



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
Escola de Minas - Departamento de Engenharia de Minas
Pós-Graduação *Lato Sensu* em Beneficiamento Mineral



JUVENAL JOSÉ BARBOSA

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE AMOSTRAGEM DO *ROM* DA MINA DE
FÁBRICA NOVA**

OURO PRETO (MG)

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

JUVENAL JOSÉ BARBOSA

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE AMOSTRAGEM DO ROM DA MINA DE
FÁBRICA NOVA**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito para obtenção do título de Especialista em Beneficiamento Mineral.

Orientadora: Prof^a. Msc. Gilmara Mendonça Lopes

OURO PRETO (MG)

2010

Agradecimento

Sou grato a Deus por tudo que me proporciona.

À minha família, Wenilde, Lucas, Vitor e Luiza pela compreensão, apoio e motivação para mais esta conquista.

À professora e orientadora Gilmara Mendonça pelo apoio, determinação, competência e gentileza na condução do trabalho para consolidação dos meus conhecimentos e conceitos que culminaram na execução e conclusão desta monografia.

Aos companheiros José Ferreira e Sandro Mizael que me auxiliaram nos trabalhos de campo e análise de resultados.

Resumo

O processo de amostragem constitui uma etapa crítica dos processos industriais, visto que os erros desta operação refletem em todas as operações subsequentes, desde a pesquisa mineral até os contratos de venda. Por essa razão, este trabalho buscou, através de uma abordagem teórica, identificar os principais erros presentes na etapa de amostragem do circuito de Fábrica Nova. Os resultados obtidos foram comparados e analisados através do *software* Minitab 15. Os cálculos de massa mínima necessária a obtenção de uma amostra “confiável” foram executados de acordo com a equação de Pierre Gy. A massa amostrada no processo é cerca de quatro vezes maior do que a massa calculada pela equação de Pierre Gy recomendada para cálculos de massa mínima a ser amostrada. O teste de “Paired-t”, mostrou que não é possível afirmar que a amostra teórica e a real não são iguais, provavelmente, devido a brusca redução de massa entre o amostrador primário e o secundário.

Palavras chave: Amostragem, Massa mínima, Minitab, Equação de Pierre Gy.

Abstract

The sampling process is a critical step in the industry: the errors from this operation reflect on all subsequent operations, since the research until commercial contracts. That is why of this work, through a theoretical approach, we can identify the main errors in the sampling step of Fabrica Nova circuit. The results that we obtained were compared and analyzed using the Minitab 15 software. Calculus about the minimum mass necessary for a confidence sample was make using the Pierre Gy's equation. The sampling mass in the process is four times bigger that the calculated mass through Pierre Gy's equation. The "Paired-t" test showed that is impossible to state that the real sample and the theoretical sample are exactly the same, probably due to the sudden mass reduction between the first and the second sampling equipment.

Keywords: Sampling, Mininum mass, Minitab 15, Pierre Gy's Equation.

Lista de figuras

Figura 1: Principais minas do Complexo Mariana, quadrilátero ferrífero, MG.	11
Figura 2: Fluxograma simplificado do circuito de britagem e empilhamento das usinas de Fábrica e Timbopeba.	12
Figura 3: Fluxo produtivo das usinas de Fábrica Nova e Timbopeba.....	13
Figura 4: Torre de amostragem do ROM britado da mina de Fábrica Nova.....	15
Figura 5: Amostrador tipo corta fluxo com trajetória retilínea.	18
Figura 6: Distribuicao dos teores de Fe_2O_3 (%) na massa amostrada	27

Lista de tabelas

Tabela 1: Especificações de produtos gerados nas usinas de Fábrica Nova e Timbopeba	12
Tabela 2: Análise química das amostras em estudo e comparativo da massa teórica calculada e massa amostrada.....	26
Tabela 3: Parâmetros estatísticos básicos dos elementos de interesse e massa teórica e massa amostrada.....	27
Tabela 4: Resumo dos parâmetros estatísticos usados na comparação dos dados com a distribuição normal, Teste de normalidade de Anderson Darling	28
Tabela 5: Teste de correlação de Pearson entre massa amostrada e massa teórica..	29
Tabela 6: Resultado do teste <i>Paired T</i>	30

Sumário

1. Introdução.....	9
2. Revisão Bibliográfica	16
3. Objetivo.....	23
4. Metodologia	24
5. Análise e discussão dos resultados.....	25
6. Conclusões	31
7. Referências bibliográficas.....	32
8. Anexos.....	33

1. Introdução

A história da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) começou em 1902, quando o governo Federal autorizou a construção da estrada de ferro Vitória-Minas. Devido à realização de estudos geológicos, e aquisição, por grupos ingleses, não só dessas jazidas, como também da maioria das ações da companhia Vitória-Minas, não previstos, o traçado da ferrovia foi alterado.

A CVRD foi constituída em 1942, com a participação majoritária do governo brasileiro, sucedendo a Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia. Tinha como objetivo inicial produzir e exportar, através do porto de Vitória (ES), 1.500.000 toneladas por ano de minério, o que se realizou somente em 1952.

Na década de 1960-70 com o crescimento da demanda mundial de minério de ferro, tornou-se indispensável a modernização e expansão da empresa, a fim de ampliar sua participação no mercado internacional. Assim em 1962, com a construção do Porto de Tubarão e a duplicação da ferrovia, atingiu-se a marca de 20 milhões de toneladas por ano de minério. Nesta década, também se iniciou a implantação das usinas do Complexo de pelletização no Espírito Santo e o projeto de exploração das jazidas de Carajás no Pará. Deste período até os dias atuais, a CVRD vem aprimorando-se e investindo em pesquisa, tendo desenvolvido o Projeto CAUÊ, pioneiro em concentração de itabiritos e a usina-piloto de beneficiamento de Carajás.

Em 1997 a empresa foi privatizada, sendo adquirida pelo Consórcio Brasil, deixando de ter o governo como controlador, continuando a se expandir através de aquisições de outras empresas do setor de minério de ferro, como sendo as principais a Socoimex, Samitri, Ferteco, Samarco e MBR. Além de investir fortemente em novos projetos no Brasil, também são feitos investimentos no exterior, visando aumentar sua representatividade mundial no setor mineral.

Atualmente a CVRD é a maior exportadora de minério de ferro do mundo e um dos mais importantes e produtivos grupos empresariais brasileiros, com atuação internacional e clientes em todos os continentes.

Em 2007, em uma grande campanha de valorização de sua imagem no Brasil e divulgação no exterior a companhia mudou sua logomarca e passou a se chamar VALE.

A VALE atua em diversos ramos da mineração, mas o de maior expressão é o de minério de ferro, que geograficamente está dividido em sistema norte, sistema sul e sistema

sudeste. O sistema Sul é composto por três grandes complexos mineradores: Itabira, Mariana, e Minas Centrais. Estes complexos englobam nove minas em operação, localizadas no quadrilátero ferrífero em Minas Gerais, sendo suas produções destinadas ao mercado interno e exportação através do porto de tubarão no Espírito Santo.

As minas do Complexo Mariana, estão localizadas na borda leste do quadrilátero ferrífero, aproximadamente 140 km de Belo Horizonte, entre as coordenadas: latitude 20°07'00'' e 20°17'00'' S; longitude 43°24'00'' W, na zona metalúrgica do estado de Minas Gerais, nos municípios de Ouro Preto, Mariana e Catas Altas.

O acesso rodoviário se faz pela rodovia MG - 129, em um percurso que dista de Mariana cerca de 30 Km e 140 Km de Belo Horizonte.

