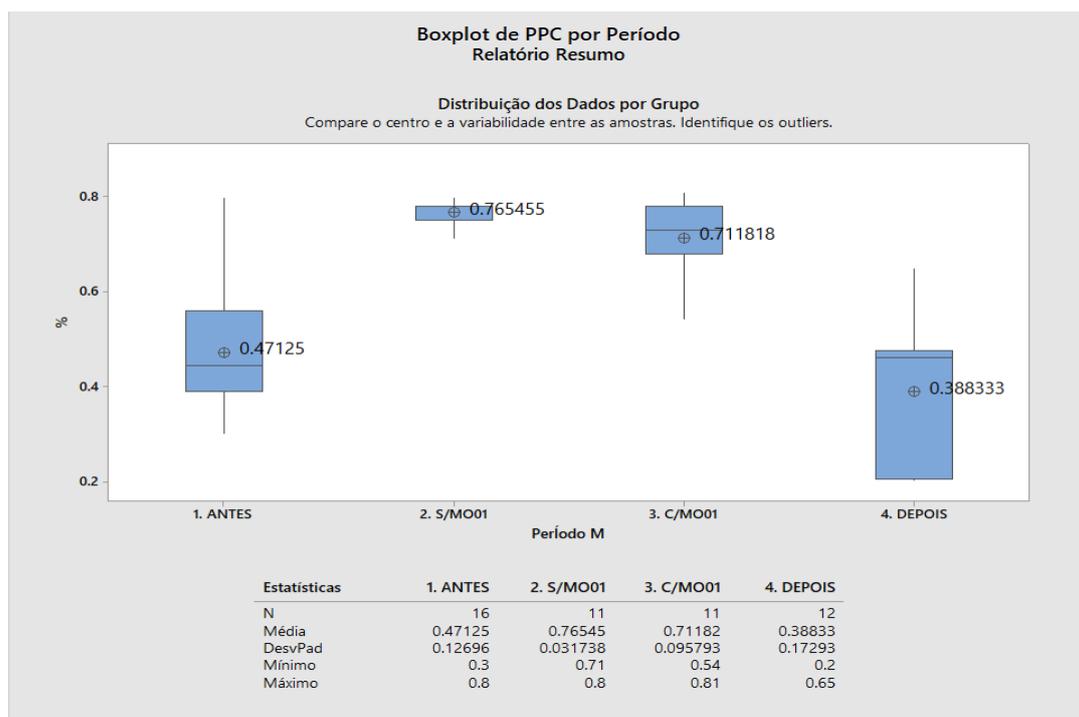


Figura 5. Boxplot PPC por Período.

É sabido que uma (um) PPC elevada (elevado) tem impacto no aumento da produção da moagem e na área de superfície específica (ASE), porém durante o período do teste não foi observado elevação da ASE do minério de alimentação (MA) da moagem. O mesmo ocorreu com a granulometria do MA, que em função de uma característica de uma distribuição granulométrica mais grosseira, estimava-se uma redução do percentual passante na malha de 0,045mm.

Sabe-se que a moagem é responsável por grande parte do consumo de energia de uma usina de pelletização e em alguns casos determina sua capacidade de produção [2].

Nesse cenário, os resultados do uso do FABR de eficiência energética e consumo específico de energia elétrica foram bastante satisfatórios, apresentando aumento de, em média, 22,76% de eficiência energética e redução média de 3,26kWh/t nos períodos de teste o que pode ser observado nas figuras (Figura 7; Figura 8; Figura 9; Figura 10).

