



SIMULAÇÃO DE PENEIRA DESAGUADORA COMO PRÉ-CLASSIFICADOR EM CIRCUITO DE MOAGEM EM PLANTA DE BENEFICIAMENTO DE MINERAL POLIMETÁLICO

LAUDARES, C.S.¹, SIQUEIRA, J.S.², DAVILA, O.N.³, BERGERMAN, M.G.⁴

¹Nexa Resources Peru Unidad El Porvenir, Jefe de Planta Concentradora, Planta Concentradora.
email: camila.silva.cs1@nexaresources.com

²Nexa Resources Peru Complejo Pasco, Gerente de Planta Concentradora, Planta Concentradora.
email: juliana.siqueira.js1@nexaresources.com

³Nexa Resources Peru, Jefe de Investigación, Tecnología.
email: nilo.davila@nexaresources.com

⁴Universidade de São Paulo (USP), Professor, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.
email: mbergerman@usp.br

RESUMO

A planta de beneficiamento de minerais polimetálicos de El Porvenir, pertencente a Nexa Resources, situada na serra central do Peru, passou por diversas otimizações no seu circuito de britagem obtendo uma redução da granulometria do produto da britagem em 17% no P80 e, conseqüentemente, uma geração expressiva de finos nas malhas de interesse de liberação de mineral (100# Tyler) para etapa de flotação. Diante desse fato, avaliou-se a possibilidade de pré-classificação dos finos que ingressam ao circuito de moagem, através da instalação de uma peneira desaguadora antes do moinho primário, enviando-os diretamente ao circuito de classificação e posteriormente à flotação, reduzindo dessa forma a tonelagem nova alimentada ao moinho, o que permitiria aproveitar de uma forma mais eficiente a energia de moagem disponível, seja por uma moagem mais fina ou um novo incremento de tonelagem. Simulações evidenciam que os ganhos com a instalação desse equipamento seriam de redução de aproximadamente 4,5% na granulometria do produto da moagem ou acréscimo de 15% na alimentação nova, o que corresponde a um ganho de 20 toneladas/hora.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação, Peneira desaguadora, Moagem.

ABSTRACT

The El Porvenir polymetallic mineralization plant belonging to Nexa Resources and located in the central sierra of Peru underwent several optimizations in its crushing circuit obtaining a reduction of the particle size of crushing product by 17% and, consequently, a generation (100 # and 200 #) for the flotation step. In view of this fact, it was evaluated the possibility of pre classification of the fines entering the grinding circuit, by installing a dewatering screen before the primary mill, sending them directly to the classification circuit and after the flotation, thus reducing the new tonnage fed to the mill, which would make it possible to make more efficient use of the available milling energy, either by a finer grinding or by a further increase in tonnage. Simulations show that the gains from the installation of this equipment would be a reduction of approximately 4.5% in the particle size of the product of the milling or increase of 15% in the new feed, which corresponds to a gain of 20 tons / hour.

KEYWORDS: Simulation, Dewatering screen, Milling.

1. INTRODUÇÃO

A Unidade mineradora de El Porvenir pertencente a Nexa Resources está situada na serra central do Peru, na província de Pasco, à 4200m de altitude e 321 Km de Lima, capital do país. Ela é considerada a mina subterrânea mais profunda do Peru e uma das mais profundas da América Latina, com extração a 1.250 metros abaixo da superfície. Esta Unidade iniciou suas operações em 1949 para dedicar-se a extração, concentração e comercialização de minerais sulfetados polimetálicos, principalmente zinco, chumbo e cobre, com conteúdo de prata e ouro. Atualmente El Porvenir faz parte do grupo brasileiro Nexa Resources, antes conhecido como Votorantim Metais.

