

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
METALÚRGICA E DE MINAS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

“Aplicação da Caracterização Tipológica ao Planejamento de
Lavra de Minério de Ferro”

Autor: Eunírio Zanetti Fernandes
Orientador: Prof. Dr. José Ildelfonso Gusmão Dutra
Fevereiro 2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas

Eunírio Zanetti Fernandes

Aplicação da Caracterização Tipológica ao Planejamento de
Lavra de Minério de Ferro

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de
Minas Gerais

Área de Concentração: Tecnologia Mineral

Orientador: Prof. Dr. José Ildefonso Gusmão Dutra

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2003

RESUMO

Em 1994, a MBR - Minerações Brasileiras Reunidas S. A., iniciou um longo processo de substituição das Minas de Águas Claras e Mutuca, expandindo as atividades de mineração e beneficiamento no Complexo Pico, onde foi construída uma nova Instalação de Tratamento de Minérios (ITM-D), no município de Itabirito, Estado de Minas Gerais.

O projeto concebeu a concentração dos finos (fração $<0,15$ mm) por flotação e nas frações mais grosseiras, os produtos eram gerados sem concentração, apenas britagem e peneiramento.

Com a crescente demanda de produtos de minério de ferro e maiores exigências de qualidade e menor variabilidade, foram necessárias mudanças substanciais nos processos de beneficiamento, especialmente na flotação e concentração por espirais, dos finos do produto sinter feed (fração $<1,00 >0,15$ mm). A ampliação das reservas de hematitas e itabiritos ricos, a ausência de pilha de homogeneização do minério bruto (ROM) e a complexidade geológica das Jazidas em operação foram fatores também decisivos para justificar os investimentos em processos.

O principal objetivo do trabalho foi a estimativa geoestatística dos grandes domínios geológicos de hematitas, focalizando as características granulométricas e qualidade química, a avaliação do comportamento metalúrgico dos granulados (fração $<50 >6,35$ mm), análises granuloquímicas, a realização de testes de concentração gravimétrica (fração $<1,00 >0,15$ mm), de flotação (fração $<0,15$ mm) e de descrição mineralógica por fração. Os resultados da caracterização tipológica dos minérios foram sistematizados em um banco de dados que será continuamente acrescido de novas informações, de acordo com a evolução da lavra.

Iniciamente, foi feita uma estimativa geoestatística das variáveis químicas e granulométricas dos domínios geológicos, objetivando efetuar uma avaliação setorizada das Minas, fornecendo informações para o planejamento de longo, médio e curto prazos, constituindo-se como base do trabalho de caracterização atual e futura, estabelecendo prioridades em algumas áreas, incluindo adições de novas informações ao banco de dados tecnológico.

Os resultados obtidos na caracterização metalúrgica dos granulados para alto forno (fração <50 >6,35 mm), mostraram que a redutibilidade e RDI (índice de desintegração sob redução) estão associados à consistência dos tipos de minérios, com valores mais altos nos itabiritos, médios nas hematitas macias e médias e mais baixos nas hematitas compactas. O índice de crepitação é menor nos itabiritos, valores médios nas hematitas médias e macias e valores mais altos nas hematitas mais compactas. Os testes de tamboramento para avaliar a resistência mecânica dos granulados, demonstrou valores mais elevados nos minérios mais compactos, com redução de finos gerados por manuseio. A descrição mineralógica das seções polidas, definiu a predominância de hematita lobular ou anédrica, hematitas tabulares, hematitas granulares e, secundariamente, ocorrem martita, magnetita e goethita.

O estudo efetuado nas frações <6,35 >0,15 mm verificou grandes variações nas partições granulométricas médias (<6,35 >1,00 e <1,00 >0,15 mm) e granuloquímicas, com aumento de sílica, alumina, perda por calcinação e fósforo na fração mais fina. O minério itabirítico da Mina do Pico apresenta sílica mais elevada na fração <6,35 >1,00 mm, comparando com as Minas do Galinheiro e do Sapecado, devido ao nível mais profundo de lavra. Os principais minerais descritos nas seções polidas da fração <6,35 >0,15 mm foram a hematita lobular ou anédrica, hematita tabular e, secundariamente, martita, magnetita e goethita.

As análises granuloquímicas dos materiais mais finos (fração <0,15 mm) revelaram alta concentração de alumina, perda por calcinação, fósforo e manganês na faixa abaixo de 0,009 mm. Os altos teores de sílica estão concentrados na fração >0,15 mm, representando problemas na flotação, pelo quartzo mais grosseiro. Os altos teores de alumina, associados a argilo-minerais, inibiram a flotação em amostras de hematitas. Em alguns ensaios de itabiritos, os concentrados finais permaneceram com alta sílica, atribuída ao quartzo sob a forma de partículas mistas com hematita, pois a descrição mineralógica não explicou a diferença de comportamento em relação a amostras similares. A mineralogia descrita é bem diferenciada das frações mais grosseiras, predominando hematita tabular e, secundariamente, martita, hematita lobular ou anédrica, goethita, hematita granular e magnetita.

ABSTRACT

In 1994, the MBR – Minerações Brasileiras Reunidas S.A., began a long process of substitution of Aguas Claras and Mutuca's Mines, expanding its mining and beneficiation activities at Pico Complex, where it was constructed a new Beneficiation Plant (ITM-D), located at Itabirito district, Minas Gerais state.

The project conceived the concentration of finer material (fraction $<0,15$ mm) by flotation and fractions coarser than, products were generated without concentration, only crushing and screening.

With increment of demand of iron ore's products and larger requirements of quality and smaller variability, it was necessary some essential alterations in the beneficiation process, specially flotation and concentration by spirals, of finer portion from sinter feed product (fraction $<1,00 >0,15$ mm). The enlargement of hematites and rich itabirites' reserves and absence of homogeneization pile of run of mine (ROM) and geological complexity of deposits in operation, were factors decisives for justify investments in processes.

The main purpose of this study was the geoestatistic estimation of larger geological domains of hematites, focusing characteristics of size fraction measurement and chemical quality, the evaluation of metallurgic behavior of granulated (fraction $<50 >6,35$ mm), chemistry analysis by fraction, the effectuation of tests of concentration (fraction $<1,00 >0,15$ mm), of fotation (fraction $<0,15$ mm) and mineralogic description by fraction. Results of tipologic characterization of ores were systematized in a database and it will be extendly added with new informations, according with evolution of operation.