O complexo minerador é composto pelas minas de Alegria, Fazendão, Fábrica Nova. Suas reservas são da ordem de 1 bilhão de toneladas de minério de ferro, sendo 24% de hematita e 76% de itabirito. A figura 1, mostra um esquema com a localização geográfica e as principais minas, usinas e acessos.

O complexo produtivo é constituído por um sistema em Timbopeba outro em Alegria. Em Timbopeba beneficia-se o minério proveniente da Mina de Fábrica Nova nas usinas de Fábrica Nova e Timbopeba. Nas usinas de beneficiamento 01, 02 e 03, em Alegria são beneficiados os minérios provenientes das minas de Fábrica Nova, Fazendão e Alegria.

A Mina de Fábrica Nova é parte integrante do complexo ferrífero e se insere no Distrito de Alegria, borda leste do Quadrilátero Ferrífero. Apresenta minérios de ferro de caráter tectônico e supergênico, com itabiritos e corpos de hematita de variadas dimensões e geometrias. Apresenta uma complexa estruturação geológica em função da superposição de vários eventos tectônicos. Como efeito destas alterações, existe a multiplicidade de complicadores estruturais que influenciaram o processo da mineralização ferrífera e pode impor restrições para a lavra.

A mina está em processo de lavra desde 1998. O *run of mine (ROM)* era processado apenas nas instalações da mina de Alegria e a partir de maio de 2005 o minério da mina de Fábrica Nova passou a ser processado também em Timbopeba, nas usinas de Timbopeba e Fábrica Nova, utilizando-se rotas de processos que foram adequadas a esse fim.

Na mina de Fábrica Nova, o ROM é desmontado por tratores e escavadeiras e também por explosivos, sendo parte, destinado às usinas em Timbopeba e Alegria. Na mina de Alegria, o transporte é feito por caminhões rodoviários de 40 e 50 toneladas. No caso de Timbopeba,

objeto de estudo desse trabalho, utiliza-se um transportador de correias de longa distância cujos detalhes serão descritos a seguir.



Figura 1: Principais minas do Complexo Mariana, quadrilátero ferrífero, MG.

A figura 2 mostra um fluxograma simplificado do processamento dos minérios em Timbopeba. O minério é alimentado no britador primário e segue para peneiramento em circuito aberto com britagem secundária, cujo produto tem a granulometria inferior a 4" (101,6 mm) e constitui a pilha cônica reguladora.

Através de alimentadores vibratórios instalados na base desta pilha reguladora, alimenta-se uma seqüência de seis lances de correias, que totalizam 10,4 Km de comprimento e capacidade para 3200 ton/h, a uma velocidade 4,22m/s. Em Timbopeba o ROM passa por uma torre de amostragem (destacada na figura 2) e é encaminhado para o pátio de homogeneização com capacidade para formação de duas pilhas de 125.000 toneladas cada. O método de empilhamento é "chevron/windrow" no qual o minério é distribuído em 15 cordões, utilizando-se uma empilhadeira móvel e uma retomadora tipo pente para alimentar as usinas.

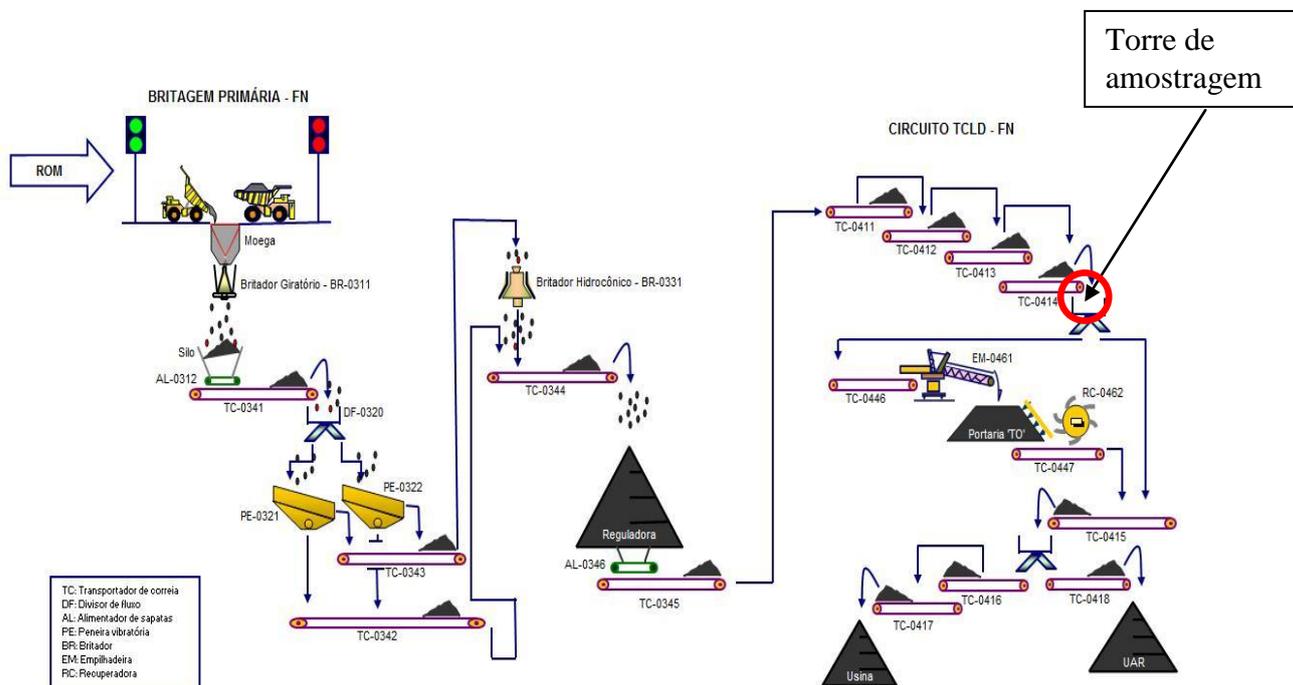


Figura 2: Fluxograma simplificado do circuito de britagem e empilhamento das usinas de Fábrica e Timbopeba.

Nas usinas de Fábrica Nova e Timbopeba (FN/TO), o minério passa pelas etapas de classificação, rebitagem, moagem, concentração magnética e flotação, gerando produtos finais.

Os produtos gerados são: os granulados (NPO – Natural Pellet Ore), sinter feed (SF) e pellet feed (PF). As especificações desses produtos podem ser vistas na tabela 1.

Tabela 1: Especificações de produtos gerados nas usinas de Fábrica Nova e Timbopeba

Produto	Granulometria	% Fe	% SiO ₂	% P	% Al ₂ O ₃
NPO	+ 10 mm	65,37	2,67	0,065	1,42
Sinter Feed	- 10 + 0,15 mm	64,38	4,61	0,068	1,1
Pellet Feed	- 0,15 mm	67,66	1,04	0,052	0,6

A capacidade atual do sistema produtivo em questão é de 15 milhões ton/ano em produtos finais, que são expedidos pela ferrovia Vitória-Minas.

