



**Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto**

**Departamento de Engenharia de Minas**

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral - PPGEM**



## **Avaliação da disposição de moinhos em circuitos de moagem de minério de ferro**

**Autora: Marly de Ávila Carvalho**

**Orientador: Prof. ° Dr.° CARLOS ALBERTO PEREIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Minas.

**Área de concentração: Tratamento de Minérios**

**Ouro Preto, 27 de março de 2015**

C331a

Carvalho, Marly de Ávila.

Avaliação da disposição de moinhos em circuitos de moagem de minério de ferro [manuscrito] / Marly de Ávila Carvalho. - 2015.

102f.: il.: color; grafs; tabs; Imagens.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Pereira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Mineração. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral.

Área de Concentração: Tratamento de Minérios.

1. Moagem (Beneficiamento de minério). 2. Minério de ferro. 3. Itabirito.  
I. Pereira, Carlos Alberto. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 622.73

Catálogo: [www.sisbin.ufop.br](http://www.sisbin.ufop.br)

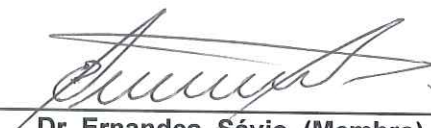
**“AVALIAÇÃO DA DISPOSIÇÃO DE MOINHOS EM CIRCUITOS DE  
MOAGEM DE MINÉRIO DE FERRO”**

**AUTORA: MARLY DE ÁVILA CARVALHO**

Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 27 de março de 2015, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:



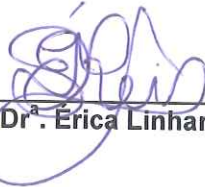
Prof. Dr. Carlos Alberto Pereira (Orientador) – UFOP



Dr. Ernandes Sávio (Membro) – VALE



Dr. Neymayer Pereira Lima (Membro) – VALE



Profª Drª Érica Linhares Reis (Membro) – UFOP

## DEDICATÓRIA

*À minha mãe, Marli, minha eterna gratidão.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus por todas as oportunidades e pela sabedoria na escolha de qual caminho seguir.

À minha mãe, Marli, por todo sacrifício e investimentos a favor de minha educação.

Ao amigo e orientador, Carlão, por todas as oportunidades, confiança e disponibilidade.

Aos ex gestores da MMX, Camilo Silva e Marcos Goossens, que viabilizaram a realização das disciplinas.

Ao Neymayer Lima e Nilton Torquato, pela ajuda na escolha do projeto.

Ao Carlos Gonçalves, Elismar Miquelanti, Ernandes Sávio e Márcio Fontes pela disponibilidade, apoio, ensinamentos e informações.

À Orway Mineral Consultants pela consultoria e simulação e a Outotec pelo apoio para a conclusão do trabalho.

Aos amigos: Andreíza Lana, Felipe Viana, Júnia Alexandrino e Marciela Belisário pelo apoio e revisões.

## RESUMO

A necessidade de liberação do mineral minério para concentração fez da moagem operação unitária fundamental para produção de concentrados a partir de minérios de baixos teores. Esse estudo teve como objetivo avaliar e comparar dois circuitos de moagem em uma usina de minério de ferro com capacidade de produção de 12Mta de pellet feed para redução direta, a partir de ROM composto basicamente por Itabirito Compacto. Foram avaliados os dois circuitos de moagem instalados na usina industrial, um circuito de moagem com dois moinhos dispostos em série, o primeiro moinho operando em circuito aberto e o segundo em circuito fechado reverso. O segundo circuito analisado foi com a operação dos dois moinhos em paralelo, ambos em circuito fechado direto. A primeira etapa do trabalho foi caracterização do minério ao longo da mina. A segunda etapa foi avaliação da operação atual através de dados industriais, balanço de massa e simulação buscando maximização de taxa horária de alimentação com a manutenção do P80 em 0,106mm. Foram coletados dados da operação durante 30 dias e foi realizada amostragem do circuito industrial de moagem. A simulação foi realizada utilizando o JKSimMet 6.0.1, após o fechamento do balanço de massa e calibração dos modelos. Foi utilizado o modelo do Misturador Perfeito para a simulação dos moinhos e Nageswarao para hidrociclones. A análise mineralógica mostrou que a jazida é composta por 55,5% de hematitas compactas, 25,4% de quartzo livre e 15,4% de quartzo misto. Em menores quantidades estão presentes goethita e goethita terrosa. O quartzo misto está presente em todas as frações granulométricas. O consumo energético médio da jazida estimado por ensaios de WI foi de 7,80kWh/t. O teste industrial mostrou que o circuito em paralelo gerou 25% a menos de lama e teve taxa horária de alimentação da flotação 2,8% maior do que o circuito em série. Nenhum circuito gerou menor quantidade de partículas maiores que 0,15mm. Além disso o circuito em paralelo proporcionou 8,3% de redução no consumo de energia, por operar com uma bateria de hidrociclones a menos do que o circuito em série. A simulação indica possibilidade de aumento da taxa alimentada com ajuste de % de sólidos, diâmetro de apex e vortex e redução do diâmetro dos corpos moedores.

**Palavras-chave:** circuitos de moagem, minério de ferro, itabirito compacto

## ABSTRACT

For being concentrated, the valuable minerals must be liberated from non valuable minerals. For this reason, grinding becomes one of the most important unitary operations, mainly for producing concentrate from low grade ores. The main objective of this study was to evaluate and compare two grinding circuits in an iron ore pellet plant with plant capacity of 12Mtpy of pellet feed for direct reduction, from a ROM mainly composed by compact itabirite. Two grinding circuits installed in one industrial plant were considered: one grinding circuit where there are two grinding mills installed in series, one operating in open circuit, and the second one in reverse closed circuit. The second circuit was considering two grinding mills operating in parallel, both in direct closed circuit. The first step of the study was the ore characterization through the mine. The Second step was to evaluate the current operation through industrial data, mass balance and simulation, seeking maximization of the throughput with P80 of 0.106mm. Operation data were collected during 30 days and a sampling campaign was done in the industrial grinding circuit. The simulation was done using JKSimMet 6.0.1, after the mass balance and models calibration. The Perfect Mixer Model was considered for simulating the mills and Nageswarao for hydrocyclones. The mineralogical analysis showed that the deposit consists of 55.5% of compact hematite, 25.4% of free quartz and 15.4% none liberated quartz. Goethite and earthy goethite are also considered in small portions. The none liberated quartz is present in all size fractions. The energy consumption estimated by WI tests was 7.80kWh/t. The Current operation evaluation showed that parallel circuit produced 25% less slimes than the parallel circuit and had 2.8% more throughput in the flotation feed. No circuit provided less amount of coarser particles (>0,15mm). The parallel circuit also saved 8.3% of energy by not using one hydrocyclone battery. The simulation indicates possible gain of throughput by adjusting the % of solids, apex and vortex diameter and reduction of the grinding media.

**Main-words:** grinding circuit, iron ore, compact itabirite

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>11</b>
3.1. Itabirito Compacto.....	12
3.2. Princípios da Cominuição.....	13
3.3. Teoria da cominuição.....	14
3.4. Moagem.....	18
3.5. Tipos de moinho.....	21
3.6. Circuitos de moagem para moinhos de bolas .....	24
3.7. Simulação de moinhos e hidrociclones.....	27
<b>4. O CIRCUITO ANALISADO .....</b>	<b>33</b>
4.1. O circuito de moagem avaliado.....	37
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>40</b>
5.1. Caracterização dos Itabiritos Compactos.....	40
5.2. Amostragem industrial dos circuitos propostos: moinhos em série e em paralelo .....	45
5.3. Teste industrial com os circuitos propostos operando concomitantemente .....	47
5.4. Otimização do circuito em série.....	48
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>50</b>
6.1. Caracterização dos Itabiritos Compactos.....	50
6.2. Teste industrial com os circuitos propostos operando concomitantemente .....	57
6.3. Otimização Por Simulação.....	65
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>72</b>
<b>8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>74</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: a) Circuito em Série b) Circuito em Paralelo.....	10
Figura 2: (A) Regime Cascata e(B) Regime Catarata.....	19
Figura 3: Curva de classificação básica mostrando a relação entre eficiência de classificação e carga circulante.....	21
Figura 4: Circuito de Britagem Primária de Minério de Ferro da Usina de tratamento de itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero. ....	34
Figura 5: Circuito de Britagem Secundária, Terciária de Minério de Ferro da Usina de tratamento de itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero .....	35
Figura 6: Circuito de moagem, classificação, deslamagem, concentração, espessamento e filtragem de Minério de Ferro da Usina de tratamento de itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero .....	36
Figura 7: Moinhos circuito de moagem de minério de ferro da Usina de tratamento de itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero Três linhas operacionais – 2 Moinhos por linha.....	37
Figura 8: Moinhos de bolas - fornecedor Citic.....	38
Figura 9: Baterias de hidrociclones para classificação de minério de ferro da Usina de tratamento de itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero.....	39
Figura 10: hidrociclone GMAX – Fornecedor FLSmidth .....	39
Figura 11: Fluxograma com o procedimento para preparação de amostras.....	41
Figura 12: Moinho de bolas usado nos ensaios de Moabilidade de Bond. ....	42
Figura 13: Pontos de amostragem no circuito com moinhos em série.....	45
Figura 14: Pontos de amostragem no circuito com moinhos em paralelo. ....	47
Figura 15: Otimização de processos no JKSimMet. - Adaptado de Munn (1996).....	49
Figura 16: Mineralogia das amostras de furo de sonda de itabirito compacto da mina de Conceição .....	52
Figura 17: Morfologia da Hematita Compacta das amostras de furos de sonda da mina de Conceição.....	53
Figura 18: Grau de Liberação do Quartzo na fração $<0,15>0,075\text{mm}$ .....	54
Figura 19: Grau de Liberação do Quartzo na fração $<0,75>0,045\text{mm}$ .....	54
Figura 20: Grau de Liberação do na fração $<0,045\text{mm}$ .....	55
Figura 21: Fotomicrografia obtida por microscópio ótico de luz refletida.....	56
Figura 22: Variação de Teor de Fe na alimentação da usina – Teste Industrial. ....	59
Figura 23: Variação de Taxa de Alimentação por linha – Teste Industrial. ....	60

<b>Figura 24:Variação de Geração de Lamas – Teste Industrial. ....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 25:Variação de &gt;0,15mm na alimentação da flotação – Teste Industrial. ....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 26:Variação de taxa de alimentação da flotação – Teste Industrial.....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 27: Balanço de Massa do Circuito em Série .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 28: Validação do balanço de massa – Comparação entre os dados amostrados e os obtidos no balanço de massa (BM).....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 29: Balanço de Massa – Circuito em Paralelo .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 30: Diferenças entre as granulometrias dos fluxos amostrados e do balanço de massa .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 31:Simulação Circuito em Série, otimização de diâmetro do corpo moedor e de APEX e VORTEX dos hidrociclones .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 32:Validação da Simulação - Comparação entre os dados obtidos no balanço de massa (BM) e os simulados .....</b>	<b>71</b>

## LISTA DE TABELAS

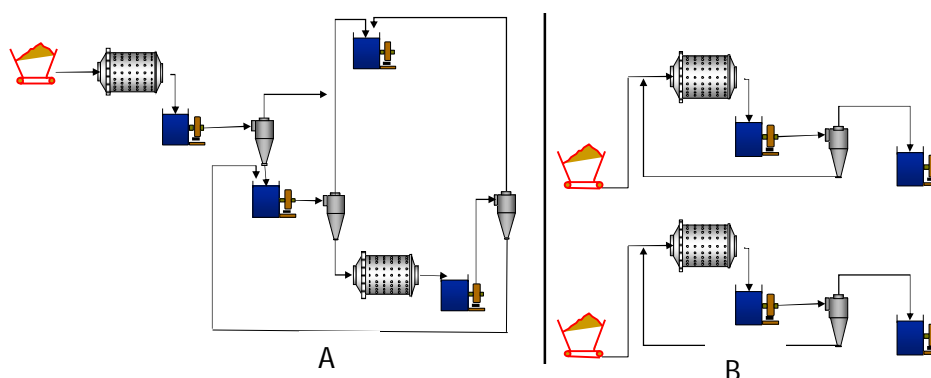
<b>Tabela 1: Condições operacionais da usina para a amostragem – Circuito em Série .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabela 2: Condições operacionais da usina para a amostragem – Circuito em Paralelo.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabela 3: Condições operacionais de processo da usina para o teste industrial.....</b>	<b>48</b>
<b>Tabela 4: Granuloquímica do ROM .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabela 5: Análise Química média estimada para PF .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabela 6: Resultados dos testes de Moabilidade - Wi Bond.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabela 7: Condições operacionais durante o teste com os circuitos operando concomitantemente..</b>	<b>58</b>
<b>Tabela 8: Estatística descritiva dos dados do teste industrial com intervalo de confiança de 95% ..</b>	<b>58</b>
<b>Tabela 9: Enriquecimento o <i>underflow</i> dos ciclones de classificação dos circuitos em série e em paralelo .....</b>	<b>62</b>
<b>Tabela 10: Condição operacional durante a amostragem industrial com o circuito operando em série.....</b>	<b>65</b>
<b>Tabela 11: Condição operacional durante a amostragem industrial com o circuito operando em paralelo .....</b>	<b>68</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com a exaustão das jazidas compostas por hematita e itabirito rico, a moagem se tornou estratégica para o aproveitamento de itabiritos pobres e compactos. No caso do minério de ferro a produção de *pellet feed* é uma tendência mundial e para se obter a qualidade necessária para a produção de pelotas, a liberação é condição fundamental.

Esse estudo foi desenvolvido em parceria com a Vale, em uma usina de tratamento de itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero, projetada para produzir 12 Mta de *pellet feed* para redução direta, produto nobre com teores de Fe de 69,0%,  $\text{SiO}_2$  de 0,7% e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de 0,15%, a partir de ROM de 42% Fe, 37%  $\text{SiO}_2$ , e 0,71%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  composto principalmente por Itabirito Compacto.

O circuito de beneficiamento da usina em questão é composto por etapas de britagem, moagem, classificação, deslamagem, flotação, espessamento e filtragem. A usina possui três linhas de moagem idênticas e independentes. Cada uma tem a flexibilidade de operar a moagem em dois circuitos distintos, os quais são testados nesse estudo: um circuito com dois moinhos em série, sendo o primeiro moinho em circuito aberto e o segundo em circuito fechado com hidrociclones, ou o segundo circuito com dois moinhos paralelos em circuito fechado com hidrociclones, conforme figura abaixo:



**Figura 1:** a) Circuito em Série b) Circuito em Paralelo

A moagem é uma das operações unitárias mais relevantes do processo, uma vez que, não obtida a granulometria de liberação, não existe a produção de concentrado com

especificação para redução direta. Além da liberação, o controle da moagem é muito importante para minimizar perdas através da geração de lamas e é também fundamental para o controle de custos, já que a moagem é a etapa de maior custo operacional. O preço da tonelada seca de finos com 62%Fe, que em 2011 superou US\$180,00, em abril de 2015 atingiu valores inferiores a US\$50,00. A otimização operacional para maximização de produção com os ativos atuais e a redução de custos operacionais são fundamentais para manutenção das operações diante do cenário atual.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo desse trabalho é:

- i. avaliar e comparar a utilização de moinhos dispostos em série e em paralelo no circuito de moagem de minério de ferro em uma usina de tratamento de itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero.

Para tal, serão avaliados:

- i. o aumento de taxa de alimentação no circuito de moagem e na flotação, a fim de melhorar a produtividade do circuito;
- ii. a fração  $>0,15\text{mm}$  gerada na moagem;
- iii. geração de lamas.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nesse capítulo é apresentada uma breve revisão sobre a cominuição, especialmente moagem.

### 3.1. Itabirito Compacto

O itabirito é uma rocha composta por, na maioria dos casos, hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), associados principalmente às formações ferríferas bandadas (BIFs), geralmente concordantes com a estruturação geral das camadas. (Couto, 2009). O itabirito é constituído de óxidos de ferro e minerais transparentes, de espessura milimétrica a centimétrica, com teor primário de ferro variando entre 20% e 55% de Fe total (Takehara, 2004). O itabirito pode ser friável, pulverulento ou compacto, dependendo da atuação de processos supergênicos (Takehara, 2004).

Na literatura a definição encontrada para o Itabirito Compacto mescla gênese e granulometria de liberação. Segundo Vasconcelos *et al* (2012), os itabiritos compactos impossibilitam a produção de *sinter feed*, dentro das especificações de qualidade determinadas atualmente pelo mercado, uma vez que o teor de  $\text{SiO}_2$  em todas as faixas granulométricas é muito alto. Já Ribeiro (2011) associa a definição do itabirito compacto à alta resistência mecânica, além do alto teor de  $\text{SiO}_2$ . De qualquer forma, o aproveitamento do itabirito compacto está diretamente associado à produção de *pellet feed* e a moagem é a operação unitária fundamental no processo.

A morfologia dos minerais interfere na granulometria do produto obtido na moagem, bem como na energia necessária para atingir o grau de liberação adequado para a concentração. Ribeiro (2004) estudou as características de minérios de ferro utilizados no complexo de pelotização da Vale em Vitória para verificar qual a influência na moagem no que diz respeito à geração de superfície específica e com base no desaparecimento do material em  $45\mu\text{m}$ . Ribeiro agrupou as morfologias e mineralogias e as classificou na seguinte ordem crescente de moabilidade com relação à superfície específica:

- i) hematita lobular;
- ii) hematita lamelar e especular;
- iii) hematita granular;
- iv) martita; goethita e limonita;

- v) hematita microcristalina.

Já a classificação para a relação à taxa de desaparecimento do material no tamanho de 45  $\mu\text{m}$  encontrada por Ribeiro (2004) foi:

- i) hematita lobular;
- ii) martita, goethita e limonita;
- iii) hematita granular;
- iv) hematita lamelar e especular;
- v) hematita microcristalina.

### **3.2. Princípios da Cominuição**

Como a maioria dos minerais estão disseminados e associados à ganga, eles precisam estar liberados para a concentração. Essa liberação é obtida através da cominuição, etapa em que o mineral tem sua granulometria reduzida. A redução é feita por processos de britagem e moagem. A britagem reduz o tamanho do minério ROM – *Run of Mine* até a granulometria ideal para alimentar a moagem, onde é obtida a liberação (Wills, 2007).

Wills (2007) cita que a intensidade da força que liga os minerais depende das características de cada mineral e da presença de fissuras ou falhas na matriz. Para que a liberação seja obtida é necessária uma concentração de tensão na partícula suficiente para romper a ligação atômica naquele ponto, causando a fratura da rocha.

Os cristais possuem comportamento elástico, podem armazenar energia sem se quebrarem e liberá-la, quando a tensão é removida. Quando a fratura ocorre, parte da energia armazenada é transformada em superfície livre, consistente na energia potencial da superfície recém-produzida. Devido a esse aumento de energia na superfície da

partícula, as superfícies recém-formadas são quimicamente mais ativas, ficando mais passíveis à ação dos reagentes de flotação, bem como oxidação (Wills, 2007).

Segundo Beraldo (1987), a quebra é obtida por compressão, atrito ou impacto. Wills (2007) explica que quando uma partícula irregular é quebrada por compressão ou esmagamento o produto gerado é grosseiro, quando é por atrição o produto é de granulometria mais fina. Quanto maior a partícula, maior é a energia necessária para rompê-la e mais baixa é a energia total por unidade de massa.

### 3.3. Teoria da cominuição

A teoria da cominuição relaciona a energia utilizada para a obtenção de uma granulometria de produto, a partir de uma granulometria de alimentação. Walker (1937) *et al* descreve a teoria geral da cominuição como:

$$dE = -C \frac{dx}{x^n} \quad (1)$$

E – energia de moagem por unidade de massa

C – constante do minério a ser moído

x – granulometria da partícula

n – constante do moinho

Para Austin (1973), a equação de Walker é absurda, uma vez que na moagem a massa é conservada e certa quantidade de partículas finas é produzida juntamente com partículas de granulometria próxima à original. Ele ilustra isso através da lei de Rittinger mostrada na equação 2.

Wills (2007) cita as três teorias da cominuição:

- i. Teoria de Von Rittinger de 1867: a energia consumida na redução da granulometria é proporcional à área da nova superfície produzida. A área de



superfície de uma partícula de diâmetro uniforme é inversamente proporcional ao diâmetro.

$$E = k \left( \frac{1}{D_2} - \frac{1}{D_1} \right) \quad (2)$$

Onde:

E = energia

D1 = diâmetro inicial

D2 = diâmetro final

K = constante

Analisando a teoria de Rittinger, Austin (1973) explica que na moagem, onde o produto moído é composto por partículas grossas e partículas finas, as áreas de todas essas partículas compõem a área total de nova superfície produzida e não somente as partículas grossas. Assumindo que a energia é constante, a área de superfície produzida na moagem é proporcional ao tempo de moagem e a granulometria de alimentação.

- ii. Teoria de Kick de 1885: O trabalho necessário é proporcional à redução em volume das partículas. A relação de redução é:

$$R = f_{80} / p_{80} \quad (3)$$

Onde,  $F_{80}$  – a malha que 80% da alimentação é passante e  $P_{80}$  – malha que 80% do produto é passante. De acordo com a lei de Kick, a energia requerida para que uma partícula saia de uma granulometria  $x_f$  para uma granulometria  $x_p$  é proporcional a:

$$E = k \log \left( \frac{x_f}{x_p} \right) \quad (4)$$

- iii. Teoria de Bond de 1952: baseia-se na teoria de que o trabalho realizado é proporcional à quebra da partícula. Em partículas de formas similares, a área da superfície é inversamente proporcional ao diâmetro.

$$W = \frac{10 Wi}{\sqrt{P}} - \frac{10 Wi}{\sqrt{F}} \quad (5)$$

Onde:

W = Consumo energético (kWh/t)

Wi = Work Index (kWh/st)

P = Diâmetro em que 80% do produto em massa é menor que ele (μm)

F = Diâmetro em que 80% da alimentação em massa é menor que ele (μm)

O work index é o parâmetro de cominuição que expressa a resistência do material à britagem e à moagem. Numericamente, corresponde à quantidade de quilowatt hora por tonelada curta necessária para reduzir o material de um tamanho teoricamente infinito a 80% passante em 100μm.

Austin (1973) faz uma análise sobre as três leis da moagem e conclui que as teorias de Bond e de Rittinger podem ser verdadeiras para um mesmo intervalo de dados, indicando compatibilidade entre as duas leis.

Segundo Wills (2007), menos de 1% da energia total utilizada no moinho de bolas é aproveitada na redução da granulometria; a maior parte da energia é dissipada na forma de calor. Outro fator é que um material plástico vai consumir energia alterando sua forma, sem criação de nova superfície. Todas as teorias assumem que o material é frágil e que nenhuma energia é adsorvida no processo.

As variações das três leis da cominuição deram origem às teorias de Hukki e de Morrell:

- i. Teoria de Hukki de 1975: a relação entre energia e o tamanho da partícula é composta pelas três leis anteriores. A lei de Kick é precisa para britagem cujo diâmetro é acima de 1 cm e a de Bond é para moagem convencional na moagem de finos na faixa de 10-100μm. Quanto maior a partícula, maior é a probabilidade de quebra (Wills, 2007).

Hukki concluiu que cada teoria é melhor aplicada para uma faixa granulométrica específica e alterou a equação de Walker (equação 1) substituindo o expoente  $n$ , considerado por Walker como uma constante, por uma função variável com a magnitude da distribuição granulométrica ( $F(x)$ ). Essa função pode ser determinada através de experimentos (Morrell - 2004). A equação de Walker com a alteração feita por Hukki está apresentada pela equação 6:

$$dE = -C \frac{dx}{x^{F(x)}} \quad (6)$$

E – energia de moagem por unidade de massa

C – constante do minério a ser moído

x – granulometria da partícula

F(x) – variável de acordo com a granulometria (obtida por dados experimentais)

- ii. Teoria de Morrell: Morrell (2003) mostrou a partir de dados de moinhos autógenos (AG), semi-autógenos (SAG) e moinhos de bolas, que a teoria de Bond não era eficientemente verdadeira para o intervalo <100mm>1mm. Porém, alguns fatores de correções podem ser aplicados a fim de aproximar os resultados. Ele propõe uma alteração na equação de Bond, com aplicação em circuitos de moagem de 0,1-100mm:

$$W = \frac{K Mi}{Pf(p)} - \frac{K Mi}{Ff(p)} \quad (7)$$

Onde:

M= índice do material - relacionado a propriedades de quebra do minério

K= Constante para balancear as unidades da equação

Segundo Morrell (2003), essa nova relação pode prever o consumo energético requerido em moinhos AG, SAG e de bolas sem a necessidade de fatores de correção, como ocorre na teoria de Bond, gerando informações mais precisas. Sem a aplicação dos

fatores de correção na equação de Bond, a previsão de consumo energético pode chegar a erros de até 115% especialmente em moinhos AG e SAG.

### 3.4. Moagem

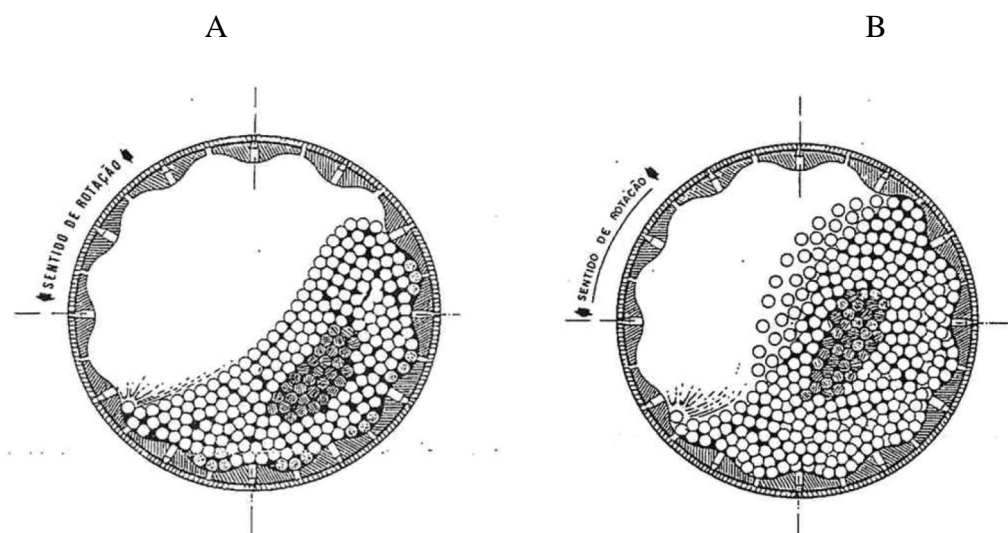
A moagem é o último estágio no processo de cominuição, onde através de combinação entre impacto e abrasão, as partículas têm sua granulometria reduzida. O moinho é um cilindro de aço rotativo, com corpos moedores soltos, que são movidos no sentido de rotação do moinho e que, ao deslizarem sobre as partículas de minério, provocam a redução de granulometria. Wills (2007) classifica o moinho de acordo com a forma de transmissão do movimento: moinhos tubulares e “*stirred mil*”. No moinho tubular o movimento de rotação é transmitido à carga moedora. No *stirred mil*, a carcaça do moinho é estacionária e o movimento é transmitido à carga por meio de agitação.

Para Wills (2007), a granulometria do produto moído depende da forma como o mineral minério está disperso na ganga e do processo de concentração subsequente a ser utilizado. A falta de controle na moagem pode resultar em submoagem e sobremoagem. Na submoagem o produto moído será grosseiro, com baixo grau de liberação, impactando na concentração, recuperação e fator de enriquecimento. Na sobremoagem, ocorre a liberação tanto da ganga quanto do mineral minério, reduzindo a granulometria a tamanhos menores do que o necessário e com gasto desnecessário de energia. Wills (2007) cita que de acordo com a equação de Bond, são consumidos 19% de energia extra para reduzir a granulometria de uma partícula que está em uma faixa granulométrica para uma faixa inferior.

Em 2010, Pease *et al* mostrou a relação entre a liberação da esfalerita e recuperação metalúrgica com o desenvolvimento e aplicação correta dos conceitos de cominuição. Mostrou que minérios com granulometrias de liberação muito baixas, p80 de 12 µm, podem ser aproveitados, caso seja utilizado o moinho adequado, classificação adequada e cuidados especiais na flotação.

Moagem com moinhos tubulares é influenciada pela granulometria da alimentação, taxa de alimentação, tipo de movimento, espaços entre as cargas moedoras e velocidade de rotação do moinho. A redução da granulometria de uma partícula pela moagem varia conforme a probabilidade de sua localização entre corpos moedores (Wills, 2007).

A velocidade de rotação do moinho é importante para a obtenção da granulometria desejada e para minimizar o desgaste do revestimento. Quando o moinho opera a velocidades mais baixas, o corpo moedor desliza sobre sua superfície ocorrendo o regime cascata, em que a abrasão é responsável pela cominuição. A cascata favorece a moagem para obtenção de produto com granulometria mais fina. Nela há maior produção de lamas e maior desgaste de revestimento do moinho. Velocidades muito baixas também são usadas, quando a capacidade máxima do moinho não pode ser obtida. Em velocidades maiores, o corpo moedor é projetado, descrevendo uma série de parábolas, ocorrendo o regime catarata. Nesse, as altas velocidades convertem a energia potencial em energia cinética de impacto, o produto moído é mais grosseiro e gera menor desgaste no revestimento do moinho (Wills, 2007). Segundo Taggart (1954), geralmente os moinhos são operados a 50-90% da velocidade crítica. Quanto maior a velocidade, maior é a capacidade obtida, maior é o desgaste do corpo moedor e do revestimento do moinho. Wills (2007) afirma que com velocidades acima de 40-50% da velocidade crítica há redução na eficiência.



**Figura 2:** (A) Regime Cascata e(B) Regime Catarata.

**Fonte:** Beraldo, 1987.

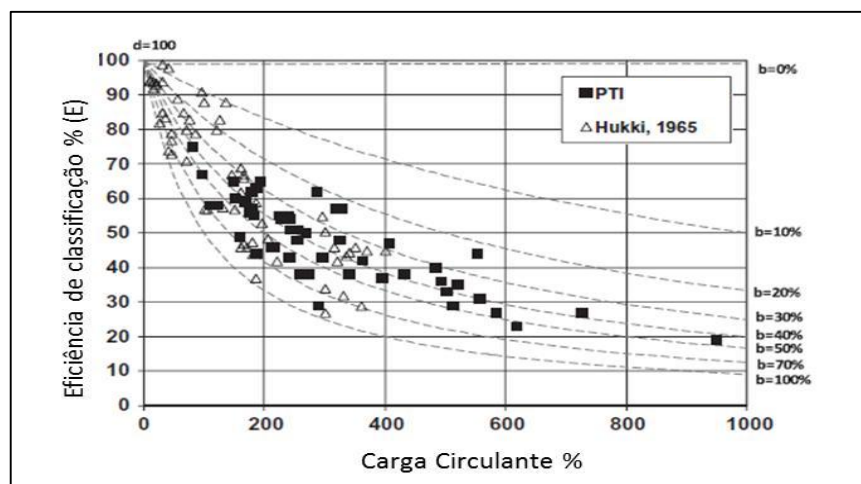
Segundo Taggart (1954), o diâmetro do moinho determina a pressão que pode ser exercida pelo corpo moedor sobre as partículas de minério. Wills (2007) afirma que quanto maior for a granulometria da alimentação maior deve ser o diâmetro do moinho. O comprimento do moinho, em conjunto com o diâmetro, determina seu volume e capacidade.

Os revestimentos são usados para proteger a carcaça do moinho e atuam como um link final na transmissão de energia. A escolha do tipo de revestimento é baseada no efeito da carga no moinho, granulometria da alimentação e produto, dureza do minério, capacidade e eficiência de moagem, disponibilidade do material e custo (Taggart, 1954).

A moagem pode ser a seco ou a úmido. A seco é utilizada quando o mineral a ser moído em contato com a água tem suas características físicas e químicas alteradas. Gera menor desgaste no revestimento do moinho, nos corpos moedores e produz maior quantidade de finos. A moagem a úmido consome menos energia, elimina poeira, permite uso de bombeamento, tubulações, calhas e possui maior capacidade (Wills, 2007).

Wills (2007) cita como principais variáveis que afetam o controle da moagem as mudanças na taxa de alimentação e carga circulante, distribuição granulométrica, dureza do minério e água adicionada ao circuito. Aumento da granulometria da alimentação resulta em produtos mais grossos, desde que a taxa de alimentação não seja reduzida. Produtos moídos de granulometria grossa resultam em melhores cargas circulantes e aumento de taxa. O controle da carga circulante é importante para o controle granulométrico do produto moído. Um aumento na carga circulante em uma granulometria fixa de produto significa menor consumo de energia. Mudanças na taxa de alimentação iniciam um processo lento e progressivo de alteração do produto, enquanto alteração na adição de água na classificação dá uma resposta imediata. Maior uso de água de diluição resulta em aumento de carga circulante.

Para Jankovic e Valery (2013) a eficiência na classificação e a carga circulante exercem as principais influências na eficiência de moagem no circuito com moinho de bolas. O aumento da carga circulante pode resultar em aumento de capacidade do moinho, no entanto esse aumento de capacidade está limitado a eficiência de classificação do circuito, que diminui com o aumento da carga circulante. A figura 3 mostra essa relação entre a eficiência de classificação e a carga circulante. Jankovic e Valery analisaram informações geradas em circuitos de moagem industriais, mostrando que a eficiência de classificação diminui com o aumento da carga circulante.



**Figura 3:** Curva de classificação básica mostrando a relação entre eficiência de classificação e carga circulante.

$b = \% \text{ Underflow}$  e  $d = \% \text{ Overflow}$

**Fonte:** Adaptado de Jankovic e Valery, 2013.

### 3.5. Tipos de moinho

Os Moinhos Tubulares são de três tipos básicos: barras, bolas e autógeno:

Moinhos de barras: segundo Wills (2007) os moinhos de barras são utilizados tanto para moagem de finos como de grossos, são capazes de reduzir partículas de 50mm a 300 $\mu$ m, com uma relação de redução de 15-20:1. São também muito utilizados na britagem de materiais argilosos ou com alta umidade. O comprimento do moinho é aproximadamente 1,5 a 2,5 vezes o diâmetro, para que as barras não fiquem presas e

para evitar sua deformação. O maior diâmetro das barras é calculado para gerar maior superfície de moagem e depende da granulometria da alimentação e do produto desejado. Alimentações e produtos mais grossos requerem barras de maior diâmetro. O limite máximo de desgaste é de 25mm. As barras geralmente são de aço de alto carbono e o fator de enchimento do moinho é de 45%, considerando os espaços vazios entre as barras. O consumo das barras pode variar de 0,1-1kg/ton alimentada na moagem a úmido, variando com o minério e é menor quando a moagem é a seco. A operação dos moinhos de barras é com velocidade entre 50 e 60% da velocidade crítica, onde a maior parte da moagem é por regime cascata. A densidade de polpa é geralmente a 65-85% de sólidos em massa, sendo que alimentações cujas granulometrias são mais finas requerem polpas mais diluídas. As partículas grossas tendem a se espalhar nas extremidades das barras. Isso faz com que a moagem aconteça preferencialmente nessa fração, produzindo pouco material ultrafino. Essa moagem “seletiva” posiciona o produto moído numa faixa estreita, com poucas partículas grossas e pouca lama. Os moinhos de barras são quase sempre operados em circuito aberto, por ser um processo de redução de tamanho bastante controlado.