Initially, a geoestatistic estimation was done of chemicals and size fraction measurement variables of geological domains, objectifying effectuate a sectored evaluating of Mines, providing important informations for mining planning of short, medium and long terms, consisting as support of actual characterization and future studies, setting up priorities in some areas, including addition of new informations at technologic database.

The results obtained in metallurgic characterization of granulated to blast furnace (fraction $<50 >6,35$ mm), showed that reducibility and RDI (reduction disintegration index) are associated to consistence of types of ores, with higher values in itabirites, medium values in soft and medium hematites and lower values in hard hematites. The decrepitation index is lower in itabirites, medium values in soft and medium hematites and higher values in hard hematites. The tumbler tests for evaluate the mechanical resistance of granulated, demonstrated higher values in hard ores, with reduction of fine generated by handling. The mineralogy description of polished sections, defined a predominancy of lobated or irregular hematites, tabular hematites, granular hematites and, secondarily, occurrence of martite, magnetite and goethite.

The study effectuated in fractions $<6,35 >0,15$ mm, found out larger variations in average of fractions size measurement ($<6,35 >1,00$ mm and $<1,00 >0,15$ mm) and chemistry by fraction, with increment of silica, aluminium, lost of ignition and phosphorus in finer fraction. The itabiritic ore from Pico's Mine presents higher silica's content in fraction $<6,35 >1,00$ mm, in comparison with Galinheiro and Sapecado's mines, due to deeper operation level. The main minerals described in polished sections were lobated or irregular hematites, tabular hematites and, secondarily, martite, magnetite and goethite.

The chemistry analysis by fraction of finer material (fraction $<0,15$ mm), exposed high concentration of aluminium, lost of ignition, phosphorus and manganese in the zone under 0,009 mm. The high grades of silica are concentrated in fraction $>0,15$ mm, representing troubles in the flotation, because of coarser quartz. The high aluminium's contents, associated to clayed minerals, obstructed the flotation in some hematites' samples. In some assays in itabirites, the final concentrates remained with high silica, attributed to quartz associated to hematite, forming mixed particles, because the mineralogic description did not explain the difference of behavior in relation of similar samples. The described mineralogy is quite different of coarser fractions, predominating tabular hematite and secondarily, martite, lobated or irregular hematite, goethite, granular hematite and magnetite.

EUNÍRIO ZANETTI FERNANDES

“APLICAÇÃO DA CARACTERIZAÇÃO TIPOLÓGICA AO PLANEJAMENTO DE LAVRA DE MINÉRIO DE FERRO”

“APPLICATION OF TYPOLOGIC CHARACTERIZATION TO MINING PLANNING OF IRON ORE”

PALAVRAS-CHAVE

Domínio Geológico

Granuloquímica

Granulometria

Mineralogia

Cava

Fração

Flotação

Concentração

Metalurgia

Associação mineralógica

Amostra

Hematita

Itabirito

Banco de dados

Partição

KEY WORDS

Geological Domain

Chemistry by fraction

Size fraction or granulometry

Mineralogy

Pit

Fraction

Flotation

Concentration

Metallurgy

Mineralogic association

Sample

Hematite

Itabirito

Database

Split

Esta dissertação é dedicada aos meus filhos Rodrigo, LÍlian, Laila e ao neto Guilherme. Aos meus queridos Pais Alcides (à memória) e Anna, o meu eterno agradecimento.

Agradecimentos

Agradeço à Minerações Brasileiras Reunidas S.A.-MBR, e à EEUFMG pela grande oportunidade concedida de capacitação profissional.

Agradecimentos especiais a todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho, particularmente a:

-Prof. Dr. José Ildelfonso Gusmão Dutra, pela orientação, paciência e incentivos em todas as fases do trabalho.

-Prof. Dr. Armando Corrêa de Araújo, que incentivou e forneceu apoio logístico quando era Gerente de Desenvolvimento e Tecnologia da MBR e críticas construtivas quando foi apresentada a proposta de dissertação.

-Prof. Dr. Adriano Heckert Gripp, pelas sugestões e críticas construtivas, durante a apresentação da proposta de dissertação.

-Prof^a. Dra. Maria de Fátima Andrade Gripp, pelas sugestões e críticas construtivas, durante a apresentação da proposta de dissertação.

-Prof^a. Ana Maria de Toledo Patrocínio, pelas correções de português.

-Oscar José Tessari, Gerente da GETP, pelo apoio e incentivo.

-Júlio César Nery Ferreira, Superintendente do Complexo Pico.

-Ileso do Couto Coutinho, Coordenador da COPL-PIC, pelo auxílio na concepção inicial do trabalho, incentivos durante a execução e análises críticas.

-Maurício Dias Gomide, pela inestimável ajuda na área de Planejamento de Longo prazo, especialmente na estimativa dos Domínios Geológicos.

-Diniz Tamantini, pelo apoio nas estimativas e análises críticas.

-Carlos Alberto Spier, pelas análises críticas e incentivos.

-Marcos Antônio Sampaio e Adelir Severino Borges, pela inestimável ajuda na confecção e plotagem dos mapas e seções.

-Sérgio Coutinho Amarante, pelos incentivos e discussões técnicas.

-Rodrigo Schmidt e Antônio Bezerra, pelas discussões internas na área de Planejamento de médio e curto prazo.

-Myriam Souza Dias, Chefe do DELB - Departamento de Laboratório da MBR, pela execução de todas as análises químicas.

-Laércio Reis Vieira, Supervisor da SPAT-PIC e a todos os Preparadores de amostras, especialmente Gilmar Alves, pela exaustiva preparação e coordenação.

-Cássia Cristine de Souza e a todos os funcionários do Laboratório do Miguelão, pela execução dos ensaios ganuloquímicos, flotação, metalurgia, concentração,

especialmente aos funcionários Frederico Leandro Chaves e Vandercy Galante da Conceição.

-Emir Birro de Castro, José Sérgio Mol Santos e Aloísio Antônio Melo Borges, pelas trocas de informações, discussões e incentivos, buscando adequar o trabalho às necessidades rotineiras.

-Luiz Eduardo G. Batista, Gerente de Desenvolvimento e Tecnologia, que substituiu o Dr. Armando Corrêa de Araújo e continuou fornecendo apoio aos trabalhos de laboratório no Miguelão.