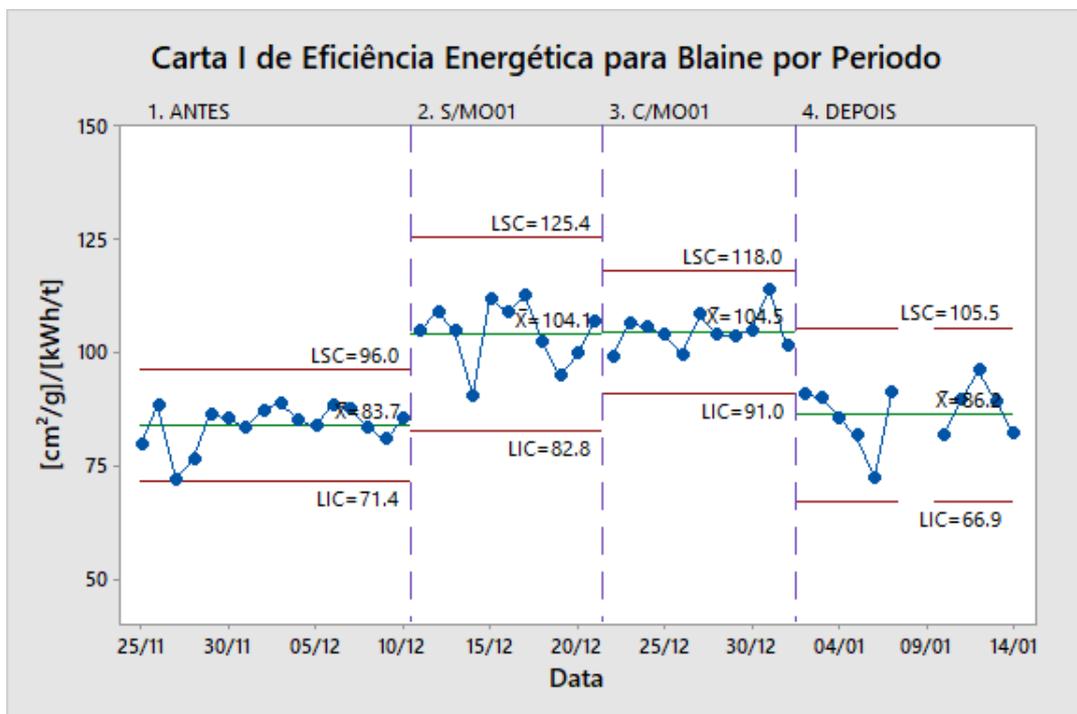


Figura 6. Carta de controle Eficiência Energética por período.

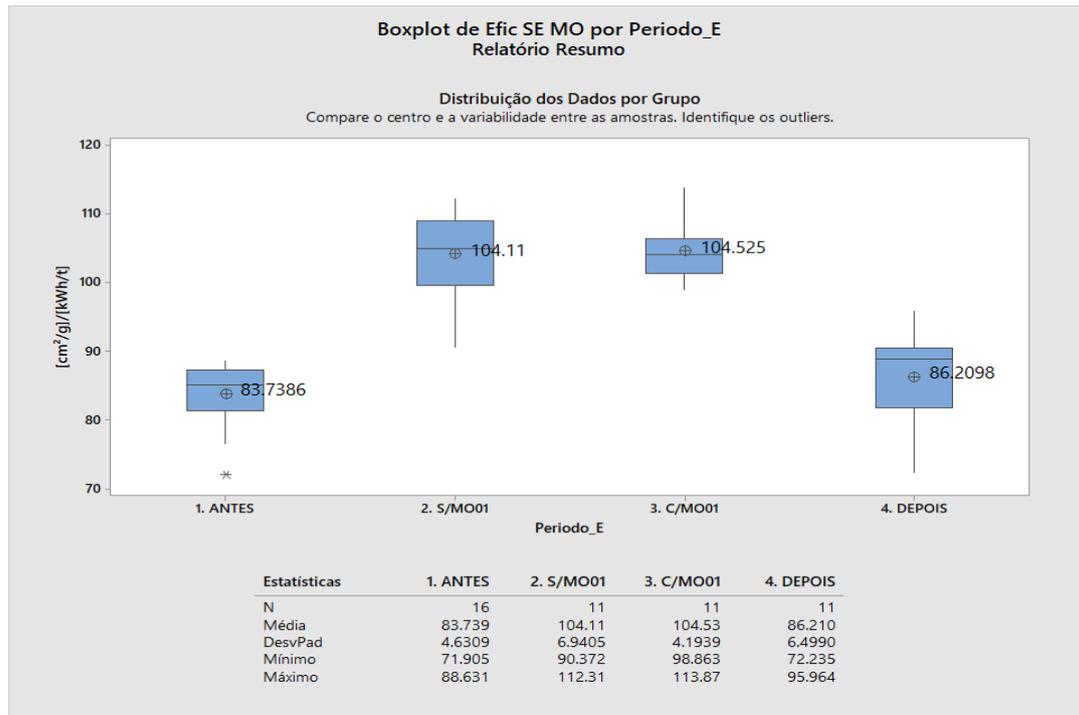


Figura 7. Boxplot Eficiência Energética por período.