Moinho de bolas: as bolas possuem maior área superficial unitária que as barras e são melhores utilizadas para obtenção de produtos de granulometria fina. Segundo Wills (2007), a relação entre comprimento e diâmetro deve ser de 1,5:1 ou menos. Taggart (1954) explica que essa proporção deve ser diferente dependendo da granulometria da alimentação. Alimentações grossas exigem moinhos com maiores diâmetros para aumentar o impacto e a pressão sobre as partículas e o comprimento deve ser menor para obter um gradiente de polpa necessário para minimizar o tempo de residência e permitir cargas circulantes maiores. A capacidade do moinho é proporcional ao comprimento, uma vez que não há aumento considerável no consumo energético, e moinhos com maiores comprimentos são mais econômicos.

A moagem ocorre pelo contato das bolas e das partículas de minério de forma aleatória, sendo que a probabilidade de quebra é maior para partículas grandes e diminui para partículas menores. O produto de uma moagem em circuito aberto apresenta uma vasta gama de tamanho de partículas e a sobremoagem ocorre com mais frequência. Circuitos



fechados possuem menor tempo de residência, razão pela qual na maioria das vezes são utilizados para evitar a sobremoagem (Wills, 2007).

Wills (2007) explica que vários fatores influenciam a eficiência da moagem em moinhos de bolas. A densidade da polpa precisa ser a mais alta possível, permitindo a polpa fluir dentro do moinho. As bolas precisam estar cobertas por camadas de minério. Moinhos de bolas devem operar com 65-80% de sólidos por massa, dependendo do minério. Quanto menor a granulometria da partícula dentro do moinho, maior é a viscosidade da polpa. A eficiência de moagem depende da área superficial do corpo moedor. As bolas precisam ser o menor possível e a carga deve ser distribuída de forma que as maiores bolas sejam exatamente o suficiente para reduzir as partículas de maiores diâmetros. O volume da carga deve ser 40-50% do volume interno do moinho, cerca de 40% desse, sendo de espaço vazio. As bolas são feitas de aço de alto carbono ou liga de aço fundido. O consumo varia de 0,1 até 1kg/t dependendo da dureza do minério, granulometria necessária para o produto e qualidade do corpo moedor. O custo do corpo moedor é elevado e, junto com o consumo de energia, é o grande responsável pelo custo operacional de moagem. O desgaste do corpo moedor ocorre geralmente por abrasão, corrosão e impacto.

Banisi e Farzaneh (2006) avaliaram por um ano quatro das oito linhas de moagem de cobre na mina de Sarchshmech. Na linha A foram utilizadas bolas de ligas de aço, na linha C bolas de ferro fundido e na linha D bolas de alto cromo, todas de 80mm de diâmetro. Na linha B, foi usada uma combinação na proporção de 75-25% com bolas de ferro fundido de 80 e 60mm respectivamente. Foram avaliados o desgaste dos diferentes tipos de materiais usados como corpo moedor e a geração de partículas finas ( $<75\mu\text{m}$ ). A bola de menor desgaste foi a de alto cromo, seguida pelo ferro fundido, e o maior desgaste foi nas bolas de liga de aço. A linha com combinado (B) gerou 4% a mais de partículas finas. Raghavendra *et al* (2010) testou bolas que sofreram tratamento térmico de austêmpera (AID – *Austempered Iron Ductil*). Bolas de aço forjado em moagem de minério de ferro e bolas AID se mostraram superiores.

A velocidade ótima de operação do moinho aumenta com o volume de carga, uma vez que o peso da carga reduz o impacto catarata no moinho. A velocidade praticada para moinhos de bolas é de 72-80% da velocidade crítica. No moinho de bolas podem ser utilizados cilpebs, que possuem cerca de 14,5% a mais de área superficial do que bolas, o que faz com que produza mais finos do que bolas (Wills, 2007).

Moinho autógeno: na moagem autógena o próprio minério é utilizado como corpo moedor. Além dos moinhos autógenos existem também os moinhos semi-autógenos, nos quais além do próprio minério também são utilizadas bolas. AG ou SAG são definidos pela relação entre o diâmetro e altura do corpo do moinho, onde o diâmetro é 1,5 – 3 vezes o comprimento e pelo mecanismo de descarga. Pode ser operado a seco e a úmido e pode receber alimentação com granulometria até 200mm. A alimentação é normalmente o produto do britador primário ou o ROM e obtém produto com até 0,1mm em apenas um equipamento/estágio. Os principais mecanismos nesse equipamento são a abrasão e impacto e normalmente são operados com 90% da velocidade crítica e fator de enchimento até 45%. O consumo energético por tonelada de produto é maior nos AG/SAG do que nos moinhos de bolas/barras. A influência da granulometria e dureza da alimentação é muito mais significativa no AG/SAG do que no moinho de barras e bolas. Nesses, a massa de bolas ou barras corresponde aproximadamente a 80% da massa total da carga e domina tanto a energia quanto a performance da moagem. No SAG o mais importante é a alimentação. Qualquer alteração na granulometria da alimentação impacta a granulometria do produto. Em geral, moinhos SAG possuem melhor desempenho com alimentações mais grossas. Outro diferencial do SAG/AG é que ele não pode ser dimensionado a partir de testes de bancada. Como o minério também é corpo moedor, ele é mais uma variável e são necessários testes piloto para levantar informações (Wills, 2007).

### **3.6. Circuitos de moagem para moinhos de bolas**

A moagem pode ocorrer em circuito aberto ou fechado. No circuito aberto, busca-se a granulometria do produto final em uma única etapa sem controle granulométrico exato, a taxa precisa ser baixa o suficiente para garantir que todas as partículas tenham seu tamanho reduzido e o tempo de residência dentro do moinho é maior. A desvantagem

desse circuito é que pode ocorrer sobremoagem, geração de ultrafinos e consumo desnecessário de energia. No circuito fechado apenas as partículas maiores do que a granulometria desejada no produto final alimentam o circuito. Antes de alimentar o moinho acontece uma classificação, onde o *underflow* ou *oversize*, dependendo do método de classificação utilizado, alimenta o moinho. O circuito fechado pode ser direto, reverso ou misto. No circuito fechado direto, a alimentação é realizada diretamente no moinho juntamente com a carga circulante e o produto do mesmo alimenta a classificação, o *underflow* ou *oversize* é a carga circulante. Já no circuito fechado reverso a alimentação do moinho é o apenas o *underflow* ou *oversize*. O circuito misto é composto por uma moagem em circuito aberto seguido de uma moagem em circuito fechado direto. No circuito fechado não se busca o produto com granulometria final em uma única moagem (Wills, 2007).

Em pesquisa mundial realizada em 2007 por Wei e Craig (2009), dos 68 circuitos de moagem em operação analisados, 37% utilizavam a configuração do circuito de moagem com um único estágio em circuito fechado, 30% operavam dois estágios de moagem com o primeiro moinho em circuito aberto e o segundo em circuito fechado. Os 33% restantes estão divididos em circuitos com dois moinhos em série e em circuito fechado, moinhos únicos em circuito aberto e moinhos em série com o primeiro em circuito fechado e o segundo aberto. A mesma pesquisa mostrou que 37% dos circuitos são fechados com baterias de hidrociclone, 27% são fechados com um único hidrociclone e os 36% restantes são fechados com classificares tipo *rake* e ainda o uso combinado de peneiras e hidrociclones.

Wills (2007) estima ganho de até 35% na capacidade com a utilização de circuito fechado. O fluxo que retorna a alimentação do moinho é a carga circulante e é designado por um % em massa da alimentação nova da moagem. Circuito fechado reduz o tempo de residência das partículas e a sobremoagem, aumentando a utilização da energia. À medida que a massa alimentada aumenta, aumenta também a carga circulante, porém a granulometria da alimentação efetiva (composta pela alimentação nova + carga circulante) vai diminuindo. Como o diâmetro do corpo moedor depende da granulometria da alimentação, o corpo moedor utilizado no circuito fechado é de

diâmetro menor do que em circuito aberto, aumentando a superfície de moagem e consequentemente a capacidade do circuito. Com a redução do tempo de residência, a descarga do moinho torna-se mais grossa e a diferença de granulometria entre a alimentação efetiva e a descarga diminui. Quanto maior for a carga circulante, melhor é a utilização da capacidade do moinho. A carga circulante ótima para um circuito depende da capacidade da classificação e do custo de transporte até o moinho. O usual é de 100-350%, embora possa ser maior do que 600%.

Os equipamentos para fechar o circuito de classificação podem ser: classificadores espirais, hidrociclones e peneiras. Os hidrociclones classificam por ação da força centrífuga, que acelera a classificação de partículas finas, proporcionando cortes mais exatos e aumentando a carga circulante. Ocupam menor espaço para instalação que os classificadores de mesma capacidade e possuem menor custo de investimento e instalação. Devido a sua ação rápida, o circuito de moagem pode rapidamente entrar em balanço. A ação dos classificadores no circuito de moagem depende da taxa de sedimentação de partículas no fluido, uma vez que a classificação ocorre pela combinação entre densidade e tamanho da partícula. Uma partícula pequena e densa pode se comportar como uma partícula grande e de baixa densidade. Então, um mineral denso moído tem maior probabilidade de gerar lamas, uma vez que pode ser recirculado, mesmo estando abaixo da granulometria de corte da moagem. As peneiras são utilizadas para fechar circuitos de moagem quando se precisa de cortes exatos na classificação, máxima eficiência de corte (Wills, 2007).

Nos circuitos de moagem a taxa de alimentação deve ser uniforme e deve ter um número de moinhos de bolas em paralelo, sendo que cada circuito é fechado pelo seu próprio classificador e recebe uma fração da alimentação. Tem como vantagem a flexibilidade, desde que unidades individuais possam ser desligadas ou a taxa de alimentação possa ser alterada. Moagem, onde os moinhos são colocados em série, pode ser usada para produzir produtos mais finos, mas apresenta maior investimento e custo operacional. Em circuito com estágio único, no qual é necessária alta relação de redução, bolas maiores serão exigidas para alimentações grossas, o que pode não ser eficiente para as partículas mais finas. Ademais, menor será a área superficial de moagem e consequentemente menor a capacidade do circuito.

### 3.7. Simulação de moinhos e hidrociclones

A simulação é uma ferramenta utilizada para otimização do circuito de moagem, a fim de indicar uma condição ótima operacional. Estão descritas sucintamente as principais funções consideradas na simulação de moinhos e hidrociclones, de forma a auxiliar na interpretação dos resultados. Esse trabalho não tem como objetivo aprofundar nos conceitos e nas técnicas de simulação, apenas utiliza a simulação como uma ferramenta para análise.

Munn *et al* (1996) explica que a otimização de equipamentos de cominuição por simulação indica como o capital investido pode ser explorado em sua máxima eficiência, trazendo como benefícios a redução de custos operacionais, aumento na taxa e consequente ganho em produção e melhora de performance operacional como resultado da melhoria da especificação da alimentação.

#### Simulação Moinho de Bolas

Segundo Herbst (1968), *apud* Alves (2006) a cinética do processo de cominuição é apresentada por três funções: Função Seleção, Função Quebra e Função Classificação, sendo que para o moinho de Bolas as Funções Seleção e Quebra são as mais importantes. A primeira está relacionada com a cinética ou a velocidade de fratura de cada partícula e a segunda com a distribuição granulométrica dos fragmentos produzidos como consequência de fratura.

Beraldo (1987) define a função seleção como sendo a probabilidade que uma partícula tem de sofrer cominuição. Ela ocorre em função do material, das condições de moagem e em especial da energia do moinho. Quando uma massa de um minério alimenta uma etapa de cominuição, parte dessa massa terá sua granulometria reduzida e outra parte permanece na granulometria inicial. A Função Seleção é a relação entre a massa que sofreu redução da granulometria e a massa inicial:

$$Sf = \frac{Wj(F) - Wj(P)}{Wj(F)} \quad (8)$$

Sf – Função Seleção

Wj(F) – Massa inicial

Wj(P) – Massa que sofreu redução de granulometria na etapa de cominuição.

Beraldo (1987) explica que a velocidade específica de quebra é a relação entre a velocidade de quebra e a massa. Tanto a velocidade específica de quebra quanto a função seleção dependem do diâmetro da partícula. Quanto menor o diâmetro da partícula, menor a velocidade específica de quebra:

$$Si = a \left( \frac{x_i}{x_0} \right)^\alpha \quad (9)$$

Onde:

$x_i$  e  $x_0$  – em mm

$a$  – em  $\text{min}^{-1}$

Segundo Beraldo (1987), quando a partícula é muito grande em relação ao corpo moedor, a velocidade de quebra não segue uma cinética de primeira ordem, consistindo em uma velocidade inicial mais rápida, seguida de uma velocidade mais lenta. A velocidade de quebra de primeira ordem para partículas menores é definida como normal e para partículas maiores, não de primeira ordem, abnormal.

A Função Quebra ( $B_{ij}$ ) é definida por Beraldo (1987) como sendo a distribuição granulométrica originada pela quebra primária de uma partícula maior. A partícula de tamanho  $j$  após primeira quebra passa a ter tamanho menor que  $x_i$ .

Beraldo (1987) menciona que a Função Classificação ocorre em todos os tipos de cominuição, quando cada evento de quebra é seguido de uma classificação, que retêm as partículas mais grossas e impedem sua passagem para o evento subsequente.

Segundo Beraldo (1987), além das três funções descritas acima, o tempo de permanência também é muito importante para a avaliação do resultado da moagem. Se todas as partículas tivessem a mesma velocidade ao longo do eixo do moinho, sem mistura no sentido axial, todas teriam o mesmo tempo de permanência, sendo esse fluxo denominado de *plug flow*. Num sistema contínuo, como o moinho tem efeito misturador, o fluxo se afasta do tipo *plug flow* e os materiais no moinho terão tempos de permanência distintos.

Segundo Foggiatto (2009), os modelos de simulação de cominuição estão divididos em duas vertentes: os modelos fundamentais, que consideram a interação da partícula e do equipamento e os fenomenológicos, onde o equipamento de cominuição é o transformador da redução de granulometria. Os modelos fundamentais são baseados na mecânica Newtoniana, avaliam a interação detalhada do moinho com o minério e corpos moedores e preveem consumo energético. Os modelos fenomenológicos, conhecidos como *Black Block Models*, preveem a granulometria do produto a partir da granulometria e dureza da alimentação e condições operacionais do equipamento. As partículas dentro do moinho podem ser consideradas perfeitamente misturadas (Modelo do Misturador Perfeito) ou com movimentos diferenciais, onde cada granulometria tem diferentes tempos de residência (Modelo Cinético).

Nesse estudo o modelo utilizado foi o Modelo do Misturador Perfeito. Nele é considerado que o conteúdo do moinho está perfeitamente misturado e está relacionado ao produto do moinho com uma taxa de descarga, para cada granulometria. O modelo se baseia em balanço de massa por faixa granulométrica. Seu principal parâmetro é a razão entre a taxa de quebra (  $r$  ) e a taxa de descarga (  $d$  ):  $r/d$ , que representa as características do equipamento e da interação entre esse e o minério (Munn *et al*, 1996).

### **Simulação de hidrociclones**

Os principais modelos para simulação de hidrociclones são os propostos por Lynch e Rao, Plitt e Nageswararao:

1. Lynch e Rao: modelo empírico, desenvolvido em ensaios de escala piloto, tem como parâmetro o diâmetro mediano de partição ( $d_{50c}$ ), vazão volumétrica da polpa e partição de água para o *underflow*. (Lynch e Rao, 1975 *apud* Gomes, 2014).
2. Plitt: modelo semi-empírico, desenvolvido em ensaios de escala piloto, calcula o coeficiente  $m$  de inclinação da curva de partição do hidrociclone (Plitt, 1971 *apud* Gomes, 2014). Gomes e Carriso (1985) listam 4 parâmetros necessários para caracterizar a performance de um hidrociclone: o tamanho de corte, onde 50% das partículas são direcionadas ao *underflow* ( $d_{50}$ ); a partição, nesse caso representada pela vazão volumétrica de polpa no *underflow*/vazão volumétrica de polpa no *overflow*; eficiência da classificação, proporcional à inclinação da curva de partição e pressão na entrada do hidrociclone. No modelo de Plitt, esses parâmetros são relacionados às variáveis dimensionais do hidrociclone e características da alimentação através das equações 10, 11, 12 e 13:

$$d_{50c} = \frac{35 \times D_c^{0,46} \times D_i^{0,6} \times D_o^{0,6} \times D_o^{1,21} \times e^{(0,063\phi)}}{D u^{0,71} \times h^{0,38} \times Q^{0,45} \times (\rho_s - \rho)^{0,5}} \quad (10)$$

Onde:

$d_{50c}$  - o tamanho de corte, onde 50% das partículas são direcionadas ao *underflow*

$D_c$  – diâmetro do hidrociclone

$D_i$  – diâmetro interno da entrada do hidrociclone

$D_o$  – diâmetro interno do vortex

$\phi$  - fração de sólidos, em volume, na alimentação

$D_u$  – diâmetro interno do Apex

$h$  – altura livre do vortex

$Q$  – vazão volumétrica da polpa na alimentação

$\rho_s$  – densidade do sólido



$\rho$  – densidade do líquido

$$S = \frac{2,9 \times \left(\frac{Du}{Do}\right)^{3,31} \times h^{0,54} \times (Du^2 + Do^2) \times e^{(0,00540)}}{H^{0,24} \times Dc^{1,11}} \quad (11)$$

Onde:

S – partição do fluxo

Du – diâmetro interno do Apex

Do – diâmetro interno do vortex

h – altura livre do vortex

H – pressão do hidrociclone, expressa em altura de polpa

Dc – diâmetro do hidrociclone

$$m = e^{(0,58-1,58rv)} \times \frac{Dc^2 \times h^{0,15}}{Q} \quad (12)$$

m – eficiência da classificação

Dc – diâmetro do hidrociclone

h – altura livre do vortex

Q – vazão volumétrica da polpa na alimentação

$$p = \frac{4,7 \times Q^{1,78} \times e^{(0,00550)}}{Dc^{0,37} \times Di^{0,94} \times h^{0,28} \times (Du^2 \times Do^2)^{0,87}} \quad (13)$$

p – pressão na entrada do hidrociclone

Q – vazão volumétrica da polpa na alimentação

Dc – diâmetro do hidrociclone

Di – diâmetro interno da entrada do hidrociclone

h – altura livre do vortex

Du – diâmetro interno do Apex

Do – diâmetro interno do vortex

3. Nageswararao: desenvolvido a partir do modelo de Lynch e Rao, também com ensaios em escala piloto, estima expoentes empíricos para quatro equações referentes aos cálculos do diâmetro mediano de partição ( $d_{50c}$ ), partição de água ( $R_f$ ), partição de polpa ( $R_v$ ) e vazão volumétrica de alimentação ( $Q$ ), respectivamente equação 14, 15, 16 e 17 apresentadas a baixo. Nesse modelo o coeficiente  $m$  de inclinação da curva de partição é determinado através de ensaio e é considerado que a curva de partição é válida para hidrociclones com relações geométricas proporcionais e é independente das condições operacionais (Nageswararao, 1978 apud Gomes, 2014).

$$d_{50c} = K_{D0} \left(\frac{Di}{Dc}\right)^{-0,5} \Theta^{0,15} \left(\frac{Lc}{Dc}\right)^{0,2} Dc^{0,35} \left(\frac{Do}{Dc}\right)^{0,52} \left(\frac{Du}{Dc}\right)^{-0,47} \left(\frac{10^{1,82} Cv}{8,05(1-Cv)^2}\right)^{0,93} \quad (14)$$

$$R_f = K_{W1} \left(\frac{Di}{Dc}\right)^{-0,5} \Theta^{-0,24} \left(\frac{Lc}{Dc}\right)^{0,22} \left(\frac{Do}{Dc}\right)^{-1,19} \left(\frac{Du}{Dc}\right)^{2,40} \left(\frac{10^{1,82} Cv}{8,05(1-Cv)^2}\right)^{0,47} \left(\frac{P}{\rho_p g Dc}\right)^{-0,53} \quad (15)$$

$$R_v = K_{v1} \left(\frac{Di}{Dc}\right)^{-0,25} \Theta^{-0,24} \left(\frac{Lc}{Dc}\right)^{0,22} \left(\frac{Do}{Dc}\right)^{-0,94} \left(\frac{Du}{Dc}\right)^{1,83} \left(\frac{P}{\rho_p g Dc}\right)^{-0,31} \quad (16)$$

$$Q_f = K_{Q0} \left(\frac{Di}{Dc}\right)^{0,45} \Theta^{-0,1} \left(\frac{Lc}{Dc}\right)^{0,2} \left(\frac{Do}{Dc}\right)^{0,68} Dc^2 \left(\frac{P}{\rho p}\right)^{0,5} \quad (17)$$

Onde:

$Dc$  = diâmetro do hidrociclones (m)

$D0$  = diâmetro do vortex (m)

$Du$  = diâmetro do apex (m)

$Di$  = diâmetro do *inlet* (m)

$Lc$  = comprimento da seção cilíndrica (m)

$\Theta$  = ângulo da seção cônica (graus)

P = pressão de entrada do hidrociclone (kPa)

$\rho_p$  = densidade de polpa de alimentação ( $t/m^3$ )

g = aceleração da gravidade ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

Qf = vazão volumétrica de polpa ( $m^3/h$ )

Rf = recuperação de água para o *underflow* (%)

Rv = recuperação de polpa para o *underflow* (%)

Ks = constantes empíricas

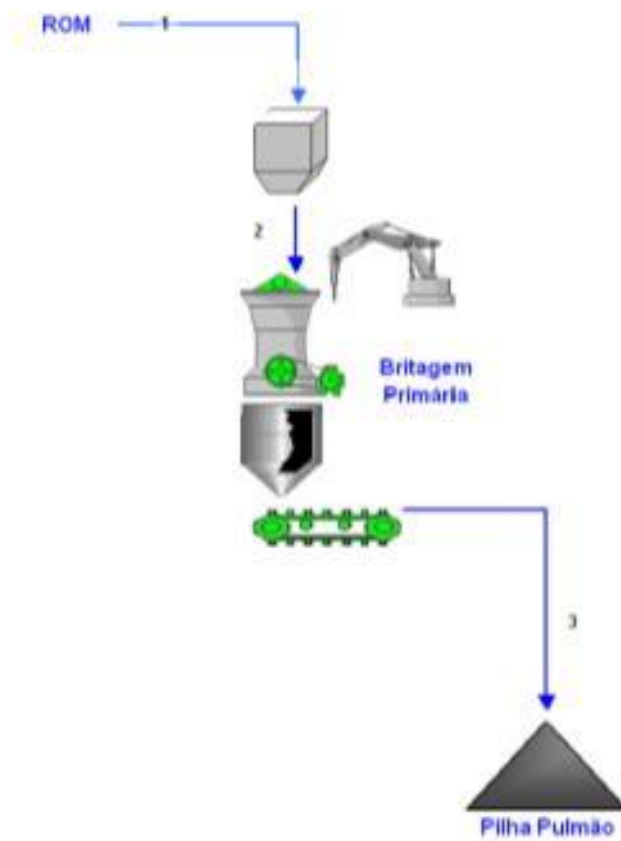
Cv = concentração volumétrica de sólidos da alimentação (decimal)

O modelo de Nageswararao foi o utilizado para a simulação de classificação nesse estudo.

#### **4. O CIRCUITO ANALISADO**

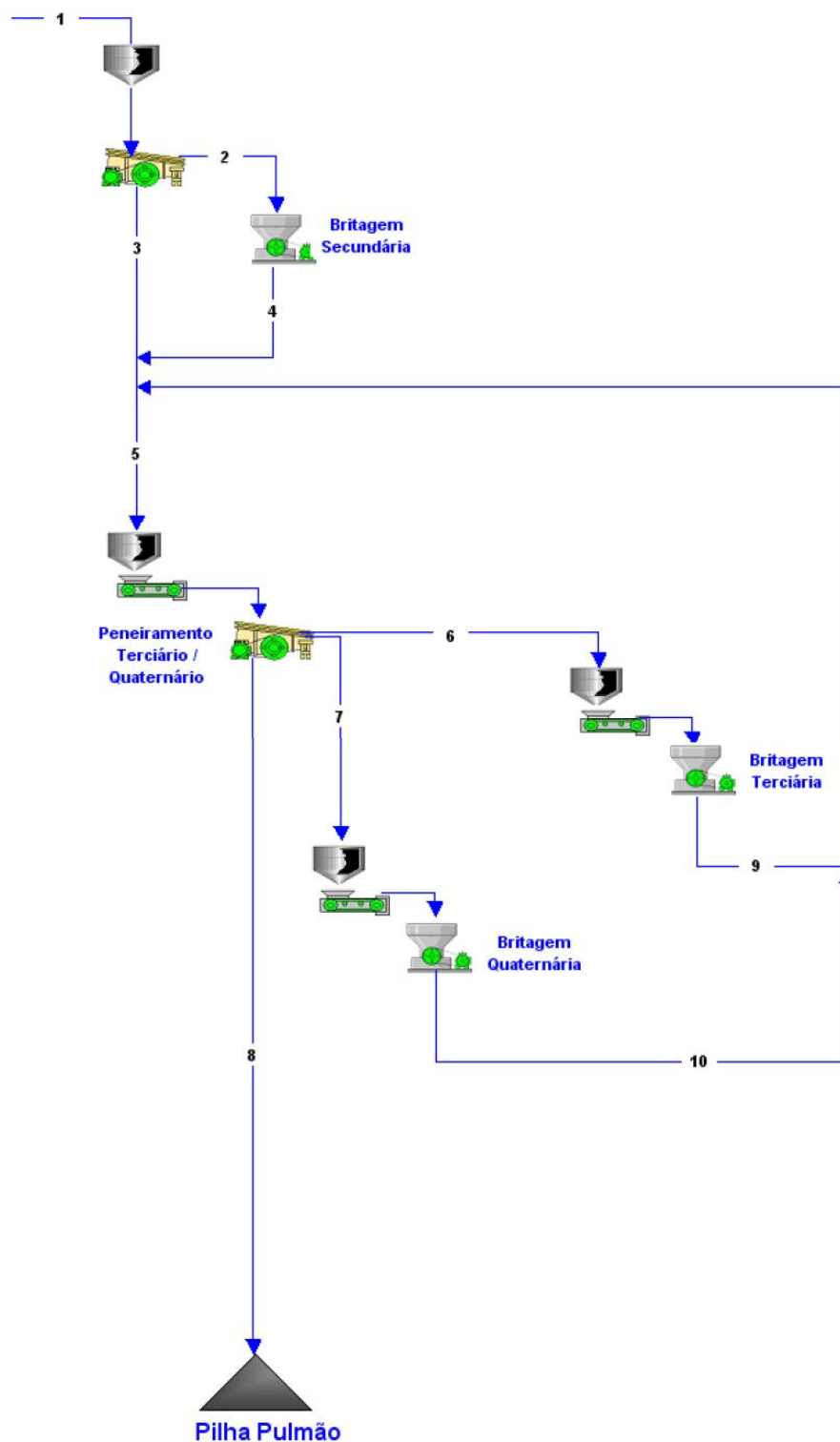
A usina de onde foi desenvolvido o estudo foi projetada para ser alimentada por 24Mta de Itabiritos Compactos e produzir 12Mta de *pellet feed* de alta qualidade.

A usina possui 04 estágios de britagem, 2 pilhas pulmão, 6 moinhos, 3 estágios de classificação por hidrociclone, 2 estágios de deslamagem, concentração por flotação (*tank cell*), peneiras de alta frequência, filtros a disco e espessadores de concentrado e de lama. As Figuras 4, 5 e 6 abaixo ilustram o circuito:



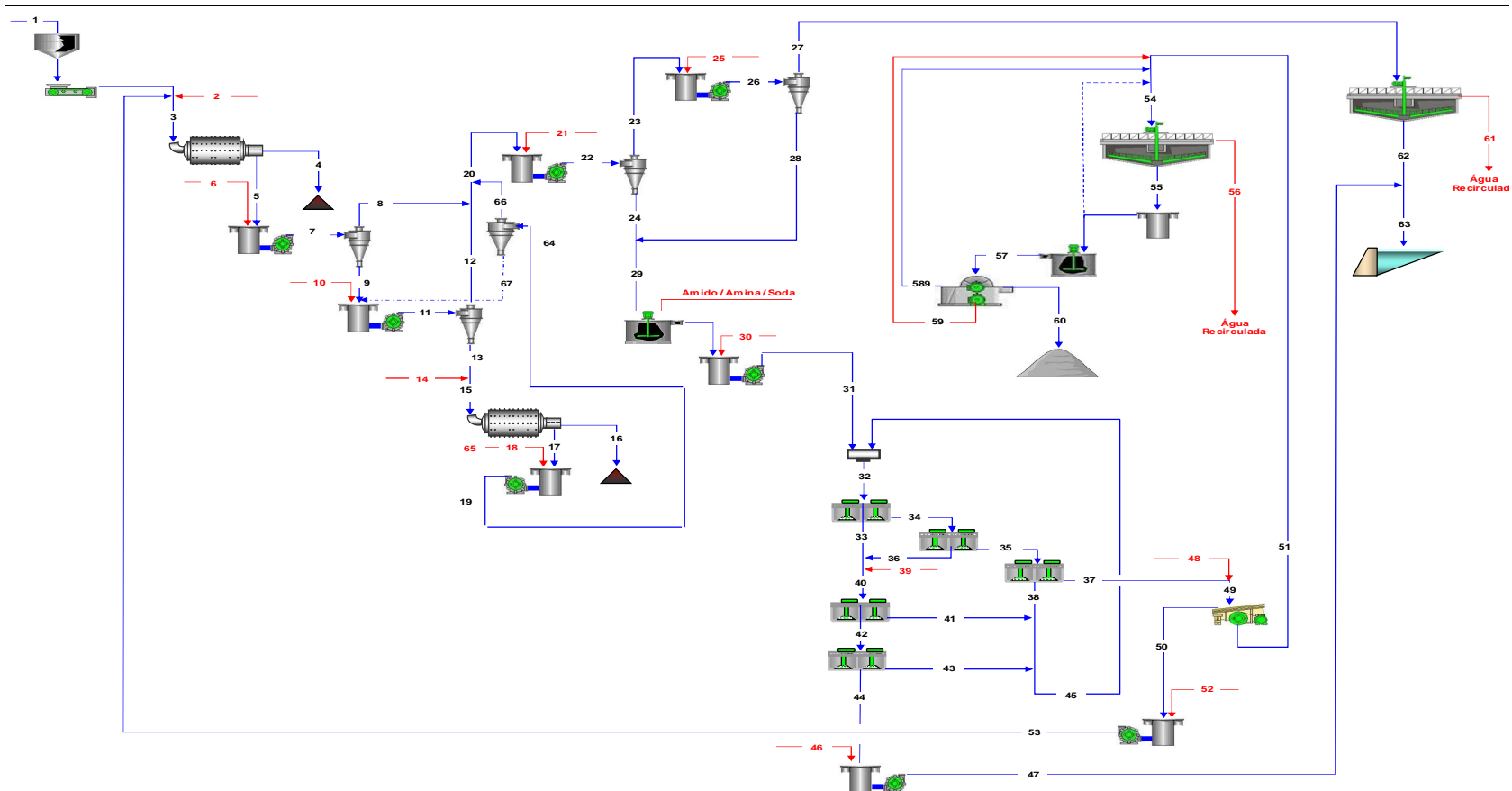
**Figura 4:** Circuito de Britagem Primária de Minério de Ferro da Usina de tratamento de itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fonte: Relatório Interno da Vale (2008).



**Figura 5:** Circuito de Britagem Secundária, Terciária de Minério de Ferro da Usina de tratamento de itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Fonte: Relatório Interno da Vale (2008).



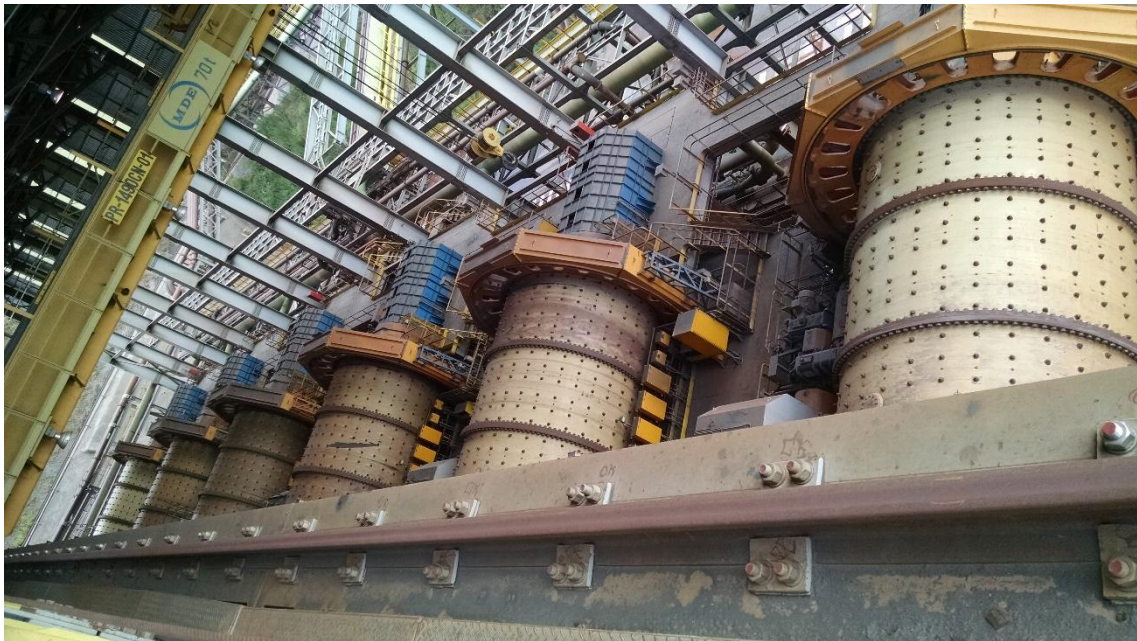
**Figura 6:** Circuito de moagem, classificação, deslamagem, concentração, espessamento e filtragem de Minério de Ferro da Usina de tratamento de itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero 3

<sup>3</sup> Fonte: Relatório Interno da Vale (2008).

Existem três linhas de produção, cada uma com etapas de moagem, classificação, deslamagem e concentração.

#### 4.1. O circuito de moagem avaliado

O circuito de moagem avaliado é composto por dois estágios: pré-moagem e moagem. Tanto a pré-moagem quanto a moagem possuem um moinho de bolas de 18' x 29' cada uma, totalizando dois moinhos por linha de produção. Como a planta industrial de tratamento mineral possui três linhas de produção, no total, são 6 moinhos em operação, conforme mostra a figura 7:



**Figura 7:** Moinhos circuito de moagem de minério de ferro da Usina de tratamento de itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero Três linhas operacionais – 2 Moinhos por linha

Fonte: Autora



**Figura 8:** Moinhos de bolas - fornecedor Citic

Fonte: Autora

O  $F_{80}$  da pré-moagem considerado no projeto de construção da planta é de 4,8mm e  $P_{80}$  de 0,300mm. Já na moagem o  $F_{80}$  de 0,300mm gera  $P_{80}$  de 0,105mm. Os consumos específicos de energia são de 3,0kwh/t na pré-moagem e 4,8kwh/t na moagem. Os moinhos operam com 35% de enchimento, 72% da velocidade crítica e 75% de sólidos. Na pré-moagem são utilizadas bolas de 3", 2", 1,5" e 1", já na moagem primária são utilizadas bolas de 2", 1,6", 1,2" e 1".

São utilizados dois estágios de classificação visando a reduzir o percentual de finos na carga circulante, aumento da eficiência de moagem e redução da geração de lama. Os hidrociclones possuem capacidade de 500m<sup>3</sup>/h e diâmetro de 26". No total, por linha, são 8 hidrociclones na ciclonagem primária, 8 na ciclonagem secundária e 8 na reclassificação.