-Luciano Tanure, pelo apoio técnico na caracterização metalúrgica.

-Fundação Gorceix, Ouro preto-MG, representada pelo Eng. Geól. Prof. César Mendonça Ferreira, pela descrição mineralógica das amostras em seções polidas.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - OBJETIVOS.....	4
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 - Considerações gerais.....	5
3.2 - Caracterização tipológica.....	5
3.3 - Granulados para alto-forno.....	5
3.4 - Concentração gravimétrica da fração sinter feed e sinterização.....	7
3.5 - Flotação.....	10
3.6 - Mineralogia.....	13
3.7 - Domínios Geológicos.....	16
3.8 - Planejamento de lavra.....	16
3.9 - Sequenciamento de lavra.....	19
4 – ESTUDO DE CASO REAL	21
4.1 - Introdução.....	21
4.2 - Geologia regional.....	21
4.3 - Geologia local.....	23
4.3.1 - Introdução.....	23
4.3.2 - Mina do Galinheiro.....	24
4.3.3 - Mina do Pico.....	25
4.3.4 - Mina do Sapecado.....	27
4.4 - Geologia aplicada ao planejamento de lavra.....	29
4.5 - Caracterização tecnológica.....	30
4.6 - Planejamento de lavra.....	33
4.6.1 - Planejamento de longo prazo.....	33
4.6.2 - Planejamento de médio prazo.....	33
4.6.3 - Planejamento de curto prazo.....	34
4.6.4 - Planejamento semanal.....	34
5 - METODOLOGIA.....	36
5.1 - Separação e estimação geoestatística dos Domínios Geológicos.....	36
5.2 - Sistemática de amostragem para os estudos de caracterização.....	37
5.3 - Preparação inicial das amostras.....	37
5.4 - Ensaio físicos, metalúrgicos e análises químicas.....	41

5.5 - Caracterização mineralógica.....	45
6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
6.1 - Domínios geológicos das Minas do Galinheiro, Pico e Sapecado.....	47
6.1.1 - Mina do Galinheiro.....	47
6.1.2 - Mina do Pico.....	50
6.1.3 - Mina do Sapecado.....	53
6.1.4 - Interação dos Domínios Geológicos das Minas.....	57
6.2 - Caracterização tecnológica das amostras de ROM.....	60
6.2.1 - Resultados obtidos no estudo da fração <50 >6,35 mm.....	68
6.2.2 - Resultados obtidos no estudo da fração <6,35 >0,15 mm.....	83
6.2.3 - Resultados obtidos no estudo da fração <0,15 mm.....	93
6.2.4 - Mudanças nas estimativas para operação de rotina.....	114
7 - CONCLUSÕES.....	116
8 - RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS.....	118
9 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120

ANEXOS

- 1 - Mapa de localização das Minas em operação.
- 2 - Mapas dos Domínios Geológicos de hematitas.
- 3 - Mapas de localização das amostras para caracterização tecnológica.
- 4 - Mapas geológicos e estruturais.
- 5 - Seções geológicas verticais e domínios geológicos.
- 6 - Tabela dos resultados dos testes granulométricos da fração <6,35 >0,15 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).
- 7 - Tabela dos resultados dos testes de mesagem, sem os finos da fração <0,15 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).
- 8 - Tabela dos resultados dos testes granulométricos da fração <0,15 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).
- 9 - Tabela dos resultados dos testes de flotação em bancada da fração <0,15 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa de localização geral das operações da MBR e ferrovias.....	2
Figura 1.2 - Mapa de detalhe das Minas da MBR, ferrovias, estradas e correias transportadoras de longa distância.....	3
Figura 1.3 - Mapa esquemático do Quadrilátero Ferrífero e as principais Minas da MBR.....	3
Figura 4.1 - Mapa esquemático do Quadrilátero Ferrífero e localização do Complexo Pico na aba leste do Sinclinal da Moeda.....	24
Figura 4.2 - Vista geral das Minas em operação.....	29
Figura 5.1 - Fluxograma esquemático das operações das Minas, beneficiamento e carregamento de Trens.....	32
Figura 5.2 - Detalhes da amostragem com pá-carregadeira e caminhão, retirada de incrementos e preparação inicial a úmido, com a separação Granulométrica das frações <50 >6,35 mm, <6,35 >0,15 mm e <0,15 mm.....	38
Figura 5.3 - Fluxograma geral da preparação das amostras de ROM, testes de Laboratório e análise química.....	39
Figura 5.4 - Fluxograma de preparação inicial das amostras de ROM no Laboratório do Complexo Pico.....	40
Figura 5.5 - Fluxograma dos testes de redutibilidade relativa e RDI para granulados (fração <50 >6,35 mm).....	42
Figura 5.6 - Fluxograma dos testes de crepitação e tamboramento para granulados (fração <50 >6,35 mm).....	43
Figura 5.7 - Fluxograma geral de preparação das amostras para granulométrica, Mesagem, flotação e seção polida.....	44
Figura 5.8 - Denominações mineralógicas utilizadas nas descrições das seções polidas.....	45
Figura 5.9 - Morfologia dos principais minerais descritos nas seções polidas.....	46
Figura 6.1 - Resumo das reservas de hematitas incluídas na cava otimizada da Mina do Galinheiro.....	49
Figura 6.2 - Distribuição espacial esquemática do modelo geológico da Mina do Galinheiro, estimado por geoestatística.....	49
Figura 6.3 - Resumo das reservas de hematitas incluídas na cava otimizada da Mina do Pico.....	52