A taxa de alimentação líquida apresentou aumentos significativos com elevação de 99,8t/h entre os períodos 1 e 2 e 78,4t/h entre os períodos 3 e 4, o que pode ser visualizado nas figuras (Figura 8; Figura 9), tendo em conta que a adição de água nos circuitos de moagem é usada para manter a densidade da taxa de alimentação [3], essa diferença no segundo período de teste é explicado pois no retorno após manutenção do moinho 01 esse apresentou dificuldades no sistema de abastecimento de água o que limitou a taxa de alimentação para cerca de 450t/h.

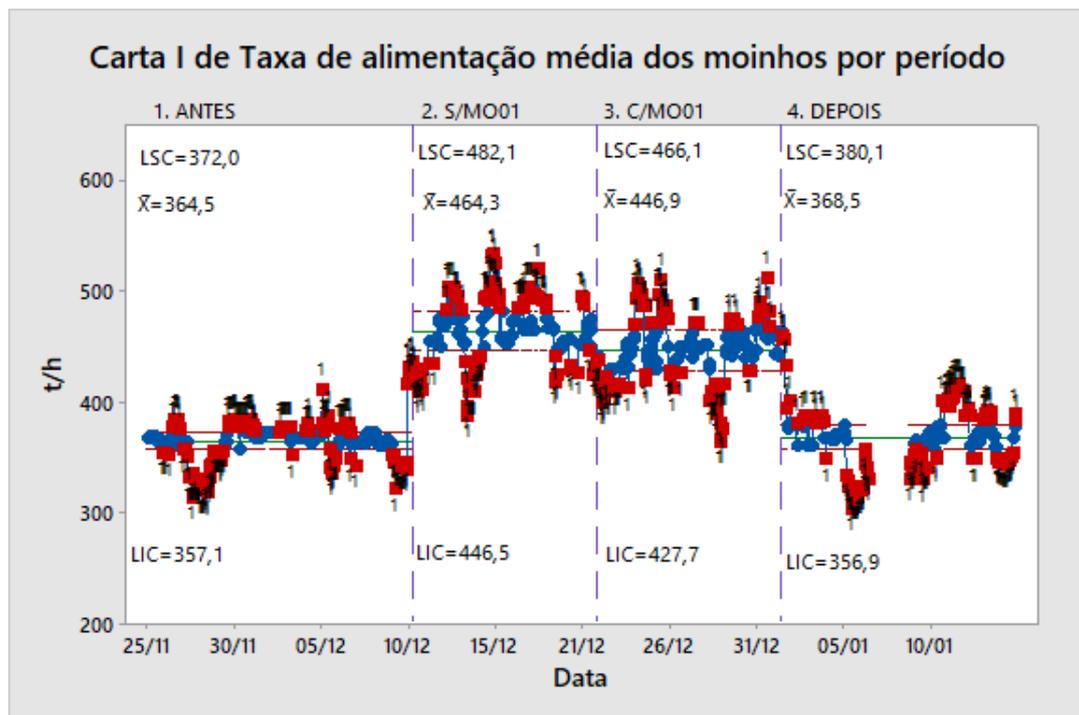


Figura 8. Carta de Controle Taxa de Alimentação da Moagem.