A capacidade de processamento original da Planta de Beneficiamento era de 1.800 toneladas/dia. Porém, com o progressivo investimento em instalações de novos equipamentos e otimizações dos circuitos atingiu-se uma capacidade de 6.400 toneladas/dia. Mesmo após 70 anos de exploração e com reservas minerais para mais 15 anos, a busca por otimizações e ampliações na planta de El Porvenir é primordial para manter a competitividade dessa Unidade Mineira devido as quedas nos teores que são inerentes a uma mina que possui tanto tempo de exploração e tamanha profundidade. As figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, a evolução em termos de capacidade de tratamento da planta de El Porvenir e a redução do teor de zinco, o elemento de interesse com mais alto teor da mina.

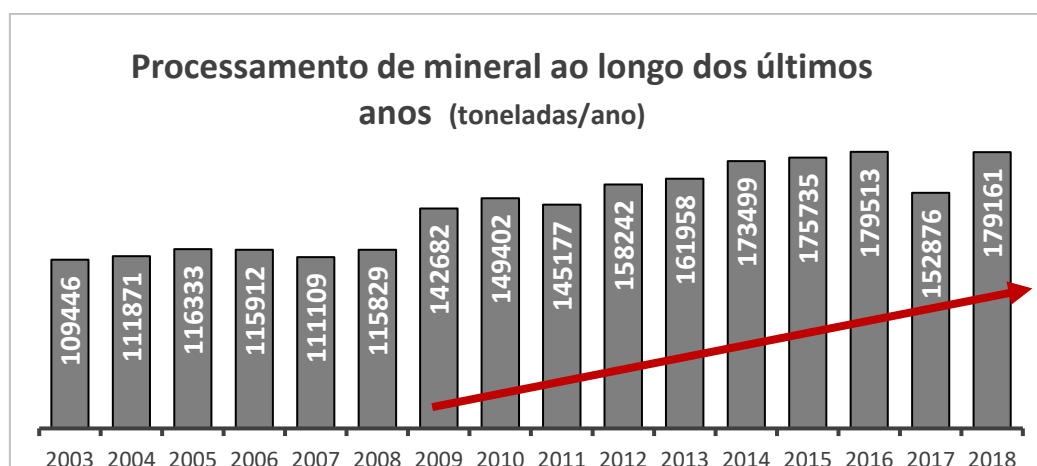


Figura 1: Processamento de mineral ao longo dos últimos anos na planta de El Porvenir.

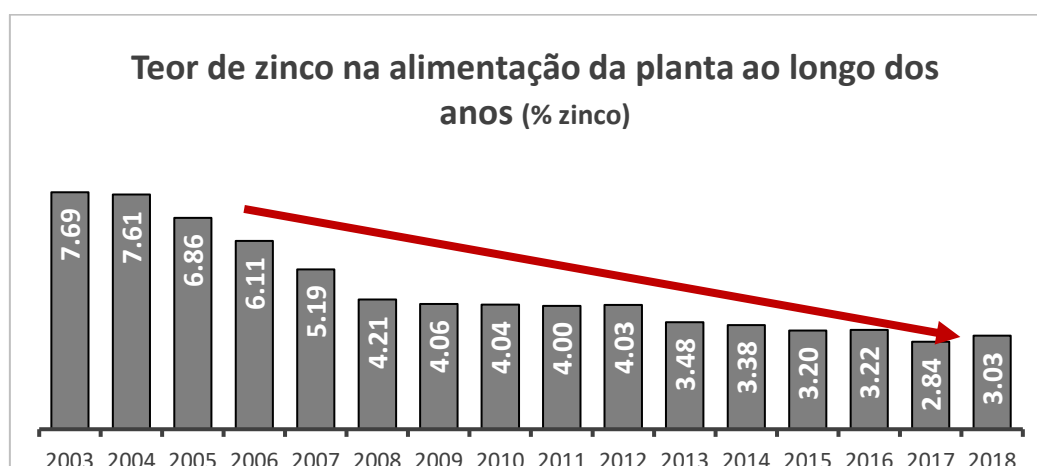


Figura 2: Evolução do teor de zinco na alimentação da planta de El Porvenir ao longo dos últimos anos.