Figura 6.4 - Distribuição espacial esquemática do modelo geológico da Mina do Pico, estimado por geoestatística.....	53
Figura 6.5 - Resumo das reservas de hematitas incluídas na cava otimizada da Mina do Sapecado.....	56
Figura 6.6 - Distribuição espacial esquemática do modelo geológico da Mina do Sapecado, estimado por geoestatística.....	57
Figura 6.7 - Representatividade dos Domínios Geológicos no Complexo Pico, distribuição granulométrica e teores de fósforo nas frações.....	58
Figura 6.8 - Teores de alumina, sílica e manganês, nas frações.....	59
Figura 6.9 - Distribuição dos tipos de fragmentos da fração <50 >6,35 mm.....	70
Figura 6.10 - Redutibilidade e RDI - Fração <50 >6,35 mm.....	73
Figura 6.11- Índice de crepitação - Fração <50 >6,35 mm.....	74
Figura 6.12 - Índice de tamboramento.....	75
Figura 6.13 - Qualidade química da fração <50 >6,35 mm, nos itabiritos, hematitas médias e macias e hematitas compactas.....	76
Figura 6.14 - Perda por calcinação em itabiritos, hematitas médias e macias e hematitas compactas - Fração <50 >6,35 mm.....	77
Figura 6.15 - Mineralogia dos itabiritos da fração <50 >6,35 mm.....	81
Figura 6.16 - Mineralogia das hematitas médias e macias da fração <50 >6,35 mm.....	82
Figura 6.17 - Mineralogia das hematitas compactas da fração <50 >6,35 mm.....	83
Figura 6.18 - Avaliação da porosidade intergranular dos itabiritos, hematitas médias e macias e hematitas compactas – Fração <50 >6,35 mm.....	83
Figura 6.19 - Partição granulométrica da fração <6,35 >0,15 mm, nos itabiritos, hematitas médias e macias e hematitas compactas.....	85
Figura 6.20 - Análise química das frações <6,35 >1,00 mm e <1,00 >0,15 mm (itabiritos).....	86
Figura 6.21 - Análise química das frações <6,35 >1,00 mm e <1,00 >0,15 mm (hematitas médias e macias).....	87
Figura 6.22 - Análise química das frações <6,35 >1,00 mm e <1,00 >0,15 mm (hematitas compactas).....	88
Figura 6.23 - Mineralogia dos itabiritos da fração <6,35 >0,15 mm.....	91
Figura 6.24 - Mineralogia das hematitas médias e macias da fração <6,35 >0,15 mm.....	92
Figura 6.25 - Mineralogia das hematitas compactas da fração <6,35 >0,15 mm.....	93
Figura 6.26 - Partição granulométrica da fração <0,15 mm - itabiritos, hematitas	

médias e macias e hematitas compacta.....	95
Figura 6.27 - Análise granuloquímica da fração <0,15 mm - Itabiritos.....	96
Figura 6.28 - Análise granuloquímica da fração <0,15 mm – Hematitas médias e macias.....	97
Figura 6.29 - Análise granuloquímica da fração <0,15 mm - Hematitas compactas....	98
Figura 6.30 - Qualidade química da alimentação da deslamagem e lama (fração <0,010 mm).....	100
Figura 6.31 - Qualidade química da alimentação da deslamagem, lama e % de lama gerada (fração <0,010 mm).....	101
Figura 6.32 - Teores de alumina, perda por calcinação e sílica, na alimentação da flotação e concentrado.....	106
Figura 6.33 - Teores de manganês, fósforo e ferro total ($\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$), na alimentação da flotação e concentrado.....	107
Figura 6.34 - Recuperação mássica e relações de concentrações de sílica e alumina da alimentação da flotação e concentrado.....	108
Figura 6.35 - Avaliação dos teores de sílica do PFF final, considerando a fração >0,15 mm, não incluída no teste em bancada.....	109
Figura 6.36 - Mineralogia dos itabiritos da fração <0,15 mm. Alimentação e concentrado da flotação.....	112
Figura 6.37 - Mineralogia das hematitas médias e macias. Alimentação e concentrado da flotação.....	113
Figura 6.38 - Mineralogia das hematitas compactas. Alimentação e concentrado da flotação.....	114

LISTA DE TABELAS

Tabela IV.1 - Classificação físico-química dos tipos de minérios de ferro das Minas da MBR - Modelamento geológico.....	30
Tabela VI.1 - Domínios Geológicos de hematitas da Mina do Galinheiro.....	48
Tabela VI.2 - Domínios Geológicos de hematitas da Mina do Pico.....	52
Tabela VI.3 - Domínios Geológicos de hematitas da Mina do Sapecado.....	56
Tabela VI.4 - Descrição geológica macroscópica das amostras dos minérios das Minas do Galinheiro (GAL), Pico (PIC) e Sapecado (SAP).....	61
Tabela VI.5 - Ensaio granulométrico e análises químicas das amostras brutas, para classificação litológica segundo o modelamento geológico.....	63
Tabela VI.6 - Avaliação das propriedades metalúrgicas da fração <50 >6,35 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).....	71
Tabela VI.7 - Descrição mineralógica da fração <50 >6,35 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).....	79
Tabela VI.8 - Descrição mineralógica da fração <50 >6,35 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).....	90
Tabela VI.9 - Descrição mineralógica da fração <0,15 mm (alimentação e concentrado da flotação), das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).....	110

LISTA DE NOTAÇÕES

São detalhados a seguir, alguns termos e abreviaturas comuns no texto.

AIF - Formação ferrífera argilosa.

Chapinha - Formato de finas placas lamelares.

Ciclosizer - Equipamento de laboratório, utilizado para separar as frações granulométricas dos minérios com granulometria muito fina.

Composite - Suporte amostral do banco de dados, regularizado para 10 metros e são utilizados para a estimativa geoestatística.

Deslamagem - Retirada da lama em laboratório, ou em escala industrial, utilizando ciclonagem, correspondendo a uma fração granulométrica $<0,010$ mm.

Domínio Geológico - Corresponde a um corpo de minério com continuidade física vertical e horizontal. Pela tonelagem e representatividade na jazida, pode ser planejado e operacionalizado na lavra.

Gradacional - Contatos litológicos com gradação de teores, ou variação mineralógica seqüencial dos tipos de materiais.

Granuloquímica - Fracionamento da amostra por peneiramento, com análise química e percentual de cada fração, definindo a variação de teores em cada faixa granulométrica.

Interdigitação - intercalações de lentes menores.

LOBF - Minério granulado para alto-forno.

Lump ore - Produto granulado, situado na fração $<31,5 >6,35$ mm.

Modelo geológico - Corresponde à geometria das litologias, interpretadas a partir de seções verticais e horizontais, mapas geológicos e teores. Serve de base para todos os trabalhos de planejamento.

Pastilha fundida - Fusão de toda a amostra, antes da análise via "raio x".

Pastilha prensada - A amostra é submetida à prensagem, antes da análise via "raio x".

Pellet feed fines - Produto fino, situado na fração $<0,15$ mm, utilizado na indústria de pelotização de minério de ferro.