**Figura 9:** Baterias de hidrociclones para classificação de minério de ferro da Usina de tratamento de itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero

Fonte: Autora



**Figura 10:** hidrociclone GMAX – Fornecedor FLSmidth

Fonte: Autora

Existe silo para alimentação da pré-moagem com utilização de alimentadores de correia com balança. A montagem dos moinhos e caixas foi feita em arranjo que permite a parada de um ou mais moinhos com minimização no impacto sobre a taxa de alimentação da usina.

O circuito foi montado de forma que os moinhos possam operar ou em série ou em paralelo dentro de cada linha.

À medida que vai ocorrendo o desgaste, novas bolas são acrescentadas e são sempre as bolas de maiores diâmetros, as bolas mais desgastadas vão reduzindo seu diâmetro até serem eliminadas através da descarga do moinho.

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado em quatro etapas, as quais estão descritas a seguir:

- i. caracterização dos Itabiritos Compactos;
- ii. amostragem dos circuitos propostos: moinhos em série e em paralelo;
- iii. teste industrial com os circuitos propostos operando concomitantemente, sem os circuitos estarem otimizados;
- iv. simulação para otimização do processo.

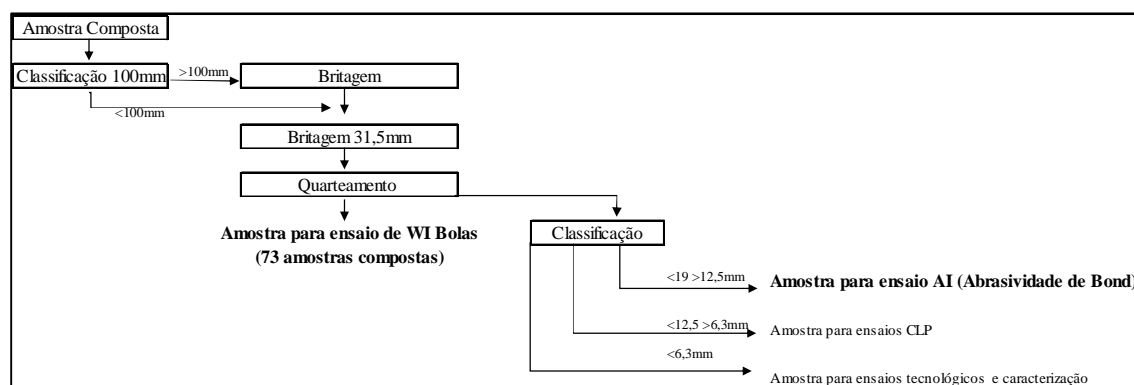
### **5.1. Caracterização dos Itabiritos Compactos**

A etapa de caracterização constituiu na análise mineralógica e grau de liberação de amostras de furos de sonda realizadas ao longo da mina.

Em parceria com o Laboratório de Tecnologia Mineral (LTM) da COPPE/Polli/UFRJ, foram feitos ensaios de medida de moabilidade –  $W_i$  de Bond, para cálculo do consumo energético.

## Preparação das amostras para os ensaios de caracterização

Amostras de furo de sonda e de frente de lavra foram coletadas, a fim de analisar a variabilidade das características relevantes à cominuição. No total foram compostas 118 amostras as quais seguiram os seguintes procedimentos de preparação:



**Figura 11:** Fluxograma com o procedimento para preparação de amostras

As amostras coletadas foram preparadas de acordo com as especificações para cada ensaio:

- i. análise mineralógica – foram compostas 20 amostras, 100% <2,0mm
- ii. medida do índice de trabalho de Bond (moabilidade) em moinho de bolas (Wib) – das 118 amostras originais, 45 não puderam ser utilizadas nos ensaios de Wib por não terem pelo menos 25kg, então 73 amostras foram utilizadas e britadas à 100% <3,35mm;

## Análise Mineralógica

A fração <6,3mm destinada para caracterização foi britada em 2,0mm, moída até atingir a malha de controle (0,15mm). O produto moído foi quarteado e parte da amostra encaminhada para preparação das pastilhas polidas. A quantificação mineralógica foi realizada em microscopia ótica, onde também foram identificadas as associações,

estimativa da malha de liberação, definição e quantificação das classes. As malhas analisadas foram:  $<0,15>0,075\text{mm}$ ,  $<0,075>0,045\text{mm}$ ,  $<0,045\text{mm}$ .

### Moabilidade de Bond

Ensaios de moabilidade para a determinação do índice de trabalho de Bond ( $W_i$ ) foram realizados usando o moinho 305 x 305 mm com revestimento liso e cantos curvados, operando à frequência de 70 +/- 3 rotações por minuto, segundo a NBR 11376 (ABNT-MB-3253). O peso total da carga moedora foi de aproximadamente 20 kg, que corresponde a um total de 285 bolas fornecidas pela Magotteaux.<sup>4</sup>



**Figura 12:** Moinho de bolas usado nos ensaios de Moabilidade de Bond<sup>4</sup>.

O procedimento<sup>5</sup> realizado pelo LTM da COPPE/Polli/UFRJ consistiu nas seguintes etapas:

- i. montagem de pilha longitudinal;

---

<sup>4</sup> Fonte: COPPE/Polli/UFRJ/LTM (2006), Britabilidade, moabilidade, abrasividade e características de fratura por impacto e autofratura de minérios de ferro

<sup>5</sup> Adaptado de COPPE/Polli/UFRJ/LTM (2006), Britabilidade, moabilidade, abrasividade e características de fratura por impacto e autofratura de minérios de ferro.

- ii. retirada de amostras da pilha de forma a atingir 700ml em uma proveta de 1000ml. Compactação por um minuto por vibração da proveta, para garantir que 700ml estejam preenchidos com a amostra da pilha. Pesagem da amostra na proveta. Repetição desse procedimento por três vezes e utilização do valor médio como sendo a massa de alimentação  $M$ , em gramas. A alimentação é  $100\% < 3,35\text{mm}$ ;
- iii. cálculo do Aar ( $M/3,5$ ), equivalente à massa a ser acrescentada quando o sistema estiver em regime, equivalente a uma razão de recirculação de 250%;
- iv. análise granulométrica a seco da alimentação até a abertura de  $53\mu\text{m}$ ;
- v. determinação da abertura da peneira através da qual 80% da massa alimentada é passante. Determinação feita por interpolação da equação de Rosin-Rammler;
- vi. adotado  $A_m$  (abertura da malha de classificação de ensaio) igual a  $106\mu\text{m}$ ;
- vii. cálculo da massa passante em  $A_m$ , denominado  $Ma_1$  (passante inicial do 1º Ciclo);
- viii. carregamento do moinho com a carga de bolas e a alimentação  $M$  do ensaio;
- ix. moagem a seco por um número de 50 rotações por minuto;
- x. peneiramento a seco do produto moído na malha de  $106\mu\text{m}$ , com peneiras de alívio nas malhas de 212, 300 e  $600\mu\text{m}$ . Cálculo do material passante ( $M_p$ ) em  $106\mu\text{m}$ , pela diferença da massa alimentada e do retido na malha de controle. A massa do  $M_p$  é a massa de alimentação nova a ser adicionada à massa retida em  $106\mu\text{m}$  para o próximo ciclo de moagem;
- xi. descarte do material passante em  $A_p$ ;
- xii. cálculo do valor passante líquido gerado no ciclo, pela subtração de  $Ma$  de  $M_p$ ;
- xiii. recomposição da alimentação com incremento da amostra inicial, equivalente a  $M_p$ ;
- xiv. cálculo da massa passante em  $106\mu\text{m}$  contida na alimentação nova por análise granulométrica;

- xv. subtração do valor da alimentação nova a acrescentar (Mp) de Aar (massa de alimentação que será acrescentada quando em regime). A diferença é o desvio correspondente ao ciclo;
- xvi. divisão da quantidade líquida passante pelo número de rotações, correspondendo a mobilidade, Mob, que é a massa em gramas passante em 106 µm gerada em cada rotação do moinho;
- xvii. novo carregamento do moinho e cálculo do número de rotações do próximo ciclo, que será:  $N_{i+1} = \frac{Aar - Ma}{Mob}$ ;
- xviii. moagem com o número de rotações calculado;
- xix. repetição das operações descritas de X até XVIII;
- xx. prosseguimento pelo número de ciclos até que os valores de Mob atinjam o equilíbrio ou invertam a tendência de crescimento ou decrescimento em três ciclos. O equilíbrio é obtido quando a diferença entre o maior e o menor valor de Mob não for superior a 3% da média aritmética dos três últimos valores;
- xxi. alcançado o equilíbrio, é feita análise granulométrica a seco do passante em 106µm do último ciclo até a abertura de 53µm. O valor P corresponde à abertura da peneira onde 80% da massa do produto é passante;
- xxii. o Wi (kWh/t) é dado por:

$$WI = \frac{(1,1)(44,5)}{Am^{0,23} Mob^{0,82} \left( \frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)} \quad (14)$$

Onde:

Am = abertura da malha (no caso 106µm)

Mob = massa média moída abaixo de 106µm por rotação do moinho

F<sub>80</sub> = abertura da peneira que permite a passagem de 80% da alimentação

P<sub>80</sub> = abertura da peneira que permite a passagem de 80% do produto

### 5.2. Amostragem industrial dos circuitos propostos: moinhos em série e em paralelo

Foi realizada uma campanha de amostragem no circuito industrial de moagem para cada configuração proposta. Foram coletados 6 incrementos em cada circuito, um a cada 20 minutos.

A primeira amostragem foi com a operação dos moinhos em série. A condição para a amostragem foi a estabilidade operacional. A tabela 1 mostra as condições operacionais da usina para a amostragem:

Tabela 1: Condições operacionais da usina para a amostragem – Circuito em Série

Informações dos moinhos								
Etapa	Potência Instalada (kW)	Tamanho	Corpo Moedor Bolas	Primeira carga de bolas	Material do Corpo Moedores	Fator de enchimento	Velocidade Crítica	% Solidos
Moagem Primária - Bolas	4500	18' x 29'	3" Moly-Cop	3", 2", 1,5", 1"	Baixo Carbono	35%	72%	75%
Moagem Secundária - Bolas	4500	18' x 29'	2" Magotteaux	2", 1,6", 1,2", 1"	Alto Carbono	35%	72%	75%
Informações dos ciclones								
Etapa	Equipamento	Diametro	Vortex	Apex	Número de ciclones em operação	Número de Ciclones instalados	Inlet in <sup>2</sup>	
Classificação Primária	Ciclone GMAX	26"	8"	3,25"	4	8		
Reclassificação	Ciclone GMAX	26"	8"	5"	8	8		
Classificação Secundária	Ciclone GMAX	26"	10"	5"	8	8		

Os pontos de amostragem estão destacados na figura 13:

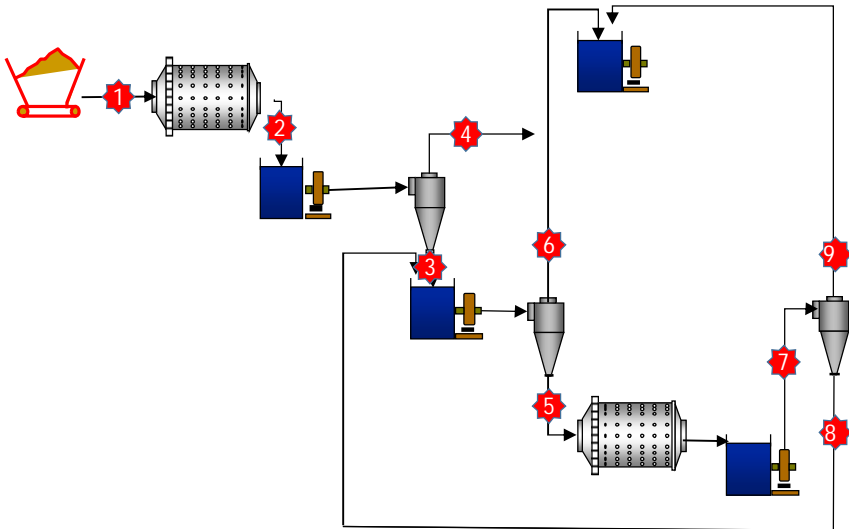


Figura 13: Pontos de amostragem no circuito com moinhos em série.

Pontos amostrados no circuito em série:

1. alimentação da pré-moagem;
2. descarga da pré-moagem;
3. *underflow* da classificação da pré-moagem;
4. *overflow* da classificação da pré-moagem;
5. *underflow* da reclassificação/alimentação da moagem;
6. *overflow* da reclassificação;
7. alimentação da classificação da moagem;
8. *underflow* da classificação da moagem;
9. *overflow* da classificação da moagem;

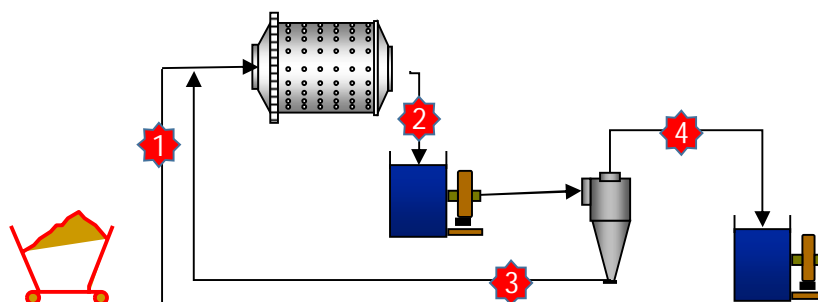
Além da amostragem com o circuito operando em série, foi realizada amostragem do circuito operando em paralelo. A condição para a amostragem foi a estabilidade operacional. A tabela 2 mostra a condição operacional da usina para a amostragem:

Tabela 2: Condições operacionais da usina para a amostragem – Circuito em Paralelo

Informações dos moinhos							
Etapa	Potência Instalada (kW)	Tamanho	Corpo Moedor Bolas	Primeira carga de bolas	Material do Corpo Moedores	Fator de enchimento	Velocidade Crítica
Moagem bolas	4500	18' x 29'	3" e 2" Moly-Cop	3", 2", 1,5", 1"	Baixo Carbono	35%	72%
Informações dos ciclones							
Etapa	Equipamento	Diametro	Vortex	Apex	Número de ciclones em operação	Número de Ciclones instalados	Inlet in <sup>2</sup>
Moagem única	Ciclone Gmax	26"	10"	3,75"	7	8	60

No circuito em paralelo também foram realizadas 6 amostragens, uma a cada 20 minutos, nos pontos destacados na figura 14:





**Figura 14:** Pontos de amostragem no circuito com moinhos em paralelo.

Pontos amostrados no circuito em paralelo:

1. alimentação nova da moagem;
2. descarga do moinho/alimentação da classificação;
3. *underflow* do hidrociclone de classificação;
4. *overflow* do hidrociclone de classificação.

Em ambos os circuitos, as alíquotas retiradas a cada 20 minutos foram colocadas em um recipiente para cada fluxo, de forma a gerar uma amostra composta por 6 incrementos para cada fluxo amostrado. As amostras compostas foram enviadas ao laboratório para análise granulométrica e percentagem de sólidos. Devido ao grande número de alíquotas e de pontos de amostragem, não foi viável a análise por incremento. Durante a amostragem todas as condições operacionais do circuito foram monitoradas.

As amostragens nos dois circuitos foram realizadas em dias distintos.

### 5.3. Teste industrial com os circuitos propostos operando concomitantemente

Durante o mês de novembro de 2014 foi realizado um teste industrial, onde uma das linhas operacionais foi configurada para operar com os moinhos em série e outra linha com os moinhos em paralelo. O teste teve duração de 30 dias e a alimentação nas duas

linhas foi a mesma durante todo o teste. Foram monitoradas todas as condições operacionais dos dois circuitos e a avaliação foi feita a partir da taxa alimentada, geração de lamas e percentual da fração maior que 0,15mm na alimentação da flotação. Essas variáveis foram analisadas a partir de informações geradas no PIMS – *Process Information Management System*. O PIMS é o sistema no qual os dados de processo são buscados a cada milissegundo e armazenados em um banco de dados, que pode ser acessado a qualquer momento. O banco de dados gerado é confiável, uma vez que a coleta de informações é feita por um servidor, que busca os dados diretamente no PLC – *Programmable Logical Controller*. O PLC é o responsável por receber as informações medidas pelos instrumentos instalados na usina. O sistema PIMS utilizado pela usina em questão é o *PI System*, cujo fornecedor é a *OSI Software*. O banco de dados gerado foi de medições a cada hora durante os 30 dias de teste. Foram desconsiderados dados de parada de usina.

A tabela 3 mostra a condição média de operação da usina durante o teste industrial:

Tabela 3: Condições operacionais de processo da usina para o teste industrial

Moinhos						
Circuito	Tipo	Potência Instalada	Corpo Moedor	Fator de Enchimento	Velocidade Crítica	% Sólidos
Série	Bolas 18' x 29'	Primário - 4500 kW	Bolas - 3"Primário	35%	72%	75%
		Secundário - 4500 kW	Bolas - 2" Secundário			
Paralelo		4500 kW em cada	Bolas - 50% 3" e 50% 2"			
Ciclones						
Circuito	Etapa	Tipo	Apex	Vortex	N° Ciclones	
Série	Classificação Primária	GMAX	3,25"	8"	8	
	Classificação Secundária		5"	10"		
	Reclassificação					
Paralelo	Classificação					

#### 5.4. Otimização do circuito em série

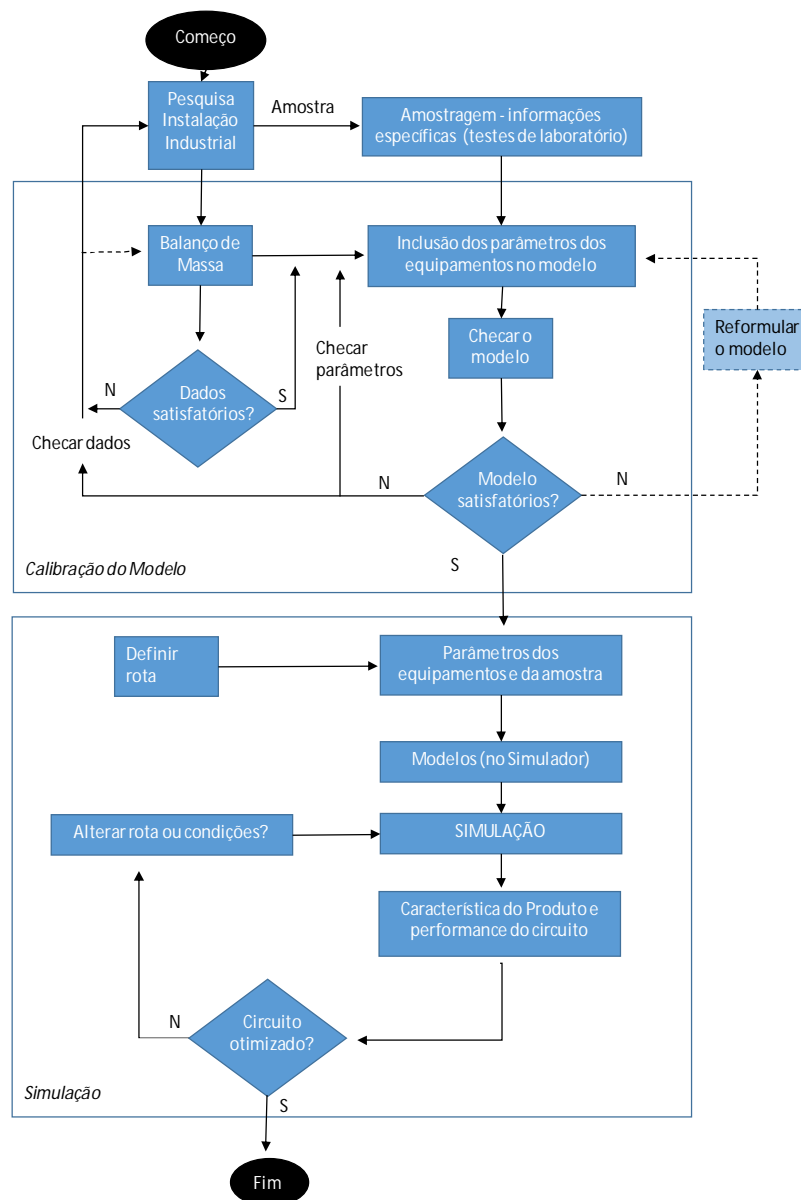
A simulação seguiu os seguintes passos:

- i. Balanço de massa
- ii. Calibração do modelo - parâmetros dos equipamentos e amostragem industrial.

iii. Simulação variando diâmetro das bolas, apex e vortex dos hidrociclones.

A simulação foi realizada pela empresa australiana OMC, Orway Mineral Consultants, utilizando o software JKSimMet™ versão 6.0.1. O objetivo foi avaliar qual seria o impacto na taxa de alimentação, fazendo alterações no diâmetro dos corpos moedores, apex e vortex dos hidrociclones.

O fluxograma da figura 15 descreve sucintamente como é feita a calibração e a simulação para otimização de processo no software JKSimMet™.



**Figura 15:** Otimização de processos no JKSimMet. - Adaptado de Munn (1996)

Os parâmetros utilizados na calibração foram as informações dos equipamentos instalados na usina, os dados das amostragens realizadas e o resultado do estudo de caracterização da amostra de alimentação da usina. As informações da alimentação, com a metodologia de caracterização utilizada e dos parâmetros de processo e dos equipamentos da instalação industrial foram obtidas conforme descrito nos itens 4.1 – Caracterização do Itabirito Compacto e 4.2 - Amostragem industrial dos circuitos propostos: moinhos em série e em paralelo.

Em todas as simulações buscou-se a manutenção do  $P_{80}$  em 0,106mm. O modelo usado para a simulação dos hidrociclones foi o Nageswararao e para simulação dos moinhos o modelo do misturador perfeito.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos e suas análises.

### 6.1. Caracterização dos Itabiritos Compactos

As tabelas 4 e 5 mostram, respectivamente, a granuloquímica do ROM da amostra composta por furos de sonda que alimentou os testes piloto para desenvolvimento da rota da usina em questão e a análise química do *pellet feed* obtido nos testes pilotos:

Tabela 4: Granuloquímica do ROM

Malha (mm)	Partição	Fe (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	P (%)	Mn (%)
>8,0	37,97	46,18	33,74	0,564	0,030	0,105
<8,0 >1,0	13,80	44,70	33,86	0,636	0,030	0,149
<1,0 >0,15	11,75	26,58	59,57	0,659	0,021	0,134
<0,15	36,48	43,95	35,06	0,916	0,022	0,139
<b>Global</b>	<b>100,00</b>	<b>42,86</b>	<b>37,27</b>	<b>0,714</b>	<b>0,026</b>	<b>0,127</b>

Tabela 5: Análise Química média estimada para PF

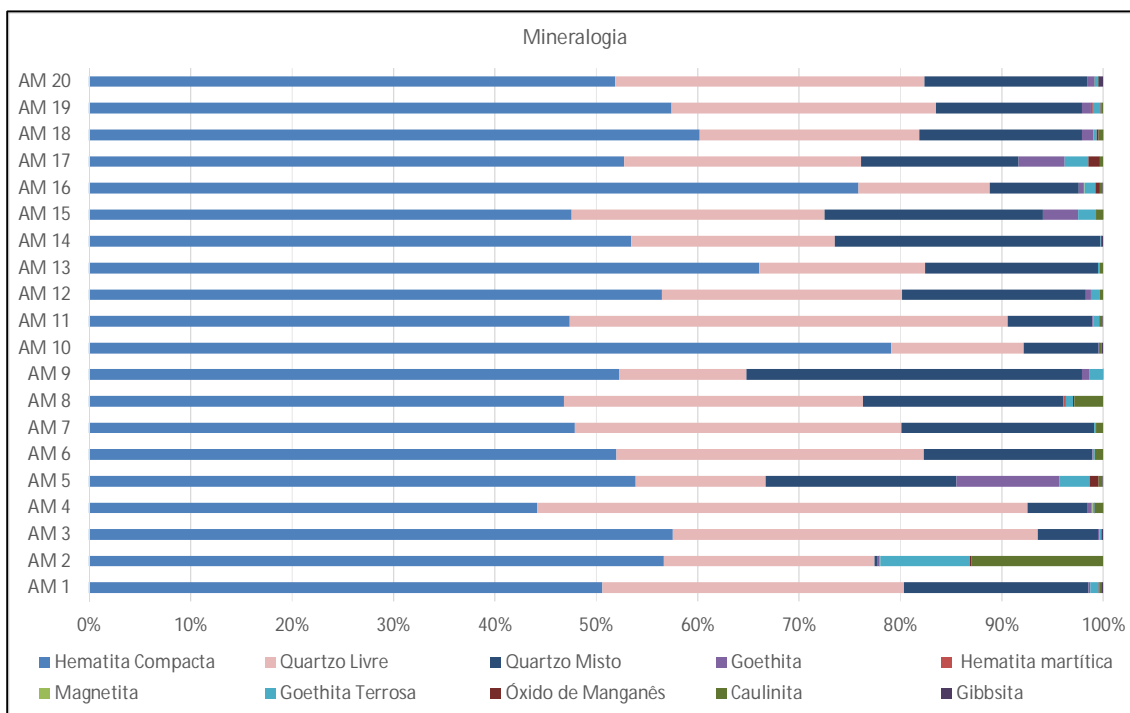
Fe (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	P (%)	Mn (%)	PPC (%)
69,01	0,70	0,150	0,030	0,026	0,115

A análise global mostrou que o principal contaminante é a SiO<sub>2</sub>, com 37,3%. O ROM possui baixos teores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P e Mn, o que favorece a produção de *pellet feed* também com baixos teores desses contaminantes.

A análise granulométrica mostrou que a SiO<sub>2</sub> está presente em todas as faixas granulométricas, porém a fração < 1,0mm > 0,15mm possui teor de SiO<sub>2</sub> 74% superior às demais. Essa faixa possui 59,6% enquanto as outras possuem em média 34,2%. Nessa fração granulométrica estão retidos 11,8% do total da amostra, valor que precisa ser reduzido a no máximo 5,9% na moagem. Essa SiO<sub>2</sub> grossa é prejudicial à flotação, por ser difícil de ser flotada, uma vez que se desprende com maior facilidade das bolhas, contaminando o concentrado. Quando presente na alimentação da flotação, são utilizadas maiores dosagens de coletores, o que acaba prejudicando a recuperação metalúrgica, uma vez que a superdosagem favorece também a contaminação do rejeito com partículas de minerais portadores de Fe.

### **Análise Mineralógica e grau de liberação**

As amostras de furo de sonda destinadas à análise mineralógica são constituídas basicamente de hematitas compactas (55,5% em média), quartzo livre (25,4% em média) e quartzo misto (15,4% em média). As magnetitas e martitas são raras, aparecendo apenas em algumas amostras com baixos teores. Os minerais hidratados presentes foram goethita (0 a 10,16%) e goethita terrosas (0,03 a 8,87%). A figura 16 mostra o resultado completo da mineralogia:

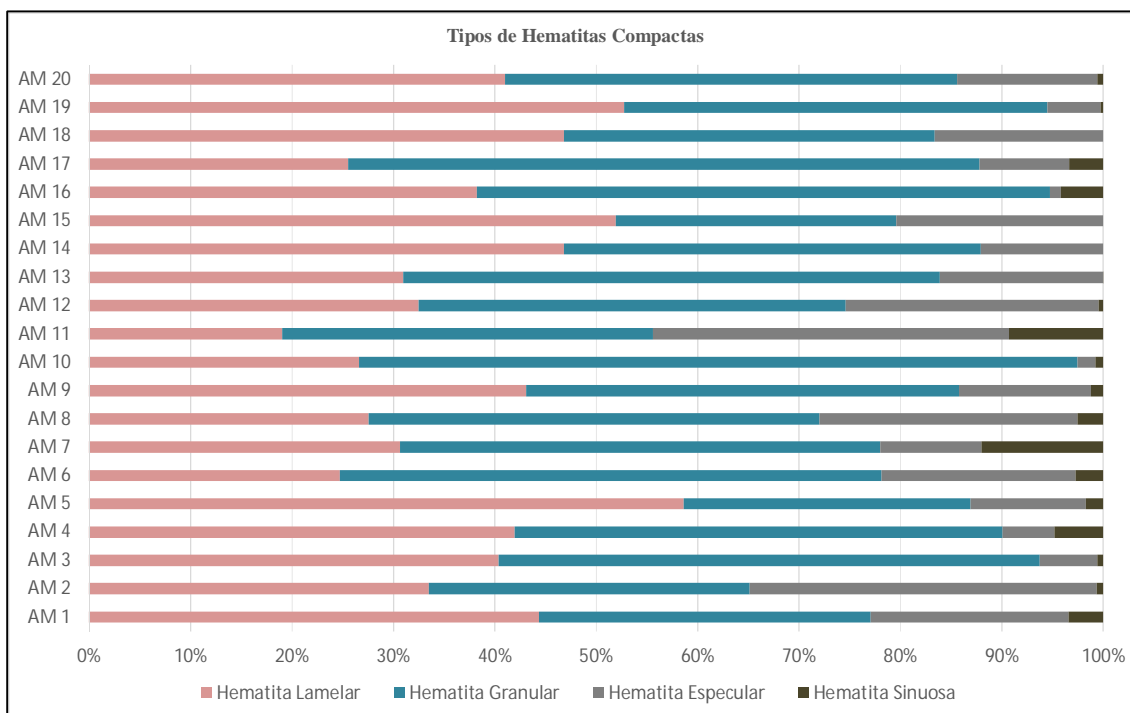


**Figura 16:** Mineralogia das amostras de furo de sonda de itabirito compacto da mina de Conceição<sup>6</sup>

Todas as amostras analisadas são amostras compostas basicamente em mais de 95% de hematita e quartzo, justificando os elevados teores de Fe e SiO<sub>2</sub> na análise química da amostra global do ROM. A pequena quantidade de goethita e goethita terrosa justifica os baixos teores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P e Mn.

A figura 17 mostra a morfologia das hematitas compactas:

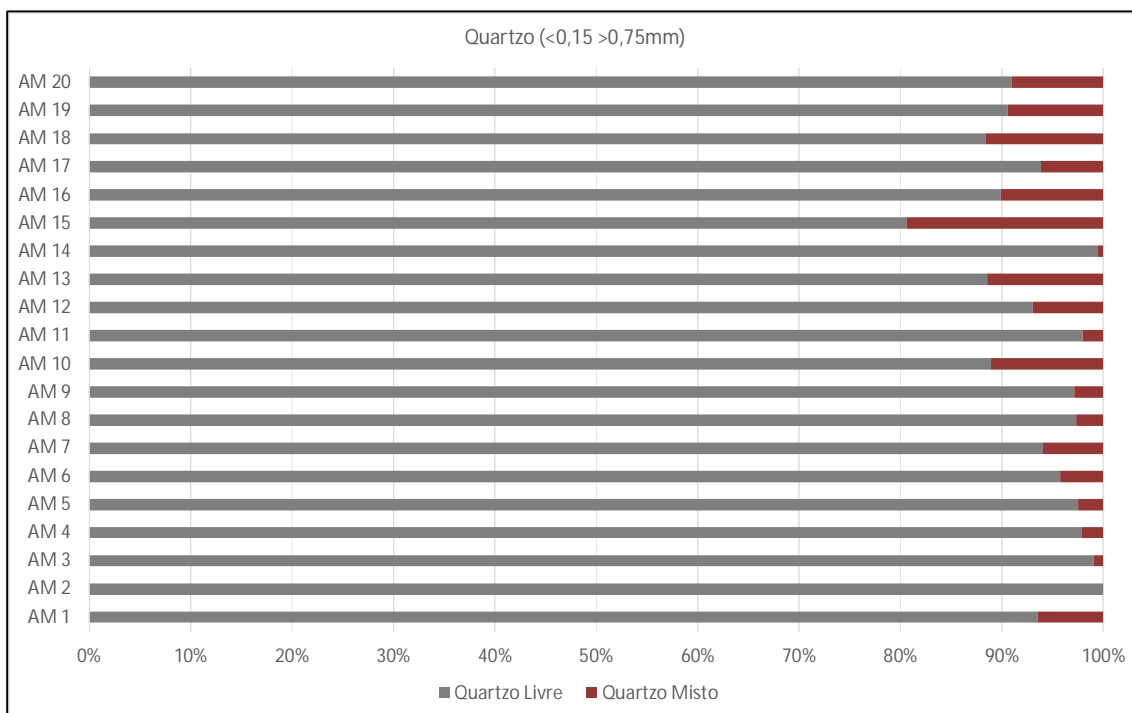
<sup>6</sup> Adaptado de Relatório Interno da Vale.



**Figura 17:** Morfologia da Hematita Compacta das amostras de furos de sonda da mina de Conceição.

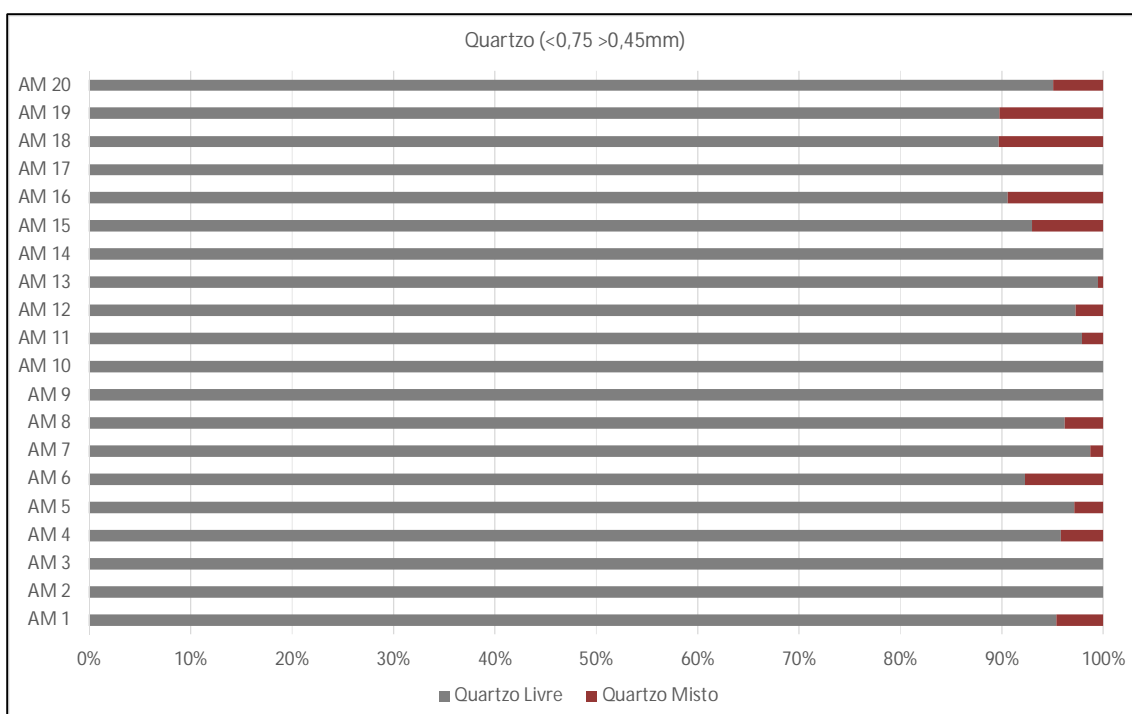
Ribeiro (2004) avaliou as morfologias dos minérios de ferro utilizados no complexo de pelotização da CVRD em Vitória e as influências no comportamento na moagem. Observou-se que as hematitas criptocristalinas são as que requerem menor energia na moagem, seguidas pela goethita, granular, lamelar/especular e a hematita sinuosa a que requer maior energia. As hematitas compactas presentes nas amostras são de três tipos morfológicos: granular, lamelar e especular. Algumas amostras apresentaram hematita sinuosa, porém em teores menores que 5%. A presença dessas morfologias justifica a necessidade de 7,8kWh/ton para moagem.