Frente a essa realidade, investiu-se no ano de 2018 na otimização do circuito de britagem da planta de El Porvenir, que englobou desde a inserção de uma nova peneira até ajustes de perfis de revestimentos de britadores e mudança das malhas de classificação, o que permitiu uma mudança de patamar de especificação do produto desse circuito. O gráfico 1 ilustra a distribuição granulométrica do circuito antes e após a otimização da britagem.

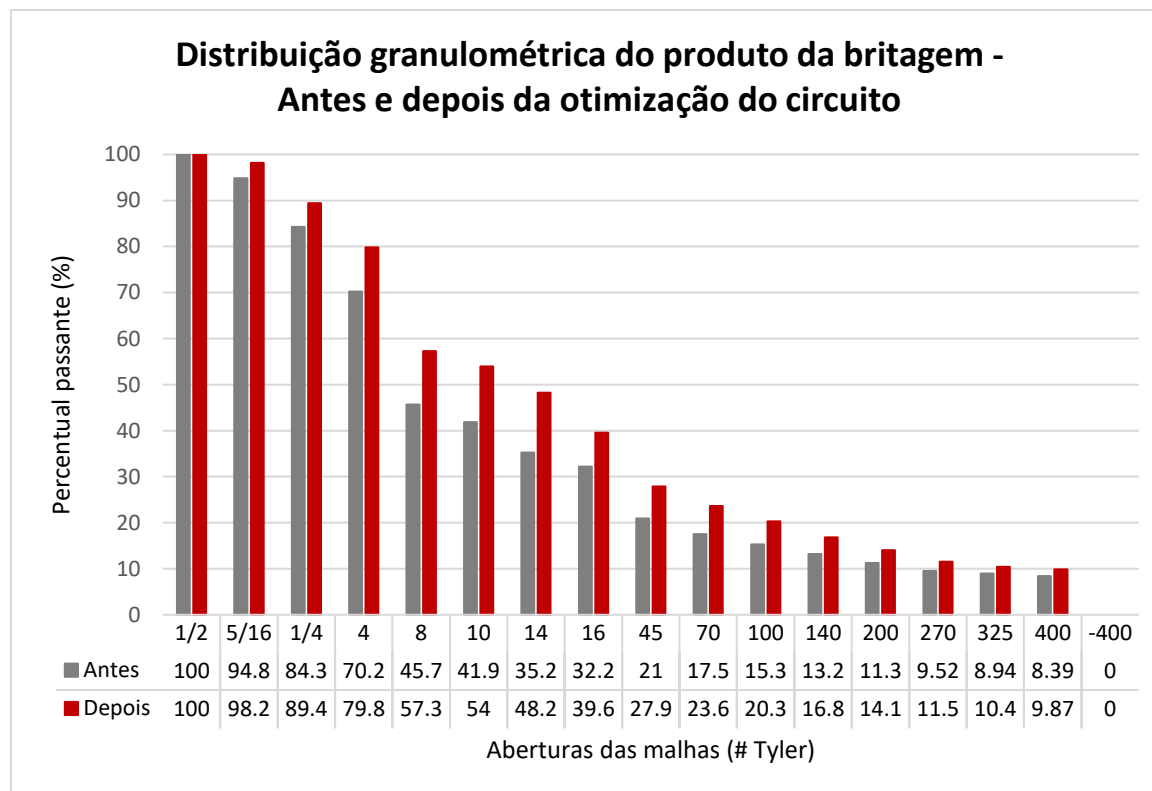


Gráfico 1: Distribuição granulométrica do produto da britagem - Antes e depois da otimização do circuito.