PO - Minério granulado também para alto-forno, com granulometria entre 25,00 a 12,50 mm, mais fino que o LOBF.

Protominério - Litologia que deu origem ao minério, através de alteração supergênica, hidrotermal ou metamórfica.

Sill - Rocha concordante com a estrutura principal.

Sínter feed - produto utilizado na sinterização, com granulometria $<6,35 >0,15$ mm

Slime coating - Envolvimento das partículas maiores, por material muito fino, geralmente abaixo de 0,010 mm (lama), interferindo no processo de flotação.

Supergênico - Processo de alteração intempérica que muda as características químicas e físicas de uma rocha, ou um tipo de minério.

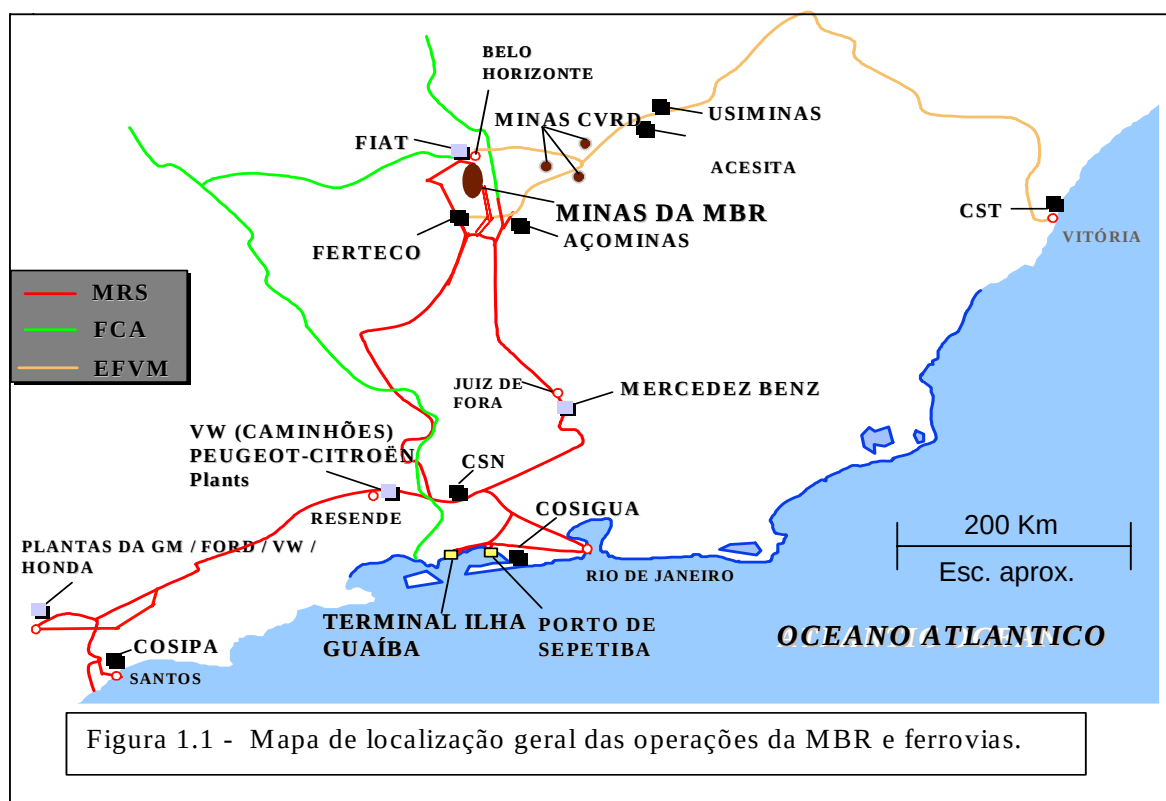
1 – INTRODUÇÃO

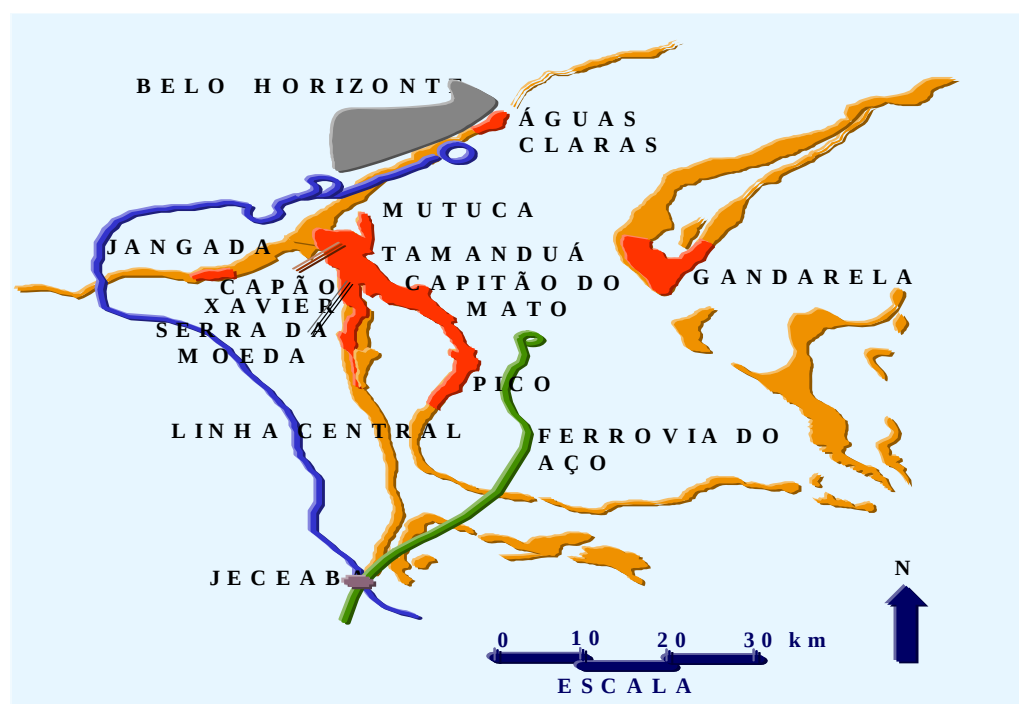
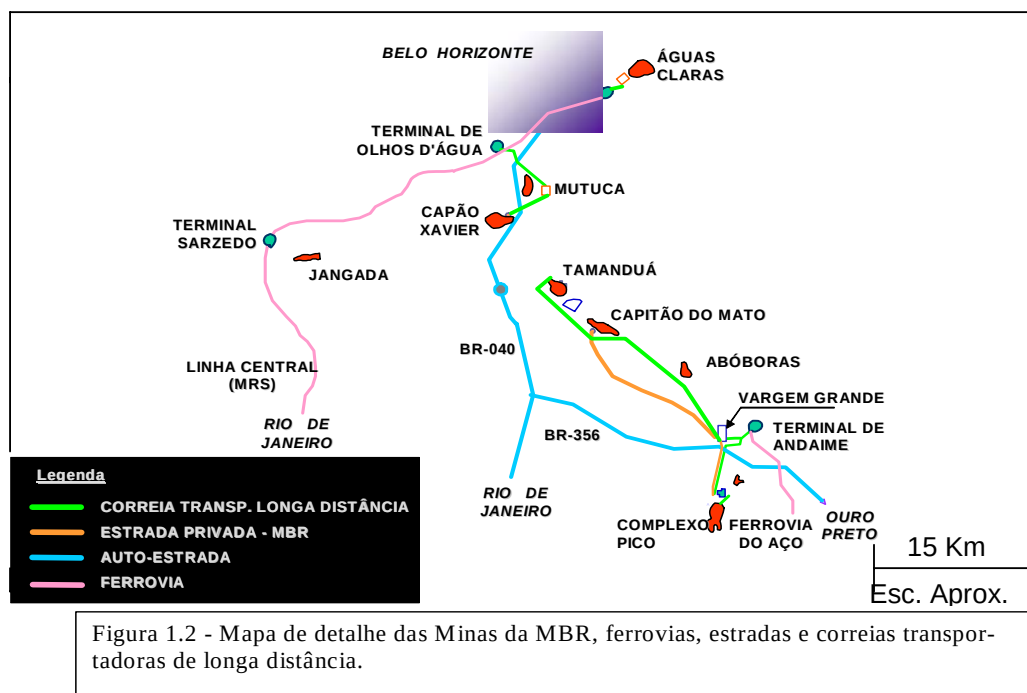
No começo dos anos 70 a MBR - Minerações Brasileiras Reunidas S. A., iniciou um grande avanço no mercado mundial transoceânico de minério de ferro, com a abertura da Mina de águas Claras e expansão da Mina da Mutuca, ambas localizadas no município de Nova Lima, além da construção do Terminal Marítimo da Ilha Guaíba, no município de Mangaratiba, no Estado do Rio de Janeiro. Em 1994, foi implementado o Projeto Pico, onde foi construída uma nova Planta de Tratamento de Minérios (ITM-D), o término do trecho norte da Ferrovia do Aço, Correia Transportadora de Longa Distância, o Terminal Ferroviário de Andaime, investimentos em equipamentos de extração e transporte e implantação de um Sistema de Britagem Primária Relocável. As Minas de Tamanduá e Capitão do Mato substituíram Águas Claras e Mutuca. A Jazida de Capão Xavier está em processo de licenciamento e foram retomadas as operações da Mina de Jangada (Figuras 1.1, 1.2 e 1.3). A Companhia está buscando atingir a produção de 34 milhões de toneladas anuais de produtos de minério de ferro.

O sistema de qualidade da MBR é certificado desde 1994 (Norma ISO-9002). Em 2002 foram obtidas as certificações pelas Normas ISO-14000 (Meio Ambiente) e OHSAS-18001 (Segurança e Saúde Ocupacional). Periodicamente são feitas auditorias de controles e manutenção das certificações nas Unidades Operacionais, objetivando uma reavaliação dos sistemas implantados, bem como fomentar melhorias contínuas.