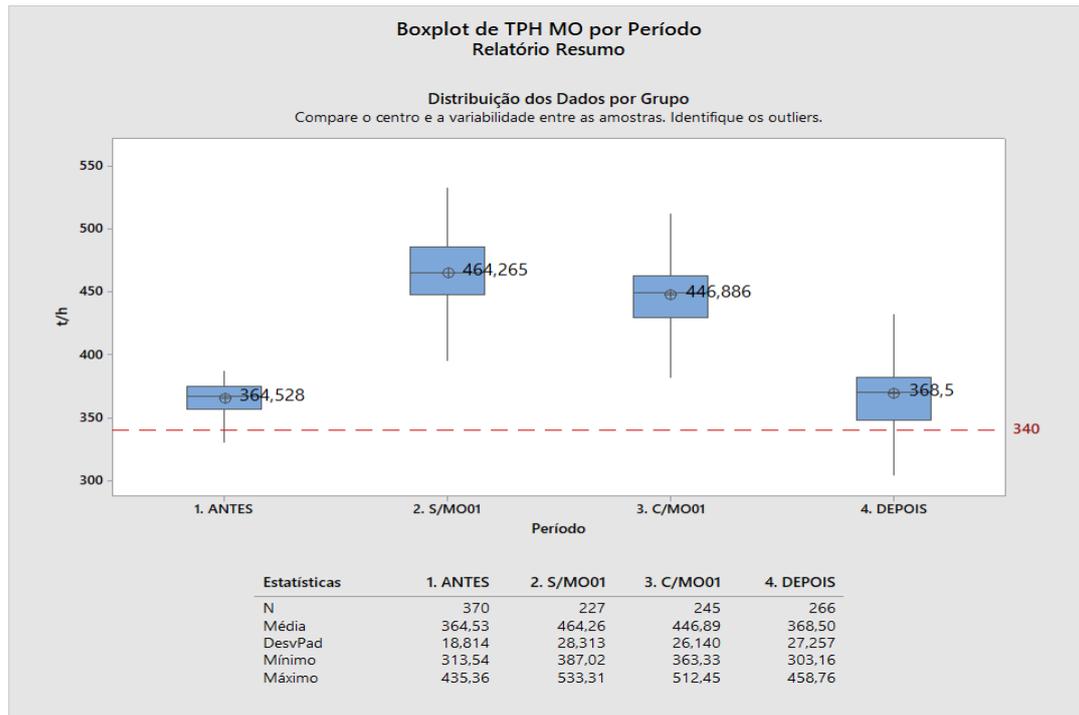


Figura 9. Boxplot Taxa de Alimentação da Moagem.

Corpos moedores são responsáveis (responsável) por em média 50% do custo no processo de cominuição de Tubarão. Considerando isso, a redução de seu consumo específico representa, portanto, uma economia nos custos de cominuição. Durante os testes observou-se uma redução de em média 0,10kg/t do consumo específico de corpos moedores conforme figuras (Figura 11; Figura 12), apesar das limitações na taxa de alimentação no período 3.