Como resultado da otimização do circuito obteve-se uma redução da granulometria do produto da britagem em 17%, passando de um P80 de 5.8mm para 4.8mm, e uma maior geração de finos nas malhas de interesse de liberação de mineral (100# Tyler). Diante desse fato avaliou-se a possibilidade de pré-classificação dos finos através de peneiramento, enviando-os diretamente ao circuito de classificação e posteriormente à flotação, reduzindo dessa forma a tonelagem nova alimentada ao moinho, o que permitiria aproveitar de uma forma mais eficiente a energia de moagem disponível, seja por uma moagem mais fina ou um novo incremento de tonelagem, além de minimizar os efeitos de sobremoagem que impactam diretamente no consumo de reagentes, espessamento e filtração dos concentrados. Esta operação de pré-classificação antes da moagem, que pode ser feita com peneiras ou ciclones, é realizada em diversas usinas de beneficiamento mineral, como a Mineração Chapada (Bergerman, 2013), Vale Araxá (Schnerallrath et al., 2001) e a Niobec (Roethe, 1989).

Dentre os equipamentos capazes de realizar uma classificação de partículas finas em meio a uma alimentação com alta variabilidade granulometria, dá-se destaque à peneira vibratória horizontal ou de movimento retilíneo. Esse tipo de equipamento, também conhecido como peneira *low head*, tem uma faixa muito restrita em que funciona de maneira eficiente como peneira: 2 ½" a 1/8" a seco e 2 ½" a 48# a úmido (FAÇO, 1982). Fora dessa faixa, sua eficiência é baixa. Essa desvantagem como peneira é, porém, a causa do seu sucesso

como equipamento desaguador: fora da faixa adequada, ele trabalha mal como peneira e deixa passar na sua maioria água. Para o caso de peneiras horizontais não é possível orientar a vibração no sentido contra fluxo, como é usual em peneiras inclinadas para aumento de eficiência, uma vez que nesse caso o *oversize* se movimentaria no sentido oposto. O recurso para facilitar ou dificultar o movimento do *oversize* sobre a tela é, então, variar a inclinação da tela. Com inclinação positiva (a favor do movimento de *oversize*), aumenta a velocidade deste. Com inclinação negativa (descarga mais elevada que alimentação) o movimento do *oversize* fica dificultado e isso se traduz em um desaguamento mais intenso (CHAVES, 2013).

Outro fator importante a se considerar é o efeito da umidade sobre o peneiramento, uma vez que o peneiramento só é possível até umidades da ordem de 4% a 5% (a seco) e acima de 43% (a úmido). Nessa faixa, na qual trabalham as peneiras desaguadoras, a água presente nos vazios entre as partículas faz com que o leito fique coeso; as partículas ficam aderidas umas às outras e movem-se em bloco sobre a tela, não tendo liberdade individual de movimento. A agitação faz com que a água entre as partículas escorra, mas não permite que partículas individuais se movam e se apresentem as telas para serem ou não peneiradas. É claro que partículas muito finas que estão em suspensão homogênea na água acabam passando pela tela, bem como uma ou outra partícula fina que esteja por debaixo do leito. Por isso é possível desaguar em telas de aberturas muito maior que o tamanho das partículas presentes no leito (Chaves e Peres, 2012).

Peneiras utilizadas no desaguamento encontram uma variedade de aplicações, tanto na mineração, como na reciclagem e descontaminação de solos, na indústria química e alimentícia. Na indústria mineral, encontram aplicações para o desaguamento de alguns minerais metálicos, areia, rocha britada, sais de potássio e carvão. Dentre as vantagens na sua utilização, estão os baixos custos operacionais e de construção (MILHOMEM, 2013).

Keller e Stahl (1994) confirmam que o desaguamento vibratório com peneiras é influenciado por uma série de fatores, referentes à construção do equipamento, condições operacionais e parâmetros do material (tabela 1).