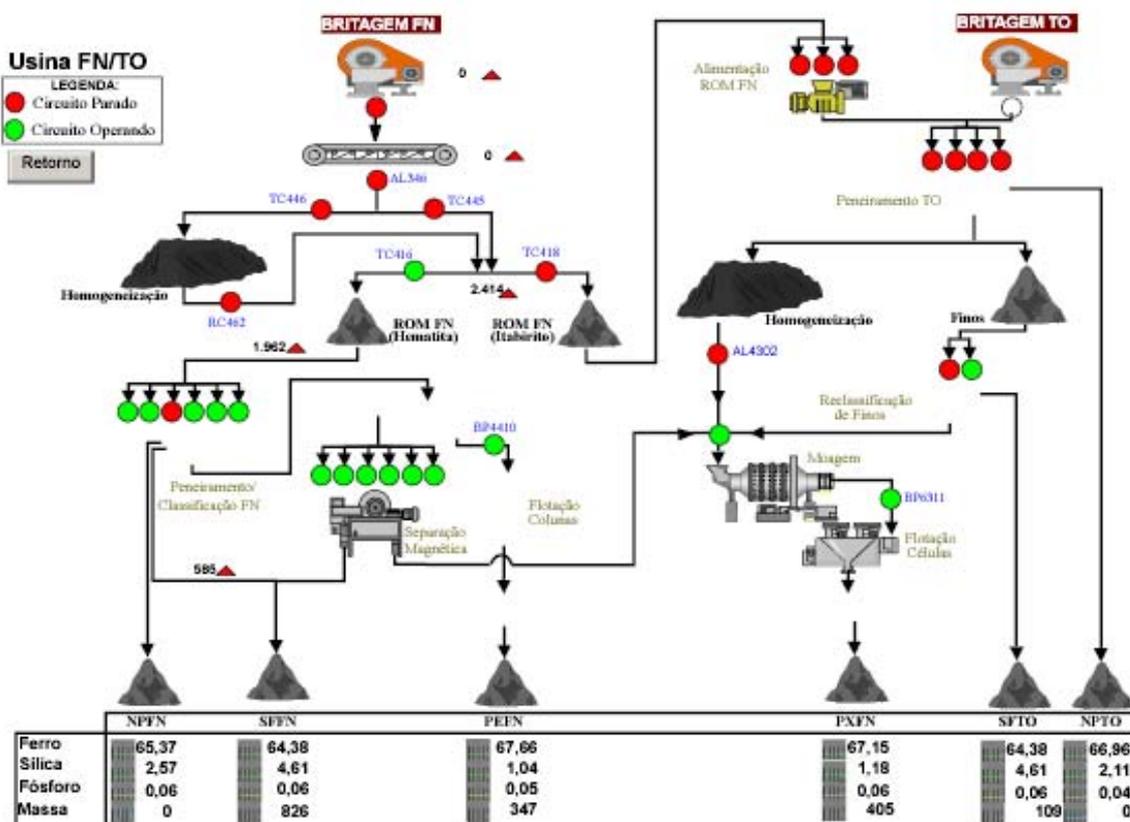


Figura 3: Fluxo produtivo das usinas de Fábrica Nova e Timbopeba.

Diante da complexidade dos processos envolvidos no beneficiamento desses minérios, a amostragem apresenta-se como uma etapa fundamental para o processo industrial. Como é inviável analisar todo o material que sai da mina ou os produtos da usina, faz-se necessário a aplicação de plano de amostragem, no qual pequenas porções de material sejam representativas do todo e possam ser tomadas e analisadas com o objetivo de garantia de qualidade, controle de processo, desenvolvimento de outras tecnologias entre outras aplicações.

A amostragem é a operação que busca representar um determinado lote, de quantidade qualquer, por uma fração retirada deste, de forma adequada e definida por procedimentos técnicos e matematicamente fundamentados. A busca da representatividade das amostras se faz necessária por ser esta a forma de garantia aceitas nos investimentos e transações comerciais, nas quais valores expressivos estão envolvidos.

Cada vez mais, os resultados de análises certificadas e reconhecidas vem sendo exigidos e contemplados em contratos como uma condição básica para que os diversos produtos possam romper as fronteiras e serem comercializados. Isto porque as partes envolvidas precisam sempre ter a garantia de que o produto negociado estará na meta contratada ou dentro de limites, superiores e/ou inferiores previamente estabelecidos. Da mesma forma e não menos importante, os processos internos necessitam de análises de concentrados, rejeitos, alimentações etc, de forma confiável, para gerar produtos de qualidade a custos competitivos, possibilitar o desenvolvimento de novos produtos e controle necessários à sustentabilidade do negócio. Por isso o processo de amostragem é tão importante nas várias etapas do processo de produção.

A norma NBR ISO 3082:2003 trata das recomendações para procedimentos de amostragem, preparação de amostras e manuseio de lotes de minério de ferro. Tal norma estabelece critérios técnicos para estruturas de amostragem, parâmetros técnicos dos amostradores, critérios de frequência e massa das alíquotas, procedimentos para a preparação, análises das amostras e também para o tratamento estatístico destas amostras. Dentre os requisitos citados na norma NBR ISO 3082, os fatores forma, posicionamento, abertura e velocidade do cortador de fluxo são considerados de grande importância.

No processo de amostragem de FN, a torre de amostragem é composta por um cortador linear de descarga contínua (amostrador primário) que desvia o incremento para um “chute” de transferência. Este alimentador possui duas opções de operação: alimentação direta do circuito de classificação e/ou homogeneização em pilhas. Os incrementos secundários são direcionados para os recipientes e as amostras acondicionadas e transferidas para o laboratório. A figura 4 mostra a torre de amostragem do circuito FN.



Figura 4: Torre de amostragem do ROM britado da mina de Fábrica Nova.

2. Revisão Bibliográfica

A amostragem de uma jazida pode ser realizada por diversos processos através da coleta de amostras em poços verticais, trincheiras, furos de sonda e galerias. Ela é dita preferencial quando a localização das amostras não obedece um espaçamento regular, ou seja, está aleatoriamente distribuída. Entre os fatores que podem fazer com que subáreas sejam preferencialmente amostradas estão as condições de acessibilidade, valores de atributos esperados e estratégia de amostragem.

A amostragem constitui a primeira e uma das mais importantes tarefas no controle de uma usina ou de uma mina. Os materiais a serem amostrados chegam, às vezes, a centenas de toneladas. As amostras, por sua vez, não poderão passar de alguns quilos, no caso de análises granulométricas, ou de alguns gramas, no caso de análise química. A etapa de planejamento em um processo de amostragem é de fundamental importância pois nela deve-se considerar que dados serão obtidos, como serão levantados, cronograma, custo, metodologia, etc. Definir de forma clara, objetiva e correta aquilo que se deseja pesquisar é a condição elementar para se chegar a análises e conclusões concisas e coerentes.

A amostragem de minérios quer se trate de jazidas minerais, material a granel foi considerada, até bem pouco tempo, como arte. Atualmente, graças ao desenvolvimento de modelos matemáticos, é tratada como ciência, embora ainda persista o tratamento de problemas de amostragem como uma simples operação mecânica.

Segundo Pierre Gy, um estágio de amostragem pode ser enquadrado como processo de amostragem por incrementos (coleta) e/ou de partilha. O processo de amostragem por incrementos é usado no trato de grandes massas de materiais e, portanto, de difícil manuseio, empregado em larga escala nas usinas de beneficiamento. Já o processo de partilha aplica-se a lotes menores. A amostragem por incrementos consiste na coleta de material em deslocamento contínuo em correias transportadoras, por exemplo, realizada por cortadores de fluxo como mostra a figura 5.