O mercado mundial de produtos derivados de minério de ferro está cada vez mais competitivo. O diferencial da MBR sempre foi a qualidade dos produtos. Com a exaustão das Minas de Águas Claras e Mutuca, houve a necessidade de ampliar os estudos tecnológicos dos minérios, para planejar melhor as operações. A produção das Minas do Complexo Pico é estratégica para a MBR atingir os objetivos de produção. Tais Minas apresentam alta variabilidade granulométrica e química, onde são comuns as interdigitações de hematitas, itabiritos, diques e sills de rochas máficas e ultramáficas. Buscando definir um melhor sequenciamento de lavra e garantir uma melhor previsibilidade dos produtos, faz-se necessário um melhor conhecimento das características químicas, físicas, mineralógicas e metalúrgicas dos minérios, bem como a separação em domínios geológicos que possam ser planejados e operacionalizados.

Considera-se fundamental estabelecer uma nova rotina de trabalho nos sistemas de planejamento, de operação de mina e de beneficiamento, buscando sempre um suporte técnico para as mudanças significativas que terão reflexos na qualidade final dos produtos. É justamente este o enfoque do trabalho.





2 - OBJETIVOS

Determinação dos domínios geológicos das Minas em estudo, para dar suporte técnico aos planeamento de longo, médio e curto prazos.

Ampliação do conhecimento químico, físico, mineralógico e metalúrgico das Minas em operação.

Caracterização tipológica dos minérios nos vários Domínios Geológicos.

Operacionalização dos vários tipos de minérios, para atingir a qualidade dos produtos desejados, com o máximo de aproveitamento das reservas.

Efetuar mudanças significativas na concepção dos planos de lavra.

Melhorar o conhecimento das variáveis críticas de processo.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - Considerações gerais

Na revisão bibliográfica serão abordados aspectos importantes relacionados aos estudos de caracterizações direcionadas aos tipos de minérios, enfatizando os ensaios metalúrgicos dos produtos granulados, fração sínter feed, flotação e PFF, mineralogia e planejamento de lavra.

3.2 - Caracterização tipológica

A caracterização tipológica consiste em um melhor conhecimento físico, químico, metalúrgico e mineralógico das frações granulométricas dos vários tipos de minérios que podem ser separados nas operações de lavra. Uma determinada tipologia, necessita ter uma boa representatividade quantitativa na reserva lavrável, para que possa ser planejada e operacionalizada.

3.3 - Granulados para alto-forno

Os ensaios metalúrgicos para granulados feitos na MBR, são padronizados de acordo com a norma ISO (International Organization for standardizations).