Tabela 1: Fatores que influenciam no desaguamento com peneiras vibratórias

Influência exercida	Parâmetros de construção	Condições operacionais	Parâmetro do material
Capacidade	Largura da peneira		
Capacidade e Desaguamento	Ângulo de vibração	Amplitude	Propriedades elásticas
	Ângulo da peneira	Frequência	Massa específica
	Forma de vibração	Altura do leito	Concentração de sólidos
	Tamanho da abertura	Tempo de residência	Tamanho das partículas
Desaguamento	Área aberta efetiva		Viscosidade
	Comprimento da peneira		Tensão superficial
			Taxa de compressão

O presente trabalho visa simular e avaliar a possibilidade de redução granulométrica do produto da moagem da planta de El Porvenir, bem como aumento de capacidade de tratamento, pela inserção de uma peneira desaguadora antes da moagem primária nesse circuito, a fim de direcionar os finos presentes na alimentação diretamente à classificação e posteriormente ao circuito de flotação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A planta de beneficiamento de El Porvenir possui dois circuitos individualizados de moagem, sendo eles chamados de circuito 1 e 2. O circuito 2, tema deste estudo, é composto por um moinho primário *Kopper* 9.5' x 12' que trabalha com dois moinhos secundários, sendo eles um *Comesa* 8' x 10' e um *Hardinge* 8' x 5'. Neste circuito, a descarga do moinho primário é direcionada a duas células de flotação flash unitárias Sub A 1500, as quais separam as espumas de concentrado de chumbo e seu rejeito é direcionado as peneiras de alta frequência. O *undersize* dessas peneiras segue para o circuito de flotação e o *oversize* é direcionado aos moinhos secundários, cujas descargas seguem a outra célula de flotação flash SK-240, que por sua vez separa sua espuma de concentrado de chumbo e seu rejeito retorna às peneiras de alta frequência, fechando assim o circuito.

A fim de avaliar e subsidiar as possibilidades de otimização do circuito de cominuição, foi realizada em 2018 uma amostragem global do circuito 2 de moagem da planta de El Porvenir. O balanço completo está ilustrado na figura 3.