Na análise para grau de liberação na amostra global, o quartzo mostra percentual de cristais livres que variam de 11,20% a 48,38%. Já os cristais mistos apresentam variação percentual entre 0,31% e 33,12%. Na análise por faixas granulométricas, na fração <0,15 >0,75mm do quartzo presente na amostra, o percentual de quartzo livre varia de 81% a 100%, conforme mostra a figura 18:



**Figura 18:** Grau de Liberação do Quartzo na fração <0,15>0,075mm.

A figura 19 mostra o grau de liberação do quartzo para a fração <0,75>0,45mm:

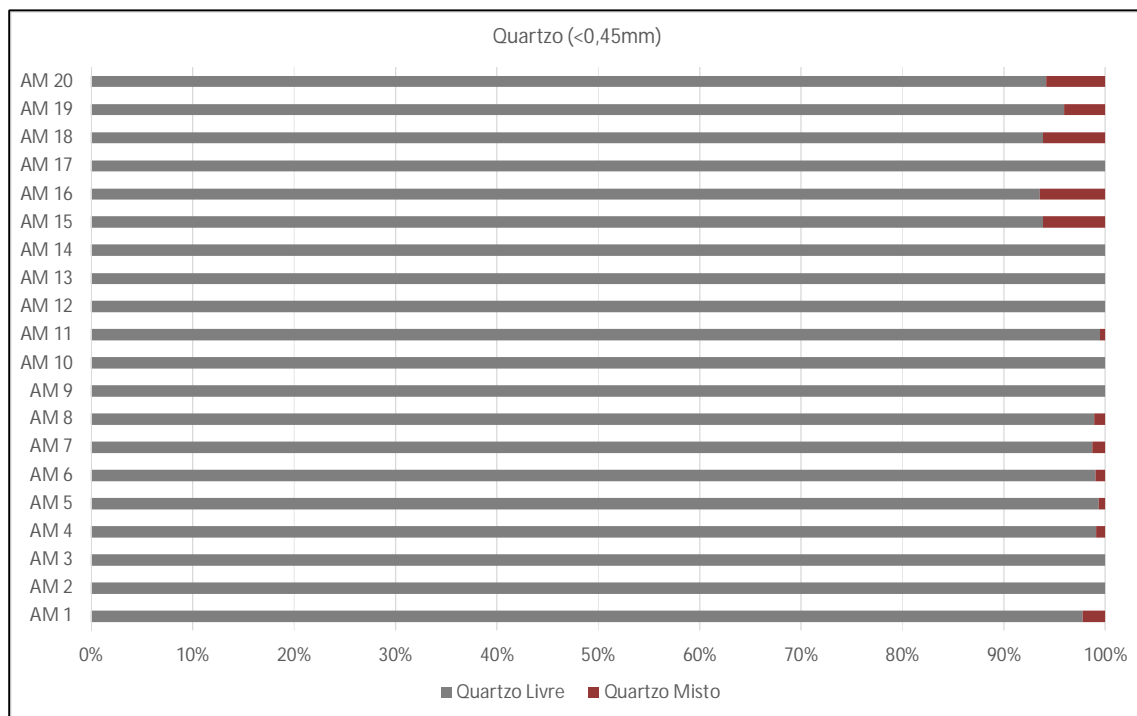


**Figura 19:** Grau de Liberação do Quartzo na fração <0,75>0,045mm.



Observa-se que na fração  $<0,75>0,45\text{mm}$ , o quartzo livre variou de 90% a 100%.

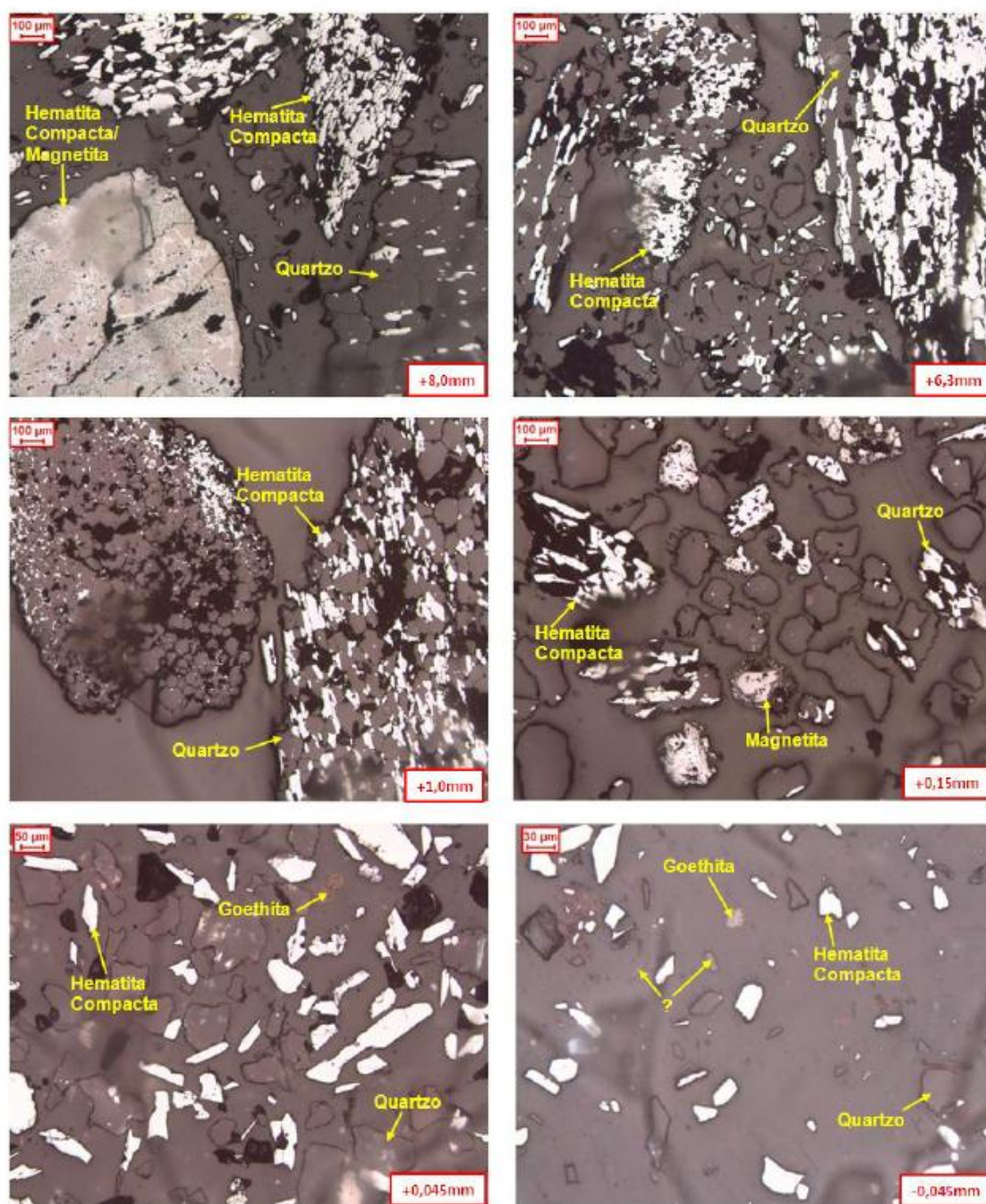
A figura 20 indica ainda que na fração  $<0,45\text{mm}$  existem partículas mistas de quartzo. Os cristais livres variaram de 94% a 100%.



**Figura 20:** Grau de Liberação do na fração  $<0,045\text{mm}$ .

A figura 21 mostra fotomicrografias de uma das amostras analisadas classificada em 8,0mm, 6,3mm, 1,0mm, 0,075mm e 0,045mm obtidas por microscópio ótico de luz refletida, onde podem ser observadas presença de partículas de quartzo misto.

**Figura 21:** Fotomicrografia obtida por microscópio ótico de luz refletida<sup>7</sup>.



<sup>7</sup> Relatório interno empresa parceira.

## Resultados de Moabilidade – Wi de Bond - Wib

Das 118 amostras preparadas para ensaios de processo e caracterização, apenas 73 amostras foram utilizadas para ensaio de Wib, pois as demais não geraram massa suficiente para o teste. Dos 73 ensaios de Wib realizados, 13 foram desconsiderados, por apresentarem Wib maior do que 15kWh/ton, sendo considerados os 60 testes restantes. A tabela 6 mostra os resultados dos testes de Wib:

Tabela 6: Resultados dos testes de Moabilidade - Wi Bond

<b>Moabilidade - Wi Bond (kWh/t)</b>	
<b>Média</b>	7,80
<b>Desvio Padrão</b>	2,94
<b>Coefficiente de variação</b>	37,73%
<b>Mediana</b>	7,33
<b>Mínimo</b>	1,73
<b>Máximo</b>	14,53
<b>Intervalo</b>	12,8
<b>Número de Amostras</b>	60

O ensaio de moabilidade de Bond indicou 7,80kWh/t necessários para reduzir o material 100% < 3,35mm a 80% passante em 106µm.

### 6.2. Teste industrial com os circuitos propostos operando concomitantemente

O teste industrial foi realizado de forma que os dois circuitos em análise recebessem a mesma alimentação. Dessa forma, durante 30 dias, uma das linhas operacionais foi configurada para operar com o circuito de moagem em série e outra linha com o circuito em paralelo.

A condição operacional durante o teste foi definida de tal forma que garantisse estabilidade da usina, performance de moagem e obtenção de qualidade de produto. A tabela 7 mostra as condições operacionais durante a realização do teste nos dois circuitos e a tabela 8 representa o resumo da estatística descritiva dos dados obtidos com o teste, desconsiderando os dados de parada e retomada da usina.

Tabela 7: Condições operacionais durante o teste com os circuitos operando concomitantemente

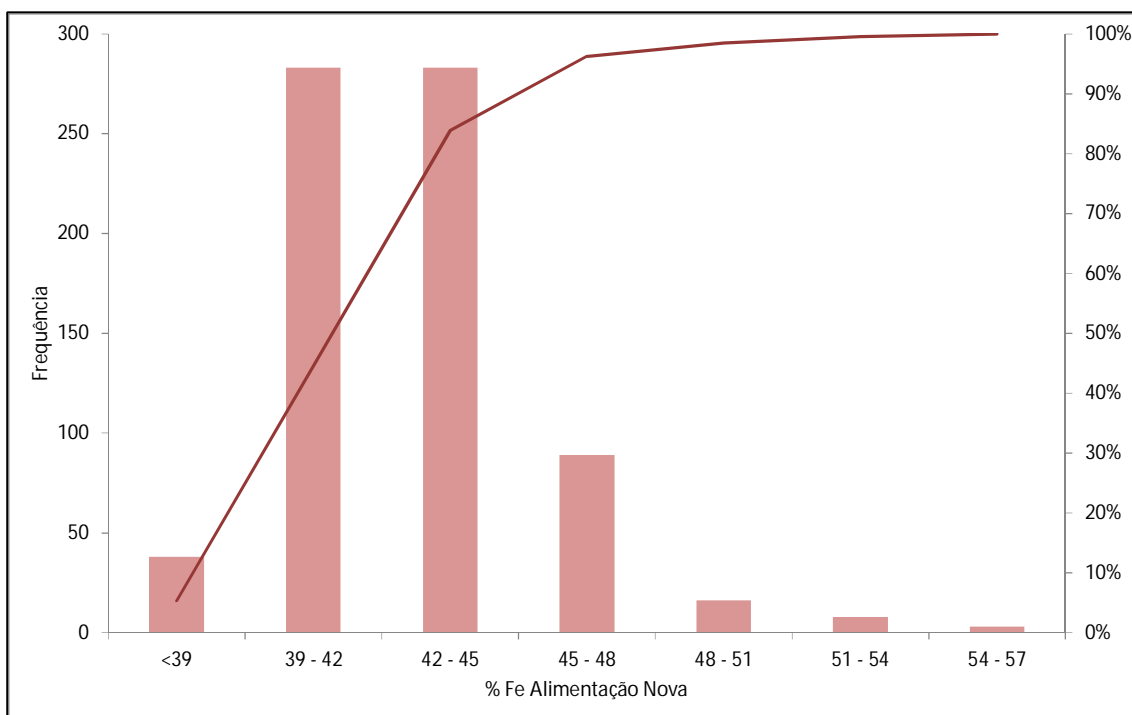
Moinhos						
Circuito	Tipo	Corpo Moedor	Fator de Enchimento	Velocidade Crítica	% Sólidos	Consumo energético (kWh/t)
Série	Bolas	Bolas - 3" Primário	35%	72%	75%	3
		Bolas - 2" Secundário				4,8
Paralelo		Bolas - 50% 3" e 50% 2"				7,8
Ciclones						
Circuito	Etapa	Apex	Vortex	Pressão kgf/cm²	Nº Ciclones	Densidade da Polpa
Série	Classificação Primária	3,25"	8"	0,58	8	1,6
	Classificação Secundária	5"	10"	0,73		1,87
	Reclassificação			0,85		1,76
Paralelo	Classificação			0,85		1,84

Tabela 8: Estatística descritiva dos dados do teste industrial com intervalo de confiança de 95%

Estatística descritiva	Circuito em Série				Circuito em Paralelo				
	Alimentação Nova (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)	Alimentação Nova Moinho 1 (t/h)	Alimentação Nova Moinho 2 (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
Média	1070	879	11,0	191	534	522	903	10,8	153
Desvio Padrão	49	155	4	75	54	55	118	3	58
Coefficiente de variação	4,6%	17,6%	35,7%	39,5%	10,1%	10,6%	13,1%	24,5%	38,3%
Mediana	1101	918	11	169	550	544	936	11	142
Mínimo	1000	279	5	28	378	336	469	3	46
Máximo	1202	1157	76	530	603	603	1122	19	622
Intervalo	202	878	71	501	225	267	654	16	577
Número de Amostras	526	526	526	526	578	578	578	578	578

Analisando os dados médios obtidos durante todo o teste industrial, a taxa de alimentação no circuito de moagem com os moinhos dispostos em série foi 1,4% maior do que o circuito com os moinhos dispostos em paralelo. Porém o circuito em série teve taxa de alimentação da flotação em média 2,8% menor do que o circuito em paralelo e gerou 25% a mais de lama. Observa-se que o circuito em paralelo teve menor desvio padrão, indicando maior estabilidade.

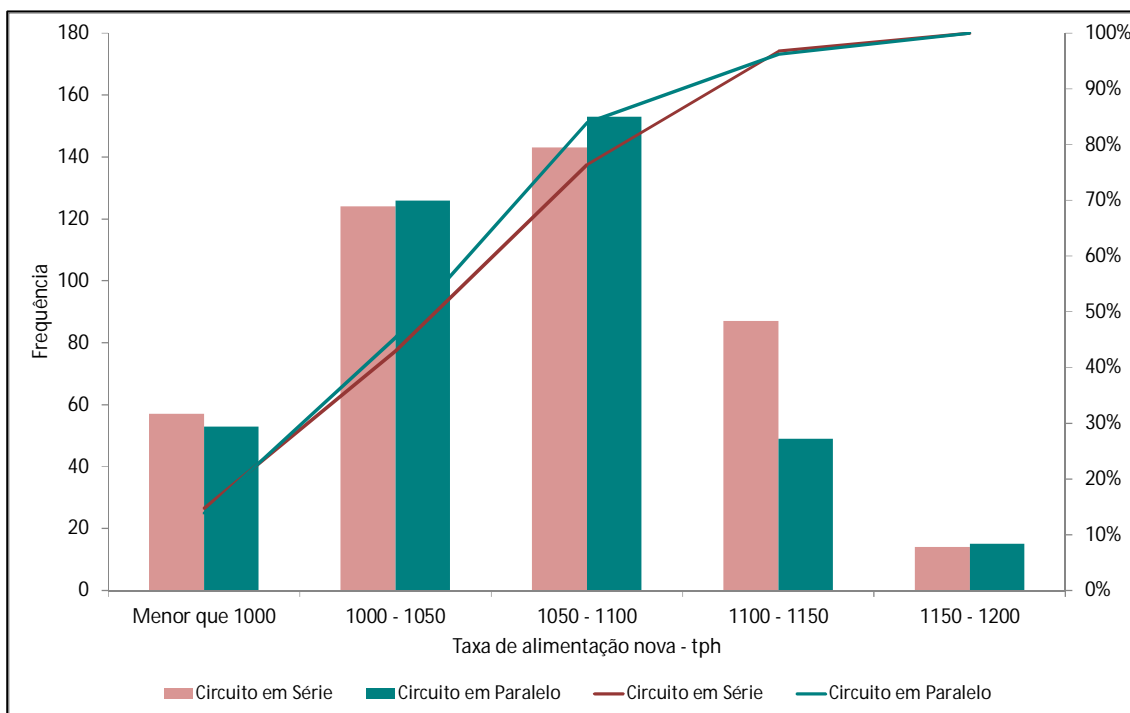
Os teores médios na alimentação nova da usina no mês de novembro do ano de 2014 foi de 42,7%Fe e 37,3%SiO<sub>2</sub>. A figura 22 mostra a frequência de variação do teor de Fe durante o período de teste:



**Figura 22:** Variação de Teor de Fe na alimentação da usina – Teste Industrial.

Houve variações de teor de Fe na alimentação entre 36,4% e 55,6%, sendo que em 78% do tempo de teste a alimentação estava entre 42%Fe e 45%Fe. Vasconcelos *et al* (2012), em um estudo para desenvolvimento de rota de processo, também para Itabirito Compacto, indica significativa redução de consumo energético em moagem estagiada, onde ocorre uma pré-concentração, com consequente redução de massa de minerais portadores de SiO<sub>2</sub> na moagem.

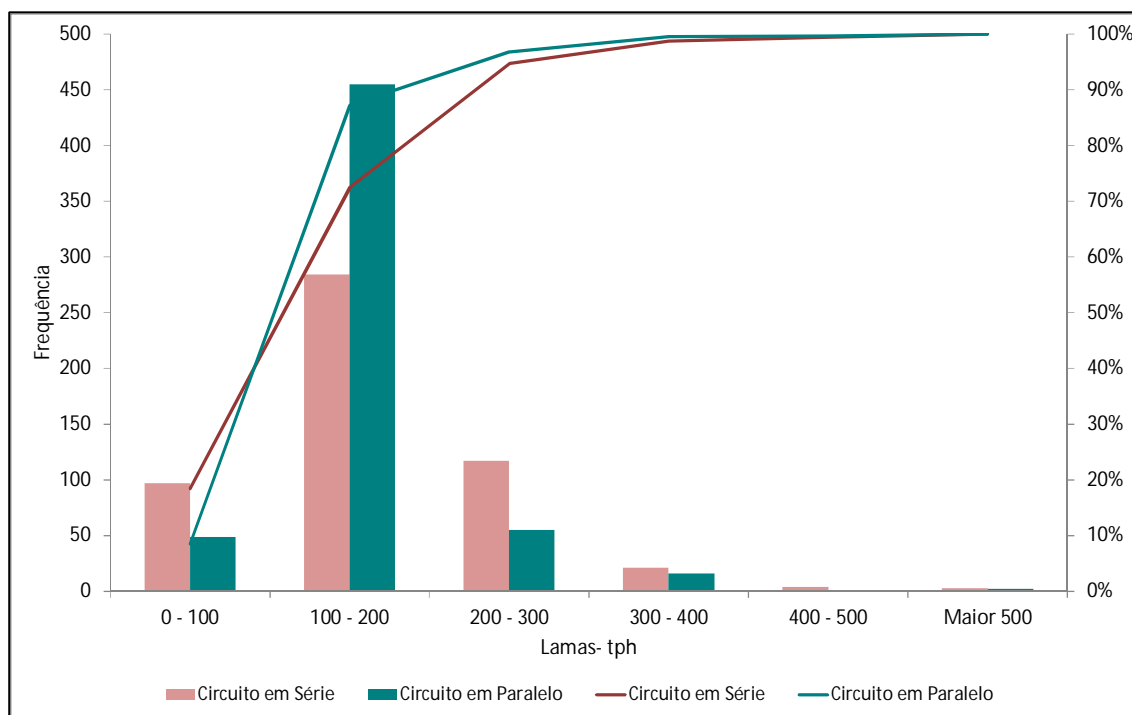
A figura 23 mostra como foi a variação da taxa de alimentação da usina durante o período de teste:



**Figura 23:**Variação de Taxa de Alimentação por linha – Teste Industrial.

A planta industrial de beneficiamento mineral em questão foi projetada para que cada linha operacional recebesse 1117t/h de alimentação nova, por isso foram analisados dados entre a faixa de 1000t/h até 1300t/h. Observa-se que nessa faixa operacional, ocorre variação entre a taxa alimentada nos circuitos operados. No intervalo entre 1050t/h e 1150t/h houve uma tendência do circuito em série operar com taxa de alimentação 9,8% superior ao circuito em paralelo. Durante o período testado o circuito em série operou 76,4% com taxa menor do que 1150 (23,6% maior que 1150t/h), enquanto o circuito em paralelo foi 83,9% (16,1% maior que 1150t/h). A maior taxa é esperada no circuito onde o moinho opera fechado com o hidrociclone e a alimentação efetiva (alimentação nova + carga circulante) é mais fina, possibilitando o uso de corpos moedores de menor diâmetro, gerando maior área de moagem e consequentemente maior taxa. Wills (2007) cita que o aumento em capacidade no circuito fechado pode chegar a até 35%. A principal causa do teste não ter indicado ganho em taxa horária de alimentação no circuito em paralelo é por não terem sido utilizadas bolas de menor diâmetro. A correta adequação do diâmetro do corpo moedor para a granulometria de alimentação efetiva no circuito em paralelo pode trazer ganho em capacidade para esse circuito.

O resultado dos circuitos testados em relação a geração de lamas é apresentado na figura 24.



**Figura 24:**Variação de Geração de Lamas – Teste Industrial.

Para geração de lamas, observa-se que o circuito em paralelo foi o mais eficiente durante o período testado, 87,2% da lama gerada foi menor do que 200t/h (12,8% maior que 200t/h), enquanto no circuito em série foi 72,4% (27,6% maior que 200t/h). Esse resultado condiz com a literatura, uma vez que no circuito em paralelo os dois moinhos foram operados em circuito fechado. O circuito fechado reduz o tempo de residência das partículas dentro do moinho e consequentemente reduz a sobremoagem (Wills, 2004). Por outro lado, as bolas do circuito em paralelo não estão ajustadas para a granulometria efetiva do circuito; granulometria efetiva mais fina requer bolas de menores diâmetros e maior área de moagem, o que também contribuiu para a menor geração de lamas nesse circuito.

Foi observado enriquecimento do *underflow* em todos ciclones de classificação nos dois circuitos conforme mostra a tabela 9:

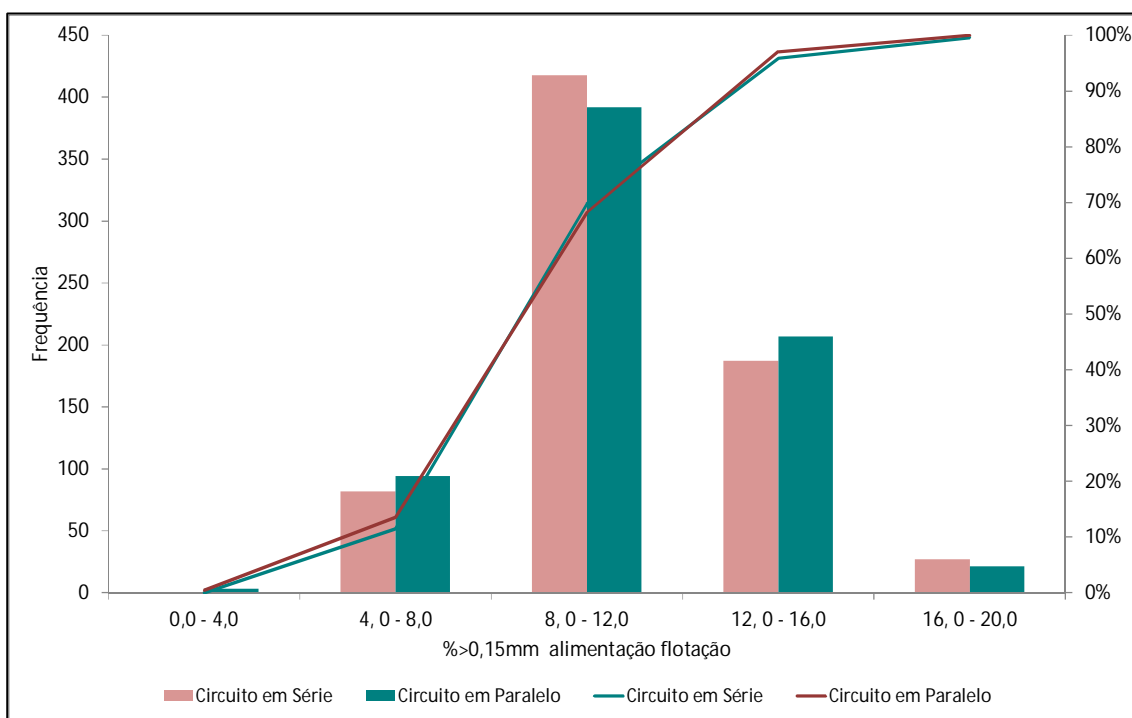
Tabela 9: Enriquecimento o *underflow* dos ciclones de classificação dos circuitos em série e em paralelo

Fluxo	%Recup. Mássica	%Fe	%SiO <sub>2</sub>
Circuito em Série			
Descarga da pré-moagem	100.0	41.45	40.42
Classificação Primária - Underflow	64.4	46.79	33.26
Classificação Primária - Overflow	35.6	30.16	55.15
Alimentação da Reclacificação	100.0	59.36	14.38
Reclacificação - Underflow	90.4	60.40	13.59
Reclacificação - Overflow	9.6	42.97	38.54
Recycloning - Feed Cyclone 5	100.0	60.75	13.09
Classificação Secundária - Underflow	92.4	61.92	10.69
Classificação Secundária - Overflow	7.6	46.51	33.03
Circuito em Paralelo			
Descarga da moagem	100.0%	55.84	19.81
Classificação - Underflow	74.9%	60.57	12.97
Classificação - Overflow	25.1%	41.75	38.85

O peso específico dos minerais interfere na classificação dentro dos ciclones. As partículas do mineral com maior peso específico, mesmo com menor granulometria, tendem a seguir para o *underflow*. No minério de ferro esse efeito acontece com os minerais portadores de Fe ocorrendo o enriquecimento do *underflow*. Como esse é o fluxo que alimenta os moinhos nos dois circuitos avaliados ocorre sobremagem dos minerais de Fe com geração de lama. No circuito em série observa-se 60,4%Fe no *underflow* com 90,4% da massa e 42,9%Fe no OF com 9,6% da massa, já para o circuito em paralelo são 60,6%Fe no *underflow* com 74,9% da massa e 41,8%Fe no OF com 25,1% da massa. Essa variação de partição nos dois circuitos também favoreceu a maior geração de lamas no circuito em série.

Outro controle feito pela operação é a fração maior que 0,15mm na alimentação da flotação. Para a usina em questão, o valor máximo de projeto é 5,9% de partículas maiores do que 0,15mm. Valores acima do projetado induzem a superdosagem de coletores para obtenção de concentrados dentro da especificação química e consequente perda em recuperação mássica e metalúrgica. A figura 25 mostra os valores em porcentagem da fração maior do 0,15mm gerada nos dois circuitos.

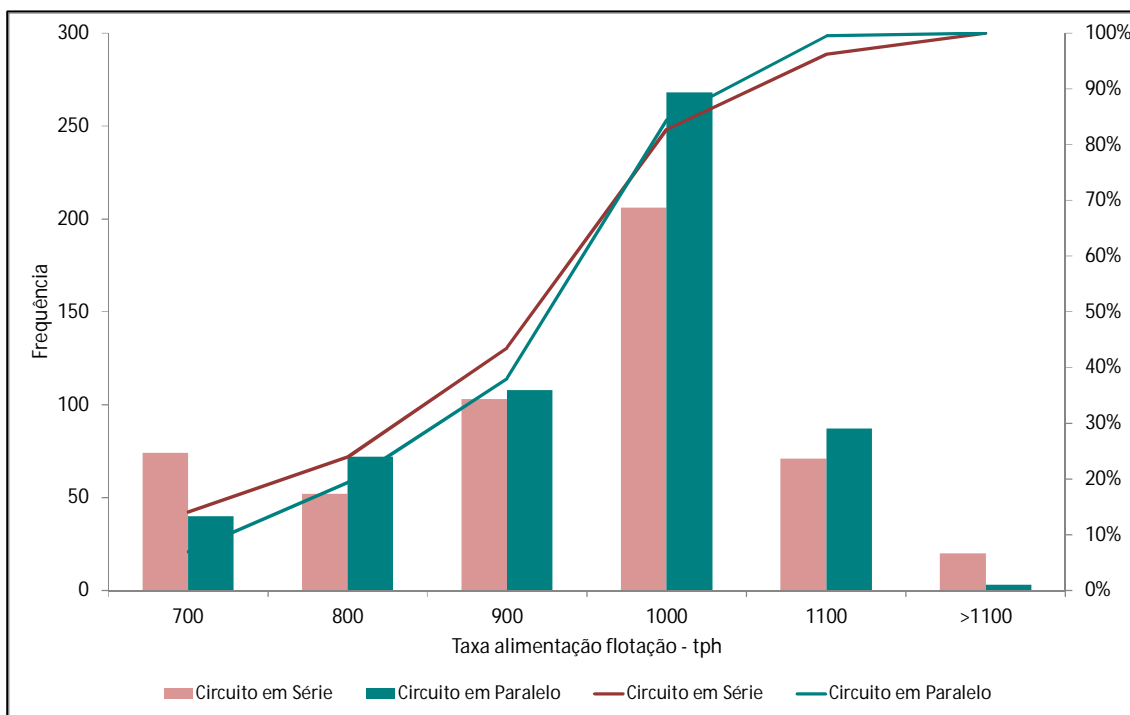




**Figura 25:**Variação de >0,15mm na alimentação da flotação – Teste Industrial.

Não houve variações significativas entre os circuitos para a geração de partículas maiores do que 0,15mm. O circuito em série gerou em média 11,0% de partículas maiores que 0,15mm, enquanto o circuito em paralelo gerou 10,8%. Observa-se também que em nenhum dos circuitos foi atingindo o valor máximo de projeto que é 5,9%.

A figura 26 mostra a diferença de taxa de alimentação nos circuitos em série e em paralelo:



**Figura 26:** Variação de taxa de alimentação da flotação – Teste Industrial.

A alimentação da flotação foi inferior a 1000t/h em 70% do tempo do teste industrial e nesse período a linha em que os moinhos estavam dispostos em paralelo teve taxa horária na alimentação da flotação média 4,3% maior do que o circuito com os moinhos em série. Para taxa superior a 1000t/h (30% do tempo do teste), o circuito em série operou em média com taxa na alimentação da flotação 1,4% acima do que circuito em paralelo.

O circuito com os moinhos dispostos em paralelo apresentou melhor desempenho industrial do que o circuito com os moinhos dispostos em série. O teste industrial indicou que a linha com os moinhos em série apresentou taxa horária de alimentação no circuito de moagem maior do que a linha com os moinhos dispostos em paralelo, porém o circuito em paralelo gerou menos lama e durante mais de 70% do tempo de teste teve maior taxa horária na alimentação da flotação. Além disso, a redução do diâmetro das bolas para adequação à granulometria da taxa de alimentação efetiva do circuito em paralelo aumentará a área de superfície de moagem e consequentemente trará ganhos em capacidade do circuito.