Pierre Gy trata a amostragem como um processo aleatório, ligado a inúmeros erros. Normalmente a amostragem ocorre em vários estágios e para cada estágio, Pierre Gy definiu como erro total (E_a) o somatório do erro de amostragem propriamente dita (E_{ap}) e erro de preparação (E_p), advindos de fragmentações, manuseio etc.

$$E(a) = E(ap) + E(p)$$

$$E(ap) = E(a_1) + E(a_2) + E(a_3) + E(a_4) + E(a_5) + E(a_6) + E(a_7)$$

Sendo:

$E(a1)$ = erro de ponderação, resultante da não uniformidade da densidade ou da razão da vazão do material;

$E(a2)$ = erro de integração, resultante da heterogeneidade de distribuição das partículas no material;

$E(a3)$ = erro de periodicidade, resultante de eventuais variações periódicas da característica de interesse do material;

$E(a4)$ = erro fundamental, resultante da heterogeneidade de constituição do material. Depende fundamentalmente da massa de amostra e, em menor instância, do material amostrado. É o erro que se comete quando a amostra é realizada em condições ideais;

$E(a5)$ = erro de segregação, resultante da heterogeneidade de distribuição localizada do material;

$E(a6)$ = erro de delimitação, resultante da eventual configuração incorreta de delimitação de dimensão dos incrementos;

$E(a7)$ = erro de extração, resultante da operação de tomada dos incrementos;

O erro de preparação (E_p) é o somatório de cinco erros independentes, provenientes das operações de redução da granulometria a que a amostra primária é submetida.

$$E(p) = E(p1) + E(p2) + E(p3) + E(p4) + E(p5)$$

Sendo,

$E(p1)$ = perda de partículas pertencentes à amostra;

$E(p2)$ = Contaminação de amostras por material estranho;

$E(p3)$ = alteração não intencional da característica de interesse a ser medida na amostra final;

$E(p4)$ = erros não intencionais do operador;

$E(p5)$ = alteração intencional da característica de interesse a ser medida na amostra final.

Mesmo quando se utiliza a equação de Pierre Gy, não se tem a garantia que a amostra obtida é representativa, pois na prática ela será acrescida de outros erros além do erro fundamental. No entanto, os erros Ea1, Ea2, Ea3, Ea4 e Ea5 podem ser definidos quantitativamente e estimados a partir de resultados experimentais. Já os erros Ea6, Ea7 e Ep não podem ser estimados experimentalmente, contudo, é possível minimizá-los e, em alguns casos, eliminá-los, evitando assim os erros sistemáticos indesejáveis.

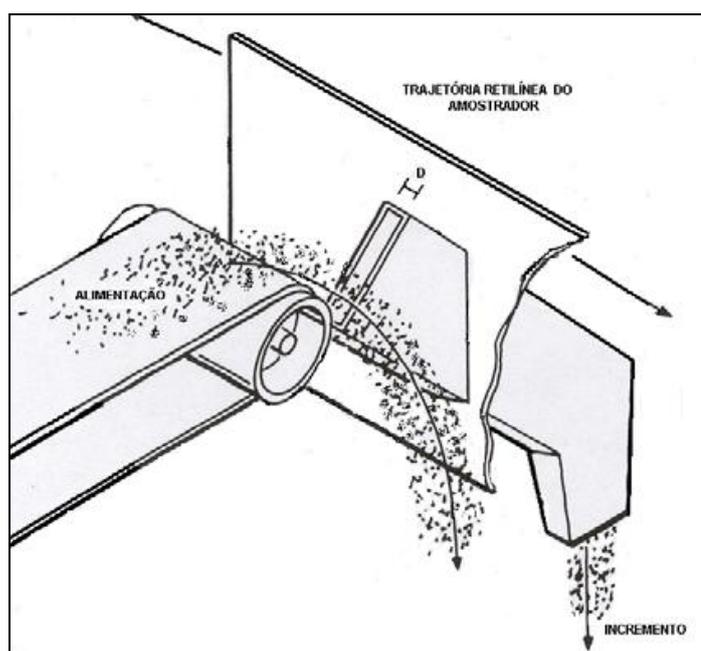


Figura 5: Amostrador tipo corta fluxo com trajetória retilínea.

A heterogeneidade de constituição é propriedade intrínseca e inalterável dentro de um determinado lote de material. Os fragmentos que compõem este lote não são idênticos entre si. Assim, a homogeneização ou a segregação não produzem modificações no material.

A heterogeneidade de distribuição está relacionada com a forma pela qual se distribuem os fragmentos ao longo de todo o lote de material. Ao se tomar em volumes correntes de material de diferentes pontos do lote, não é encontrada uma composição média constante. A homogeneização, do lote, mediante manuseio adequado, tende a diminuir a heterogeneidade de distribuição. O caso contrário ocorre quando há segregação. Portanto, o simples manuseio não garante representatividade no processo de amostragem: é preciso que ela seja feita obedecendo critérios técnicos previamente definidos.

A quantidade adequada de massa para uma amostra está diretamente relacionada aos fatores composição química, mineralógica, tamanho, forma e densidade. Ela pode ser calculada pela seguinte equação, proposta por Pierre Gy:

$$M = \frac{C \cdot d^3}{\frac{\sigma^2(a)}{a^2}}$$

Sendo:

$$C = c \cdot f \cdot g \cdot l$$

$$c = \frac{1-a}{a} [(1-a)\delta_1 + a\delta_2]$$

Onde:

a - Composição mineralógica do lote, expressa em percentagem;

c - Média ponderada da densidade dos componentes da amostras;

d - Abertura da peneira que deixa passar 95% do material do lote, expressa em centímetros;

l - Fator de liberação do mineral de interesse;

g - Parâmetro de distribuição granulométrica;

f - Fator de forma das partículas;

δ_1 – densidade do mineral de interesse;

δ_2 - densidade do mineral de ganga.

O termo “a” está relacionado a composição mineralógica, e mostra a fração do mineral de interesse presente na amostra. Este parâmetro pode ser obtido através de análise química ou estimado indiretamente através da densidade da amostra.

O termo “c” presente na equação diz respeito à densidade real da massa amostrada e pode ser obtido por medidas diretas de densidade ou aproximações usando a densidade dos minerais de interesse e sua contribuição (porcentagem de composição) na densidade real.

Sabe-se que as partículas se apresentam em diversas formas geométricas, conforme características morfológicas dos minerais que compõem o lote, podendo ser cúbicas, esféricas, aciculares, etc. Como tentativa de equalizar os erros advindos da morfologia das amostras usa-se o termo “f”, que pode ser calculado pela equação abaixo. Em geral, adota-se $f=0,5$.

$$f = \frac{m_i}{d_i^3 \cdot \rho_i}$$

Onde:

V_i = volume da partícula i;

d_i = dimensão da menor malha que deixa passar a partícula i;

m_i = massa da partícula;

ρ_i = densidade da partícula.

O fator liberação do mineral “l” expressa o quanto o mineral de interesse está liberado. Sabe-se que a cominuição pode aumentar a liberação até que ela seja total ($l=1,0$), o que, na prática, não ocorre. Este fator, então pode ser calculado pela equação a seguir:

$$l = \sqrt{\frac{d_0}{d}}$$

Sendo:

d – diâmetro máximo das partículas do mineral em cm;

d_0 – O diâmetro máximo das partículas que assegure uma completa liberação do mineral de interesse em cm. Pode ser estimado através da microscopia ótica.

O termo “g” relaciona-se a granulometria da amostra, pois ao se adotar “d” como sendo a malha que deixa passar 95% das partículas, 5% delas não participariam do cálculo da massa amostrada. De acordo com a tabela de Richards, adota-se “g” igual a 0,5 para o caso

do lote estar em faixa granulométrica estreita (material bitolado) ou $g=0,25$ para o caso do material com ampla distribuição granulométrica.

Para a amostragem de ROM de minério de ferro em fluxo contínuo, conforme a NBR ISO 3082:2003, o método de amostragem probabilístico exige que cada elemento da população possua determinada probabilidade de ser selecionado e normalmente possuem a mesma probabilidade. Assim se n for o tamanho da população a probabilidade de cada elemento ser selecionado será de $1/n$. O método probabilístico garante cientificamente a aplicação das técnicas estatísticas de inferências ou induções sobre população a partir do conhecimento da amostra. Diante do grande volume de dados que devem ser analisados, faz-se necessário um tratamento estatístico dos resultados obtidos.