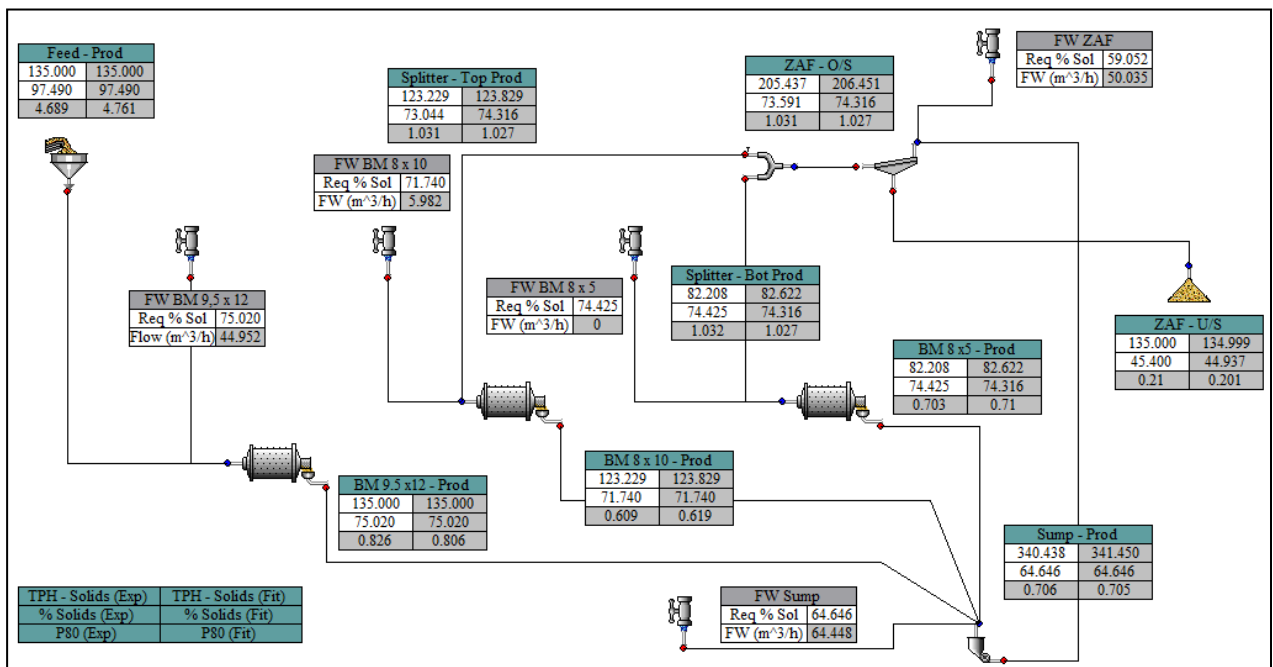


Figura 3: Balanço do circuito 2 de moagem da planta de beneficiamento de El Porvenir.

Atualmente a alimentação nova corresponde à 135 toneladas/hora neste circuito, sendo que 80% desse material que ingressa no moinho primário possui granulometria passante em 4,69 mm. Ao final do processo de moagem e classificação, alimenta-se o circuito de flotação com uma polpa de 45% de sólidos em peso e com granulometria 80% passante em 0,210 mm.

Tendo em vista o caso base, outros cenários foram simulados através do software de simulação de processamento mineral JKSimMet®, levando em conta a inserção de uma peneira desaguadora de finos na etapa anterior à moagem primária, fazendo com que os finos sejam encaminhados diretamente ao processo de classificação (peneiras de alta frequência), de forma a obter melhor aproveitamento da energia da moagem primária, visando dois cenários:

- 1) Menor granulometria do produto da moagem e/ou;
- 2) Elevação da taxa de alimentação nova.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 4 ilustra o cenário avaliado no qual se tem como objetivo a redução da granulometria do produto da moagem.