6.3. Otimização Por Simulação

Balanco de Massa a partir da amostragem dos circuitos propostos: moinhos em série e em paralelo

A tabela 10 mostra a condição operacional durante a amostragem feita no circuito em série:

Tabela 10: Condição operacional durante a amostragem industrial com o circuito operando em série

Informações dos moinhos									
Etapa	Equipamento	Tamanho	Consumo energético kWh/t	Corpo Moedor Bolas	Primeira carga de bolas	Material do Corpo Moedores	Fator de enchimento	Velocidade Crítica	% Solidos
Moagem Primária	Moinho de Bolas	18' x 29'	3	3" Moly-Cop	3", 2", 1.5", 1"	Baixo Carbono	35%	72%	75%
Moagem Secundária	Moinho de Bolas	18' x 29'	4,8	2" Magotteaux	2", 1.6", 1.2", 1"	Alto Carbono	35%	72%	75%
Informações dos ciclones									
Etapa	Equipamento	Diametro	Pressão kgf/cm²	Vortex	Apex	Número de ciclones em operação	Número de Ciclones instalados	Inlet in²	Densidade da Polpa t/m³
Classificação Primária	Ciclone GMAX	26"	0,58	8"	3,25"	4	8	60	1,6
Reclassificação	Ciclone GMAX	26"	0,73	8"	5"	8	8	60	1,87
Classificação Secundária	Ciclone GMAX	26"	0,88	10"	5"	8	8	60	1,84

A figura 27 mostra o resultado do balanço de massa do circuito em série feito a partir das informações obtidas na amostragem industrial:

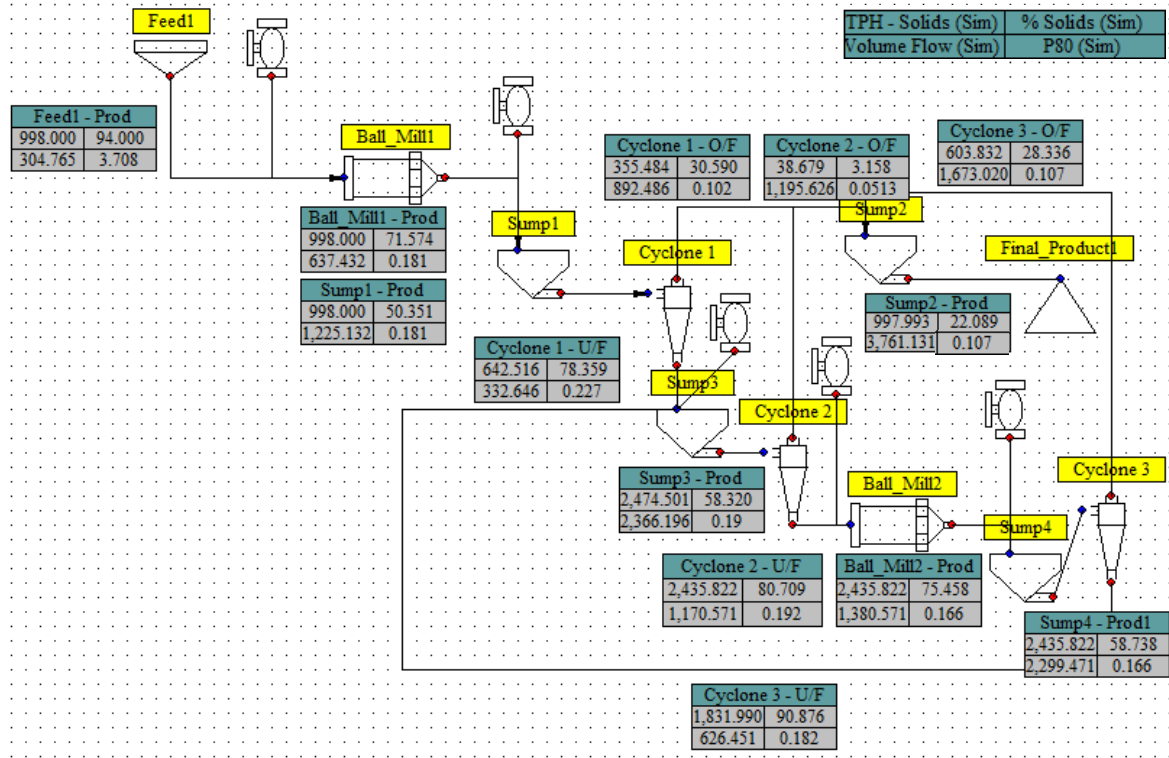
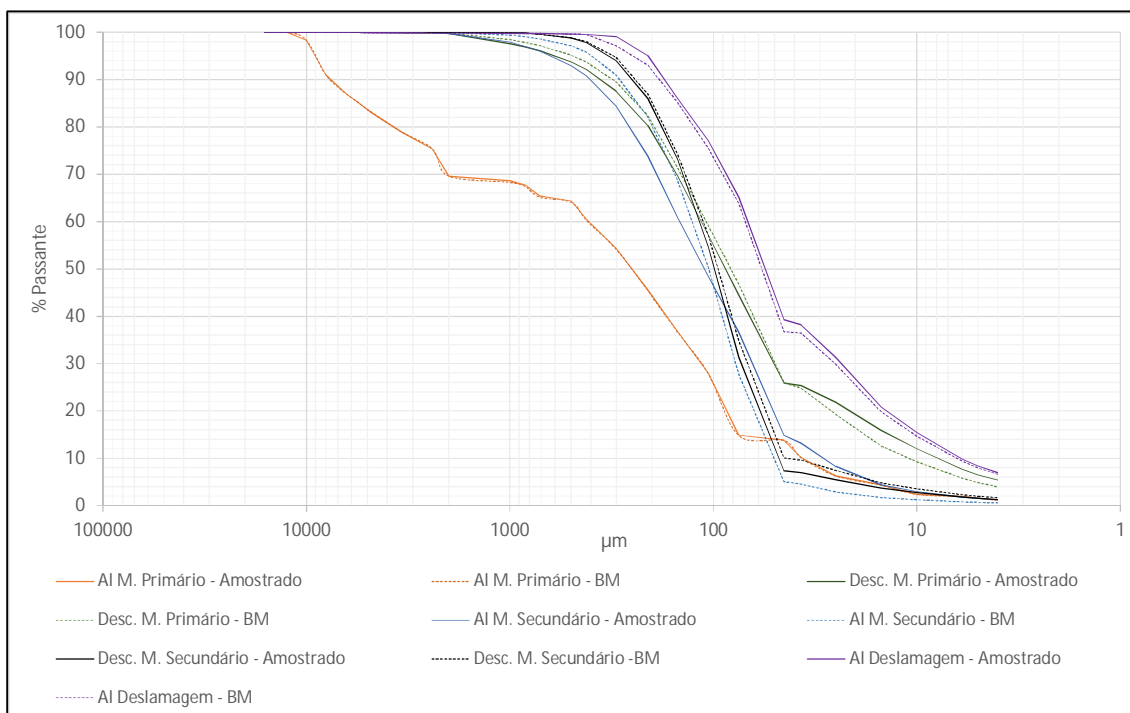


Figura 27: Balanço de Massa do Circuito em Série

Durante a amostragem do circuito em série a taxa de alimentação da usina era de 998t/h, com A80 de 3,7mm. A pré-moagem operou com 71,6% de sólidos, foram adicionados 269t/h de água e gerou o produto moído com P80 de 0,181mm. O produto moído foi diluído a 50,3% de sólidos, com adição de 589t/h de água. Na classificação primária, 35,6% da massa foi para o OF, com P80 de 0,102mm. O *underflow* da classificação primária juntamente com o *underflow* da classificação secundária (carga circulante da moagem secundária 285%) compuseram a alimentação da reclassificação. A reclassificação foi alimentada a 58,3% de sólidos, com A80 de 0,19mm. A função da reclassificação é garantir que as partículas já na granulometria ideal para flotação não alimentem a próxima etapa de moagem, evitando assim a sobre-moagem e geração de partículas ultrafinas. Nessa etapa apenas 1,5% da massa foi destinada ao OF. A moagem primária foi operada a 75,4% de sólidos, com adição de 929t/h de água no moinho. Nessa etapa a granulometria foi reduzida de A80 de 0,192mm para P80 de 0,166mm. A porcentagem de sólidos na classificação da moagem primária foi de 58,7% e 24,7% da massa que alimentou essa etapa foi para o OF com 0,107mm. O produto do circuito de moagem foi a composição do OF da classificação primária, secundária e da reclassificação, tendo como P80 0,107mm.

A figura 28 mostra a validação do balanço de massa comparando as granulometrias das amostragens com o balanço de massa:



**Figura 28:** Validação do balanço de massa – Comparação entre os dados amostrados e os obtidos no balanço de massa (BM)

As distribuições granulométricas da amostragem e do balanço de massa mostram-se consistentes, com pequenos desvios. A análise granulométrica da fração passante em 0,045mm foi feita no *cyclosizer* e granulometria da fração maior que 0,045mm foi feita no peneirador a úmido. O uso de dois métodos de análise diferentes justifica a mudança de comportamento na curva granulométrica em todos os fluxos nas frações menores que 0,045mm, assim como o menor ajuste entre os dados do balanço de massa e os amostrados nessa fração.

A tabela 11 mostra a condição operacional durante a amostragem feita no circuito em paralelo:

Tabela 11: Condição operacional durante a amostragem industrial com o circuito operando em paralelo

Informações dos moinhos								
Etapa	Equipamento	Tamanho	Consumo energético kWh/t	Corpo Moedor Bolas	Primeira carga de bolas	Material do Corpo Moedores	Fator de enchimento	Velocidade Crítica
Moagem única	Moinho de Bolas	18' x 29'	7,8	3" e 2" Moly-Cop	3", 2", 1,5", 1"	Baixo Carbono	35%	72%
Informações dos ciclones								
Etapa	Equipamento	Diametro	Pressão kgf/cm <sup>2</sup>	Vortex	Apex	Número de ciclones em operação	Número de Ciclones instalados	Inlet In <sup>2</sup>
Moagem única	Ciclone Gmax	26"	0,8	10"	3,75"	7	8	60

A figura 29 mostra o resultado do balanço de massa do circuito em paralelo feito a partir das informações obtidas na amostragem industrial:

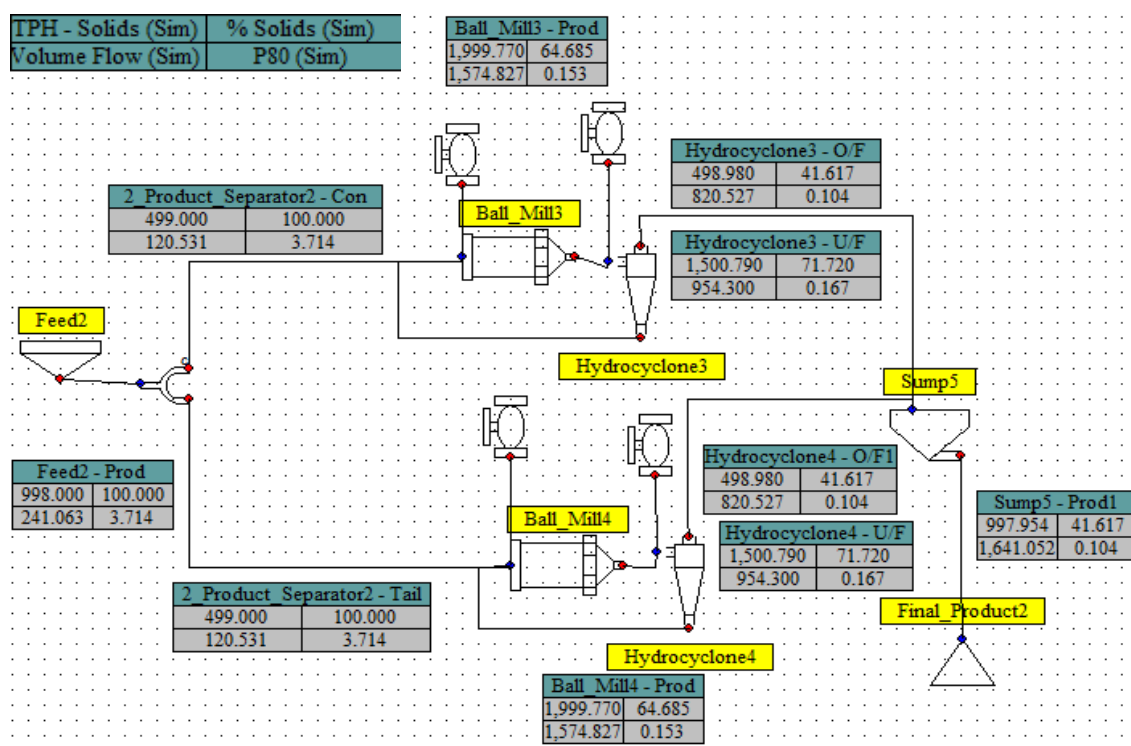
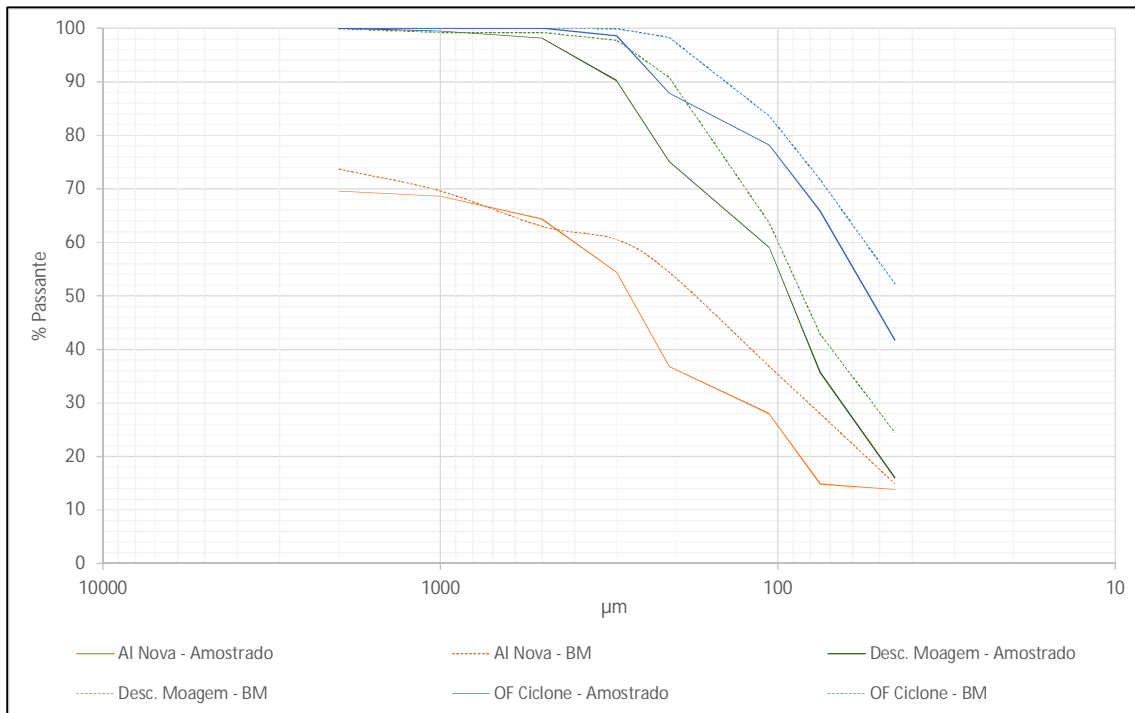


Figura 29: Balanço de Massa – Circuito em Paralelo

Para o circuito com os moinhos dispostos em paralelo, a amostragem foi realizada com uma taxa de alimentação horária de 499 t/h por moinho, totalizando 998t/h na linha. O A80 era de 3,714mm e o P80 gerado foi de 0,153mm. A moagem foi operada a 64,7% de sólidos, tendo sido adicionados 976t/h de água no moinho. Para a classificação foram adicionados 444t/h de água e 24,9% da massa alimentada foi para o OF, com P80 de

0,104mm, que é o produto final do circuito de moagem. O *underflow* da classificação é a carga circulante da moagem e é equivalente a 300%.

A figura 30 mostra a comparação das granulometrias das amostragens com o balanço de massa:



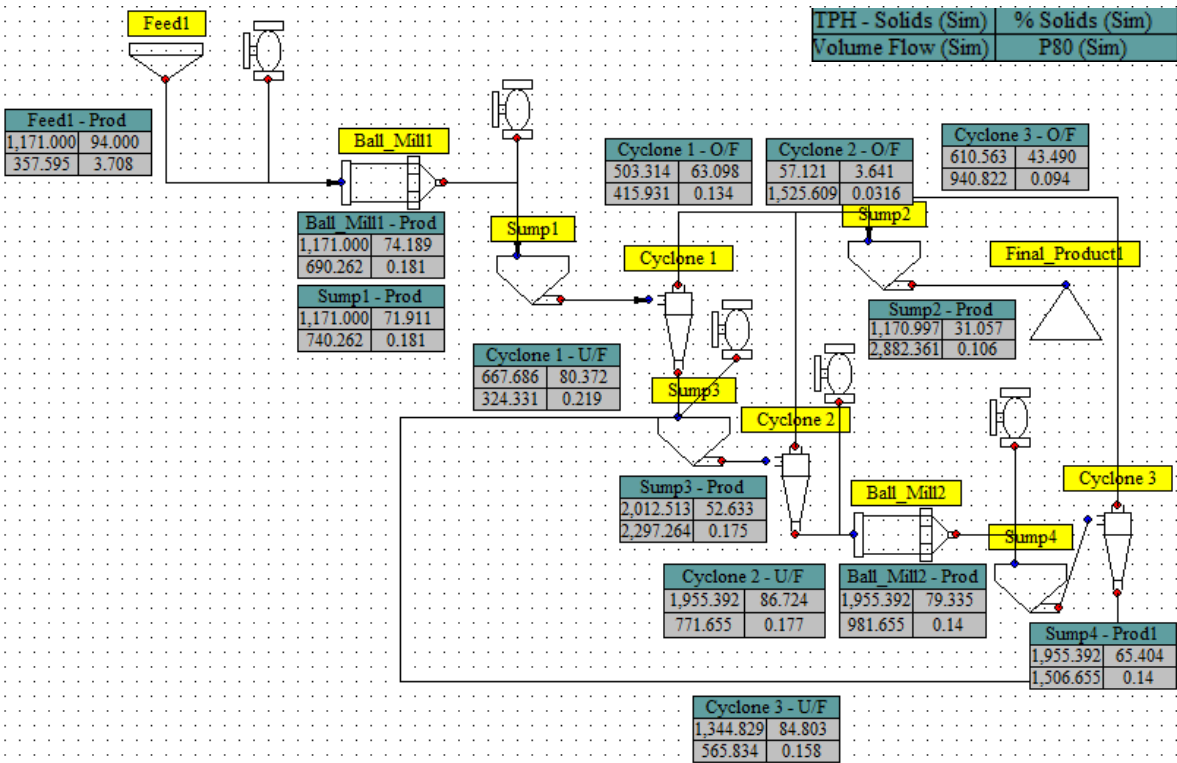
**Figura 30:** Diferenças entre as granulometrias dos fluxos amostrados e do balanço de massa

Observa-se diferença significativa entre os fluxos amostrados e do balanço de massa para o circuito em paralelo. A causa dessa diferença está relacionada a erros de amostragem e esses dados não serão considerados nesse estudo. Nova amostragem será conduzida para futura otimização do circuito em paralelo.

### Otimização do circuito em série

Após o balanço de massa, os modelos foram calibrados utilizando as dimensões dos equipamentos instalados na usina e os parâmetros operacionais obtidos nas amostragens

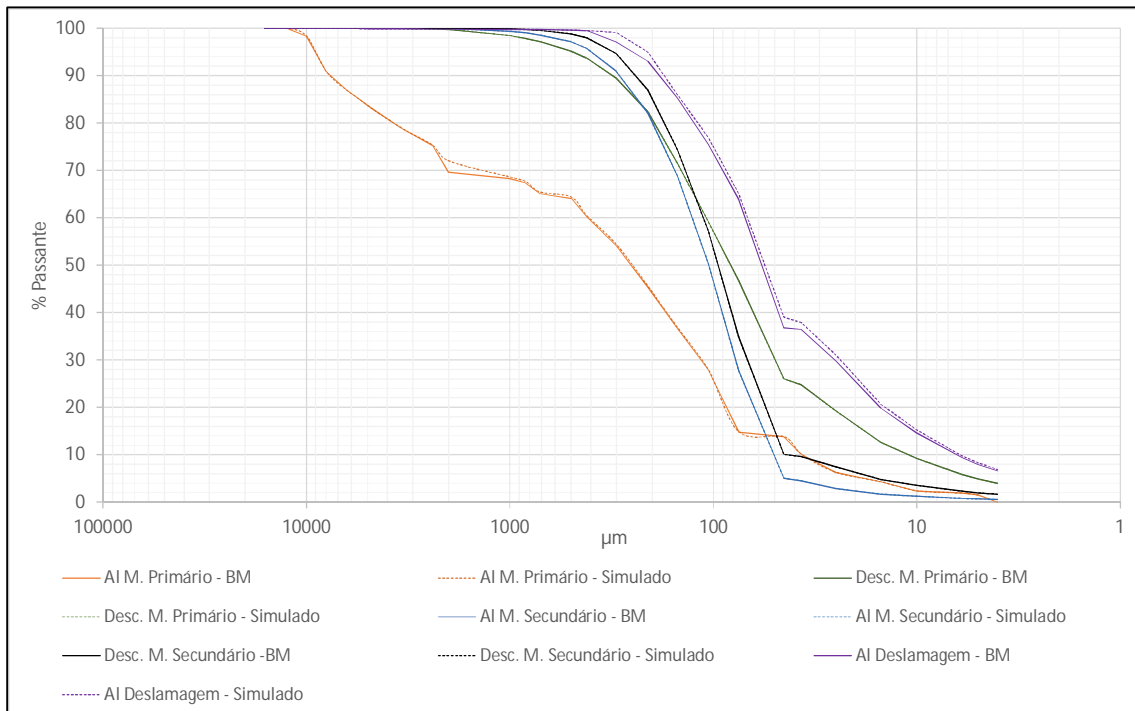
industriais. Foi feita simulação alterando o diâmetro dos corpos moedores, apex e vortex dos hidrociclones, a fim de verificar o impacto na taxa horária de alimentação com o P80 fixo em 0,106mm. Essa simulação foi realizada apenas para o circuito com os moinhos em série, circuito que teve melhor ajuste aos modelos utilizados. A figura 31 mostra o resultado obtido:



**Figura 31:** Simulação Circuito em Série, otimização de diâmetro do corpo moedor e de APEX e VORTEX dos hidrociclones

A figura 32 mostra a boa qualidade dos dados balanceados e de simulação, mostrando que a calibração foi adequada:





**Figura 32:** Validação da Simulação - Comparação entre os dados obtidos no balanço de massa (BM) e os simulados

As otimizações e os principais impactos no circuito com os moinhos dispostos em série foram:

- ✓ Redução do diâmetro das bolas na pré-moagem de 3" para 2,6" e redução do diâmetro das bolas no moinho primário de 2" para 1,5", impactando diretamente na capacidade do moinho, uma vez que a redução do diâmetro das bolas, com a manutenção do fator de enchimento resulta em maior área de superfície para moagem, que possibilitou aumentar a taxa horária de alimentação em 173t/h, equivalente a 17,3% de ganho em capacidade.
- ✓ Aumento da pressão da classificação primária de 0,58kgf/cm<sup>2</sup> para 1,13kgf/cm<sup>2</sup> impactando na granulometria de corte, que no circuito amostrado foi em 0,102mm e no otimizado aumentou para 0,134mm, com redução da partição para o *underflow* de 64% para 57%.

- ✓ Redução do vortex do ciclone da classificação secundária de 10” para 8” impactando principalmente na granulometria de corte, que foi reduzida de 0,107mm para 0,094mm no circuito otimizado.
- ✓ Redução do apex do ciclone da reclassificação de 5” para 4” reduzindo a partição do ciclone para o *underflow* de 64% para 56% para o circuito otimizado.
- ✓ A menor partição para *underflow* na reclassificação (de 64% para 56%) e a diminuição da carga circulante de 285% para 201% reduziram a taxa de alimentação efetiva da moagem secundária de 2435t/h para 1955t/h. A combinação entre a menor taxa efetiva e a bolas de menores diâmetros impactaram na redução da granulometria do produto moído. No circuito amostrado o P80 era de 0,166mm e com as otimizações foi para 0,14mm.
- ✓ O P80 do circuito de moagem foi mantido em 104mm mesmo com o aumento da alimentação nova de 998 para 1171t/h.

A configuração do circuito otimizado para a configuração dos moinhos em série foi:

- ✓ Fator de enchimento: 35%
- ✓ Maior Diâmetro das bolas: 2,6” na pré-moagem e 1,5” no primário
- ✓ hidrociclone 1: vortex 8”, apex = 3,25”, pressão = 1,13 kgf/cm<sup>2</sup>
- ✓ hidrociclone 2: vortex 8”, apex = 4”, pressão = 0,86 kgf/cm<sup>2</sup>
- ✓ hidrociclone 3: vortex 8”, apex = 5”, pressão = 0,88kgf/cm<sup>2</sup>

## 7. CONCLUSÕES

Avaliação industrial do circuito de moagem operando em paralelo indicou as seguintes vantagens em relação ao circuito operando em série: taxa de alimentação da flotação ligeiramente superior, menor geração de lamas, maior estabilização operacional, menor consumo de energia e menor quantidade de equipamentos em operação. A linha com os moinhos em série apresentou taxa horária de alimentação no circuito de moagem 1,4% maior do que a linha com os moinhos dispostos em paralelo, porém o circuito em

paralelo gerou 25% menos lama e durante mais de 70% do tempo de teste teve taxa horária na alimentação da flotação 4,3% maior do que o circuito em série.

Nas condições atuais de operação, não houve diferença significativa entre os circuitos testados para geração de partículas maiores que 0,15mm, todos geraram valores acima do projetado, que era 5,9%.

Desde que o teste industrial foi realizado, a equipe técnica responsável pela produção decidiu operar as três linhas de produção com os moinhos dispostos em paralelo. Essa configuração de circuito não utiliza a bateria de ciclones de reclassificação, o que resulta em redução de custo operacional referente à energia elétrica e peças sobressalentes. A bomba que opera a bateria de ciclones de reclassificação possui potência de 1000kW, o equivalente a 8,3% de toda a energia consumida no circuito de moagem. Outra vantagem desse circuito é a flexibilidade operacional, com possibilidade de manutenção em parte do circuito sem comprometer a produção total da linha.

Simulações realizadas indicaram a possibilidade de aumento da taxa de alimentação do circuito operando em série através de ajustes do circuito de classificação. Amostragem industrial do circuito operando em paralelo deverá ser realizada para realização de simulações e previsão de aumento de eficiência em relação ao circuito operando em série.

## 8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Alves, V.K. (2006). Otimização de Carga moedora utilizando ferramentas de modelamento matemático e simulação de moagem, Dissertação de mestrado da UFMG, Belo Horizonte.

Austin, L.G. (1973). A Commentary on the Kick, Bond and Rittinger Laws of Grinding, Powder Technology, v.7, p.315-317, Elsevier Sequoia S.A., Lausanne - Printed in The Netherlands

Banisi, S., Farzaneh, M. (2006). Effect of ball size on the performance of grinding and flotation circuits: the Sarcheshmeh copper mine case, Mineral Processing and Extractive Metallurgy (Trans. Inst. Min. Metall. C), v.115, nº3, p.165-170.

Beraldo, J.L. (1987). Moagem de Minérios em Moinhos Tubulares, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo.

Couto, M.L.F. (2009). Caracterização de alumínio e fósforo em minério de ferro, Dissertação de mestrado da UFOP, Ouro Preto.

Foggiatto, B. (2009). Previsão de desempenho do circuito de moagem de Carajás, Dissertação de mestrado da USP, São Paulo.

Gomes, J.I.A, Carrisso, R.C.C. (1985). Aplicação da Simulação de hidrociclones em Circuitos de Moagem, Ministério das Minas e Energia, Centro de Tecnologia Mineral – CETEM Convênio DNPM/CPRM, Brasília.

Gomes, W. L. (2014) Interação de modelos energéticos e de balanço populacional para simulação de moagem em moinhos de bolas, USP, São Paulo.

Jankovic, A., Valery, W. (2013). Closed Circuit Ball Mill – Basic Revisited, Minerals Engineering v.43-44, p.148-153.

Lynch, A.J., Rao, T.C. (1975) Modelling and Scale up of Hydro hidrociclone Classifiers. Proceedings XI Int. Min. Proc. Congress, Cagliari, 1975.

Morrell, S. (2003). An alternative energy–size relationship to that proposed by Bond for the design and optimisation of grinding circuits, International Journal of Mineral Processing, v74, Livro p.133-141.

Munn, T.J.N, Morrell, S., Morrison, R.D.e Kojovic, T. (1996) Mineral Comminution Circuits Their Operation and Optimisation, Julius Kruttschnitt Mineral Research Center, Queensland, Austrália, nº 2.

Nageswararao, K. (1978) Further developments in the modeling a scale up of industrial hidrociclones. PhD thesis, University of Queensland (JKMRC).

Pease, J. D., Young, M. F., Curry, D. e Johnson, N. W. (2010). Improving fines recovery by grinding finer, Mineral Processing and Extractive Metallurgy (Trans. Inst. Min. Metall. C), v.119, nº4, p.216-222.

Plitt, L.R. The analysis of solid-solid separation in classifiers. Can Min Metal Bulletin (CIM), 1971, p.42-27.

Raghavendra, H. Bhat, K.L., Rajendra K.e Hegde, M.M. (2010). Grinding Wear Behaviour of Stepped Austempered Ductile Iron as Media Material During Comminution of Iron Ore in Ball Mills, International Conference on Advances in Materials and Processing Technologies., Institute of Physics, p.1341-1346.

Ribeiro, E. Q. (2011). Caracterização Tecnológica do Itabirito Pobre Compacto – “IPC” da Mina Casa de Pedra, Dissertação de Mestrado da UFMG, Belo Horizonte.

RIBEIRO, M. R. (2004) Investigação das Características dos Minérios de Ferro da CVRD que Influenciam seu comportamento na Moagem - Dissertação de Mestrado em REDEMAT / UFOP-CETEC-UEMG.

Taggart, A. F. (1954). Handbook of Mineral Dressing, Ores and Industrial Minerals, John Wiley & Sons, Inc. New York, London, Sidney.

Takehara, L., (2004). Caracterização geometalúrgica dos principais minérios de ferro brasileiros – fração sínter feed. Programa de pós-graduação em geociências, UFRGS, Porto Alegre.

Vasconcelos, J.A.; Brandão, P.R.G. e Lemos L.N. (2012). Estudos de Caracterização e Concentração de Itabirito Compacto do Complexo e Serra Azul, MG, Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração, v.9, n2, p.89-94, São Paulo

Walker, W.H., Lems, W.K., Mcadams, W.H. e Gilliland, E.R. (1937). Principles of Chemical Engineering, McGraw-Hill, p.255, New York

Wei. D., Craig, I K. (2009). Grinding mill circuits — A survey of control and economic concerns, Int. J. Miner. Process, v.90, p.56–66.

Wills, B.A. (2007). Mineral Processing Technology: an Introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery. 7<sup>th</sup> ed. Oxford: Elsevier.

## **8 - Anexos**

### 8.1- Banco de dados com Moabilidade de Bond das amostras de furo de sonda

	Moabilidade Bond (kWh/t)	Identificação amostra	Moabilidade Bond (kWh/t)	Identificação amostra	Moabilidade Bond (kWh/t)
ICCE 0012	-	ICCE 0051	-	ICCE 0090	11,67
ICCE 0013	7,43	ICCE 0052	6,83	ICCE 0091	-
ICCE 0014	-	ICCE 0053	9,19	ICCE 0092	10,32
ICCE 0015	6,33	ICCE 0054	8,63	ICCE 0093	-
ICCE 0016	11,11	ICCE 0055	3,63	ICCE 0094	14,53
ICCE 0017	-	ICCE 0056	-	ICCE 0095	9,45
ICCE 0018	-	ICCE 0057	5,59	ICCE 0096	11,61
ICCE 0019	-	ICCE 0058	-	ICCE 0097	14,05
ICCE 0020	-	ICCE 0059	6,87	ICCE 0098	7,44
ICCE 0021	-	ICCE 0060	4,37	ICCE 0099	11,75
ICCE 0022	-	ICCE 0061	5,03	ICCE 0100	9,04
ICCE 0023	-	ICCE 0062	-	ICCE 0101	9,52
ICCE 0024	-	ICCE 0063	4,38	ICCE 0102	5,09
ICCE 0025	-	ICCE 0064	5,02	ICCE 0103	4,72
ICCE 0026	-	ICCE 0065	5,66	ICCE 0104	11,65
ICCE 0027	-	ICCE 0066	7,77	ICCE 0105	12,62
ICCE 0028	-	ICCE 0067	5,43	ICCE 0106	8,28
ICCE 0029	-	ICCE 0068	7,14	ICCE 0107	-
ICCE 0030	-	ICCE 0069	7,41	ICCE 0108	7,24
ICCE 0031	-	ICCE 0070	4,72	ICCE 0109	6,34
ICCE 0032	-	ICCE 0071	6,28	ICCE 0110	1,73
ICCE 0033	-	ICCE 0072	6,04	ICCE 0111	5,75
ICCE 0034	-	ICCE 0073	7,95	ICCE 0112	-
ICCE 0035	13,13	ICCE 0074	7,06	ICCE 0113	5,61
ICCE 0036	-	ICCE 0075	9,8	ICCE 0114	9
ICCE 0037	-	ICCE 0076	4,7	ICCE 0115	-
ICCE 0038	-	ICCE 0077	7,74	ICCE 0116	-
ICCE 0039	-	ICCE 0078	9,25	ICCE 0117	11,6
ICCE 0040	-	ICCE 0079	-	CAFECE 0075	-
ICCE 0041	-	ICCE 0080	7,78	CAFECE 0125	-
ICCE 0042	-	ICCE 0081	6,76	CAFECE 0196	-
ICCE 0043	8,61	ICCE 0082	4,71	CAFECE 0263	-
ICCE 0044	7,14	ICCE 0083	2,81	CAFECE 0264	-
ICCE 0045	-	ICCE 0084	4,45	CAFECE 0371	-
ICCE 0046	-	ICCE 0085	6,7	CAFECE 0379	-
ICCE 0047	-	ICCE 0086	13,52	CAFECE 0381	-
ICCE 0048	-	ICCE 0087	11,97	CAFECE 0382	-
ICCE 0049	-	ICCE 0088	-	CAFECE 0383	-
ICCE 0050	-	ICCE 0089	-	CAFECE 0385	-

## 8.2- Banco de dados com as informações dos fluxos amostrados no circuito industrial operando em série

Informações da amostragem industrial - Circuito industrial operando em série - Amostragem realizada em 21/05/14																						
Fluxo	% Massa AM	% Massa BM	% Sólido AM	% Sólido BM	% Fe AM	% Fe BM	% SiO <sub>2</sub> AM	% SiO <sub>2</sub> BM	% P AM	% P BM	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> AM	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> BM	% Mn AM	% Mn BM	% TiO <sub>2</sub> AM	% TiO <sub>2</sub> BM	% CaO AM	% CaO BM	% MgO AM	% MgO BM	% PPC AM	% PPC BM
Alimentação Nova	100,00	100,00	100,00	100,00	41,45	41,15	40,42	40,75	0,014	0,013	0,43	0,45	0,052	0,051	0,022	0,022	0,013	0,013	0,061	0,060	0,23	0,22
Descarga do moinho primário	100,00	100,00	51,20	52,34	41,45	41,15	40,42	40,75	0,014	0,013	0,43	0,45	0,052	0,051	0,022	0,022	0,013	0,013	0,061	0,060	0,23	0,22
UFHC Classificação Primária	64,42	65,01	79,65	78,93	46,79	47,04	33,26	33,11	0,010	0,010	0,20	0,20	0,034	0,034	0,022	0,022	0,011	0,011	0,038	0,038	0,13	0,13
OF HC Classificação Primária	35,58	34,99	32,57	32,19	30,16	30,22	55,15	54,93	0,018	0,018	0,95	0,92	0,080	0,081	0,021	0,021	0,017	0,017	0,099	0,100	0,39	0,40
Alimentação Reclassificação	100,00	100,00	58,49	57,25	59,36	59,25	14,38	14,93	0,010	0,011	0,13	0,13	0,030	0,031	0,032	0,032	0,011	0,011	0,017	0,020	0,09	0,09
UFHC Reclassificação	90,44	92,87	80,63	81,83	60,40	60,50	13,59	13,14	0,011	0,010	0,11	0,11	0,030	0,029	0,033	0,033	0,011	0,011	0,021	0,017	0,08	0,08
OF HC Reclassificação	9,56	7,13	9,95	11,65	42,97	42,97	38,54	38,26	0,013	0,013	0,38	0,38	0,046	0,046	0,025	0,025	0,015	0,015	0,059	0,057	0,21	0,21
Alimentação Classificação Secundária	100,00	100,00	57,48	58,87	60,75	60,55	13,09	12,99	0,01	0,01	0,11	0,11	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,06
UFHC Classificação Secundária	92,44	89,96	79,41	78,20	61,92	62,11	10,69	10,75	0,01	0,01	0,11	0,11	0,03	0,03	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,05
OF HC Classificação Secundária	7,56	10,04	18,84	18,31	46,51	46,52	33,03	33,09	0,01	0,01	0,15	0,15	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,04	0,08	0,08