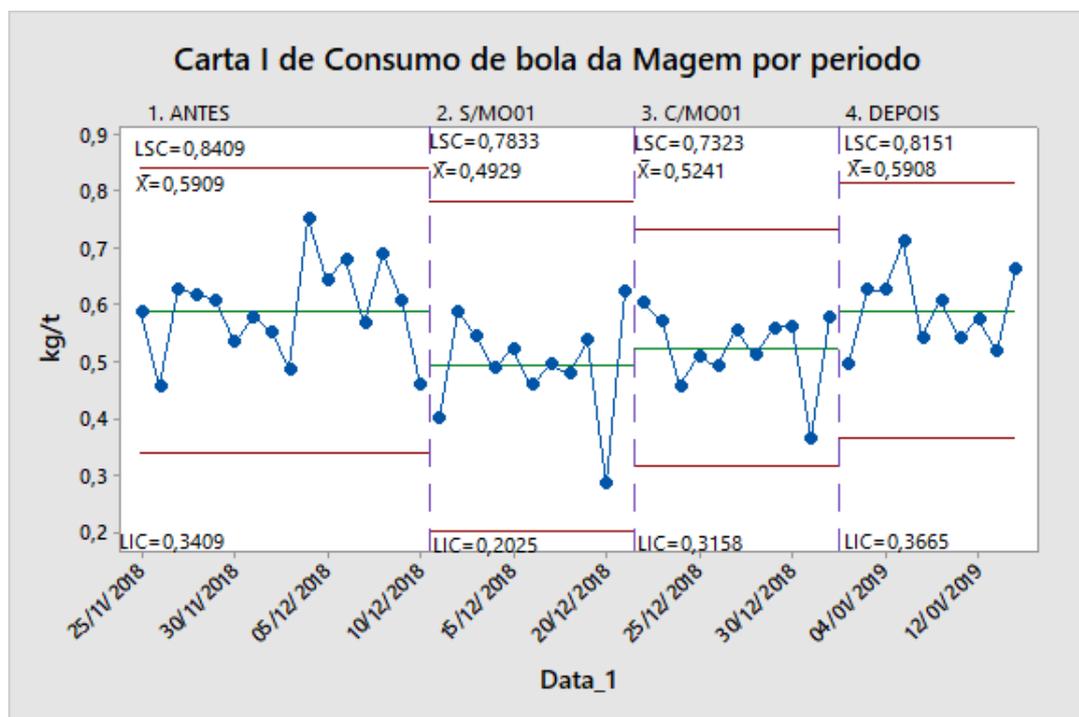


Figura 10. Carta de controle consumo específico de bolas.

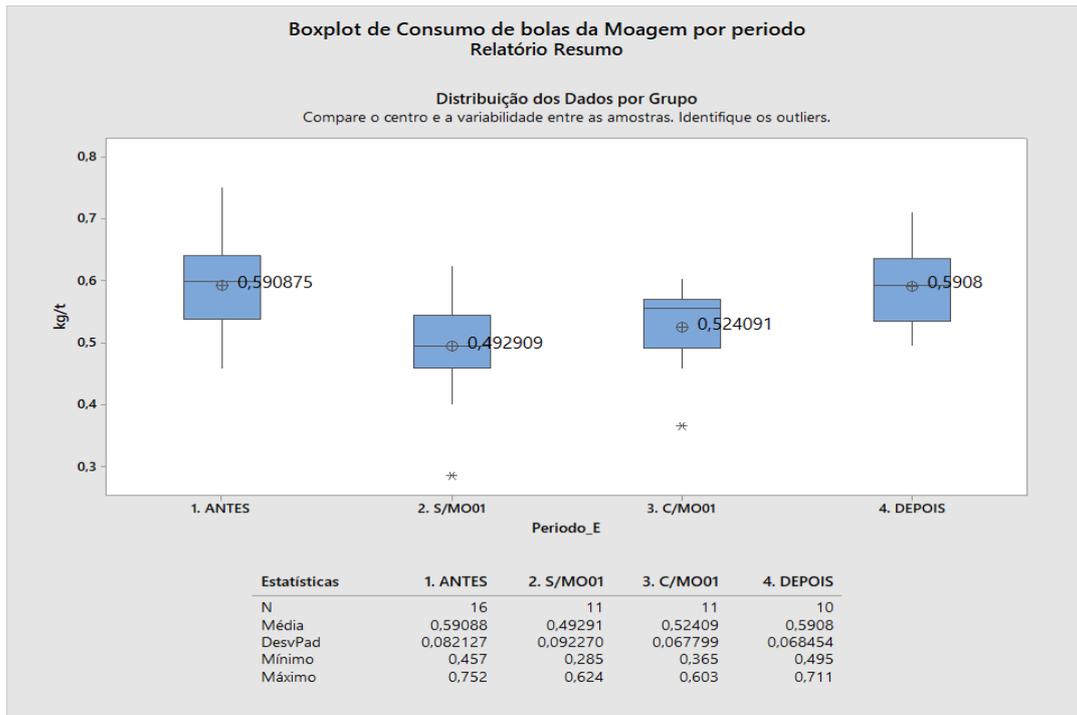


Figura 11. Boxplot consumo específico de bolas.

O percentual passante na malha de 0,045mm dos períodos de teste (,) foi (foram) em média 2,87 pontos percentuais inferior (inferiores), conforme figuras (Figura 12; Figura 13). Considerando que os itabiritos anfibolítico possuem uma característica mineral mais grossieria, apresentando em média 35% passante em 150µm e percentual de lama em torno de 15% [1], e pelo fato da oitava usina de pelotização não possuir classificação (moagem em circuito aberto), esse resultado já era esperado.