O RDI (desintegração a baixa temperatura) avalia a resistência à desintegração a baixa temperatura, em condições fracamente redutoras⁽¹⁾. A amostra é submetida à redução estática a 550 °C, usando o monóxido de carbono (CO) e nitrogênio (N₂) como gases redutores. Após 30 min a porção testada é resfriada a uma temperatura abaixo de 100 °C, submetida a 900 voltas em um pequeno tambor padronizado, posteriormente peneirada com abertura de 2,8 mm e calculado o RDI utilizando a massa da amostra após a redução e antes do tamboramento e a massa retida (over size) na peneira de 2,8 mm. Para avaliar a repetibilidade, são necessários, no mínimo, dois testes; a diferença entre eles indicará a necessidade, ou não, de mais ensaios. Caso não seja requerida repetição, é adotada a média dos dois testes efetuados⁽²⁾.

A redutibilidade avalia o grau de facilidade com que o produto enforado perde oxigênio para o gás redutor⁽³⁾. O gás redutor é composto por 70 % de monóxido de carbono (CO) e 30 % de nitrogênio (N₂). O teste é feito a uma temperatura de 900 °C e duração de 3 horas. O grau de redução é expresso pela razão do oxigênio removido para o oxigênio originalmente combinado com o ferro. Os testes são feitos em duplicata e se a diferença for menos de 5 % para sinter e LO (lump ore), não haverá necessidade de repetir os ensaios.

O índice de crepitação avalia a resistência à desintegração do “lump ore”, quando submetido a um rápido aquecimento. A amostra é submetida à temperatura de 700 °C por 30 minutos, posteriormente peneirada em 6,30 mm; o índice de crepitação corresponde à massa do material passante⁽⁴⁾. Dependendo da heterogeneidade do material os testes podem ser repetidos até 10 vezes.

O tamboramento avalia a resistência à degradação do produto durante o manuseio e transporte⁽⁵⁾. O índice de tamboramento é medido pelo percentual em massa acima de 6,30 mm, após submetida a 200 voltas dentro de um tambor padronizado. O índice de abrasão mede o percentual em massa abaixo de 0,5 mm. Os testes são feitos em duplicata.

A diminuição na quantidade de gás requerida em um alto-forno para produzir uma tonelada de ferro está diretamente ligada à permeabilidade em cada zona do alto-forno. A qualidade da matéria-prima e seu comportamento no alto-forno são fundamentais no processo. Através da zona granular, o LO carregado junto com o “sinter” reduz a fração de vazios do sinter localizado nas áreas vizinhas e a permeabilidade do gás é reduzida, podendo causar distúrbio no referido processo⁽⁶⁾.

A densidade está relacionada diretamente à degradação dos granulados, dependendo da massa do material. Uma partícula mais densa tende a gerar mais finos no manuseio e transporte⁽⁷⁾.

3.4 - Concentração gravimétrica da fração “sinter feed” e sinterização

A qualidade da separação por espirais concentradoras para itabiritos é limitada pelos seguintes fatores: partículas mistas tenderão a ter um comportamento intermediário; partículas mais densas, lamelares têm dificuldade de se deslocarem dentro do leito, demandando mais tempo de estratificação; alguns itabiritos cujos minerais de ferro são porosos, não se submetem à separação em processos gravimétricos, devido à densidade aparente mais baixa⁽⁸⁾.

Através de testes de concentração utilizando jigagem e espirais, seria possível produzir “sinter feed” abaixo de 2 % de SiO_2 na ITM-D do Pico, concentrando apenas a fração <2,38 mm. Este resultado corresponde a uma classificação do “sinter feed” em duas frações, concentrando em espirais cerca de 55 % da massa, que seria adicionada à fração grosseira natural. O rejeito das espirais concentradoras poderia ser reprocessado⁽⁹⁾.

O produto “sinter feed” que contém limonita, apresenta altos teores de Al_2O_3 , contida na matriz argilosa do minério com alta porosidade. Necessita de muito mais energia na sinterização e um incremento no consumo de coque. Se o minério contém altos teores em álcalis, a eficiência do precipitador elétrico do exaustor principal é menor e deteriora a qualidade final do sinter. Os álcalis são reciclados, principalmente na parte inferior do alto-forno, formando finas camadas na parede, reduzindo a resistência a altas temperaturas, constituindo-se nos piores componentes no processo siderúrgico de minério de ferro. A magnetita tem uma menor oxidação no processo de sinterização, permanecendo na estrutura sinterizada⁽¹⁰⁾.

Existe uma quantidade apreciável de conceitos experimentais e teóricos que podem ser aplicados para selecionar e combinar finos de minérios nas misturas de sinterização e no planejamento da produção de ferro gusa. O princípio central desses conceitos é a relação existente entre a microestrutura e as propriedades dos distintos minérios disponíveis no mercado. O grau de hidratação e o tamanho dos cristais do minério controlam, em grande parte, seu comportamento na sinterização. Minérios de ferro com tamanho de cristal médio e grau de hidratação muito baixo, favorecem a resistência ao tamboramento e RDI

do sinter. O comportamento na sinterização de misturas binárias de minérios de ferro pode ser razoavelmente previsto por funções lineares simples, obtidas por ajustes de dados experimentais. Entretanto, quando uma mistura de sinterização multicomponente tem que ser especificada, o comportamento linear não é mais válido. Para esses casos, um modelo de sinterização construído através de redes neurais artificiais, que utiliza como variáveis de entrada o tamanho médio do cristal e a quantidade de goethita da mistura de minérios a sinterizar, pode fornecer uma boa estimativa do processo e do “sinter”⁽¹¹⁾.

Nos parágrafos a seguir serão feitas considerações extraídas do curso ministrado pela USIMINAS, Utilização do Minério de Ferro na Siderurgia, onde são citados trabalhos específicos^{(12) (13) (14) (15) (16)}.

A produção de sínteres com adequada qualidade física, química e metalúrgica e em elevados níveis de produtividade está diretamente relacionada com a qualidade dos minérios de ferro utilizados na mistura a sinterizar. Estes são quase sempre avaliados através de sua composição química e distribuição granulométrica. A dificuldade de obtenção de um único minério com qualidade adequada, em quantidade suficiente e baixo custo, conduziu à adoção de uma mistura de minérios, onde a um ou mais minérios considerados “base” são adicionados “corretivos”. A especificação química e granulométrica dos minérios de ferro não é, no entanto, suficiente para garantir a obtenção dos índices de produtividade da sinterização, nem da qualidade dos aglomerados produzidos. Características estruturais, texturais e mineralógicas dos minérios, apesar de extremamente importantes, ainda hoje são pouco exploradas e pouco consideradas na escolha dos minérios para a sinterização. A avaliação prévia dos minérios em sinterização piloto cresceu em importância no auxílio à definição da mistura de minérios mais adequada.