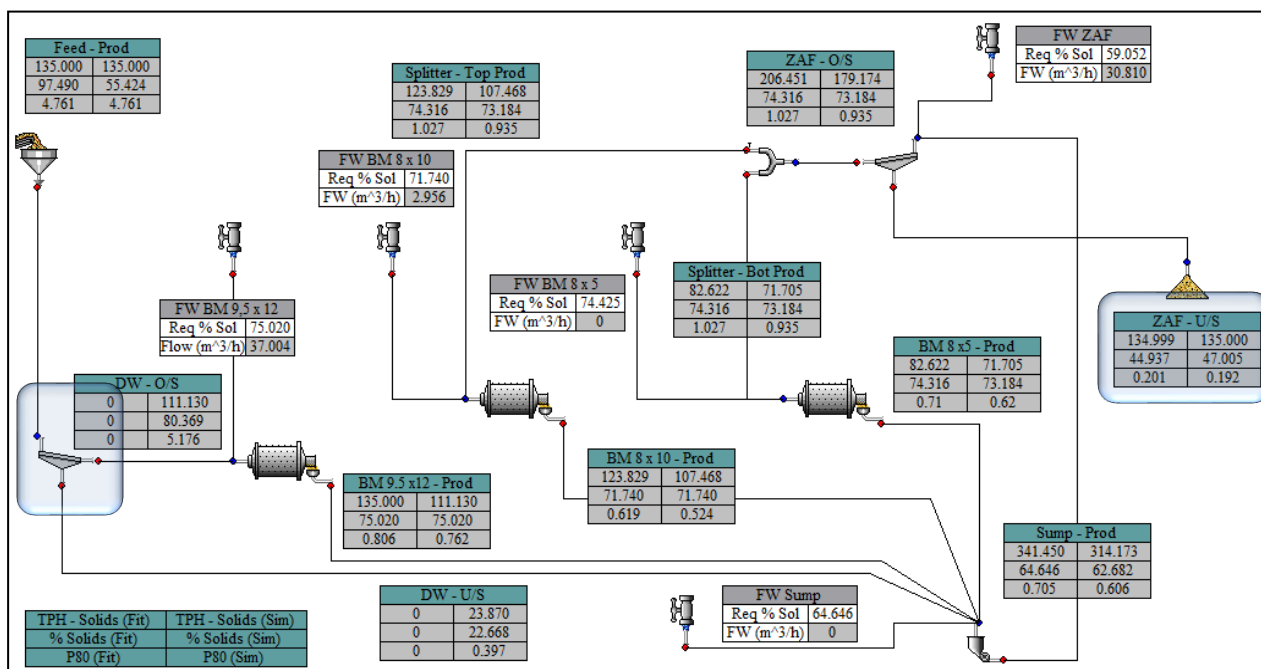


Figura 4: Simulação do circuito 2 de moagem da planta de beneficiamento de El Porvenir com acréscimo de peneira desaguadora visando menor granulometria do produto.

Através da simulação, fixando a alimentação nova em 135 toneladas/hora e incluindo a peneira desaguadora antes do moinho primário, é possível observar a contribuição desse novo equipamento, fazendo com que parte dos finos, que correspondem à 17% da massa alimentada, sejam direcionados diretamente ao classificador do circuito de moagem (peneiras de alta frequência).

Apesar da alimentação do moinho ficar um pouco mais grosseira (P80 de 5,176mm *versus* P80 de 4,761mm), o P80 do produto ficou mais fino, devido a menor vazão do moinho, uma vez que aproximadamente 24 t/h de material que deixa de passar por ele, o que influencia de maneira positiva na granulometria do produto da moagem, que sai de um P80 de 0,201mm para 0,192mm, redução correspondente à 4.5%.

Na figura 5 é possível analisar a simulação do cenário 2, que visa incremento de alimentação nova.