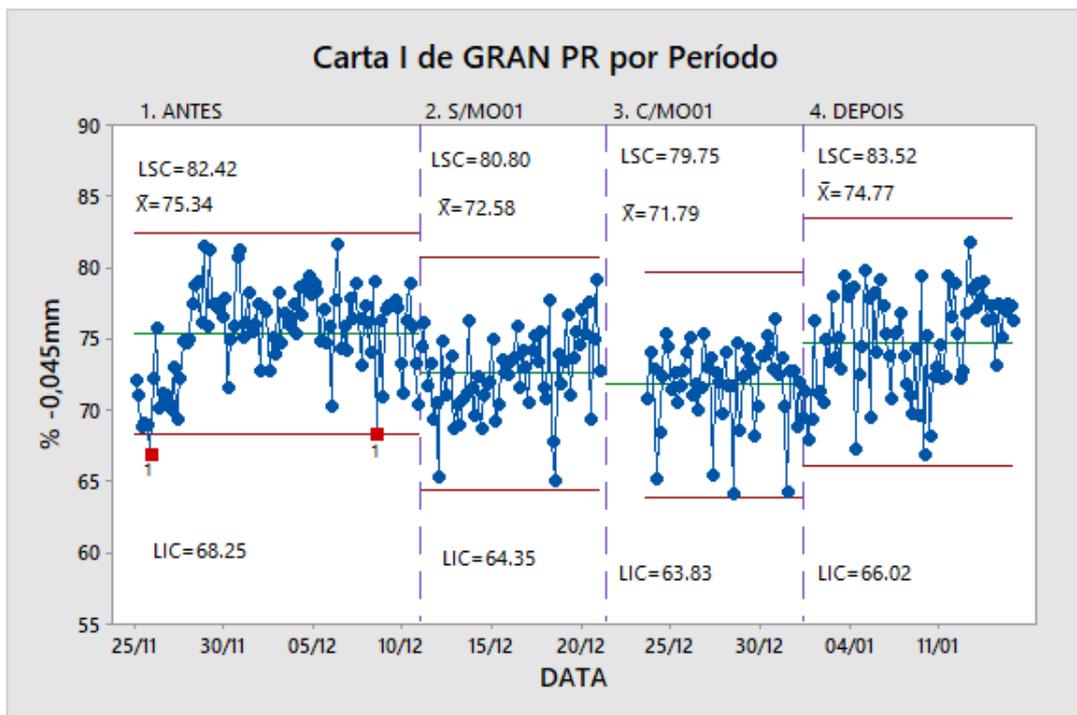


Figura 12. Carta de controle Granulometria por período de teste.