Análise granulométrica dos fluxos amostrados																				
(μm)	Alimentação Nova		Descarga do moinho primário		UFHC Classificação Primária		OFHC Classificação Primária		Alimentação Reclassificação		UFHC Reclassificação		OF HC Reclassificação		Alimentação Classificação		UF HC Classificação		OF HC Classificação	
	R. Simp.	Pass.	R. Simp.	Pass.	R. Simp.	Pass.	R. Simp.	Pass.	R. Simp.	Pass.	R. Simp.	Pass.	R. Simp.	Pass.	R. Simp.	Pass.	R. Simp.	Pass.	R. Simp.	Pass.
16.000	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
12.500	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
10.000	1,72	98,28	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
8.000	7,36	90,92	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
6.300	4,16	86,77	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
5.750	1,16	85,61	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
4.800	2,54	83,07	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
3.400	4,20	78,88	0,15	99,85	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
2.000	3,58	75,30	0,15	99,70	0,25	99,75	0,00	100,00	0,03	99,97	0,07	99,93	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
1.000	5,72	69,57	2,12	97,59	1,83	97,92	0,00	100,00	0,49	99,48	0,63	99,30	0,00	100,00	0,09	99,91	0,22	99,78	0,00	100,00
840	0,96	68,61	0,74	96,85	0,97	96,95	0,00	100,00	0,39	99,09	0,35	98,95	0,00	100,00	0,05	99,86	0,15	99,64	0,00	100,00
710	0,93	67,68	0,78	96,07	0,97	95,98	0,00	100,00	0,39	98,70	0,39	98,56	0,00	100,00	0,32	99,54	0,22	99,42	0,00	100,00
500	2,33	65,36	2,34	93,73	3,09	92,90	0,00	100,00	1,36	97,34	1,40	97,16	0,00	100,00	0,78	98,75	0,87	98,55	0,00	100,00
420	0,98	64,37	1,63	92,10	2,15	90,74	0,00	100,00	1,49	95,84	1,09	96,07	0,10	99,90	0,97	97,78	0,87	97,68	0,09	99,91
300	3,90	60,48	4,56	87,53	6,35	84,39	0,10	99,90	4,77	91,07	4,91	91,16	0,10	99,81	3,83	93,95	3,71	93,97	0,47	99,43
210	6,11	54,37	7,24	80,30	10,55	73,84	0,40	99,50	8,87	82,20	8,84	82,33	0,86	98,95	7,98	85,97	7,70	86,27	6,26	93,18
150	8,74	45,63	10,65	69,65	13,02	60,82	7,22	92,28	13,45	68,76	13,60	68,72	6,49	92,45	12,83	73,14	12,75	73,52	10,14	83,03
106	8,82	36,81	12,50	57,14	12,38	48,44	11,94	80,34	18,80	49,95	16,27	52,45	11,37	81,09	18,55	54,59	19,76	53,76	6,64	76,40
75	8,83	27,99	12,65	44,49	11,80	36,63	13,44	66,90	20,40	29,56	25,28	27,17	12,51	68,58	23,26	31,33	24,56	29,20	10,71	65,69
45	13,11	14,87	18,59	25,90	21,78	14,85	19,66	47,24	23,35	6,20	22,30	4,87	21,87	46,70	24,00	7,34	23,86	5,34	30,52	35,17
37	1,04	13,83	0,57	25,33	1,69	13,17	1,51	45,73	0,21	6,00	0,83	4,05	1,66	45,05	0,38	6,96	0,70	4,64	1,30	33,87
25	3,67	10,15	3,49	21,84	4,92	8,25	8,23	37,50	1,05	4,95	1,94	2,11	8,99	36,05	1,49	5,47	1,82	2,82	6,64	27,23
15	3,87	6,29	5,99	15,85	3,89	4,36	12,43	25,07	1,44	3,50	0,97	1,14	13,51	22,54	1,73	3,74	1,26	1,56	9,57	17,66
10	1,96	4,32	3,81	12,03	1,38	2,98	6,60	18,46	0,84	2,66	0,33	0,81	6,03	16,51	0,95	2,78	0,45	1,11	4,64	13,02
6	1,94	2,39	4,35	7,68	1,18	1,80	6,93	11,54	0,91	1,75	0,35	0,46	5,80	10,71	1,01	1,78	0,38	0,73	4,49	8,54
5	0,46	1,92	1,20	6,49	0,31	1,49	1,85	9,69	0,24	1,51	0,06	0,40	1,60	9,11	0,25	1,52	0,11	0,62	1,28	7,25
4	0,41	1,52	1,11	5,38	0,29	1,20	1,73	7,96	0,23	1,28	0,05	0,35	1,52	7,60	0,23	1,29	0,11	0,51	1,28	5,97
-4	1,52	0,00	5,38	0,00	1,20	0,00	7,96	0,00	1,28	0,00	0,35	0,00	7,60	0,00	1,29	0,00	0,51	0,00	5,97	0,00
Total	100,00	-	100,00	-	100,00	-	100,00	-	100,00	-	100,00	-	100,00	-	100,00	-	100,00	-	100,00	-



### 8.3- Banco de dados com as informações dos fluxos amostrados no circuito industrial operando em paralelo

Informações da amostragem industrial - Circuito industrial operando em paralelo - Amostragem realizada em 30/12/14											
Fluxo	Massa seca (t/h)	Balanco de Massa	%Sólidos	Fe %	SiO2%	P%	Al2O3%	Mn%	TiO2%	CaO%	MgO%
Alimentação Nova	500	100,0%	100,00								
Descarga do Moinho	500	100,0%	51,87	55,84	19,81	0,01	0,37	0,03	0,04	0,02	0,04
UF HC Classificação	374	74,9%	82,11	60,57	12,97	0,01	0,23	0,03	0,04	0,02	0,03
OF HC Classificação	126	25,1%	27,24	41,75	38,85	0,02	0,74	0,04	0,03	0,06	0,09

Análise granulométrica dos fluxos amostrados - % Retida Simples											
Flow	12mm	6,3mm	2,0mm	1,0mm	0,50mm	0,25mm	0,15mm	0,106mm	0,075mm	0,045mm	<0,045mm
Alimentação Nova	5,39	7,95	-	12,56	-	-	24,66	-	-	39,08	10,35
Descarga do Moinho	-	-	0	0,5	1,3	8	15,1	16	23,4	19,7	16
UF HC Classificação	-	-	0,7	1,5	3,2	11,9	17,5	17,1	25,4	15,9	6,8
OF HC Classificação	-	-	0	0	0	1,4	10,7	9,7	12,3	24,2	41,7

### 8.3- Banco de dados - PI com as informações do teste industrial – Circuito em série

Circuito com os moinhos em série					
Dia		Alimentação Nova (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
01-nov-14 00:00:00	01-nov-14 01:00:00	1103	916	11,9	187
01-nov-14 01:00:00	01-nov-14 02:00:00	1101	882	13,5	218
01-nov-14 02:00:00	01-nov-14 03:00:00	1099	920	12,4	179
01-nov-14 03:00:00	01-nov-14 04:00:00	1099	946	11,4	152
01-nov-14 04:00:00	01-nov-14 05:00:00	1100	933	10,4	167
01-nov-14 05:00:00	01-nov-14 06:00:00	1100	942	9,4	158
01-nov-14 06:00:00	01-nov-14 07:00:00	1100	958	10,6	142
01-nov-14 07:00:00	01-nov-14 08:00:00	1100	981	11,9	119
01-nov-14 08:00:00	01-nov-14 09:00:00	1101	934	11,6	167
01-nov-14 09:00:00	01-nov-14 10:00:00	1100	937	11,3	163
01-nov-14 10:00:00	01-nov-14 11:00:00	1099	950	10,8	149
01-nov-14 11:00:00	01-nov-14 12:00:00	1100	948	10,4	152
01-nov-14 12:00:00	01-nov-14 13:00:00	1099	941	10,6	158
01-nov-14 13:00:00	01-nov-14 14:00:00	1101	949	10,9	152
01-nov-14 14:00:00	01-nov-14 15:00:00	912	781	12,5	131
01-nov-14 15:00:00	01-nov-14 16:00:00	1100	905	14,2	195
01-nov-14 16:00:00	01-nov-14 17:00:00	1100	922	13,0	178
01-nov-14 17:00:00	01-nov-14 18:00:00	1099	930	11,9	169
01-nov-14 18:00:00	01-nov-14 19:00:00	1099	951	12,2	148
01-nov-14 19:00:00	01-nov-14 20:00:00	1101	927	12,5	174
01-nov-14 20:00:00	01-nov-14 21:00:00	1100	929	13,9	171
01-nov-14 21:00:00	01-nov-14 22:00:00	1101	917	15,4	184
01-nov-14 22:00:00	01-nov-14 23:00:00	1099	907	14,8	192
01-nov-14 23:00:00	02-nov-14 00:00:00	1102	898	14,2	203
02-nov-14 00:00:00	02-nov-14 01:00:00	1089	820	14,0	269
02-nov-14 10:00:00	02-nov-14 11:00:00	1101	804	16,3	296
02-nov-14 11:00:00	02-nov-14 12:00:00	1100	899	16,3	201
02-nov-14 12:00:00	02-nov-14 13:00:00	1101	945	14,0	156
02-nov-14 13:00:00	02-nov-14 14:00:00	1150	967	11,8	183
02-nov-14 14:00:00	02-nov-14 15:00:00	1151	982	14,1	168
02-nov-14 15:00:00	02-nov-14 16:00:00	1108	967	16,4	141
02-nov-14 16:00:00	02-nov-14 17:00:00	1150	1009	15,3	141
02-nov-14 17:00:00	02-nov-14 18:00:00	1121	873	14,1	247
02-nov-14 18:00:00	02-nov-14 19:00:00	1149	1027	14,0	123
02-nov-14 19:00:00	02-nov-14 20:00:00	1138	1054	13,9	84
02-nov-14 21:00:00	02-nov-14 22:00:00	1184	975	13,0	210
03-nov-14 00:00:00	03-nov-14 01:00:00	1200	1103	10,4	96
03-nov-14 01:00:00	03-nov-14 02:00:00	1201	1104	7,9	97
03-nov-14 04:00:00	03-nov-14 05:00:00	1163	867	8,3	296
03-nov-14 05:00:00	03-nov-14 06:00:00	1188	1023	7,3	165
03-nov-14 09:00:00	03-nov-14 10:00:00	1060	752	8,4	308
03-nov-14 10:00:00	03-nov-14 11:00:00	1095	965	8,9	130
03-nov-14 11:00:00	03-nov-14 12:00:00	1201	1047	9,5	154
03-nov-14 13:00:00	03-nov-14 14:00:00	1164	1070	12,1	94
03-nov-14 15:00:00	03-nov-14 16:00:00	1182	1079	13,0	103
03-nov-14 16:00:00	03-nov-14 17:00:00	1046	1008	13,2	39
03-nov-14 17:00:00	03-nov-14 18:00:00	1200	1157	13,3	43
03-nov-14 19:00:00	03-nov-14 20:00:00	1053	984	14,5	69
03-nov-14 20:00:00	03-nov-14 21:00:00	1129	914	13,7	215
03-nov-14 21:00:00	03-nov-14 22:00:00	1151	985	12,8	166
03-nov-14 22:00:00	03-nov-14 23:00:00	1138	979	13,3	159
03-nov-14 23:00:00	04-nov-14 00:00:00	1151	973	13,7	178

Circuito com os moinhos em série					
Dia		Alimentação Nova (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
04-nov-14 00:00:00	04-nov-14 01:00:00	1149	943	13,2	205
04-nov-14 01:00:00	04-nov-14 02:00:00	1149	991	12,7	158
04-nov-14 02:00:00	04-nov-14 03:00:00	1149	979	11,2	170
04-nov-14 03:00:00	04-nov-14 04:00:00	1042	893	9,7	150
04-nov-14 04:00:00	04-nov-14 05:00:00	1150	970	10,9	180
04-nov-14 05:00:00	04-nov-14 06:00:00	1151	982	12,2	168
04-nov-14 06:00:00	04-nov-14 07:00:00	1149	1033	12,3	116
04-nov-14 07:00:00	04-nov-14 08:00:00	1150	942	12,5	209
04-nov-14 08:00:00	04-nov-14 09:00:00	1105	992	13,6	113
04-nov-14 09:00:00	04-nov-14 10:00:00	1152	953	14,6	199
04-nov-14 10:00:00	04-nov-14 11:00:00	1150	980	14,2	170
04-nov-14 11:00:00	04-nov-14 12:00:00	1151	964	13,8	187
04-nov-14 15:00:00	04-nov-14 16:00:00	1064	534	12,6	530
04-nov-14 16:00:00	04-nov-14 17:00:00	1148	968	9,9	180
04-nov-14 17:00:00	04-nov-14 18:00:00	1135	990	7,2	145
04-nov-14 18:00:00	04-nov-14 19:00:00	1151	984	7,2	166
04-nov-14 19:00:00	04-nov-14 20:00:00	1007	717	7,2	290
04-nov-14 20:00:00	04-nov-14 21:00:00	1000	722	12,4	278
04-nov-14 21:00:00	04-nov-14 22:00:00	1002	723	17,6	280
04-nov-14 22:00:00	04-nov-14 23:00:00	1021	807	17,6	214
04-nov-14 23:00:00	05-nov-14 00:00:00	1100	899	17,6	200
05-nov-14 00:00:00	05-nov-14 01:00:00	1100	937	16,0	163
05-nov-14 01:00:00	05-nov-14 02:00:00	1100	896	14,4	204
05-nov-14 02:00:00	05-nov-14 03:00:00	1101	888	13,9	212
05-nov-14 03:00:00	05-nov-14 04:00:00	1101	919	13,5	182
05-nov-14 04:00:00	05-nov-14 05:00:00	1100	940	11,8	160
05-nov-14 05:00:00	05-nov-14 06:00:00	1101	914	10,1	187
05-nov-14 06:00:00	05-nov-14 07:00:00	1101	895	10,1	206
05-nov-14 07:00:00	05-nov-14 08:00:00	1101	923	10,0	178
05-nov-14 08:00:00	05-nov-14 09:00:00	1149	984	10,2	165
05-nov-14 09:00:00	05-nov-14 10:00:00	967	868	10,4	99
05-nov-14 10:00:00	05-nov-14 11:00:00	1087	917	10,5	170
05-nov-14 11:00:00	05-nov-14 12:00:00	1150	973	10,7	177
05-nov-14 12:00:00	05-nov-14 13:00:00	1150	1012	11,5	138
05-nov-14 13:00:00	05-nov-14 14:00:00	1150	1009	12,4	141
05-nov-14 17:00:00	05-nov-14 18:00:00	1150	772	14,6	379
05-nov-14 18:00:00	05-nov-14 19:00:00	1148	979	14,1	169
05-nov-14 19:00:00	05-nov-14 20:00:00	1151	953	13,5	198
05-nov-14 20:00:00	05-nov-14 21:00:00	1122	955	15,4	167
05-nov-14 21:00:00	05-nov-14 22:00:00	1151	978	17,4	172
05-nov-14 22:00:00	05-nov-14 23:00:00	1130	964	18,7	166
05-nov-14 23:00:00	06-nov-14 00:00:00	1118	919	20,0	199
06-nov-14 00:00:00	06-nov-14 01:00:00	1152	933	17,4	219
06-nov-14 01:00:00	06-nov-14 02:00:00	1036	952	14,9	84
06-nov-14 02:00:00	06-nov-14 03:00:00	1164	896	12,7	268
06-nov-14 03:00:00	06-nov-14 04:00:00	1147	953	10,5	193
06-nov-14 04:00:00	06-nov-14 05:00:00	1120	937	10,7	183
06-nov-14 05:00:00	06-nov-14 06:00:00	946	804	10,9	142
06-nov-14 06:00:00	06-nov-14 07:00:00	876	732	10,8	144
06-nov-14 07:00:00	06-nov-14 08:00:00	955	748	10,6	207
06-nov-14 08:00:00	06-nov-14 09:00:00	1074	845	12,6	229
07-nov-14 11:00:00	07-nov-14 12:00:00	801	512	9,5	289

Circuito com os moinhos em série					
Dia		Alimentação Nova (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
07-nov-14 12:00:00	07-nov-14 13:00:00	793	563	8,8	229
07-nov-14 13:00:00	07-nov-14 14:00:00	801	573	8,2	228
07-nov-14 14:00:00	07-nov-14 15:00:00	801	537	10,4	264
07-nov-14 15:00:00	07-nov-14 16:00:00	802	523	12,6	279
07-nov-14 16:00:00	07-nov-14 17:00:00	801	555	12,2	246
07-nov-14 17:00:00	07-nov-14 18:00:00	874	707	11,7	168
07-nov-14 18:00:00	07-nov-14 19:00:00	990	733	11,6	257
07-nov-14 19:00:00	07-nov-14 20:00:00	1000	721	11,5	279
07-nov-14 20:00:00	07-nov-14 21:00:00	1001	816	11,6	185
07-nov-14 23:00:00	08-nov-14 00:00:00	894	404	12,0	490
08-nov-14 00:00:00	08-nov-14 01:00:00	887	662	10,4	224
08-nov-14 01:00:00	08-nov-14 02:00:00	1018	703	8,9	315
08-nov-14 02:00:00	08-nov-14 03:00:00	1100	889	8,6	211
08-nov-14 03:00:00	08-nov-14 04:00:00	1099	920	8,3	179
08-nov-14 04:00:00	08-nov-14 05:00:00	1072	923	10,0	149
08-nov-14 05:00:00	08-nov-14 06:00:00	1084	919	11,7	165
08-nov-14 06:00:00	08-nov-14 07:00:00	1101	911	10,9	190
08-nov-14 07:00:00	08-nov-14 08:00:00	1099	937	10,2	162
08-nov-14 08:00:00	08-nov-14 09:00:00	1101	936	10,8	165
08-nov-14 09:00:00	08-nov-14 10:00:00	1100	937	11,3	163
08-nov-14 10:00:00	08-nov-14 11:00:00	1100	941	11,8	159
08-nov-14 11:00:00	08-nov-14 12:00:00	1100	949	12,2	151
08-nov-14 12:00:00	08-nov-14 13:00:00	1100	941	12,8	159
08-nov-14 13:00:00	08-nov-14 14:00:00	1019	906	13,4	113
08-nov-14 14:00:00	08-nov-14 15:00:00	1021	920	13,4	101
08-nov-14 16:00:00	08-nov-14 17:00:00	946	900	14,0	45
08-nov-14 17:00:00	08-nov-14 18:00:00	994	718	14,6	276
08-nov-14 18:00:00	08-nov-14 19:00:00	1100	919	12,4	181
08-nov-14 23:00:00	09-nov-14 00:00:00	1113	818	6,9	294
09-nov-14 00:00:00	09-nov-14 01:00:00	1151	978	6,8	173
09-nov-14 01:00:00	09-nov-14 02:00:00	1151	973	6,6	177
09-nov-14 02:00:00	09-nov-14 03:00:00	1150	969	7,9	182
09-nov-14 03:00:00	09-nov-14 04:00:00	1150	972	9,1	179
09-nov-14 04:00:00	09-nov-14 05:00:00	1150	964	10,6	186
09-nov-14 05:00:00	09-nov-14 06:00:00	1151	947	12,0	203
09-nov-14 06:00:00	09-nov-14 07:00:00	1150	958	12,4	192
09-nov-14 07:00:00	09-nov-14 08:00:00	1151	934	12,8	217
09-nov-14 08:00:00	09-nov-14 09:00:00	1059	898	12,8	160
09-nov-14 09:00:00	09-nov-14 10:00:00	1050	861	12,8	190
09-nov-14 10:00:00	09-nov-14 11:00:00	1025	856	11,5	169
09-nov-14 11:00:00	09-nov-14 12:00:00	1050	871	10,2	179
09-nov-14 12:00:00	09-nov-14 13:00:00	960	809	11,6	151
09-nov-14 13:00:00	09-nov-14 14:00:00	787	638	13,0	149
09-nov-14 14:00:00	09-nov-14 15:00:00	1098	870	10,6	228
09-nov-14 15:00:00	09-nov-14 16:00:00	1100	916	8,2	184
09-nov-14 16:00:00	09-nov-14 17:00:00	1100	929	11,9	171
09-nov-14 17:00:00	09-nov-14 18:00:00	1101	922	15,6	180
09-nov-14 18:00:00	09-nov-14 19:00:00	1100	961	12,1	138
09-nov-14 19:00:00	09-nov-14 20:00:00	1100	966	8,6	134
09-nov-14 20:00:00	09-nov-14 21:00:00	1083	921	10,3	162
09-nov-14 21:00:00	09-nov-14 22:00:00	1086	882	12,0	205
10-nov-14 00:00:00	10-nov-14 01:00:00	1100	745	12,0	355

Circuito com os moinhos em série					
Dia		Alimentação Nova (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
10-nov-14 01:00:00	10-nov-14 02:00:00	1099	857	12,0	243
10-nov-14 03:00:00	10-nov-14 04:00:00	993	578	10,7	415
10-nov-14 04:00:00	10-nov-14 05:00:00	811	759	11,4	51
10-nov-14 05:00:00	10-nov-14 06:00:00	1046	696	12,2	350
10-nov-14 06:00:00	10-nov-14 07:00:00	1132	902	11,3	230
10-nov-14 09:00:00	10-nov-14 10:00:00	720	465	14,4	255
10-nov-14 10:00:00	10-nov-14 11:00:00	906	701	12,0	204
10-nov-14 11:00:00	10-nov-14 12:00:00	1074	819	9,6	255
10-nov-14 12:00:00	10-nov-14 13:00:00	1126	937	11,1	189
10-nov-14 13:00:00	10-nov-14 14:00:00	1089	992	12,5	97
10-nov-14 14:00:00	10-nov-14 15:00:00	1061	915	12,6	145
10-nov-14 15:00:00	10-nov-14 16:00:00	1086	870	12,6	215
10-nov-14 16:00:00	10-nov-14 17:00:00	1101	918	13,1	183
11-nov-14 01:00:00	11-nov-14 02:00:00	1167	667	10,6	500
11-nov-14 02:00:00	11-nov-14 03:00:00	1132	1041	11,0	90
11-nov-14 03:00:00	11-nov-14 04:00:00	905	870	11,3	35
11-nov-14 04:00:00	11-nov-14 05:00:00	1001	782	11,8	220
11-nov-14 05:00:00	11-nov-14 06:00:00	1085	919	12,3	165
11-nov-14 06:00:00	11-nov-14 07:00:00	1099	949	10,1	150
11-nov-14 07:00:00	11-nov-14 08:00:00	1111	969	7,9	142
11-nov-14 08:00:00	11-nov-14 09:00:00	1120	918	8,6	202
11-nov-14 09:00:00	11-nov-14 10:00:00	1112	962	9,4	150
11-nov-14 10:00:00	11-nov-14 11:00:00	1100	947	12,3	153
11-nov-14 11:00:00	11-nov-14 12:00:00	1099	950	15,1	149
11-nov-14 12:00:00	11-nov-14 13:00:00	1102	929	13,4	172
11-nov-14 13:00:00	11-nov-14 14:00:00	1151	972	11,7	179
11-nov-14 14:00:00	11-nov-14 15:00:00	1022	874	12,5	148
11-nov-14 15:00:00	11-nov-14 16:00:00	1076	902	13,4	174
11-nov-14 16:00:00	11-nov-14 17:00:00	1115	935	12,9	180
11-nov-14 17:00:00	11-nov-14 18:00:00	1140	950	12,5	190
11-nov-14 18:00:00	11-nov-14 19:00:00	1102	927	11,8	175
11-nov-14 19:00:00	11-nov-14 20:00:00	1138	954	11,1	184
11-nov-14 20:00:00	11-nov-14 21:00:00	1149	960	13,6	190
11-nov-14 21:00:00	11-nov-14 22:00:00	1137	964	16,0	173
11-nov-14 22:00:00	11-nov-14 23:00:00	1023	871	13,0	152
11-nov-14 23:00:00	12-nov-14 00:00:00	977	781	10,0	196
12-nov-14 00:00:00	12-nov-14 01:00:00	1092	894	10,7	198
12-nov-14 01:00:00	12-nov-14 02:00:00	1151	946	11,4	205
12-nov-14 02:00:00	12-nov-14 03:00:00	1151	984	11,7	166
12-nov-14 03:00:00	12-nov-14 04:00:00	1139	976	12,0	163
12-nov-14 04:00:00	12-nov-14 05:00:00	1001	860	12,3	141
12-nov-14 05:00:00	12-nov-14 06:00:00	934	785	12,6	148
12-nov-14 06:00:00	12-nov-14 07:00:00	1083	882	11,5	201
12-nov-14 07:00:00	12-nov-14 08:00:00	1100	938	10,4	162
12-nov-14 08:00:00	12-nov-14 09:00:00	1101	894	10,9	207
12-nov-14 09:00:00	12-nov-14 10:00:00	983	831	11,5	152
12-nov-14 10:00:00	12-nov-14 11:00:00	1048	908	11,2	140
12-nov-14 11:00:00	12-nov-14 12:00:00	832	683	10,9	149
12-nov-14 12:00:00	12-nov-14 13:00:00	721	642	10,8	79
12-nov-14 13:00:00	12-nov-14 14:00:00	858	637	10,7	220

Circuito com os moinhos em série					
Dia		Alimentação Nova (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
12-nov-14 14:00:00	12-nov-14 15:00:00	983	818	9,9	164
12-nov-14 15:00:00	12-nov-14 16:00:00	804	693	9,1	111
12-nov-14 16:00:00	12-nov-14 17:00:00	954	733	10,2	221
12-nov-14 17:00:00	12-nov-14 18:00:00	1040	899	11,3	141
12-nov-14 18:00:00	12-nov-14 19:00:00	1098	939	10,8	159
12-nov-14 19:00:00	12-nov-14 20:00:00	991	846	10,3	145
12-nov-14 20:00:00	12-nov-14 21:00:00	1099	936	10,6	163
12-nov-14 21:00:00	12-nov-14 22:00:00	1101	932	10,8	169
12-nov-14 22:00:00	12-nov-14 23:00:00	1100	925	11,6	176
12-nov-14 23:00:00	13-nov-14 00:00:00	1100	942	12,3	157
13-nov-14 00:00:00	13-nov-14 01:00:00	1099	935	11,4	163
13-nov-14 01:00:00	13-nov-14 02:00:00	1033	935	10,5	97
14-nov-14 05:00:00	14-nov-14 06:00:00	965	644	14,9	321
14-nov-14 06:00:00	14-nov-14 07:00:00	774	680	11,7	95
14-nov-14 07:00:00	14-nov-14 08:00:00	760	593	8,5	167
14-nov-14 08:00:00	14-nov-14 09:00:00	760	476	9,1	284
14-nov-14 09:00:00	14-nov-14 10:00:00	883	611	9,7	272
14-nov-14 10:00:00	14-nov-14 11:00:00	826	657	9,7	170
14-nov-14 11:00:00	14-nov-14 12:00:00	887	667	9,7	220
14-nov-14 12:00:00	14-nov-14 13:00:00	901	700	9,7	201
14-nov-14 13:00:00	14-nov-14 14:00:00	882	717	9,6	165
14-nov-14 14:00:00	14-nov-14 15:00:00	910	688	9,9	222
14-nov-14 15:00:00	14-nov-14 16:00:00	648	504	10,2	144
14-nov-14 16:00:00	14-nov-14 17:00:00	933	740	9,2	194
14-nov-14 17:00:00	14-nov-14 18:00:00	914	827	8,1	87
14-nov-14 21:00:00	14-nov-14 22:00:00	667	340	7,1	327
14-nov-14 22:00:00	14-nov-14 23:00:00	847	541	6,5	306
14-nov-14 23:00:00	15-nov-14 00:00:00	942	689	6,0	253
15-nov-14 00:00:00	15-nov-14 01:00:00	784	614	8,2	170
15-nov-14 01:00:00	15-nov-14 02:00:00	899	653	10,4	246
15-nov-14 04:00:00	15-nov-14 05:00:00	998	522	8,8	477
15-nov-14 05:00:00	15-nov-14 06:00:00	1135	890	7,2	245
15-nov-14 06:00:00	15-nov-14 07:00:00	885	503	9,8	383
15-nov-14 07:00:00	15-nov-14 08:00:00	1039	953	12,5	85
15-nov-14 08:00:00	15-nov-14 09:00:00	1117	831	10,6	286
15-nov-14 09:00:00	15-nov-14 10:00:00	1200	1002	8,6	198
15-nov-14 10:00:00	15-nov-14 11:00:00	1190	1004	8,3	185
15-nov-14 11:00:00	15-nov-14 12:00:00	1185	1004	8,0	182
15-nov-14 12:00:00	15-nov-14 13:00:00	1202	1028	8,8	173
15-nov-14 13:00:00	15-nov-14 14:00:00	1201	1058	9,6	143
15-nov-14 14:00:00	15-nov-14 15:00:00	1201	1036	9,1	164
15-nov-14 15:00:00	15-nov-14 16:00:00	1164	1004	8,6	160

Circuito com os moinhos em série					
Dia		Alimentação Nova (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
15-nov-14 16:00:00	15-nov-14 17:00:00	1177	1085	10,5	93
15-nov-14 17:00:00	15-nov-14 18:00:00	1142	1073	12,4	69
15-nov-14 18:00:00	15-nov-14 19:00:00	1156	1040	13,5	116
15-nov-14 19:00:00	15-nov-14 20:00:00	1177	1092	14,6	85
15-nov-14 20:00:00	15-nov-14 21:00:00	1201	1128	15,3	72
15-nov-14 22:00:00	15-nov-14 23:00:00	982	572	16,1	410
15-nov-14 23:00:00	16-nov-14 00:00:00	1044	920	16,1	124
16-nov-14 00:00:00	16-nov-14 01:00:00	1152	1082	13,8	69
16-nov-14 01:00:00	16-nov-14 02:00:00	1130	978	11,5	152
16-nov-14 02:00:00	16-nov-14 03:00:00	1150	1053	12,7	97
16-nov-14 03:00:00	16-nov-14 04:00:00	1149	1074	13,9	75
16-nov-14 04:00:00	16-nov-14 05:00:00	1150	1065	14,6	86
16-nov-14 05:00:00	16-nov-14 06:00:00	1150	1078	15,3	72
16-nov-14 06:00:00	16-nov-14 07:00:00	1149	1082	14,6	67
16-nov-14 07:00:00	16-nov-14 08:00:00	1151	1083	13,9	68
16-nov-14 08:00:00	16-nov-14 09:00:00	1149	1072	13,7	77
16-nov-14 09:00:00	16-nov-14 10:00:00	1150	1100	13,5	50
16-nov-14 10:00:00	16-nov-14 11:00:00	1151	1080	15,1	71
16-nov-14 11:00:00	16-nov-14 12:00:00	1138	965	16,8	173
16-nov-14 12:00:00	16-nov-14 13:00:00	1150	1006	13,6	144
16-nov-14 13:00:00	16-nov-14 14:00:00	1114	1065	10,5	50
16-nov-14 14:00:00	16-nov-14 15:00:00	966	762	11,0	205
16-nov-14 15:00:00	16-nov-14 16:00:00	1151	1002	11,5	149
16-nov-14 16:00:00	16-nov-14 17:00:00	1151	1001	12,3	150
16-nov-14 17:00:00	16-nov-14 18:00:00	1148	1091	13,2	58
16-nov-14 18:00:00	16-nov-14 19:00:00	1150	1117	13,2	33
16-nov-14 19:00:00	16-nov-14 20:00:00	1149	1102	13,2	47
16-nov-14 20:00:00	16-nov-14 21:00:00	849	631	12,8	218
16-nov-14 21:00:00	16-nov-14 22:00:00	1150	1018	12,4	131
16-nov-14 22:00:00	16-nov-14 23:00:00	1151	1062	11,4	89
16-nov-14 23:00:00	17-nov-14 00:00:00	978	902	10,4	76
17-nov-14 00:00:00	17-nov-14 01:00:00	1118	1011	10,8	107
17-nov-14 01:00:00	17-nov-14 02:00:00	1149	1047	11,1	101
17-nov-14 02:00:00	17-nov-14 03:00:00	1115	1057	12,4	57
17-nov-14 03:00:00	17-nov-14 04:00:00	1135	1033	13,7	103
17-nov-14 04:00:00	17-nov-14 05:00:00	1149	1065	13,5	84
17-nov-14 05:00:00	17-nov-14 06:00:00	1073	1014	13,4	59
17-nov-14 09:00:00	17-nov-14 10:00:00	864	521	8,5	342
17-nov-14 10:00:00	17-nov-14 11:00:00	947	760	6,7	187
17-nov-14 11:00:00	17-nov-14 12:00:00	962	908	4,8	54
17-nov-14 12:00:00	17-nov-14 13:00:00	1140	966	6,8	174
17-nov-14 13:00:00	17-nov-14 14:00:00	1148	1057	8,7	91
17-nov-14 14:00:00	17-nov-14 15:00:00	1135	1086	10,5	50
17-nov-14 16:00:00	17-nov-14 17:00:00	1155	989	12,2	166
17-nov-14 17:00:00	17-nov-14 18:00:00	1200	1137	12,1	63
17-nov-14 18:00:00	17-nov-14 19:00:00	1160	1131	13,6	29
17-nov-14 19:00:00	17-nov-14 20:00:00	1131	1066	15,0	65
17-nov-14 20:00:00	17-nov-14 21:00:00	1148	1055	13,3	92
17-nov-14 21:00:00	17-nov-14 22:00:00	1008	806	11,5	202
17-nov-14 22:00:00	17-nov-14 23:00:00	1053	879	11,3	173
17-nov-14 23:00:00	18-nov-14 00:00:00	999	847	11,2	151
18-nov-14 00:00:00	18-nov-14 01:00:00	1050	878	12,3	171
18-nov-14 01:00:00	18-nov-14 02:00:00	1051	891	13,3	160

Circuito com os moinhos em série					
Dia		Alimentação Nova (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
18-nov-14 02:00:00	18-nov-14 03:00:00	1050	872	12,2	178
18-nov-14 03:00:00	18-nov-14 04:00:00	1049	866	11,1	184
18-nov-14 04:00:00	18-nov-14 05:00:00	1027	867	11,2	159
18-nov-14 05:00:00	18-nov-14 06:00:00	1050	865	11,2	185
18-nov-14 06:00:00	18-nov-14 07:00:00	1051	862	43,7	189
18-nov-14 07:00:00	18-nov-14 08:00:00	1093	861	76,2	232
18-nov-14 08:00:00	18-nov-14 09:00:00	1138	947	44,1	191
18-nov-14 09:00:00	18-nov-14 10:00:00	1127	953	12,1	174
18-nov-14 10:00:00	18-nov-14 11:00:00	1075	879	11,6	196
18-nov-14 11:00:00	18-nov-14 12:00:00	969	790	11,1	180
18-nov-14 12:00:00	18-nov-14 13:00:00	1150	972	11,2	177
18-nov-14 13:00:00	18-nov-14 14:00:00	1118	913	11,3	204
18-nov-14 14:00:00	18-nov-14 15:00:00	994	847	11,8	148
18-nov-14 15:00:00	18-nov-14 16:00:00	937	637	12,4	301
18-nov-14 16:00:00	18-nov-14 17:00:00	1150	931	9,4	219
18-nov-14 17:00:00	18-nov-14 18:00:00	1150	959	6,4	191
18-nov-14 18:00:00	18-nov-14 19:00:00	1149	1068	9,7	81
18-nov-14 19:00:00	18-nov-14 20:00:00	1150	1050	13,0	100
18-nov-14 20:00:00	18-nov-14 21:00:00	1150	1084	10,3	66
19-nov-14 00:00:00	19-nov-14 01:00:00	994	962	14,1	31
19-nov-14 01:00:00	19-nov-14 02:00:00	883	794	17,0	89
19-nov-14 02:00:00	19-nov-14 03:00:00	1119	919	13,5	200
19-nov-14 03:00:00	19-nov-14 04:00:00	1200	992	10,0	208
19-nov-14 04:00:00	19-nov-14 05:00:00	1179	982	11,3	198
19-nov-14 05:00:00	19-nov-14 06:00:00	1180	1061	12,6	119
19-nov-14 06:00:00	19-nov-14 07:00:00	1199	1081	12,3	118
19-nov-14 07:00:00	19-nov-14 08:00:00	1201	1023	11,9	178
19-nov-14 09:00:00	19-nov-14 10:00:00	824	796	14,7	28
19-nov-14 10:00:00	19-nov-14 11:00:00	1170	1078	13,2	92
19-nov-14 12:00:00	19-nov-14 13:00:00	1141	826	11,7	315
19-nov-14 13:00:00	19-nov-14 14:00:00	1140	1055	11,7	85
19-nov-14 15:00:00	19-nov-14 16:00:00	740	567	9,8	173
19-nov-14 16:00:00	19-nov-14 17:00:00	1195	1080	9,5	115
19-nov-14 18:00:00	19-nov-14 19:00:00	1161	1109	10,0	52
19-nov-14 19:00:00	19-nov-14 20:00:00	1200	1116	10,8	84
19-nov-14 21:00:00	19-nov-14 22:00:00	1189	1127	12,6	63
20-nov-14 02:00:00	20-nov-14 03:00:00	1177	1005	11,2	172
20-nov-14 03:00:00	20-nov-14 04:00:00	1166	1100	8,8	66
20-nov-14 04:00:00	20-nov-14 05:00:00	1201	1115	9,3	85
20-nov-14 05:00:00	20-nov-14 06:00:00	1166	1133	9,7	32
20-nov-14 13:00:00	20-nov-14 14:00:00	1200	1146	11,7	54
20-nov-14 14:00:00	20-nov-14 15:00:00	1200	1113	12,0	87
20-nov-14 15:00:00	20-nov-14 16:00:00	1200	1114	12,3	87
20-nov-14 16:00:00	20-nov-14 17:00:00	1199	1122	12,1	78
20-nov-14 17:00:00	20-nov-14 18:00:00	1184	1092	11,9	92