Ao se analisar, estatisticamente, uma determinada população define-se as medidas de posição conhecidas como médias, moda e medianas, que relacionam o posicionamento do elemento e/ou valor em relação a um centro calculado. Para medir a dispersão absoluta dos dados na população, utiliza-se:

Amplitude total – medida de dispersão que tem na média o ponto de referência e pode ser calculada pela equação:

$$AT = X_{\text{maximo}} - X_{\text{minimo}}$$

Desvio Padrão - medida de dispersão baseada nos desvios em torno da média aritmética e pode ser calculado pela equação:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Variância - é o desvio padrão elevado ao quadrado. É uma medida de muita importância na estatística descritiva porque possibilita inferências e combinações de amostras.

$$S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n}$$

Quando se deseja correlacionar diferentes populações em uma mesma base, é necessário o de medidas de dispersão relativa, entre as quais podem ser citadas:

CVP (Coeficiente de variação de Pearson) – razão entre o desvio padrão e a média referente a dados de uma mesma série.

$$CVP = \frac{(S)}{\bar{X}} \cdot 100$$

Assimetria – relação entre moda e mediana. Uma distribuição é dita simétrica quando moda e mediana são iguais.

Curtose – é uma quantificação do grau de achatamento de uma distribuição em relação a uma distribuição normal (curva correspondente a uma distribuição teórica de probabilidade).

O coeficiente de curtose pode ser expresso por:

$$C_1 = \frac{(Q_3 - Q_1)}{2(P_{90} - P_{10})}$$

Onde:

Q3= terceiro quartil;

Q1= primeiro quartil;

P90= percentil 90%;

P10= percentil 10%;

Diante do exposto verifica-se a necessidade e importância de um sistema amostragem eficaz no fluxo de ROM da mina de Fábrica Nova para que resultados sejam representativos, dentro de parâmetros estatisticamente válidos.

3. Objetivo

Avaliar o processo de amostragem do minério da mina de Fábrica Nova destinado às usinas de Fábrica Nova e Timbopeba.

4. Metodologia

Para o trabalho em questão foram coletadas 50 amostras no fluxo de alimentação direta, no local indicado na figura 2, onde se encontra a torre de amostragem de ROM e os amostradores primário e o secundário.

Os dados representam o minério da Mina de Fábrica Nova destinado a alimentação da usina de Fábrica Nova.

Na etapa de coleta e preparação, a amostra passa pelo amostrador primário, instalado conforme figura 2, que faz o primeiro corte. Todo material coletado neste ponto segue, por meio de uma correia até o amostrador secundário que executa o novo corte no fluxo e permite que o excedente da alíquota seja novamente incorporado ao fluxo produtivo.

O amostrador primário possui uma abertura de 175 mm e velocidade de 0,358 m/s enquanto o secundário 120 mm de abertura e velocidade de 0,324 m/s, atendendo assim a norma NBR ISO 3082, que recomenda uma velocidade inferior a 0,6 m/s para aberturas inferiores a $3d$, sendo “d” o top size do lote a ser amostrado.

Atualmente trabalha-se com o amostrador primário programado para executar cortes no fluxo a cada totalização de 1500 toneladas, sendo a atuação automática do amostrador secundário em sequência.

Após o corte secundário, ainda na torre, a amostra é direcionada para recipientes apropriados e encaminhadas para o laboratório, onde é dada a sequência no processo de preparação e análise físico-química de acordo com metodologia própria.

Definiu-se como massa amostrada, a quantidade de amostra coletada na descarga do amostrador secundário, que era encaminhada ao laboratório e definiu-se como massa teórica como sendo o resultado obtido a partir da equação de Pierre Gy, levando-se em consideração os fatores característicos aplicáveis ao ROM da mina de Fábrica Nova.

Os teores dos elementos de interesse foram obtidos a partir da análise química de rotina. Esses dados foram usados nos cálculos de massa mínima teórica conforme equação proposta por Pierre Gy. Os parâmetros estatísticos foram calculados utilizando o *software* MINITAB 15.

5. Análise e discussão dos resultados

A tabela 2 mostra os teores dos elementos de interesse nas amostras, a massa teórica calculada e a massa amostrada.

Nota-se que a massa amostrada atende ao requisitos teóricos: a massa amostrada é cerca de 5 vezes maior que o mínimo recomendado.

Sendo assim, foram calculados os parâmetros estatísticos básicos para o teor de Fe_2O_3 , SiO_2 , Al_2O_3 , P , massa amostrada e massa teórica, como pode ser vista na tabela 3.

A análise estatística da massa amostrada e massa teórica calculada apresentam resultados bastante dispersos para os parâmetros avaliados. Nota-se que a média da massa amostrada está em torno de 440 kg enquanto que a massa teórica calculada está na faixa de 111 kg, ou seja, a massa amostrada é cerca de quatro vezes maior do que a massa calculada. O coeficiente de variação é mais pronunciado na massa teórica (30,59) do que na massa amostrada (1,57). Isso pode ser justificado pelo fato da massa teórica ser menor do que a massa amostrada e também pelo fato da massa teórica ter sido calculada em função dos teores obtidos a partir da massa amostrada, portanto havendo propagação dos erros inerentes à análise química. Esta diferença pôde ser percebida ainda na obtenção dos valores mínimos e máximos das respectivas massas teórica e amostrada, de 63 a 199 kg para a primeira e 422 a 460 Kg para a segunda. Nota-se que na massa teórica houve variação de mais de 100 Kg entre as massas e na massa amostrada a variação foi de apenas 40 Kg.

A figuras 6, 7 e 8 mostram que as variáveis teor de Fe_2O_3 , massa teórica e massa amostrada obedecem a distribuição normal.

Os parâmetros usados para comparação com a distribuição normal estão resumidos na tabela 4.

Tabela 2: Análise química das amostras em estudo e comparativo da massa teórica calculada e massa amostrada.

Sequência	Análise				Comparativo das massas	
	%Fe ₂ O ₃	SiO ₂	P	Al ₂ O ₃	Massa teórica (kg)	Massa amostrada (Kg)
1	87,00	9,19	0,053	0,98	84	442,7
2	82,33	14,26	0,047	0,94	113	442,7
3	68,46	28,82	0,034	0,83	187	440,3
4	74,37	22,53	0,041	0,96	158	440,3
5	76,39	20,54	0,041	0,92	147	438,4
6	75,87	21,32	0,039	0,83	150	444,8
7	73,31	24,28	0,038	0,44	163	437,1
8	88,00	8,99	0,049	0,64	78	438,2
9	87,91	8,97	0,047	0,79	79	444,8
10	90,60	6,24	0,045	0,87	62	443,6
11	70,66	27,59	0,030	0,26	177	443,5
12	65,80	32,47	0,031	0,34	199	450
13	89,34	7,69	0,045	0,62	70	452,3
14	80,20	16,84	0,043	0,85	126	436,2
15	72,09	25,37	0,036	0,73	169	453,1
16	78,71	18,83	0,036	0,57	134	433,1
17	88,71	8,36	0,041	0,83	74	433,3
18	83,16	13,68	0,043	1,08	108	424,8
19	78,39	19,16	0,041	0,69	136	450,7
20	82,69	14,58	0,041	0,73	111	461,7
21	83,23	12,99	0,051	1,35	108	434,9
22	81,47	15,49	0,045	0,88	118	422,5
23	77,09	20,20	0,038	0,78	143	433,6
24	83,09	13,91	0,044	0,87	108	445
25	83,71	13,42	0,038	0,92	105	427,3
26	86,26	7,82	0,072	2,33	89	445,5
27	85,11	9,50	0,080	1,55	96	440,9
28	79,29	17,12	0,058	0,56	131	440,9
29	78,40	17,89	0,062	0,49	136	440,9
30	86,06	7,84	0,082	2,15	90	440,9
31	86,81	8,49	0,071	1,60	86	440,9
32	74,23	22,04	0,054	0,81	158	439,1
33	83,24	12,01	0,071	1,54	108	439,1
34	87,57	6,17	0,098	2,38	81	439,1
35	87,50	6,57	0,086	2,06	81	439,1
36	85,99	7,82	0,085	2,16	91	434,7
37	88,17	6,17	0,083	1,97	77	445
38	81,51	13,64	0,072	1,54	118	441,4
39	80,86	13,10	0,075	1,46	122	441,4
40	87,86	6,72	0,084	1,85	79	445,3
41	88,34	6,42	0,087	1,67	76	441
42	86,51	8,44	0,080	1,72	88	437
43	89,37	4,81	0,090	2,00	70	434,5
44	86,77	8,12	0,082	1,74	86	441,2
45	87,46	7,85	0,083	1,58	82	438,5
46	89,99	5,38	0,081	1,40	66	438,5
47	81,20	14,26	0,071	1,12	120	442,8
48	84,76	9,92	0,078	1,43	98	436,6
49	81,06	14,55	0,067	0,99	121	453,2
50	77,50	18,93	0,052	0,81	141	438,6