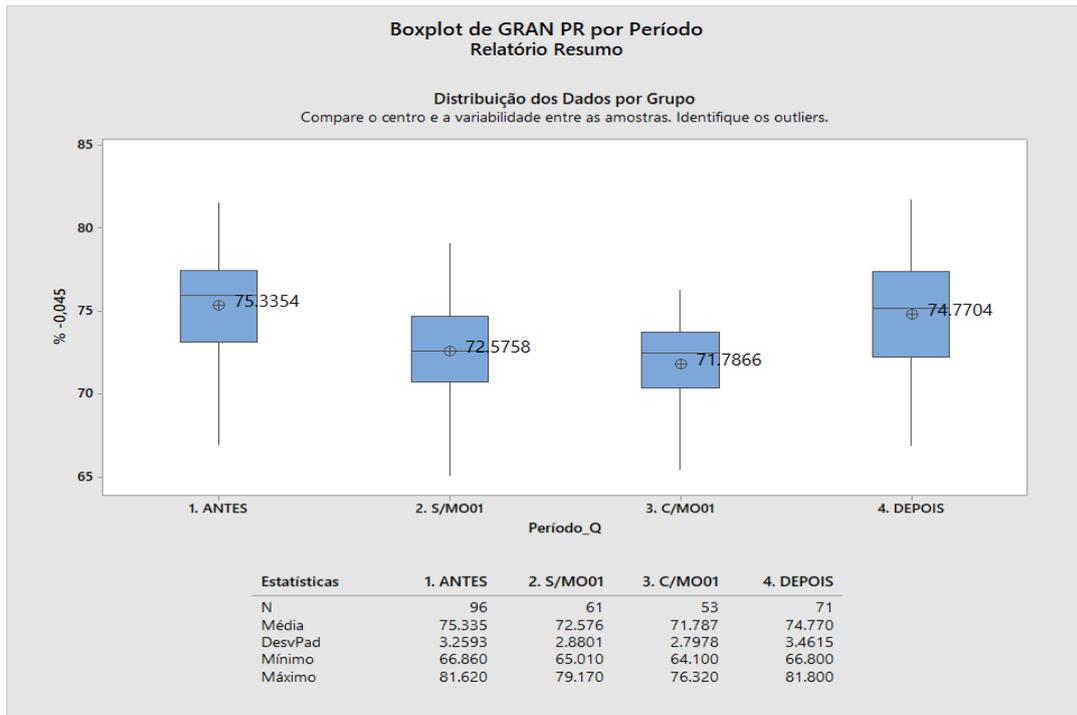


Figura 13. Boxplot Granulometria por período de teste.

O período 3 apresentou superfície específica do produto da moagem superior em média $41,5\text{cm}^2/\text{g}$ em relação aos outros períodos o que pode ser observado nas figuras (Figura 14; Figura 15), demonstrando oportunidade de elevação da taxa de alimentação desse período, o que não foi realizado devido à restrição do moinho 01.

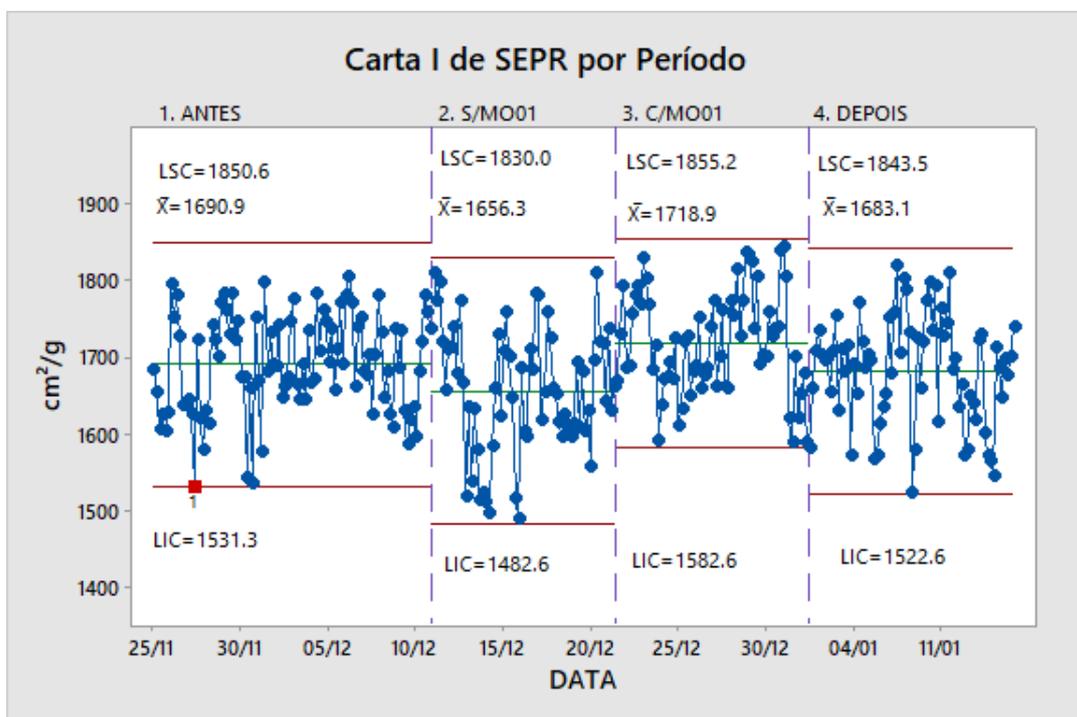


Figura 14. Carta de Controle Superfície Específica do produto da moagem.