Circuito com os moinhos em série					
Dia		Alimentação Nova (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
20-nov-14 18:00:00	20-nov-14 19:00:00	1188	1083	12,4	105
20-nov-14 19:00:00	20-nov-14 20:00:00	1024	977	13,0	47
20-nov-14 20:00:00	20-nov-14 21:00:00	1131	981	10,8	150
20-nov-14 21:00:00	20-nov-14 22:00:00	1200	1110	8,7	90
20-nov-14 22:00:00	20-nov-14 23:00:00	1190	1032	9,8	158
20-nov-14 23:00:00	21-nov-14 00:00:00	1186	994	10,8	191
21-nov-14 00:00:00	21-nov-14 01:00:00	1158	959	11,8	198
21-nov-14 03:00:00	21-nov-14 04:00:00	1128	731	14,8	397
21-nov-14 04:00:00	21-nov-14 05:00:00	1200	1076	12,1	124
21-nov-14 15:00:00	21-nov-14 16:00:00	860	796	11,8	63
21-nov-14 17:00:00	21-nov-14 18:00:00	957	765	12,0	192
21-nov-14 18:00:00	21-nov-14 19:00:00	1010	970	10,6	40
21-nov-14 21:00:00	21-nov-14 22:00:00	1000	969	9,3	32
21-nov-14 22:00:00	21-nov-14 23:00:00	1010	949	9,9	61
21-nov-14 23:00:00	22-nov-14 00:00:00	1110	930	10,5	180
22-nov-14 00:00:00	22-nov-14 01:00:00	845	748	10,2	96
22-nov-14 01:00:00	22-nov-14 02:00:00	741	594	9,8	147
22-nov-14 02:00:00	22-nov-14 03:00:00	755	575	10,2	179
22-nov-14 03:00:00	22-nov-14 04:00:00	782	576	10,5	206
22-nov-14 04:00:00	22-nov-14 05:00:00	849	542	8,9	306
22-nov-14 05:00:00	22-nov-14 06:00:00	710	610	7,3	100
22-nov-14 06:00:00	22-nov-14 07:00:00	883	633	8,1	250
22-nov-14 07:00:00	22-nov-14 08:00:00	975	790	8,8	185
22-nov-14 08:00:00	22-nov-14 09:00:00	933	746	8,2	186
22-nov-14 09:00:00	22-nov-14 10:00:00	1091	880	7,6	211
22-nov-14 10:00:00	22-nov-14 11:00:00	920	758	7,3	162
22-nov-14 11:00:00	22-nov-14 12:00:00	1120	908	7,0	211
22-nov-14 12:00:00	22-nov-14 13:00:00	1150	954	8,2	196
22-nov-14 13:00:00	22-nov-14 14:00:00	1151	968	9,4	182
22-nov-14 14:00:00	22-nov-14 15:00:00	1150	982	9,6	168
22-nov-14 15:00:00	22-nov-14 16:00:00	716	646	9,9	70
22-nov-14 16:00:00	22-nov-14 17:00:00	1057	957	9,3	99
22-nov-14 18:00:00	22-nov-14 19:00:00	1021	505	8,6	516
22-nov-14 19:00:00	22-nov-14 20:00:00	1150	989	8,6	162
22-nov-14 20:00:00	22-nov-14 21:00:00	1136	1005	8,8	132
22-nov-14 21:00:00	22-nov-14 22:00:00	1151	925	9,0	225
22-nov-14 22:00:00	22-nov-14 23:00:00	1150	966	9,6	184
22-nov-14 23:00:00	23-nov-14 00:00:00	1150	941	10,1	209
23-nov-14 00:00:00	23-nov-14 01:00:00	1149	945	9,4	204
23-nov-14 01:00:00	23-nov-14 02:00:00	1150	953	8,6	197
23-nov-14 02:00:00	23-nov-14 03:00:00	1149	983	9,2	167
23-nov-14 03:00:00	23-nov-14 04:00:00	1152	971	9,8	181
23-nov-14 04:00:00	23-nov-14 05:00:00	1089	915	9,3	173
23-nov-14 05:00:00	23-nov-14 06:00:00	1151	971	8,8	180
23-nov-14 06:00:00	23-nov-14 07:00:00	977	858	6,8	119
23-nov-14 07:00:00	23-nov-14 08:00:00	1000	801	4,8	199
23-nov-14 08:00:00	23-nov-14 09:00:00	1000	865	5,9	135
23-nov-14 09:00:00	23-nov-14 10:00:00	1065	873	7,0	191
23-nov-14 10:00:00	23-nov-14 11:00:00	1062	888	7,7	174
23-nov-14 11:00:00	23-nov-14 12:00:00	1127	934	8,4	193
23-nov-14 12:00:00	23-nov-14 13:00:00	1151	939	10,5	211
23-nov-14 13:00:00	23-nov-14 14:00:00	1151	958	12,6	192
23-nov-14 14:00:00	23-nov-14 15:00:00	1138	932	13,5	206
23-nov-14 15:00:00	23-nov-14 16:00:00	1023	878	14,3	145
23-nov-14 16:00:00	23-nov-14 17:00:00	1086	878	13,3	208
23-nov-14 17:00:00	23-nov-14 18:00:00	1016	854	12,3	162
23-nov-14 18:00:00	23-nov-14 19:00:00	1016	899	13,6	117
23-nov-14 19:00:00	23-nov-14 20:00:00	910	743	14,9	167

Circuito com os moinhos em série					
Dia		Alimentação Nova (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
23-nov-14 20:00:00	23-nov-14 21:00:00	1102	1029	13,7	73
24-nov-14 01:00:00	24-nov-14 02:00:00	1051	814	10,7	237
24-nov-14 02:00:00	24-nov-14 03:00:00	1106	984	10,9	121
24-nov-14 03:00:00	24-nov-14 04:00:00	1151	1045	11,2	106
24-nov-14 10:00:00	24-nov-14 11:00:00	778	549	4,9	229
24-nov-14 11:00:00	24-nov-14 12:00:00	1069	855	5,1	214
24-nov-14 12:00:00	24-nov-14 13:00:00	1030	956	7,1	74
24-nov-14 13:00:00	24-nov-14 14:00:00	952	884	9,2	68
24-nov-14 14:00:00	24-nov-14 15:00:00	831	791	9,3	39
24-nov-14 16:00:00	24-nov-14 17:00:00	765	666	8,9	99
24-nov-14 17:00:00	24-nov-14 18:00:00	1023	873	8,3	150
24-nov-14 18:00:00	24-nov-14 19:00:00	1048	980	8,6	68
24-nov-14 19:00:00	24-nov-14 20:00:00	1089	1018	8,9	71
24-nov-14 20:00:00	24-nov-14 21:00:00	1089	1001	9,9	87
24-nov-14 21:00:00	24-nov-14 22:00:00	1101	981	11,0	119
24-nov-14 22:00:00	24-nov-14 23:00:00	1049	949	10,6	101
24-nov-14 23:00:00	25-nov-14 00:00:00	1100	976	10,2	124
25-nov-14 00:00:00	25-nov-14 01:00:00	1100	993	9,2	107
25-nov-14 01:00:00	25-nov-14 02:00:00	1090	1001	8,1	89
25-nov-14 02:00:00	25-nov-14 03:00:00	1101	1004	9,3	97
25-nov-14 03:00:00	25-nov-14 04:00:00	945	891	10,5	54
25-nov-14 04:00:00	25-nov-14 05:00:00	891	814	10,3	77
25-nov-14 06:00:00	25-nov-14 07:00:00	706	534	9,3	172
25-nov-14 07:00:00	25-nov-14 08:00:00	800	659	8,4	141
25-nov-14 08:00:00	25-nov-14 09:00:00	749	653	7,5	96
25-nov-14 09:00:00	25-nov-14 10:00:00	766	619	6,6	147
25-nov-14 10:00:00	25-nov-14 11:00:00	1032	812	7,9	220
25-nov-14 11:00:00	25-nov-14 12:00:00	1098	933	9,1	165
25-nov-14 12:00:00	25-nov-14 13:00:00	1101	1010	9,0	91
25-nov-14 13:00:00	25-nov-14 14:00:00	1090	990	8,8	100
25-nov-14 15:00:00	25-nov-14 16:00:00	799	638	12,3	161
25-nov-14 16:00:00	25-nov-14 17:00:00	762	663	10,6	99
26-nov-14 12:00:00	26-nov-14 13:00:00	917	610	7,2	307
26-nov-14 13:00:00	26-nov-14 14:00:00	900	752	8,7	148
26-nov-14 14:00:00	26-nov-14 15:00:00	1009	868	9,9	142
27-nov-14 06:00:00	27-nov-14 07:00:00	1048	783	7,8	265
27-nov-14 07:00:00	27-nov-14 08:00:00	1034	950	7,5	84
27-nov-14 08:00:00	27-nov-14 09:00:00	1066	935	9,8	131
27-nov-14 09:00:00	27-nov-14 10:00:00	1055	916	12,0	139
27-nov-14 10:00:00	27-nov-14 11:00:00	959	802	9,7	157
27-nov-14 11:00:00	27-nov-14 12:00:00	1024	935	7,4	89
27-nov-14 12:00:00	27-nov-14 13:00:00	880	691	11,9	189
27-nov-14 14:00:00	27-nov-14 15:00:00	831	446	13,2	385
27-nov-14 15:00:00	27-nov-14 16:00:00	1119	902	10,0	217
27-nov-14 16:00:00	27-nov-14 17:00:00	1069	972	11,0	97
27-nov-14 17:00:00	27-nov-14 18:00:00	853	601	12,0	252
27-nov-14 18:00:00	27-nov-14 19:00:00	1101	876	10,6	225
27-nov-14 19:00:00	27-nov-14 20:00:00	1100	923	9,2	177
27-nov-14 20:00:00	27-nov-14 21:00:00	1100	995	9,3	105
27-nov-14 21:00:00	27-nov-14 22:00:00	1002	895	9,5	107
27-nov-14 23:00:00	28-nov-14 00:00:00	992	620	16,0	372
28-nov-14 00:00:00	28-nov-14 01:00:00	1066	911	13,5	155
28-nov-14 01:00:00	28-nov-14 02:00:00	1100	947	11,0	153
28-nov-14 02:00:00	28-nov-14 03:00:00	1101	935	11,9	166
28-nov-14 03:00:00	28-nov-14 04:00:00	996	881	12,9	114
28-nov-14 04:00:00	28-nov-14 05:00:00	1073	897	15,0	176
28-nov-14 05:00:00	28-nov-14 06:00:00	1058	935	17,1	123
28-nov-14 06:00:00	28-nov-14 07:00:00	695	655	17,0	40

Circuito com os moinhos em série					
Dia		Alimentação Nova (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
28-nov-14 07:00:00	28-nov-14 08:00:00	993	758	16,9	235
28-nov-14 08:00:00	28-nov-14 09:00:00	1101	995	16,9	105
28-nov-14 09:00:00	28-nov-14 10:00:00	1076	976	16,9	100
28-nov-14 10:00:00	28-nov-14 11:00:00	1014	905	14,8	109
28-nov-14 11:00:00	28-nov-14 12:00:00	1041	921	12,6	120
28-nov-14 12:00:00	28-nov-14 13:00:00	1050	946	12,7	104
28-nov-14 13:00:00	28-nov-14 14:00:00	1090	961	12,7	130
28-nov-14 14:00:00	28-nov-14 15:00:00	948	823	15,0	125
28-nov-14 15:00:00	28-nov-14 16:00:00	821	705	17,4	116
28-nov-14 16:00:00	28-nov-14 17:00:00	879	681	12,5	198
28-nov-14 17:00:00	28-nov-14 18:00:00	901	715	7,7	187
28-nov-14 18:00:00	28-nov-14 19:00:00	803	689	8,4	114
28-nov-14 19:00:00	28-nov-14 20:00:00	778	522	9,2	256
28-nov-14 20:00:00	28-nov-14 21:00:00	900	796	8,1	104
28-nov-14 21:00:00	28-nov-14 22:00:00	899	777	7,0	122
28-nov-14 22:00:00	28-nov-14 23:00:00	1081	854	6,9	227
28-nov-14 23:00:00	29-nov-14 00:00:00	1101	925	6,8	176
29-nov-14 00:00:00	29-nov-14 01:00:00	1100	954	5,8	145
29-nov-14 01:00:00	29-nov-14 02:00:00	1101	903	4,8	197
29-nov-14 02:00:00	29-nov-14 03:00:00	1101	901	6,0	200
29-nov-14 03:00:00	29-nov-14 04:00:00	1102	884	7,2	218
29-nov-14 04:00:00	29-nov-14 05:00:00	1087	881	8,3	206
29-nov-14 05:00:00	29-nov-14 06:00:00	1083	887	9,3	196
29-nov-14 07:00:00	29-nov-14 08:00:00	637	402	9,5	235
29-nov-14 08:00:00	29-nov-14 09:00:00	616	292	9,3	324
29-nov-14 09:00:00	29-nov-14 10:00:00	591	279	9,0	312
29-nov-14 10:00:00	29-nov-14 11:00:00	1016	721	7,3	295
29-nov-14 11:00:00	29-nov-14 12:00:00	903	708	5,5	195
29-nov-14 12:00:00	29-nov-14 13:00:00	1059	882	6,9	177
29-nov-14 13:00:00	29-nov-14 14:00:00	1088	901	8,3	187
29-nov-14 14:00:00	29-nov-14 15:00:00	1099	906	8,2	193
29-nov-14 15:00:00	29-nov-14 16:00:00	1099	876	8,0	223
29-nov-14 16:00:00	29-nov-14 17:00:00	724	493	9,8	231
29-nov-14 17:00:00	29-nov-14 18:00:00	848	659	11,6	189
29-nov-14 18:00:00	29-nov-14 19:00:00	673	318	10,1	354
29-nov-14 19:00:00	29-nov-14 20:00:00	1099	765	8,5	334
29-nov-14 20:00:00	29-nov-14 21:00:00	1100	890	9,3	210
29-nov-14 21:00:00	29-nov-14 22:00:00	1101	879	10,1	222
29-nov-14 22:00:00	29-nov-14 23:00:00	1067	868	10,2	199
29-nov-14 23:00:00	30-nov-14 00:00:00	1100	888	10,2	212
30-nov-14 00:00:00	30-nov-14 01:00:00	1099	897	9,9	203
30-nov-14 01:00:00	30-nov-14 02:00:00	1099	915	9,7	184
30-nov-14 02:00:00	30-nov-14 03:00:00	1100	901	10,5	199
30-nov-14 03:00:00	30-nov-14 04:00:00	1071	905	11,3	166
30-nov-14 04:00:00	30-nov-14 05:00:00	777	634	10,5	143
30-nov-14 05:00:00	30-nov-14 06:00:00	803	526	9,7	277
30-nov-14 06:00:00	30-nov-14 07:00:00	982	756	9,4	226
30-nov-14 07:00:00	30-nov-14 08:00:00	1039	833	9,2	206
30-nov-14 08:00:00	30-nov-14 09:00:00	1093	864	10,4	229
30-nov-14 09:00:00	30-nov-14 10:00:00	1100	841	11,7	259
30-nov-14 10:00:00	30-nov-14 11:00:00	1102	904	11,8	198
30-nov-14 11:00:00	30-nov-14 12:00:00	1100	860	12,0	240
30-nov-14 12:00:00	30-nov-14 13:00:00	1099	870	11,7	230
30-nov-14 13:00:00	30-nov-14 14:00:00	1011	791	11,3	219
30-nov-14 14:00:00	30-nov-14 15:00:00	956	805	11,4	151
30-nov-14 15:00:00	30-nov-14 16:00:00	1069	797	11,5	272
30-nov-14 16:00:00	30-nov-14 17:00:00	688	563	13,1	125
30-nov-14 17:00:00	30-nov-14 18:00:00	1083	818	14,7	264

Circuito com os moinhos em série					
Dia		Alimentação Nova (t/h)	Alimentação da Flotação (t/h)	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
30-nov-14 18:00:00	30-nov-14 19:00:00	1062	853	11,6	209
30-nov-14 19:00:00	30-nov-14 20:00:00	920	692	8,5	228
30-nov-14 20:00:00	30-nov-14 21:00:00	1012	731	9,6	281
30-nov-14 21:00:00	30-nov-14 22:00:00	974	760	10,6	214
30-nov-14 22:00:00	30-nov-14 23:00:00	1045	822	10,5	222
30-nov-14 23:00:00	01-dez-14 00:00:00	1099	868	10,3	231

### 8.3- Banco de dados - PI com as informações do teste industrial – Circuito em paralelo

Circuito com os moinhos em paralelo						
Dia		Alimentação Nova Moinho 1 (t/h)	Alimentação Nova Moinho 2 (t/h)	Alimentação da Flotação	%>0,15 mm flotação	Lama (t/h)
01-nov-14 00:00:00	01-nov-14 01:00:00	600	499	995	12,5	105
01-nov-14 01:00:00	01-nov-14 02:00:00	600	501	954	14,3	147
01-nov-14 02:00:00	01-nov-14 03:00:00	600	500	970	12,6	130
01-nov-14 03:00:00	01-nov-14 04:00:00	599	500	993	10,8	106
01-nov-14 04:00:00	01-nov-14 05:00:00	601	501	987	10,9	115
01-nov-14 05:00:00	01-nov-14 06:00:00	600	500	995	11,0	104
01-nov-14 06:00:00	01-nov-14 07:00:00	600	502	1009	11,6	93
01-nov-14 07:00:00	01-nov-14 08:00:00	600	502	1040	12,1	62
01-nov-14 08:00:00	01-nov-14 09:00:00	600	501	960	12,1	142
01-nov-14 09:00:00	01-nov-14 10:00:00	602	500	947	12,0	155
01-nov-14 10:00:00	01-nov-14 11:00:00	599	501	960	11,7	140
01-nov-14 11:00:00	01-nov-14 12:00:00	600	499	960	11,4	140
01-nov-14 12:00:00	01-nov-14 13:00:00	599	499	964	11,6	134
01-nov-14 13:00:00	01-nov-14 14:00:00	599	499	956	11,9	141
01-nov-14 14:00:00	01-nov-14 15:00:00	601	453	941	13,6	113
01-nov-14 15:00:00	01-nov-14 16:00:00	600	501	911	15,3	190
01-nov-14 16:00:00	01-nov-14 17:00:00	599	489	924	14,6	164
01-nov-14 17:00:00	01-nov-14 18:00:00	601	490	928	13,9	163
01-nov-14 18:00:00	01-nov-14 19:00:00	491	499	853	13,3	137
01-nov-14 19:00:00	01-nov-14 20:00:00	402	399	554	12,7	247
01-nov-14 20:00:00	01-nov-14 21:00:00	599	496	830	13,4	265
01-nov-14 21:00:00	01-nov-14 22:00:00	600	500	877	14,1	223
01-nov-14 22:00:00	01-nov-14 23:00:00	600	500	943	13,6	157
01-nov-14 23:00:00	02-nov-14 00:00:00	601	499	935	13,1	166
02-nov-14 00:00:00	02-nov-14 01:00:00	602	500	936	14,1	166
02-nov-14 01:00:00	02-nov-14 02:00:00	599	501	949	15,1	150
02-nov-14 02:00:00	02-nov-14 03:00:00	599	501	951	15,6	149
02-nov-14 03:00:00	02-nov-14 04:00:00	418	345	708	16,0	55
02-nov-14 04:00:00	02-nov-14 05:00:00	602	499	902	15,9	199
02-nov-14 05:00:00	02-nov-14 06:00:00	598	499	939	15,8	159
02-nov-14 06:00:00	02-nov-14 07:00:00	601	500	960	16,8	141
02-nov-14 07:00:00	02-nov-14 08:00:00	599	501	955	17,7	144
02-nov-14 08:00:00	02-nov-14 09:00:00	598	501	946	16,6	154
02-nov-14 09:00:00	02-nov-14 10:00:00	599	482	899	15,5	181
02-nov-14 10:00:00	02-nov-14 11:00:00	603	501	951	16,1	152
02-nov-14 11:00:00	02-nov-14 12:00:00	602	501	943	16,6	159
02-nov-14 12:00:00	02-nov-14 13:00:00	576	500	950	15,3	125
02-nov-14 13:00:00	02-nov-14 14:00:00	550	500	917	14,0	133
02-nov-14 14:00:00	02-nov-14 15:00:00	548	486	831	13,8	203
02-nov-14 15:00:00	02-nov-14 16:00:00	551	500	904	13,8	147
02-nov-14 16:00:00	02-nov-14 17:00:00	537	480	891	13,7	126
02-nov-14 17:00:00	02-nov-14 18:00:00	547	499	912	13,8	134
02-nov-14 18:00:00	02-nov-14 19:00:00	551	501	717	9,2	335
03-nov-14 00:00:00	03-nov-14 01:00:00	541	493	676	7,7	359
03-nov-14 01:00:00	03-nov-14 02:00:00	548	499	898	7,1	149
03-nov-14 02:00:00	03-nov-14 03:00:00	551	501	849	9,7	203
03-nov-14 03:00:00	03-nov-14 04:00:00	550	502	910	8,9	142
03-nov-14 04:00:00	03-nov-14 05:00:00	551	481	793	5,6	239
03-nov-14 05:00:00	03-nov-14 06:00:00	569	379	810	6,5	137
03-nov-14 06:00:00	03-nov-14 07:00:00	541	430	843	7,5	129
03-nov-14 07:00:00	03-nov-14 08:00:00	495	406	754	8,8	147
03-nov-14 08:00:00	03-nov-14 09:00:00	569	508	914	10,2	162

Circuito com os moinhos em paralelo						
Dia		Alimentação Nova Moinho 1 (t/h)	Alimentação Nova Moinho 2 (t/h)	Alimentação da Flotação	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
03-nov-14 14:00:00	03-nov-14 15:00:00	562	549	976	10,7	136
03-nov-14 15:00:00	03-nov-14 16:00:00	564	550	967	11,2	147
03-nov-14 16:00:00	03-nov-14 17:00:00	556	550	974	12,4	132
03-nov-14 17:00:00	03-nov-14 18:00:00	569	550	931	13,6	188
03-nov-14 18:00:00	03-nov-14 19:00:00	570	542	984	14,1	129
03-nov-14 19:00:00	03-nov-14 20:00:00	568	400	889	14,6	78
03-nov-14 20:00:00	03-nov-14 21:00:00	568	460	921	13,5	108
03-nov-14 21:00:00	03-nov-14 22:00:00	572	549	979	12,4	142
03-nov-14 22:00:00	03-nov-14 23:00:00	570	550	987	11,6	134
03-nov-14 23:00:00	04-nov-14 00:00:00	571	551	991	10,8	130
04-nov-14 00:00:00	04-nov-14 01:00:00	571	549	960	11,8	160
04-nov-14 01:00:00	04-nov-14 02:00:00	571	549	996	12,7	124
04-nov-14 02:00:00	04-nov-14 03:00:00	552	539	992	11,5	98
04-nov-14 03:00:00	04-nov-14 04:00:00	501	491	888	10,3	104
04-nov-14 04:00:00	04-nov-14 05:00:00	501	501	897	11,4	105
04-nov-14 05:00:00	04-nov-14 06:00:00	501	500	900	12,5	101
04-nov-14 06:00:00	04-nov-14 07:00:00	511	512	888	12,4	134
04-nov-14 07:00:00	04-nov-14 08:00:00	550	550	985	12,3	114
04-nov-14 08:00:00	04-nov-14 09:00:00	529	527	989	13,2	67
04-nov-14 09:00:00	04-nov-14 10:00:00	552	550	945	14,0	156
04-nov-14 10:00:00	04-nov-14 11:00:00	548	551	978	13,8	121
04-nov-14 11:00:00	04-nov-14 12:00:00	551	551	975	13,5	127
04-nov-14 12:00:00	04-nov-14 13:00:00	551	540	973	12,8	119
04-nov-14 13:00:00	04-nov-14 14:00:00	550	551	982	12,0	120
04-nov-14 14:00:00	04-nov-14 15:00:00	550	549	1007	10,8	92
04-nov-14 15:00:00	04-nov-14 16:00:00	551	551	956	9,6	145
04-nov-14 16:00:00	04-nov-14 17:00:00	550	541	946	10,5	144
04-nov-14 17:00:00	04-nov-14 18:00:00	538	549	961	11,3	127
04-nov-14 18:00:00	04-nov-14 19:00:00	532	548	975	11,3	105
04-nov-14 19:00:00	04-nov-14 20:00:00	485	541	899	11,3	127
04-nov-14 20:00:00	04-nov-14 21:00:00	500	550	918	11,3	132
04-nov-14 21:00:00	04-nov-14 22:00:00	501	551	903	11,3	149
04-nov-14 22:00:00	04-nov-14 23:00:00	515	551	915	11,3	151
04-nov-14 23:00:00	05-nov-14 00:00:00	550	549	971	11,3	129
05-nov-14 00:00:00	05-nov-14 01:00:00	551	550	965	13,2	136
05-nov-14 01:00:00	05-nov-14 02:00:00	549	510	940	15,1	120
05-nov-14 02:00:00	05-nov-14 03:00:00	551	531	917	15,1	166
05-nov-14 03:00:00	05-nov-14 04:00:00	551	551	963	15,0	139
05-nov-14 04:00:00	05-nov-14 05:00:00	496	525	937	13,3	83
05-nov-14 05:00:00	05-nov-14 06:00:00	501	500	880	11,7	121
05-nov-14 06:00:00	05-nov-14 07:00:00	501	501	851	10,6	151
05-nov-14 07:00:00	05-nov-14 08:00:00	499	499	868	9,5	131
05-nov-14 08:00:00	05-nov-14 09:00:00	477	491	872	8,9	96
05-nov-14 09:00:00	05-nov-14 10:00:00	499	501	903	8,3	96
05-nov-14 10:00:00	05-nov-14 11:00:00	469	467	874	8,8	62
05-nov-14 11:00:00	05-nov-14 12:00:00	499	500	891	9,4	108
05-nov-14 12:00:00	05-nov-14 13:00:00	501	501	916	9,8	86
05-nov-14 13:00:00	05-nov-14 14:00:00	500	500	920	10,2	80
05-nov-14 15:00:00	05-nov-14 16:00:00	454	452	582	13,1	324
05-nov-14 16:00:00	05-nov-14 17:00:00	501	500	926	15,1	75
05-nov-14 17:00:00	05-nov-14 18:00:00	500	499	904	17,0	95
05-nov-14 18:00:00	05-nov-14 19:00:00	502	501	892	15,9	111

Circuito com os moinhos em paralelo						
Dia		Alimentação Nova Moinho 1 (t/h)	Alimentação Nova Moinho 2 (t/h)	Alimentação da Flotação	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
05-nov-14 19:00:00	05-nov-14 20:00:00	500	500	877	14,9	123
05-nov-14 20:00:00	05-nov-14 21:00:00	496	502	878	16,1	120
05-nov-14 21:00:00	05-nov-14 22:00:00	500	501	870	17,4	131
05-nov-14 22:00:00	05-nov-14 23:00:00	501	500	869	18,0	132
05-nov-14 23:00:00	06-nov-14 00:00:00	501	500	852	18,6	149
07-nov-14 04:00:00	07-nov-14 05:00:00	590	468	699	15,0	359
07-nov-14 05:00:00	07-nov-14 06:00:00	600	498	894	15,0	204
07-nov-14 06:00:00	07-nov-14 07:00:00	600	458	910	15,2	148
07-nov-14 07:00:00	07-nov-14 08:00:00	601	449	910	15,3	140
07-nov-14 08:00:00	07-nov-14 09:00:00	599	486	910	16,0	176
07-nov-14 09:00:00	07-nov-14 10:00:00	599	501	968	16,8	132
07-nov-14 10:00:00	07-nov-14 11:00:00	599	500	996	14,6	103
07-nov-14 11:00:00	07-nov-14 12:00:00	600	500	1001	12,5	99
07-nov-14 12:00:00	07-nov-14 13:00:00	594	492	970	13,2	116
07-nov-14 13:00:00	07-nov-14 14:00:00	587	472	910	13,8	149
07-nov-14 14:00:00	07-nov-14 15:00:00	527	551	936	16,0	142
07-nov-14 15:00:00	07-nov-14 16:00:00	534	544	871	18,2	208
07-nov-14 16:00:00	07-nov-14 17:00:00	551	551	937	18,1	165
07-nov-14 17:00:00	07-nov-14 18:00:00	550	550	963	18,0	137
07-nov-14 18:00:00	07-nov-14 19:00:00	549	550	932	16,6	167
07-nov-14 19:00:00	07-nov-14 20:00:00	550	552	919	15,2	183
07-nov-14 20:00:00	07-nov-14 21:00:00	549	551	954	15,7	147
07-nov-14 21:00:00	07-nov-14 22:00:00	501	472	924	16,2	49
07-nov-14 23:00:00	08-nov-14 00:00:00	550	551	739	17,9	361
08-nov-14 00:00:00	08-nov-14 01:00:00	552	468	843	13,0	178
08-nov-14 01:00:00	08-nov-14 02:00:00	549	551	916	8,1	184
08-nov-14 02:00:00	08-nov-14 03:00:00	550	553	925	9,8	178
08-nov-14 03:00:00	08-nov-14 04:00:00	549	549	951	11,4	146
08-nov-14 04:00:00	08-nov-14 05:00:00	551	336	709	10,8	179
08-nov-14 05:00:00	08-nov-14 06:00:00	549	550	890	10,3	209
08-nov-14 06:00:00	08-nov-14 07:00:00	551	550	944	10,7	157
08-nov-14 07:00:00	08-nov-14 08:00:00	549	550	975	11,1	123
08-nov-14 08:00:00	08-nov-14 09:00:00	549	551	976	10,8	123
08-nov-14 09:00:00	08-nov-14 10:00:00	550	551	972	10,4	129
08-nov-14 10:00:00	08-nov-14 11:00:00	550	550	977	11,2	122
08-nov-14 11:00:00	08-nov-14 12:00:00	550	549	981	12,0	118
08-nov-14 12:00:00	08-nov-14 13:00:00	551	551	957	12,3	144
08-nov-14 13:00:00	08-nov-14 14:00:00	543	544	934	12,6	154
08-nov-14 14:00:00	08-nov-14 15:00:00	551	537	951	12,9	136
08-nov-14 15:00:00	08-nov-14 16:00:00	549	550	958	13,1	140
08-nov-14 16:00:00	08-nov-14 17:00:00	549	550	965	12,8	134
08-nov-14 17:00:00	08-nov-14 18:00:00	549	537	941	12,5	145
08-nov-14 18:00:00	08-nov-14 19:00:00	550	552	974	11,4	127
08-nov-14 19:00:00	08-nov-14 20:00:00	551	550	969	10,4	132
08-nov-14 20:00:00	08-nov-14 21:00:00	551	550	973	9,7	128
08-nov-14 21:00:00	08-nov-14 22:00:00	550	550	978	9,0	122
08-nov-14 22:00:00	08-nov-14 23:00:00	549	549	996	9,7	102
08-nov-14 23:00:00	09-nov-14 00:00:00	551	551	977	10,3	125
09-nov-14 00:00:00	09-nov-14 01:00:00	552	550	988	9,3	114
09-nov-14 01:00:00	09-nov-14 02:00:00	549	548	956	8,4	141
09-nov-14 02:00:00	09-nov-14 03:00:00	550	551	970	8,8	131
09-nov-14 03:00:00	09-nov-14 04:00:00	551	549	951	9,3	149

Circuito com os moinhos em paralelo						
Dia		Alimentação Nova Moinho 1 (t/h)	Alimentação Nova Moinho 2 (t/h)	Alimentação da Flotação	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
09-nov-14 04:00:00	09-nov-14 05:00:00	549	551	949	10,0	151
09-nov-14 05:00:00	09-nov-14 06:00:00	550	550	941	10,7	160
09-nov-14 06:00:00	09-nov-14 07:00:00	549	549	944	11,2	154
09-nov-14 07:00:00	09-nov-14 08:00:00	550	551	951	11,6	150
09-nov-14 08:00:00	09-nov-14 09:00:00	549	550	956	12,1	143
09-nov-14 09:00:00	09-nov-14 10:00:00	550	553	952	12,5	150
09-nov-14 10:00:00	09-nov-14 11:00:00	550	549	961	11,9	138
09-nov-14 11:00:00	09-nov-14 12:00:00	551	550	959	11,3	143
09-nov-14 12:00:00	09-nov-14 13:00:00	549	551	955	12,8	146
09-nov-14 13:00:00	09-nov-14 14:00:00	530	482	872	14,4	139
09-nov-14 14:00:00	09-nov-14 15:00:00	550	550	966	12,9	134
09-nov-14 15:00:00	09-nov-14 16:00:00	550	550	935	11,4	165
09-nov-14 16:00:00	09-nov-14 17:00:00	550	550	952	11,2	148
09-nov-14 17:00:00	09-nov-14 18:00:00	549	549	946	11,0	152
09-nov-14 18:00:00	09-nov-14 19:00:00	549	550	979	11,3	121
09-nov-14 19:00:00	09-nov-14 20:00:00	549	550	993	11,6	106
09-nov-14 20:00:00	09-nov-14 21:00:00	532	531	921	11,3	142
09-nov-14 21:00:00	09-nov-14 22:00:00	550	550	944	10,9	156
09-nov-14 22:00:00	09-nov-14 23:00:00	547	501	948	10,9	99
10-nov-14 00:00:00	10-nov-14 01:00:00	550	548	918	10,5	181
10-nov-14 01:00:00	10-nov-14 02:00:00	548	551	889	10,2	210
10-nov-14 02:00:00	10-nov-14 03:00:00	507	529	888	11,5	149
10-nov-14 03:00:00	10-nov-14 04:00:00	549	551	914	12,8	186
10-nov-14 04:00:00	10-nov-14 05:00:00	551	542	923	13,6	170
10-nov-14 05:00:00	10-nov-14 06:00:00	551	528	924	14,3	155
10-nov-14 06:00:00	10-nov-14 07:00:00	551	551	936	14,5	166
10-nov-14 08:00:00	10-nov-14 09:00:00	393	383	650	14,9	125
10-nov-14 09:00:00	10-nov-14 10:00:00	400	396	611	15,2	186
10-nov-14 10:00:00	10-nov-14 11:00:00	549	519	869	12,5	199
10-nov-14 15:00:00	10-nov-14 16:00:00	523	551	704	8,8	370
10-nov-14 16:00:00	10-nov-14 17:00:00	541	541	868	10,5	215
11-nov-14 01:00:00	11-nov-14 02:00:00	496	538	600	13,6	434
11-nov-14 02:00:00	11-nov-14 03:00:00	550	550	964	11,9	135
11-nov-14 04:00:00	11-nov-14 05:00:00	550	551	926	10,5	175
11-nov-14 05:00:00	11-nov-14 06:00:00	550	550	999	10,9	101
11-nov-14 06:00:00	11-nov-14 07:00:00	550	550	998	11,0	102
11-nov-14 07:00:00	11-nov-14 08:00:00	549	549	1030	11,1	69
11-nov-14 08:00:00	11-nov-14 09:00:00	548	550	1010	10,5	87
11-nov-14 09:00:00	11-nov-14 10:00:00	550	551	964	9,9	137
11-nov-14 10:00:00	11-nov-14 11:00:00	550	549	934	11,1	165
11-nov-14 11:00:00	11-nov-14 12:00:00	549	550	987	12,4	112
11-nov-14 12:00:00	11-nov-14 13:00:00	568	568	1001	11,0	135
11-nov-14 13:00:00	11-nov-14 14:00:00	569	569	1017	9,6	122
11-nov-14 14:00:00	11-nov-14 15:00:00	570	569	978	11,5	161
11-nov-14 15:00:00	11-nov-14 16:00:00	571	570	1011	13,3	130
11-nov-14 16:00:00	11-nov-14 17:00:00	548	539	965	12,0	121
11-nov-14 17:00:00	11-nov-14 18:00:00	571	570	978	10,7	163
11-nov-14 18:00:00	11-nov-14 19:00:00	570	568	998	10,3	140
11-nov-14 19:00:00	11-nov-14 20:00:00	569	557	999	9,8	128
11-nov-14 20:00:00	11-nov-14 21:00:00	571	551	989	11,8	133