Tabela 3: Parâmetros estatísticos básicos dos elementos de interesse e massa teórica e massa amostrada

Variável	N (número de observações)	Média	Desvio-padrão da média	Desvio-padrão	Variância	Coefficiente de variação	Valor mínimo	Valor máximo
%Fe ₂ O ₃	50	82,28	0,848	5,99	35,92	7,28	65,8	90,6
SiO ₂	50	13,74	0,970	6,85	47,00	49,88	4,81	32,47
P	50	1,17	0,0789	0,557	0,31	47,57	0,26	2,38
Al ₂ O ₃	50	0,0588	0,00278	0,01962	0,00039	33,36	0,03	0,098
Massa teórica (kg)	50	111,96	4,84	34,25	1173,06	30,59	63,0	199
Massa amostrada (Kg)	50	440,6	0,98	6,93	47,98	1,57	422,5	461,7

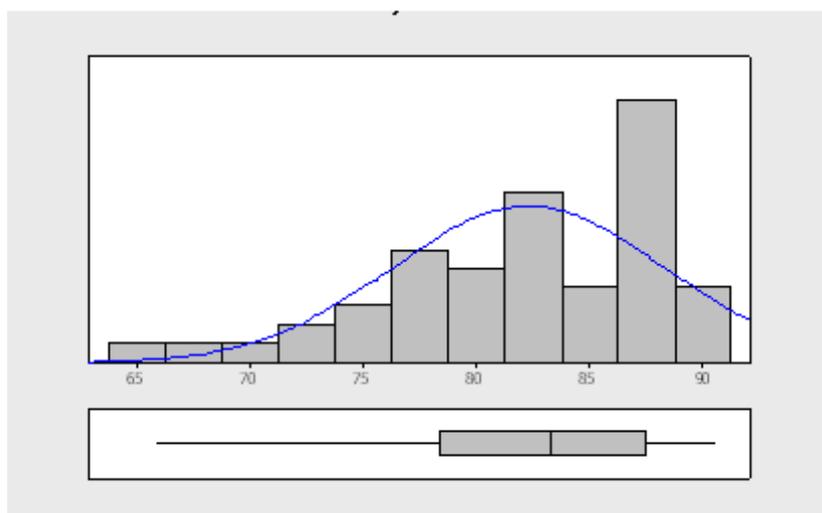


Figura 6: Distribuição dos teores de Fe₂O₃ (%) na massa amostrada

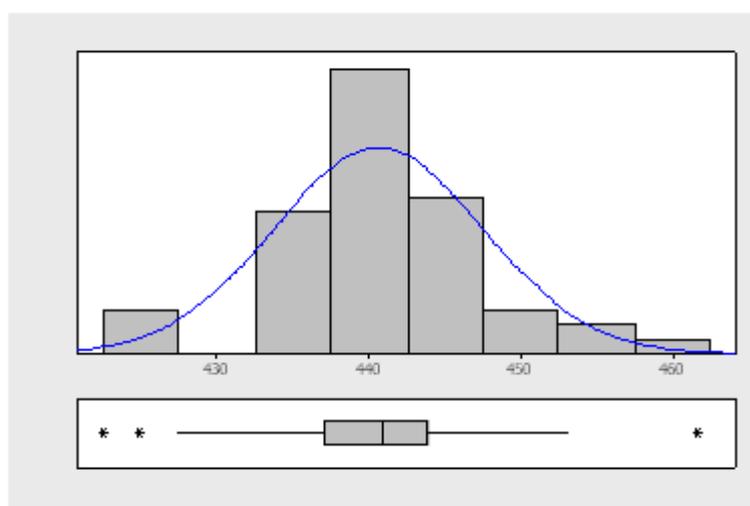


Figura 7: Distribuição das massas amostradas

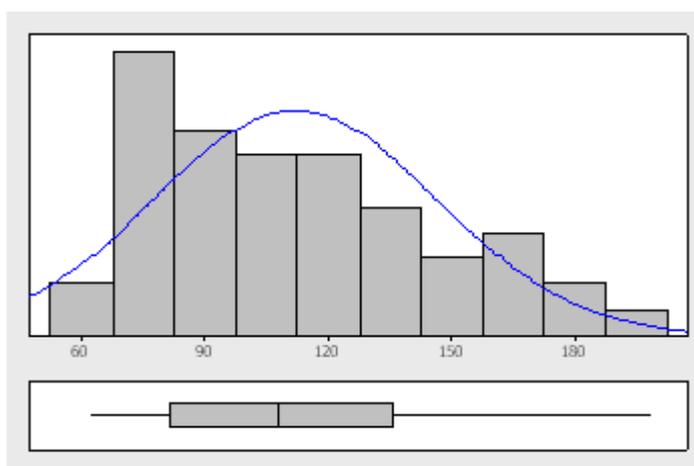


Figura 8: Distribuição das massas teóricas calculadas

Tabela 4: Resumo dos parâmetros estatísticos usados na comparação dos dados com a distribuição normal, Teste de normalidade de Anderson Darling

Parâmetro	Teor de Fe ₂ O ₃	Massa amostrada	Massa teórica
A	1,09	0,98	0,87
P	0,009	0,013	0,024
Assimetria	-0,83	0,19	0,66
Curtose	0,099	1,83	-0,33

Onde A= estatística do teste de normalidade e P= valor de referência é $\alpha=0,05$ (95% de confiança), portanto se $P < 0,05$, a variável obedece a distribuição normal.

O teste de normalidade de Anderson Darling apresentou valores de P de 0,013 e 0,024 para massa amostrada e massa teórica, respectivamente, sendo, ambas menor que 0,05 obedecendo, assim, a distribuição normal.

As médias apontaram valores de 440,62 kg para a massa amostrada e 111,96 kg para a massa teórica, mas os desvios padrão e conseqüentemente a variância mostraram valores consideravelmente deslocados e divergentes, como pode ser visto na tabela 3.

O coeficiente de assimetria para a massa amostrada foi menor do que o encontrado para a massa teórica (0,19 e 0,66, respectivamente), como pode ser observado comparando-se as figuras 7 e 8. Observa-se ainda que a distribuição para as massas teóricas apresentam maior desvio a esquerda da curva.

A curtose (achatamento da curva em relação e distribuição normal) foi mais acentuada na distribuição das massas amostradas em relação às teóricas (1,83 e -0,33, respectivamente).