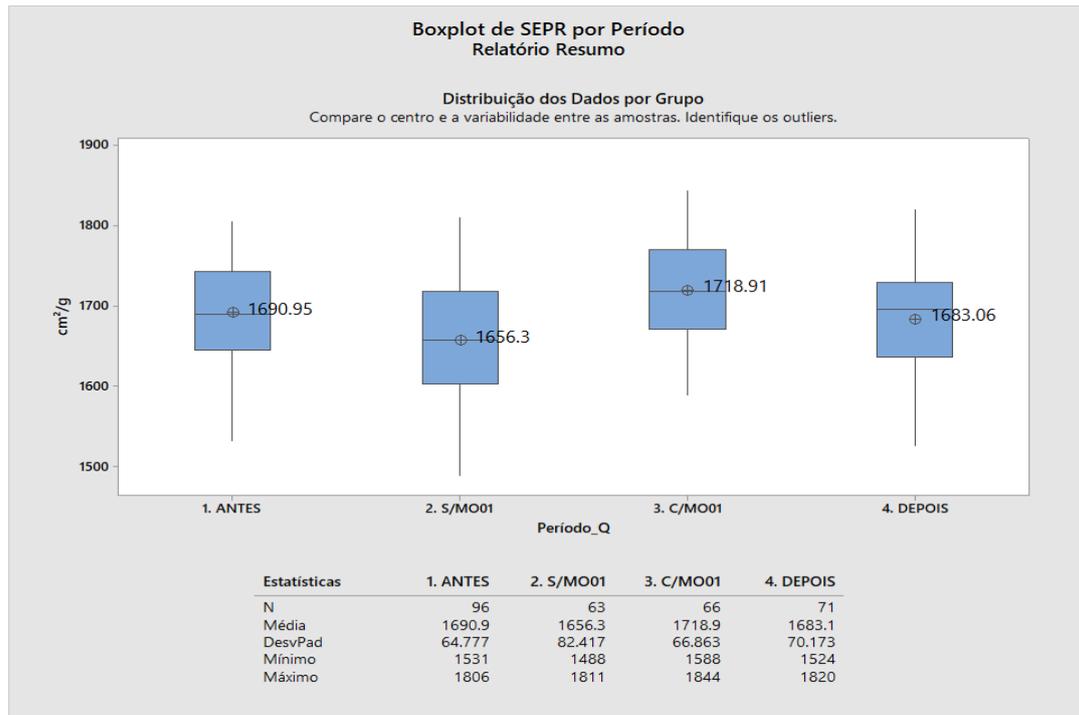


Figura 15. Boxplot Superfície Específica do produto da moagem.

3 CONCLUSÃO

O uso do fino comum de itabirito anfíbolítico na matriz de minério da oitava usina de pelotização propiciou um aumento substancial da eficiência energética para geração de área de superfície específica da moagem (Blaine), e em consequência do aumento de eficiência energética, obteve-se uma elevação de aproximadamente 100t/h da taxa de alimentação média dos moinhos. Esse aumento corroborou com a redução direta dos consumos específicos de energia elétrica e corpos moedores e aumento de 39,2kt da produção de pelotas durante os 10 dias de manutenção do Moinho 01, sem demérito a qualidade física e química especificada da pelota.

A partir dessas informações, conclui-se que esse minério apresentou bom desempenho para o processo operacional de moagem, mesmo apresentando redução no percentual passante na malha de 0,045mm da granulometria do produto moído. Os problemas operacionais ocorridos durante o teste pela falta de água para correção da densidade de empolpamento demonstra oportunidades de melhorias para que se alcance todo potencial que essa matriz de minério apresenta.

REFERÊNCIAS

- 1 Rocha, J. Definição da Tipologia e Caracterização Mineralógica e Microestrutural dos Itabiritos Anfíbolíticos das Minas de Alegria da Samarco Mineração S.A. [Tese]. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais; 2008.
- 2 Ribeiro, M. R. Investigação das Características dos Minérios de Ferro da CVRD que Influenciam seu Comportamento na Moagem. [Tese]. Minas Gerais: Universidade Federal de Ouro Preto; 2004.
- 3 Edwards R., Vien A., Perry R. Strategies for the Instrumentation and Control of Grinding Circuits. In: Mineral Processing Plant Design, Practice, and Control: Proceedings, Volume 2. ed. SME; 2002. p. 2138.