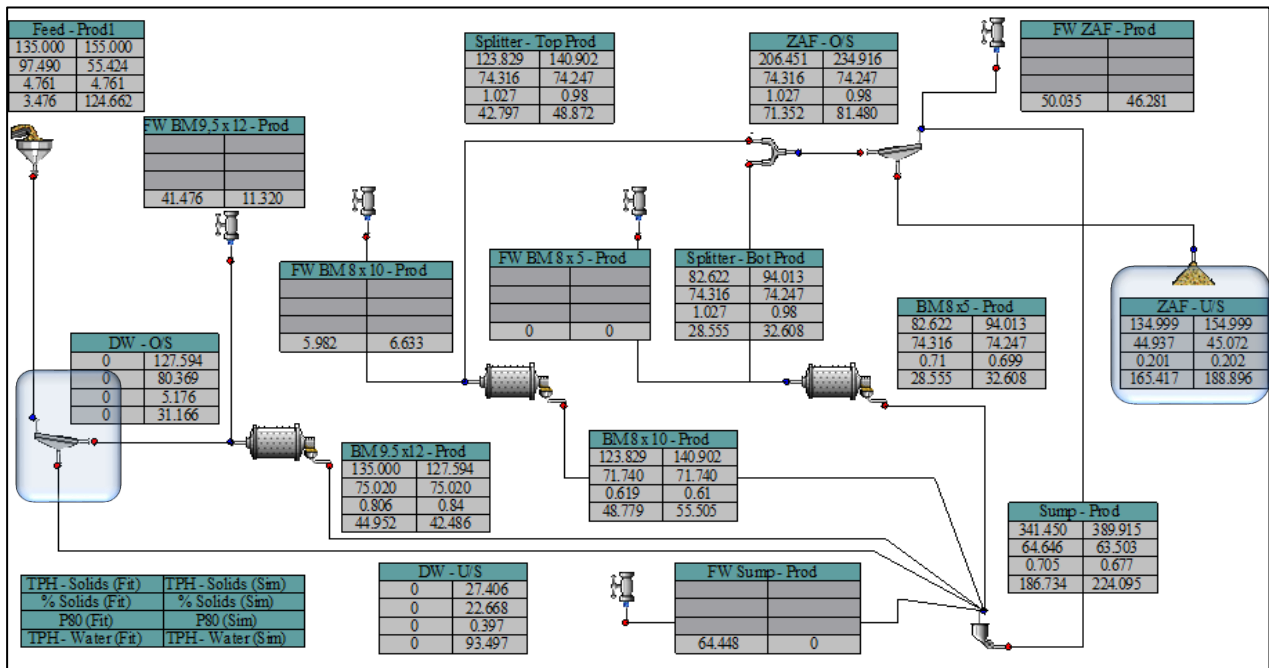


Figura 5: Simulação do circuito 2 de moagem da planta de beneficiamento de El Porvenir com acréscimo de peneira desaguadora visando maior taxa de alimentação nova.

Neste cenário, foi possível incrementar a taxa de alimentação nova em aproximadamente 15%, passando de 135 t/h a 155 t/h, mantendo a granulometria do produto da moagem (P80 de 0,201mm).

4. CONCLUSÕES

Diversas são as possibilidades de otimizações do processo produtivo em plantas de beneficiamento mineral e, cada vez mais, se faz necessário realizá-las para manter a competitividade do setor frente às quedas nos teores dos minerais de interesse, devido ao aumento do tempo de exploração dos recursos.

Pelas simulações trabalhadas, é possível corroborar os ganhos ao implementar uma peneira desaguadora antes do moinho primário, no circuito 2 de moagem da planta de beneficiamento de El Porvenir, a fim de direcionar os finos em excesso ao processo de classificação e flotação.

Os ganhos mapeados foram da ordem de 4,5% de redução do P80 da moagem ou incremento de 15% em alimentação nova, o que corresponde a 20 toneladas/hora, além de proporcionar maior flexibilidade de operação, uma vez que com esse equipamento seria possível priorizar granulometria ou taxa de alimentação, de acordo com a necessidade do momento.

As simulações não consideraram outras otimizações em parâmetros operativos e de processo que poderiam trazer ganhos adicionais, sendo os ganhos descritos devido, em sua totalidade, à inserção da pré-classificação com peneira desaguadora.

5. REFERÊNCIAS

BERGERMAN, M.G. Dimensionamento e simulação de moinhos verticais. [Tese de Doutorado]. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo; 2013.

CHAVES, A.P. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios. Volume 2. 4ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

CHAVES, Arthur Pinto; PERES, Antônio Eduardo Clark; Teoria e Prática do Tratamento de Minérios -Britagem, Peneiramento e Moagem. Volume 3, 5ª ed. São Paulo, Brasil: Oficina de Textos, 2012.

FAÇO. Manual de Britagem. 3. Ed. Sorocaba: Fabrica de Aço Paulista, 1982.

KELLER, K. and STAHL, W. Vibration dewatering. Chemical Engineering and Processing. v. 33, 1994, p. 331-336.

KELLER, K. and STAHL, W. Vibration screens for dewatering – theory and practice. Minerals and Metallurgical Processing. p. 27-34, 1997.

MILHOMEM F. Modelagem de desaguamento em peneira. [Dissertação de Mestrado]. Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto; 2013.

ROETHE G. Processing of Tantalum and Niobium Ores. In: Möller, P.; Cerny, P.; e Saupe, F. Lanthanides, Tantalum and Niobium. Berlin: Springer-Verlag, 1989. p. 331-341

SCHNELLRATH, J.; CORREIA, J.C.G.; GUIMARÃES, R.C.; TEIXEIRA, S.H.A. Fosfato: Serrana/Mina de Araxá. In: SAMPAIO, J.A.; LUZ, A.B.; LINS, F.F. Usinas de beneficiamento de minérios no Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. p. 345-357.