Foi executado através do *software* Minitab ® 15 um teste de correlação entre massa amostrada e massa teórica. O valor do coeficiente de correlação de Pearson obtido foi igual a 0,11, mostrando que as variáveis tem relação direta, ou seja, ambas aumentam ou ambas diminuem. O valor de P para o teste foi 0,447 e como $P < 0,05$ (α), rejeita –se o teste de hipótese H_0 , em que o coeficiente obtido é significativo. Os resultados estão ilustrados na tabela 5.

Tabela 5: Teste de correlação de Pearson entre massa amostrada e massa teórica

Parâmetro	Valor
Coeficiente de correlação de Pearson	0,11
P	0,447

Na figura 9 está mostrada a amplitude dos valores obtidos para a massa amostrada, em que a linha horizontal representa a média dos valores e a pequena variação em torno da mesma.

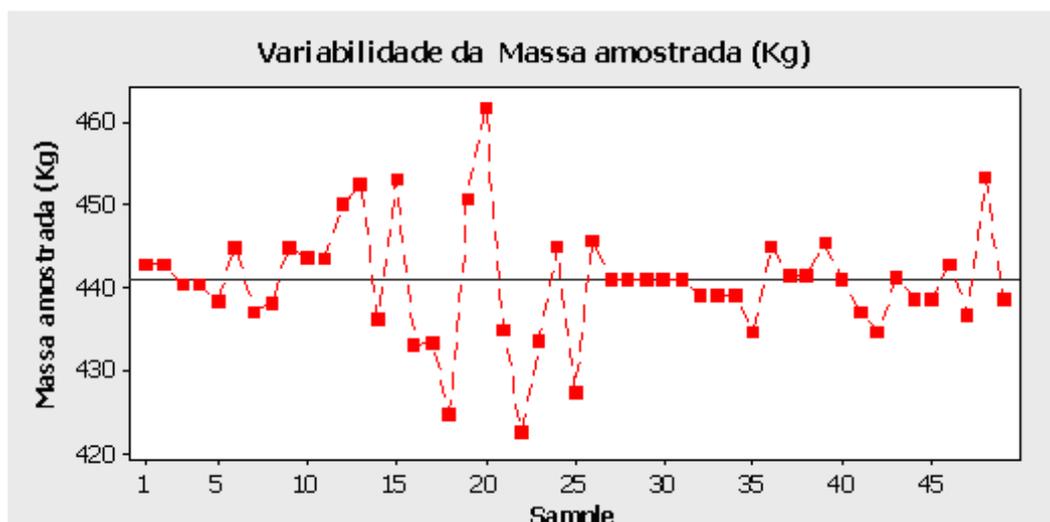


Figura 9: Amplitude dos valores da massa amostrada em torno da média.

Um outro teste comparativo foi executado para comparar as amostras em questão: “Paired T-test” também através do *software* Minitab ® 15, cujos resultados podem ser vistos na tabela 6.

Tabela 6: Resultado do teste *Paired T*

Variável	Média	Desvio padrão	Desvio padrão da média
Massa amostrada	440,62	6,93	0,98
Massa teórica	111,96	34,25	4,84
Diferença	328,66	34,19	4,83
Intervalo de confiança para a diferença média : 318,94 – 338,38			
Valor do teste T (que compara se as amostras são iguais): 67,98			
P=0,00			

O teste Paired T avalia se dois valores ou conjunto de dados podem ser considerados iguais dentro de um determinado intervalo de confiança pré-determinado. O valor do teste T encontrado foi 67,98, mas para que as amostras fossem consideradas 'iguais', o valor encontrado deveria estar o mais próximo possível de zero. O teste de hipótese retornou um valor de $P=0$, ou seja $P<0,05$, não há relação linear entre as amostras analisadas e não é possível afirmar que as amostras são iguais.

Acerca de comparação dos resultados, o fato da amostra real não ser estatisticamente igual a amostra teórica se deve a inúmeros fatores, dentre eles o processo de partilha executado na redução da massa amostrada. Como pode ser visto no anexo 2, a massa amostrada é bruscamente reduzida de cerca de 400 Kg no amostrador primário para apenas 20 Kg em média no amostrador secundário. Sabe-se que as técnicas de amostragem e, portanto, também as técnicas de redução de tamanho de amostra, recomendam que em cada partilha sejam adotadas técnicas, equipamentos e métodos adequados para que a amostra final de laboratório seja representativa, conforme norma NBR ISO 3082:2003, itens 10.3.1.3 b e c.

6. Conclusões

A grande variabilidade apresentada no teor de Fe_2O_3 , em um pequeno intervalo de tempo, reflete bem a heterogeneidade presente no corpo mineralógico durante a lavra.

A massa amostrada é cerca de 4 vezes maior que a massa teórica calculada e isso pode provocar/induzir erros nas etapas subsequentes do processo de preparação da amostra.

O teste de “Paired-t”, mostrou que não é possível afirmar que a amostra teórica e a real não são iguais, provavelmente, devido a brusca redução de massa entre o amostrador primário e o secundário.

7. Referências bibliográficas

1. Campos, Marco Siqueira. Desvendando o Minitab. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.
2. da Luz, A.B et al. Tratamento de Minérios. 4ª Edição. Rio de Janeiro : CETEM/MCT, 2004.
3. Granzotto, A. J. Estatística básica-Resumo. Outubro, 2002.
4. GRIGORIEF, ALEXANDRE, Problemas de amostragem manual na indústria mineral. Edição 230 REM – Revista da Escola de Minas, Ouro Preto, jul. set 2002.
5. Jordan, M.A., Powell, N., Phillips, C.V., Chini, C.K. Experimental data analysis: a guide to the selection of simple statistical tests. Minerals Engineering, Vol. 10, No. 3, pp. 275-286, 1997
6. Lopes, G.M., Pereira, C.A., Luz, J.A.M. Noções de beneficiamento mineral- notas de aula. Ouro Preto, Janeiro, 2009.
7. MONTGOMERY, DOUGLAS C, Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros. 2ª Edição, Rio de Janeiro: LTC, 2003.
8. Normas NBR ISO 3082.2003 e NBR ISO 3085.2003.
9. NBR – 10520 e NBR – 14724.
10. PITARD, F.F., Pierre GY's sampling teory and sampling practice, Second Edition, CRC Press, New York, 1993.
11. Procedimentos operacionais das usinas de beneficiamento FN/TO e laboratório.
12. Relatórios gerenciais de pesquisa geológicas – Mina de Fábrica Nova – VALE.
13. Salum, Maria José, Curso de Amostragem na Indústria Mineral, Treinamento e Consultoria em Engenharia Mineral Ltda, Belo Horizonte, Agosto 2002 .
14. Souza, Luís Eduardo, Weiss, A.L., Costa, J.F.C.L., Koppe, J.C. Impacto do agrupamento preferencial de amostras na inferência estatística: aplicações em mineração. Rem, Rev. Esc. Minas vol.54, no.4, Ouro Preto, Out./Dez. 2001.