Circuito com os moinhos em paralelo						
Dia		Alimentação Nova Moinho 1 (t/h)	Alimentação Nova Moinho 2 (t/h)	Alimentação da Flotação	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
11-nov-14 21:00:00	11-nov-14 22:00:00	572	410	858	13,7	123
11-nov-14 22:00:00	11-nov-14 23:00:00	570	549	947	11,4	172
11-nov-14 23:00:00	12-nov-14 00:00:00	571	550	969	9,2	153
12-nov-14 00:00:00	12-nov-14 01:00:00	569	513	972	10,7	110
12-nov-14 01:00:00	12-nov-14 02:00:00	569	550	968	12,2	150
12-nov-14 02:00:00	12-nov-14 03:00:00	571	550	978	12,0	144
12-nov-14 03:00:00	12-nov-14 04:00:00	564	536	987	11,9	114
12-nov-14 04:00:00	12-nov-14 05:00:00	526	456	842	11,8	139
12-nov-14 05:00:00	12-nov-14 06:00:00	488	485	846	11,6	127
12-nov-14 06:00:00	12-nov-14 07:00:00	544	545	949	10,0	139
12-nov-14 07:00:00	12-nov-14 08:00:00	551	550	959	8,3	143
12-nov-14 08:00:00	12-nov-14 09:00:00	551	551	940	9,7	162
12-nov-14 09:00:00	12-nov-14 10:00:00	550	551	967	11,1	135
12-nov-14 10:00:00	12-nov-14 11:00:00	550	549	977	10,9	122
12-nov-14 11:00:00	12-nov-14 12:00:00	550	489	898	10,7	141
12-nov-14 12:00:00	12-nov-14 13:00:00	502	453	847	11,3	108
12-nov-14 13:00:00	12-nov-14 14:00:00	515	463	846	11,9	132
12-nov-14 14:00:00	12-nov-14 15:00:00	550	537	987	10,7	100
12-nov-14 15:00:00	12-nov-14 16:00:00	526	503	955	9,5	74
12-nov-14 16:00:00	12-nov-14 17:00:00	521	528	886	9,3	162
12-nov-14 17:00:00	12-nov-14 18:00:00	519	492	928	9,2	84
12-nov-14 18:00:00	12-nov-14 19:00:00	550	549	981	10,8	118
12-nov-14 19:00:00	12-nov-14 20:00:00	494	491	859	12,3	125
12-nov-14 20:00:00	12-nov-14 21:00:00	551	551	951	12,8	151
12-nov-14 21:00:00	12-nov-14 22:00:00	549	550	949	13,2	150
12-nov-14 22:00:00	12-nov-14 23:00:00	531	529	861	11,7	199
12-nov-14 23:00:00	13-nov-14 00:00:00	550	551	951	10,2	150
13-nov-14 00:00:00	13-nov-14 01:00:00	549	551	950	10,3	150
13-nov-14 01:00:00	13-nov-14 02:00:00	550	550	957	10,4	143
14-nov-14 07:00:00	14-nov-14 08:00:00	378	371	701	9,8	47
14-nov-14 08:00:00	14-nov-14 09:00:00	404	401	638	8,6	168
14-nov-14 09:00:00	14-nov-14 10:00:00	433	448	688	7,3	193
14-nov-14 10:00:00	14-nov-14 11:00:00	452	451	739	8,3	164
14-nov-14 11:00:00	14-nov-14 12:00:00	449	450	755	9,3	144
14-nov-14 12:00:00	14-nov-14 13:00:00	450	449	772	9,5	127
14-nov-14 13:00:00	14-nov-14 14:00:00	450	449	757	9,7	142
14-nov-14 14:00:00	14-nov-14 15:00:00	475	475	770	10,5	180
14-nov-14 15:00:00	14-nov-14 16:00:00	482	479	807	11,4	154
14-nov-14 16:00:00	14-nov-14 17:00:00	498	499	869	10,6	128
14-nov-14 17:00:00	14-nov-14 18:00:00	486	499	857	9,9	127
14-nov-14 21:00:00	14-nov-14 22:00:00	441	451	720	11,5	172
14-nov-14 22:00:00	14-nov-14 23:00:00	451	450	748	10,2	153

Circuito com os moinhos em paralelo						
Dia		Alimentação Nova Moinho 1 (t/h)	Alimentação Nova Moinho 2 (t/h)	Alimentação da Flotação	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
14-nov-14 23:00:00	15-nov-14 00:00:00	453	451	771	8,8	133
15-nov-14 00:00:00	15-nov-14 01:00:00	453	433	765	9,3	120
15-nov-14 04:00:00	15-nov-14 05:00:00	515	529	800	10,2	244
15-nov-14 05:00:00	15-nov-14 06:00:00	550	551	887	9,4	214
15-nov-14 06:00:00	15-nov-14 07:00:00	549	549	924	9,7	173
15-nov-14 08:00:00	15-nov-14 09:00:00	398	398	524	9,3	272
15-nov-14 09:00:00	15-nov-14 10:00:00	566	552	845	8,7	273
15-nov-14 10:00:00	15-nov-14 11:00:00	600	579	1046	7,8	133
15-nov-14 11:00:00	15-nov-14 12:00:00	601	603	1090	6,9	113
15-nov-14 12:00:00	15-nov-14 13:00:00	599	600	1080	8,2	119
15-nov-14 13:00:00	15-nov-14 14:00:00	602	601	1122	9,5	81
15-nov-14 14:00:00	15-nov-14 15:00:00	600	602	1088	9,1	114
15-nov-14 16:00:00	15-nov-14 17:00:00	600	601	845	10,2	356
15-nov-14 17:00:00	15-nov-14 18:00:00	600	589	1057	11,7	132
15-nov-14 18:00:00	15-nov-14 19:00:00	599	600	1015	11,8	184
15-nov-14 19:00:00	15-nov-14 20:00:00	600	573	1030	11,9	144
15-nov-14 20:00:00	15-nov-14 21:00:00	602	586	1049	12,6	138
15-nov-14 22:00:00	15-nov-14 23:00:00	550	557	788	12,8	319
15-nov-14 23:00:00	16-nov-14 00:00:00	537	542	925	12,2	153
16-nov-14 00:00:00	16-nov-14 01:00:00	600	592	1041	10,9	151
16-nov-14 01:00:00	16-nov-14 02:00:00	599	586	1013	9,7	172
16-nov-14 02:00:00	16-nov-14 03:00:00	600	561	1033	10,9	128
16-nov-14 03:00:00	16-nov-14 04:00:00	601	599	1079	12,1	121
16-nov-14 04:00:00	16-nov-14 05:00:00	599	601	1070	13,0	130
16-nov-14 05:00:00	16-nov-14 06:00:00	599	599	1092	13,9	106
16-nov-14 06:00:00	16-nov-14 07:00:00	600	600	1100	14,0	100
16-nov-14 07:00:00	16-nov-14 08:00:00	602	600	1102	14,1	101
16-nov-14 08:00:00	16-nov-14 09:00:00	599	547	1039	13,8	107
16-nov-14 09:00:00	16-nov-14 10:00:00	601	564	1024	13,4	141
16-nov-14 10:00:00	16-nov-14 11:00:00	600	573	1063	13,1	110
16-nov-14 11:00:00	16-nov-14 12:00:00	598	599	1102	12,8	96
16-nov-14 12:00:00	16-nov-14 13:00:00	601	599	1090	12,6	110
16-nov-14 13:00:00	16-nov-14 14:00:00	601	599	1065	12,4	134
16-nov-14 14:00:00	16-nov-14 15:00:00	599	582	1031	12,3	150
16-nov-14 15:00:00	16-nov-14 16:00:00	600	602	1037	12,2	165
16-nov-14 16:00:00	16-nov-14 17:00:00	601	548	1055	14,7	94
16-nov-14 17:00:00	16-nov-14 18:00:00	601	598	1060	17,2	139
16-nov-14 18:00:00	16-nov-14 19:00:00	599	599	1096	17,2	102
16-nov-14 19:00:00	16-nov-14 20:00:00	600	599	1093	17,2	106
16-nov-14 20:00:00	16-nov-14 21:00:00	600	599	1095	14,3	105
16-nov-14 21:00:00	16-nov-14 22:00:00	598	600	1077	11,3	120
16-nov-14 22:00:00	16-nov-14 23:00:00	600	601	1082	11,9	119

Circuito com os moinhos em paralelo						
Dia		Alimentação Nova Moinho 1 (t/h)	Alimentação Nova Moinho 2 (t/h)	Alimentação da Flotação	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
17-nov-14 13:00:00	17-nov-14 14:00:00	600	600	1084	11,9	116
17-nov-14 14:00:00	17-nov-14 15:00:00	600	601	1084	11,1	117
17-nov-14 15:00:00	17-nov-14 16:00:00	557	524	985	10,4	96
17-nov-14 16:00:00	17-nov-14 17:00:00	599	600	1060	12,0	139
17-nov-14 17:00:00	17-nov-14 18:00:00	599	601	1088	13,6	113
17-nov-14 18:00:00	17-nov-14 19:00:00	601	600	1086	14,2	114
17-nov-14 19:00:00	17-nov-14 20:00:00	572	572	1024	14,7	120
17-nov-14 20:00:00	17-nov-14 21:00:00	600	599	1072	14,4	127
17-nov-14 21:00:00	17-nov-14 22:00:00	525	506	887	14,1	144
17-nov-14 22:00:00	17-nov-14 23:00:00	560	547	876	12,9	231
17-nov-14 23:00:00	18-nov-14 00:00:00	545	545	986	11,6	104
18-nov-14 00:00:00	18-nov-14 01:00:00	527	524	940	12,3	112
18-nov-14 01:00:00	18-nov-14 02:00:00	524	525	926	13,0	123
18-nov-14 02:00:00	18-nov-14 03:00:00	524	521	902	11,8	143
18-nov-14 03:00:00	18-nov-14 04:00:00	524	525	908	10,6	141
18-nov-14 04:00:00	18-nov-14 05:00:00	510	407	802	11,4	115
18-nov-14 05:00:00	18-nov-14 06:00:00	525	524	900	12,2	149
18-nov-14 06:00:00	18-nov-14 07:00:00	544	544	919	16,2	170
18-nov-14 07:00:00	18-nov-14 08:00:00	576	573	953	20,2	196
18-nov-14 08:00:00	18-nov-14 09:00:00	598	599	1028	15,8	170
18-nov-14 09:00:00	18-nov-14 10:00:00	578	571	1021	11,4	128
18-nov-14 10:00:00	18-nov-14 11:00:00	599	573	1040	10,2	132
18-nov-14 11:00:00	18-nov-14 12:00:00	599	599	1089	9,0	109
18-nov-14 12:00:00	18-nov-14 13:00:00	600	599	1053	10,6	146
18-nov-14 13:00:00	18-nov-14 14:00:00	600	600	1040	12,2	160
18-nov-14 14:00:00	18-nov-14 15:00:00	570	570	1028	11,1	112
18-nov-14 15:00:00	18-nov-14 16:00:00	380	450	764	10,0	65
18-nov-14 18:00:00	18-nov-14 19:00:00	470	496	717	8,0	249
18-nov-14 19:00:00	18-nov-14 20:00:00	599	601	1015	7,6	185
18-nov-14 20:00:00	18-nov-14 21:00:00	601	602	1043	9,2	160
18-nov-14 21:00:00	18-nov-14 22:00:00	508	506	814	10,9	200
18-nov-14 22:00:00	18-nov-14 23:00:00	599	600	1037	11,6	161
18-nov-14 23:00:00	19-nov-14 00:00:00	600	599	1053	12,4	146
19-nov-14 00:00:00	19-nov-14 01:00:00	585	495	1011	11,3	70
19-nov-14 01:00:00	19-nov-14 02:00:00	572	539	938	10,2	172
19-nov-14 02:00:00	19-nov-14 03:00:00	447	542	860	10,8	130
19-nov-14 03:00:00	19-nov-14 04:00:00	501	601	897	11,4	205
19-nov-14 04:00:00	19-nov-14 05:00:00	519	600	928	12,0	190
19-nov-14 05:00:00	19-nov-14 06:00:00	549	599	994	12,6	154
19-nov-14 06:00:00	19-nov-14 07:00:00	548	600	1015	12,3	133
19-nov-14 07:00:00	19-nov-14 08:00:00	550	601	1034	12,0	117
19-nov-14 12:00:00	19-nov-14 13:00:00	522	568	469	5,3	622
19-nov-14 13:00:00	19-nov-14 14:00:00	523	572	916	3,2	179
19-nov-14 14:00:00	19-nov-14 15:00:00	528	465	843	5,3	149
19-nov-14 15:00:00	19-nov-14 16:00:00	550	556	941	7,4	164

Circuito com os moinhos em paralelo						
Dia		Alimentação Nova Moinho 1 (t/h)	Alimentação Nova Moinho 2 (t/h)	Alimentação da Flotação	%>0,15 mm flotação	Lama (t/h)
19-nov-14 16:00:00	19-nov-14 17:00:00	551	600	972	7,6	178
19-nov-14 17:00:00	19-nov-14 18:00:00	549	601	1002	7,8	148
19-nov-14 18:00:00	19-nov-14 19:00:00	550	600	997	8,1	153
19-nov-14 19:00:00	19-nov-14 20:00:00	550	599	993	8,3	157
19-nov-14 20:00:00	19-nov-14 21:00:00	551	601	1003	9,8	149
19-nov-14 21:00:00	19-nov-14 22:00:00	547	599	1021	11,4	124
19-nov-14 22:00:00	19-nov-14 23:00:00	533	600	990	11,0	143
19-nov-14 23:00:00	20-nov-14 00:00:00	550	600	1015	10,7	135
20-nov-14 00:00:00	20-nov-14 01:00:00	550	602	1029	11,3	123
20-nov-14 01:00:00	20-nov-14 02:00:00	551	549	984	11,9	116
20-nov-14 02:00:00	20-nov-14 03:00:00	537	601	991	10,2	147
20-nov-14 03:00:00	20-nov-14 04:00:00	548	601	1004	8,5	144
20-nov-14 04:00:00	20-nov-14 05:00:00	550	587	979	8,2	158
20-nov-14 05:00:00	20-nov-14 06:00:00	527	563	975	7,8	115
20-nov-14 06:00:00	20-nov-14 07:00:00	550	570	848	7,9	272
20-nov-14 07:00:00	20-nov-14 08:00:00	513	558	926	7,9	146
20-nov-14 08:00:00	20-nov-14 09:00:00	551	601	999	6,6	153
20-nov-14 15:00:00	20-nov-14 16:00:00	466	450	704	14,0	213
20-nov-14 16:00:00	20-nov-14 17:00:00	450	451	677	13,8	224
20-nov-14 17:00:00	20-nov-14 18:00:00	393	389	644	13,5	138
20-nov-14 18:00:00	20-nov-14 19:00:00	440	384	617	13,2	206
20-nov-14 19:00:00	20-nov-14 20:00:00	429	448	709	12,9	168
20-nov-14 21:00:00	20-nov-14 22:00:00	440	443	533	10,3	350
20-nov-14 22:00:00	20-nov-14 23:00:00	421	422	601	10,9	242
20-nov-14 23:00:00	21-nov-14 00:00:00	444	446	645	11,5	245
21-nov-14 00:00:00	21-nov-14 01:00:00	430	427	592	13,4	265
21-nov-14 03:00:00	21-nov-14 04:00:00	450	482	617	19,4	315
21-nov-14 04:00:00	21-nov-14 05:00:00	395	441	775	14,3	61
21-nov-14 05:00:00	21-nov-14 06:00:00	450	486	598	9,1	339
21-nov-14 06:00:00	21-nov-14 07:00:00	503	518	820	10,7	200
21-nov-14 07:00:00	21-nov-14 08:00:00	600	600	1014	12,3	186
21-nov-14 08:00:00	21-nov-14 09:00:00	600	601	1057	11,3	144
21-nov-14 09:00:00	21-nov-14 10:00:00	600	600	1079	10,2	121
21-nov-14 10:00:00	21-nov-14 11:00:00	572	572	1034	11,2	109
21-nov-14 11:00:00	21-nov-14 12:00:00	539	539	961	12,2	117
21-nov-14 12:00:00	21-nov-14 13:00:00	549	552	925	11,3	177
21-nov-14 13:00:00	21-nov-14 14:00:00	481	486	830	10,3	137
21-nov-14 14:00:00	21-nov-14 15:00:00	485	550	924	9,2	111
21-nov-14 15:00:00	21-nov-14 16:00:00	467	467	879	8,0	55
21-nov-14 17:00:00	21-nov-14 18:00:00	537	544	746	9,7	335
21-nov-14 18:00:00	21-nov-14 19:00:00	550	550	959	7,9	141
21-nov-14 19:00:00	21-nov-14 20:00:00	551	550	965	6,2	135
21-nov-14 20:00:00	21-nov-14 21:00:00	550	550	975	7,0	125
21-nov-14 21:00:00	21-nov-14 22:00:00	550	550	967	7,8	133
21-nov-14 22:00:00	21-nov-14 23:00:00	550	551	970	8,3	131
21-nov-14 23:00:00	22-nov-14 00:00:00	549	551	969	8,8	131
22-nov-14 00:00:00	22-nov-14 01:00:00	469	446	859	9,8	57
22-nov-14 01:00:00	22-nov-14 02:00:00	431	430	699	10,8	162
22-nov-14 03:00:00	22-nov-14 04:00:00	400	400	666	9,1	135
22-nov-14 04:00:00	22-nov-14 05:00:00	476	476	760	9,5	193
22-nov-14 05:00:00	22-nov-14 06:00:00	473	408	763	9,8	118
22-nov-14 06:00:00	22-nov-14 07:00:00	512	491	857	9,3	146
22-nov-14 07:00:00	22-nov-14 08:00:00	502	499	871	8,8	131
22-nov-14 08:00:00	22-nov-14 09:00:00	476	475	793	9,0	158
22-nov-14 09:00:00	22-nov-14 10:00:00	410	407	682	9,2	135
22-nov-14 10:00:00	22-nov-14 11:00:00	441	482	572	9,8	350
22-nov-14 11:00:00	22-nov-14 12:00:00	560	559	918	10,5	201
22-nov-14 12:00:00	22-nov-14 13:00:00	570	570	1006	9,8	134

Circuito com os moinhos em paralelo						
Dia		Alimentação Nova Moinho 1 (t/h)	Alimentação Nova Moinho 2 (t/h)	Alimentação da Flotação	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
22-nov-14 20:00:00	22-nov-14 21:00:00	569	571	742	10,1	399
22-nov-14 21:00:00	22-nov-14 22:00:00	572	571	923	10,1	220
22-nov-14 22:00:00	22-nov-14 23:00:00	571	568	996	8,9	144
22-nov-14 23:00:00	23-nov-14 00:00:00	572	569	998	7,6	143
23-nov-14 00:00:00	23-nov-14 01:00:00	572	570	983	10,4	160
23-nov-14 01:00:00	23-nov-14 02:00:00	570	537	976	13,2	131
23-nov-14 02:00:00	23-nov-14 03:00:00	571	570	982	11,3	159
23-nov-14 03:00:00	23-nov-14 04:00:00	571	569	995	9,3	145
23-nov-14 04:00:00	23-nov-14 05:00:00	569	570	1007	8,1	132
23-nov-14 05:00:00	23-nov-14 06:00:00	569	569	1026	6,8	112
23-nov-14 06:00:00	23-nov-14 07:00:00	474	473	869	6,1	77
23-nov-14 07:00:00	23-nov-14 08:00:00	500	500	876	5,4	124
23-nov-14 08:00:00	23-nov-14 09:00:00	508	508	882	5,8	135
23-nov-14 09:00:00	23-nov-14 10:00:00	555	555	940	6,2	170
23-nov-14 10:00:00	23-nov-14 11:00:00	571	569	994	6,2	145
23-nov-14 11:00:00	23-nov-14 12:00:00	571	570	999	6,2	142
23-nov-14 12:00:00	23-nov-14 13:00:00	571	571	995	8,3	146
23-nov-14 13:00:00	23-nov-14 14:00:00	569	571	967	10,3	173
23-nov-14 14:00:00	23-nov-14 15:00:00	569	570	968	10,8	172
23-nov-14 15:00:00	23-nov-14 16:00:00	569	529	962	11,2	136
23-nov-14 16:00:00	23-nov-14 17:00:00	570	570	1016	11,0	124
23-nov-14 17:00:00	23-nov-14 18:00:00	492	525	889	10,8	127
23-nov-14 18:00:00	23-nov-14 19:00:00	568	509	996	12,2	81
23-nov-14 19:00:00	23-nov-14 20:00:00	546	520	890	13,5	176
23-nov-14 20:00:00	23-nov-14 21:00:00	569	569	1008	11,8	130
23-nov-14 21:00:00	23-nov-14 22:00:00	571	569	1017	10,2	123
23-nov-14 22:00:00	23-nov-14 23:00:00	570	513	966	10,9	117
23-nov-14 23:00:00	24-nov-14 00:00:00	571	556	1012	11,6	115
24-nov-14 00:00:00	24-nov-14 01:00:00	515	515	923	11,4	108
24-nov-14 01:00:00	24-nov-14 02:00:00	569	571	998	11,1	142
24-nov-14 02:00:00	24-nov-14 03:00:00	569	569	1019	10,1	119
24-nov-14 03:00:00	24-nov-14 04:00:00	570	570	1032	9,1	109
24-nov-14 04:00:00	24-nov-14 05:00:00	525	476	904	9,7	96
24-nov-14 09:00:00	24-nov-14 10:00:00	404	391	617	4,5	178
24-nov-14 10:00:00	24-nov-14 11:00:00	410	463	746	5,9	126
24-nov-14 11:00:00	24-nov-14 12:00:00	538	542	725	7,3	354
24-nov-14 12:00:00	24-nov-14 13:00:00	600	599	1063	8,1	136
24-nov-14 13:00:00	24-nov-14 14:00:00	556	555	1034	8,8	77
24-nov-14 14:00:00	24-nov-14 15:00:00	430	426	778	10,1	78
24-nov-14 16:00:00	24-nov-14 17:00:00	513	495	763	9,8	244
24-nov-14 17:00:00	24-nov-14 18:00:00	549	551	932	8,4	167
24-nov-14 18:00:00	24-nov-14 19:00:00	551	525	947	8,9	129
24-nov-14 19:00:00	24-nov-14 20:00:00	552	376	821	9,4	107
24-nov-14 20:00:00	24-nov-14 21:00:00	549	550	923	11,3	176
24-nov-14 21:00:00	24-nov-14 22:00:00	551	550	950	13,2	151
24-nov-14 22:00:00	24-nov-14 23:00:00	551	548	949	11,8	150
24-nov-14 23:00:00	25-nov-14 00:00:00	551	549	969	10,4	131
25-nov-14 00:00:00	25-nov-14 01:00:00	550	551	979	9,6	122
25-nov-14 01:00:00	25-nov-14 02:00:00	550	550	972	8,9	127
25-nov-14 02:00:00	25-nov-14 03:00:00	551	549	969	9,4	131
25-nov-14 03:00:00	25-nov-14 04:00:00	515	533	926	9,9	122
25-nov-14 04:00:00	25-nov-14 05:00:00	552	551	953	10,6	150
25-nov-14 07:00:00	25-nov-14 08:00:00	398	400	657	9,6	141
25-nov-14 08:00:00	25-nov-14 09:00:00	398	381	670	9,0	109
25-nov-14 09:00:00	25-nov-14 10:00:00	396	369	585	8,4	181
25-nov-14 10:00:00	25-nov-14 11:00:00	550	549	853	8,3	246
25-nov-14 11:00:00	25-nov-14 12:00:00	552	550	941	8,2	160
25-nov-14 12:00:00	25-nov-14 13:00:00	549	550	981	8,5	118

Circuito com os moinhos em paralelo						
Dia		Alimentação Nova Moinho 1 (t/h)	Alimentação Nova Moinho 2 (t/h)	Alimentação da Flotação	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
25-nov-14 13:00:00	25-nov-14 14:00:00	550	551	949	8,9	152
25-nov-14 14:00:00	25-nov-14 15:00:00	440	440	807	9,7	73
25-nov-14 15:00:00	25-nov-14 16:00:00	399	401	636	10,5	164
25-nov-14 16:00:00	25-nov-14 17:00:00	400	400	612	10,6	188
25-nov-14 17:00:00	25-nov-14 18:00:00	472	471	705	10,7	238
25-nov-14 18:00:00	25-nov-14 19:00:00	550	552	896	9,6	206
25-nov-14 19:00:00	25-nov-14 20:00:00	549	551	960	8,5	140
25-nov-14 20:00:00	25-nov-14 21:00:00	550	550	962	10,7	138
25-nov-14 21:00:00	25-nov-14 22:00:00	550	550	953	12,8	147
25-nov-14 22:00:00	25-nov-14 23:00:00	549	543	964	12,6	128
25-nov-14 23:00:00	26-nov-14 00:00:00	550	550	937	12,4	163
26-nov-14 00:00:00	26-nov-14 01:00:00	550	551	949	11,3	151
26-nov-14 01:00:00	26-nov-14 02:00:00	551	510	890	10,2	170
26-nov-14 02:00:00	26-nov-14 03:00:00	550	482	857	10,9	175
26-nov-14 03:00:00	26-nov-14 04:00:00	549	550	919	11,7	180
26-nov-14 04:00:00	26-nov-14 05:00:00	551	549	946	12,6	154
26-nov-14 05:00:00	26-nov-14 06:00:00	550	551	948	13,5	153
26-nov-14 06:00:00	26-nov-14 07:00:00	549	550	938	12,6	162
26-nov-14 07:00:00	26-nov-14 08:00:00	550	550	951	11,6	149
26-nov-14 11:00:00	26-nov-14 12:00:00	450	450	618	10,6	283
26-nov-14 12:00:00	26-nov-14 13:00:00	451	451	711	9,0	191
26-nov-14 13:00:00	26-nov-14 14:00:00	490	489	791	7,4	187
26-nov-14 14:00:00	26-nov-14 15:00:00	551	549	964	9,6	136
26-nov-14 15:00:00	26-nov-14 16:00:00	461	431	760	11,8	133
26-nov-14 16:00:00	26-nov-14 17:00:00	574	576	977	10,1	172
26-nov-14 17:00:00	26-nov-14 18:00:00	576	575	998	8,3	153
26-nov-14 18:00:00	26-nov-14 19:00:00	574	558	955	9,3	177
26-nov-14 19:00:00	26-nov-14 20:00:00	500	516	902	10,3	114
26-nov-14 20:00:00	26-nov-14 21:00:00	500	551	913	10,6	139
26-nov-14 21:00:00	26-nov-14 22:00:00	500	535	907	10,9	128
27-nov-14 00:00:00	27-nov-14 01:00:00	425	427	680	8,5	172
27-nov-14 01:00:00	27-nov-14 02:00:00	445	441	603	8,4	283
27-nov-14 02:00:00	27-nov-14 03:00:00	500	500	781	9,9	219
27-nov-14 03:00:00	27-nov-14 04:00:00	540	540	843	11,4	236
27-nov-14 04:00:00	27-nov-14 05:00:00	550	550	882	11,1	217
27-nov-14 05:00:00	27-nov-14 06:00:00	550	550	884	10,9	217
27-nov-14 06:00:00	27-nov-14 07:00:00	551	516	870	11,6	197
27-nov-14 07:00:00	27-nov-14 08:00:00	550	550	892	12,3	208
27-nov-14 08:00:00	27-nov-14 09:00:00	550	550	895	12,5	205
27-nov-14 09:00:00	27-nov-14 10:00:00	527	542	893	12,6	176
27-nov-14 10:00:00	27-nov-14 11:00:00	524	509	817	13,0	216
27-nov-14 11:00:00	27-nov-14 12:00:00	542	534	954	13,4	122
27-nov-14 14:00:00	27-nov-14 15:00:00	415	417	515	9,1	317
27-nov-14 15:00:00	27-nov-14 16:00:00	549	549	850	10,1	249
27-nov-14 16:00:00	27-nov-14 17:00:00	551	550	922	9,3	178
27-nov-14 17:00:00	27-nov-14 18:00:00	537	470	870	8,4	137
27-nov-14 18:00:00	27-nov-14 19:00:00	548	549	892	8,4	205
27-nov-14 19:00:00	27-nov-14 20:00:00	551	550	898	8,4	202
27-nov-14 20:00:00	27-nov-14 21:00:00	550	550	941	9,2	159
27-nov-14 21:00:00	27-nov-14 22:00:00	551	549	911	10,0	189
27-nov-14 22:00:00	27-nov-14 23:00:00	469	433	805	10,3	98
27-nov-14 23:00:00	28-nov-14 00:00:00	551	551	860	10,7	241
28-nov-14 00:00:00	28-nov-14 01:00:00	550	550	900	8,8	200
28-nov-14 01:00:00	28-nov-14 02:00:00	548	550	897	6,8	201
28-nov-14 02:00:00	28-nov-14 03:00:00	551	550	889	10,7	212
28-nov-14 03:00:00	28-nov-14 04:00:00	549	550	850	14,6	250
28-nov-14 04:00:00	28-nov-14 05:00:00	550	551	895	15,0	207
28-nov-14 05:00:00	28-nov-14 06:00:00	550	551	891	15,3	210

Circuito com os moinhos em paralelo						
Dia		Alimentação Nova Moinho 1 (t/h)	Alimentação Nova Moinho 2 (t/h)	Alimentação da Flotação	% >0,15 mm flotação	Lama (t/h)
28-nov-14 07:00:00	28-nov-14 08:00:00	502	534	773	14,8	264
28-nov-14 08:00:00	28-nov-14 09:00:00	550	550	957	13,6	144
28-nov-14 09:00:00	28-nov-14 10:00:00	545	546	948	12,3	143
28-nov-14 10:00:00	28-nov-14 11:00:00	525	525	893	12,8	158
28-nov-14 11:00:00	28-nov-14 12:00:00	527	525	904	13,4	148
28-nov-14 12:00:00	28-nov-14 13:00:00	531	531	894	12,8	168
28-nov-14 13:00:00	28-nov-14 14:00:00	551	549	942	12,2	159
28-nov-14 14:00:00	28-nov-14 15:00:00	550	549	943	10,5	156
28-nov-14 15:00:00	28-nov-14 16:00:00	492	485	867	8,9	110
28-nov-14 16:00:00	28-nov-14 17:00:00	450	423	765	10,7	108
28-nov-14 17:00:00	28-nov-14 18:00:00	451	450	783	12,5	118
28-nov-14 18:00:00	28-nov-14 19:00:00	519	520	850	10,8	189
28-nov-14 19:00:00	28-nov-14 20:00:00	550	543	957	9,1	136
28-nov-14 20:00:00	28-nov-14 21:00:00	550	550	959	8,8	141
28-nov-14 21:00:00	28-nov-14 22:00:00	550	550	965	8,5	135
28-nov-14 22:00:00	28-nov-14 23:00:00	460	461	846	7,7	74
28-nov-14 23:00:00	29-nov-14 00:00:00	449	450	789	6,9	109
29-nov-14 00:00:00	29-nov-14 01:00:00	449	450	793	6,8	107
29-nov-14 01:00:00	29-nov-14 02:00:00	442	450	762	6,6	130
29-nov-14 02:00:00	29-nov-14 03:00:00	440	451	760	5,0	130
29-nov-14 03:00:00	29-nov-14 04:00:00	450	450	759	3,5	142
29-nov-14 04:00:00	29-nov-14 05:00:00	446	438	751	4,7	132
29-nov-14 05:00:00	29-nov-14 06:00:00	406	450	739	5,9	117
29-nov-14 06:00:00	29-nov-14 07:00:00	384	369	707	7,4	46
29-nov-14 10:00:00	29-nov-14 11:00:00	433	393	599	6,3	227
29-nov-14 11:00:00	29-nov-14 12:00:00	431	411	706	5,6	136
29-nov-14 12:00:00	29-nov-14 13:00:00	448	450	773	6,3	125
29-nov-14 13:00:00	29-nov-14 14:00:00	451	449	772	7,0	129
29-nov-14 14:00:00	29-nov-14 15:00:00	442	451	767	6,8	126
29-nov-14 15:00:00	29-nov-14 16:00:00	436	449	761	6,7	124
29-nov-14 16:00:00	29-nov-14 17:00:00	390	409	746	7,0	53
29-nov-14 20:00:00	29-nov-14 21:00:00	451	450	614	6,0	287
29-nov-14 21:00:00	29-nov-14 22:00:00	451	451	744	5,8	158
29-nov-14 22:00:00	29-nov-14 23:00:00	450	451	746	7,2	154
29-nov-14 23:00:00	30-nov-14 00:00:00	448	451	746	8,5	153
30-nov-14 00:00:00	30-nov-14 01:00:00	451	420	748	8,1	122
30-nov-14 01:00:00	30-nov-14 02:00:00	452	450	761	7,7	141
30-nov-14 02:00:00	30-nov-14 03:00:00	454	451	766	7,0	139
30-nov-14 03:00:00	30-nov-14 04:00:00	451	449	774	6,3	126
30-nov-14 04:00:00	30-nov-14 05:00:00	384	391	676	8,0	99
30-nov-14 06:00:00	30-nov-14 07:00:00	449	451	745	8,8	155
30-nov-14 07:00:00	30-nov-14 08:00:00	450	409	717	7,9	143
30-nov-14 08:00:00	30-nov-14 09:00:00	449	368	600	8,7	217
30-nov-14 09:00:00	30-nov-14 10:00:00	450	451	716	9,5	185
30-nov-14 10:00:00	30-nov-14 11:00:00	451	452	729	10,9	174
30-nov-14 11:00:00	30-nov-14 12:00:00	455	455	740	12,3	170
30-nov-14 12:00:00	30-nov-14 13:00:00	500	500	810	11,5	190
30-nov-14 13:00:00	30-nov-14 14:00:00	501	501	854	10,7	148
30-nov-14 14:00:00	30-nov-14 15:00:00	480	481	842	10,3	119
30-nov-14 15:00:00	30-nov-14 16:00:00	499	499	826	10,0	172
30-nov-14 16:00:00	30-nov-14 17:00:00	389	396	688	9,8	97
30-nov-14 17:00:00	30-nov-14 18:00:00	473	486	793	9,5	167
30-nov-14 18:00:00	30-nov-14 19:00:00	476	496	821	9,4	151
30-nov-14 19:00:00	30-nov-14 20:00:00	449	434	772	9,3	111
30-nov-14 20:00:00	30-nov-14 21:00:00	450	451	762	9,3	139
30-nov-14 21:00:00	30-nov-14 22:00:00	442	450	758	9,4	134
30-nov-14 22:00:00	30-nov-14 23:00:00	451	449	753	9,1	148
30-nov-14 23:00:00	01-dez-14 00:00:00	443	450	752	8,8	141