8. Anexos

Anexo 1: Cálculo da massa de amostra teórica

Amostra	massa amostrada no cortador 1 ^{ano}	Teores					densidade ROM	d" (10,16 cm)							α=95%	
		Fe	SiO ₂	P	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		a	c	d95	g	f	l	C	σ	M (Kg)
1	442,7	60,90	9,19	0,98	0,053	87,00	4,77	0,8700	0,45	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0031	0,005	84
2	442,7	57,63	14,26	0,94	0,047	82,33	4,66	0,8233	0,67	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0046	0,005	113
3	440,3	47,92	28,82	0,83	0,034	68,46	4,32	0,6846	1,59	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0111	0,005	187
4	440,3	52,06	22,53	0,96	0,041	74,37	4,46	0,7437	1,14	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0079	0,005	158
5	438,4	53,47	20,54	0,92	0,041	76,39	4,52	0,7639	1,01	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0070	0,005	147
6	444,8	53,11	21,32	0,83	0,039	75,87	4,51	0,7587	1,04	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0072	0,005	150
7	437,1	51,32	24,28	0,44	0,038	73,31	4,46	0,7331	1,21	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0084	0,005	163
8	438,2	61,60	8,99	0,64	0,049	88,00	4,81	0,8800	0,40	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0028	0,005	78
9	444,8	61,54	8,97	0,79	0,047	87,91	4,81	0,8791	0,41	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0028	0,005	79
10	443,6	63,42	6,24	0,87	0,045	90,60	4,88	0,9060	0,30	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0021	0,005	62
11	443,5	49,46	27,59	0,26	0,030	70,66	4,41	0,7066	1,41	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0098	0,005	177
12	450,0	46,06	32,47	0,34	0,031	65,80	4,28	0,6580	1,83	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0128	0,005	199
13	452,3	62,54	7,69	0,62	0,045	89,34	4,85	0,8934	0,35	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0024	0,005	70
14	436,2	56,14	16,84	0,85	0,043	80,20	4,62	0,8020	0,78	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0054	0,005	126
15	453,1	50,46	25,37	0,73	0,036	72,09	4,42	0,7209	1,30	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0091	0,005	169
16	433,1	55,10	18,83	0,57	0,036	78,71	4,59	0,7871	0,86	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0060	0,005	134
17	433,3	62,10	8,36	0,83	0,041	88,71	4,83	0,8871	0,37	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0026	0,005	74
18	424,8	58,21	13,68	1,08	0,043	83,16	4,69	0,8316	0,62	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0043	0,005	108
19	450,7	54,87	19,16	0,69	0,041	78,39	4,58	0,7839	0,88	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0062	0,005	136
20	461,7	57,88	14,58	0,73	0,041	82,69	4,69	0,8269	0,65	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0045	0,005	111
21	434,9	58,26	12,99	1,35	0,051	83,23	4,67	0,8323	0,62	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0043	0,005	108
22	422,5	57,03	15,49	0,88	0,045	81,47	4,65	0,8147	0,71	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0049	0,005	118
23	433,6	53,96	20,20	0,78	0,038	77,09	4,54	0,7709	0,96	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0067	0,005	143
24	445,0	58,16	13,91	0,87	0,044	83,09	4,69	0,8309	0,63	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0044	0,005	108
25	427,3	58,60	13,42	0,92	0,038	83,71	4,71	0,8371	0,60	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0042	0,005	105
26	445,5	60,38	7,82	2,33	0,072	86,26	4,69	0,8626	0,48	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0033	0,005	89

Amostra	massa amostrada no cortador 1 ^{ário}	Teores						d'' (10,16 cm)							α=95%	M (Kg)
		Fe	SiO ₂	P	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	densidade ROM	c	α=95%	d95	g	f	l	C		
27	440,9	59,58	9,50	1,55	0,080	85,11	4,68	0,8511	0,53	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0037	0,005	96
28	440,9	55,50	17,12	0,56	0,058	79,29	4,58	0,7929	0,83	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0058	0,005	131
29	440,9	54,88	17,89	0,49	0,062	78,40	4,55	0,7840	0,88	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0061	0,005	136
30	440,9	60,24	7,84	2,15	0,082	86,06	4,68	0,8606	0,49	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0034	0,005	90
31	440,9	60,77	8,49	1,60	0,071	86,81	4,74	0,8681	0,45	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0032	0,005	86
32	439,1	51,96	22,04	0,81	0,054	74,23	4,44	0,7423	1,15	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0080	0,005	158
33	439,1	58,27	12,01	1,54	0,071	83,24	4,65	0,8324	0,62	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0043	0,005	108
34	439,1	61,30	6,17	2,38	0,098	87,57	4,72	0,8757	0,42	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0029	0,005	81
35	439,1	61,25	6,57	2,06	0,086	87,50	4,72	0,8750	0,42	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0030	0,005	81
36	434,7	60,19	7,82	2,16	0,085	85,99	4,68	0,8599	0,49	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0034	0,005	91
37	445,0	61,72	6,17	1,97	0,083	88,17	4,75	0,8817	0,40	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0028	0,005	77
38	441,4	57,06	13,64	1,54	0,072	81,51	4,60	0,8151	0,71	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0049	0,005	118
39	441,4	56,60	13,10	1,46	0,075	80,86	4,55	0,8086	0,74	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0052	0,005	122
40	445,3	61,50	6,72	1,85	0,084	87,86	4,75	0,8786	0,41	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0029	0,005	79
41	441,0	61,84	6,42	1,67	0,087	88,34	4,76	0,8834	0,39	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0027	0,005	76
42	437,0	60,56	8,44	1,72	0,080	86,51	4,72	0,8651	0,47	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0033	0,005	88
43	434,5	62,56	4,81	2,00	0,090	89,37	4,77	0,8937	0,35	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0024	0,005	70
44	441,2	60,74	8,12	1,74	0,082	86,77	4,73	0,8677	0,46	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0032	0,005	86
45	438,5	61,22	7,85	1,58	0,083	87,46	4,76	0,8746	0,43	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0030	0,005	82
46	438,5	62,99	5,38	1,40	0,081	89,99	4,82	0,8999	0,32	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0023	0,005	66
47	442,8	56,84	14,26	1,12	0,071	81,20	4,60	0,8120	0,72	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0050	0,005	120
48	436,6	59,33	9,92	1,43	0,078	84,76	4,67	0,8476	0,55	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0038	0,005	98
49	453,2	56,74	14,55	0,99	0,067	81,06	4,60	0,8106	0,73	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0051	0,005	121
50	438,6	54,25	18,93	0,81	0,052	77,50	4,53	0,7750	0,94	9,65	0,25	0,5	0,056	0,0065	0,005	141

Anexo 2: Comparativo da massa amostrada no cortador primário e massa no cortador secundário

Amostra	Massa Amostrada (Kg)	Massa Após amostrador 2º (Kg)	Relação redução
1	442,7	21,9	20
2	442,7	23,2	19
3	440,3	20,8	21
4	440,3	23,3	19
5	438,4	20,8	21
6	444,8	21,8	20
7	437,1	22,2	20
8	438,2	25,5	17
9	444,8	23,8	19
10	443,6	25,0	18
11	443,5	23,8	19
12	450,0	21,6	21
13	452,3	25,0	18
14	436,2	22,9	19
15	453,1	22,9	20
16	433,1	22,9	19
17	433,3	24,2	18
18	424,8	23,3	18
19	450,7	23,6	19
20	461,7	23,0	20
21	434,9	21,0	21
22	422,5	23,6	18
23	433,6	22,7	19
24	445,0	23,4	19
25	427,3	22,9	19
26	445,5	25,6	17
27	440,9	23,8	19
28	440,9	24,0	18
29	440,9	20,0	22
30	440,9	25,6	17
31	440,9	22,2	20
32	439,1	24,0	18
33	439,1	20,5	21
34	439,1	24,3	18
35	439,1	23,5	19
36	434,7	18,7	23
37	445,0	25,0	18
38	441,4	23,0	19
39	441,4	23,9	18
40	445,3	22,1	20
41	441,0	23,7	19
42	437,0	23,2	19
43	434,5	21,9	20
44	441,2	20,6	21
45	438,5	24,0	18
46	438,5	21,6	20
47	442,8	23,1	19
48	436,6	21,4	20
49	453,2	25,0	18
50	438,6	23,0	19