Os limites de controle para sílica são estabelecidos a partir do volume de escória previsto para o sinter e da constatação de que menores desvios-padrão de basicidade no sinter são obtidos quando não é necessário ajustar o teor de SiO_2 na mistura através do uso de fundentes específicos. Procura-se também evitar a utilização de minérios onde a SiO_2 esteja concentrada nas frações mais grossas ($> 1 \text{ mm}$), uma vez que, neste caso, nem

todo ele participará das reações de sinterização, diminuindo o volume real de escória e fragilizando o sínter. A principal restrição da Al_2O_3 na mistura de minérios está associada à sua distribuição nas diversas faixas granulométricas. Resultados industriais mostram que a concentração de Al_2O_3 nas frações mais finas dos minérios ($< 150 \mu$) exerce forte influência negativa no índice de degradação sob redução (RDI) do sínter. A elevação do RDI, quando da sua participação mais intensa nas reações de sinterização, dissolvendo-se na rede da hematita secundária e tensionando a sua estrutura. O Al_2O_3 presente nas frações mais grossas praticamente não participa das reações de sinterização. Quanto aos elementos minoritários presentes nos minérios de ferro brasileiros, a principal restrição é o fósforo, cuja eliminação através da escória do alto-forno é de apenas 10% e limita a produção de aços mais nobres.

As principais características físicas dos minérios para sinterização são a granulometria, a presença de água combinada e o poder de aglomeração a frio. Outras como densidade, porosidade, forma de grão etc., às quais é atribuída pouca importância devido à falta de informações a respeito e de métodos eficazes de avaliação, influem decisivamente na capacidade de aglomeração a frio da mistura e, portanto, no desenvolvimento do processo. A necessidade de se trabalhar com um número maior de minérios na mistura e evoluções técnicas na área de preparação de mistura para sinterização, aliadas a testes em escala piloto e industrial, conduziu a uma faixa granulométrica tecnicamente aceitável para a mistura de minérios a sinterizar, compatível com a realidade da mineração. Em suma, esta distribuição granulométrica consiste em: 0% acima de 9,5 mm; máximo de 5% acima de 6,35 mm; 45 a 60% entre 1 e 6,35 mm e 10 a 25% abaixo de 150 mesh.

Na USIMINAS observou-se que elevações na participação de concentrados de itabiritos na mistura de minérios, em contraposição à participação de hematita natural, conduzem a uma perda de produtividade, mesmo mantendo-se constante a granulometria. Esta perda de produção parece estar associada à forma lamelar dos grãos de concentrado, que dificulta a micropelotização.

O minério hidratado, devido às suas boas características aglomerantes e alta fusibilidade, permite, quando em proporções adequadas, otimizar a produtividade de misturas de minérios hematíticos, reduzir o consumo específico de combustíveis e, em alguns casos,

aumentar a redutibilidade do sinter. Sua utilização em proporções mais elevadas pode ocasionar perdas de produção, associadas à grande contração do bolo, acompanhadas de formação de trincas de grande tamanho.

Desde o início das operações em 1979, as novas instalações da Mina de Casa de Pedra da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) foram projetadas para produzir sinter feed com 2% de SiO_2 . Entretanto, as sinterizações consumiam areia como fonte complementar e corretiva de SiO_2 do sinter. Tal contra-senso terminou em 1989, com toda a sílica de controle originária do próprio sinter feed. Com a operação da unidade de concentração, a redução do nível de sílica no sinter feed não é vista como uma lavra predatória, pois o rejeito é recuperado como produto nessa Unidade. Num futuro próximo, com o projeto de pelletização, essa situação será ainda mais favorável. Para reduzir o volume de escória dos altos-fornos, o minério bitolado está com 0,5% a menos de SiO_2 , desde maio de 1998, retirando-se itabirito duro da mistura de minério⁽¹⁷⁾.

Os principais passos recomendados em processos de sinterização e pelletização são: classificação tipológica dos minérios de ferro (baseada em parâmetros mineralógicos), conhecimento da estrutura geológica do depósito, forma dos corpos de minério, caracterização estrutural das partículas de minério de ferro empregadas na sinterização e pelletização, amostragem sistemática em regiões representativas dos depósitos, juntamente com testes granulométricos, químicos, mecânicos e metalúrgicos⁽¹⁸⁾.

3.5 - Flotação

A deslamagem é uma operação comum na flotação de não-sulfetos. Na flotação de minérios de ferro muitas partículas de lamas podem recobrir outras flutuáveis e impedir a flotação interferindo no contato partícula-bolha⁽¹⁹⁾.

Sun⁽²⁰⁾ mostrou que a formação de “slime coating” estava associada com as cargas elétricas dos minerais envolvidos. O fenômeno é maior quando as partículas das lamas estão sem carga ou possuem cargas opostas aos minerais a serem flutuados.

Na flotação catiônica de minérios de ferro, as lamas interferem na separação tanto por “slime coating”, como através do consumo do coletor. A flutuabilidade e densidade de “slime coating” do quartzo na presença de lamas de óxidos de ferro são extremamente dependentes do tamanho e da quantidade de lamas presentes. O efeito do tamanho da lama é de extrema importância no sistema quartzo – lamas de goethita, sendo mais nítido na flotação catiônica⁽²¹⁾.

Os efeitos de lamas de óxidos de manganês na flotação de quartzo, são semelhantes àqueles causados pelos óxidos de ferro⁽²²⁾.

O desempenho das etapas de deslamagem e flotação está fortemente relacionado à capacidade de remoção de lamas na fase da deslamagem. É forte a influência do percentual da fração <0,009 mm na eficiência da deslamagem. Os minérios com alto percentual de ultrafinos devem ser alimentados na planta em baixas proporções, para não comprometerem a capacidade da deslamagem. A origem da alumina no produto PFF está associada à goethita, gibbsita e caulinita, ocorrendo como partículas individuais ou cimentando partículas de hematita⁽²³⁾.

Para a realização da flotação de minério de ferro (basicamente óxidos de ferro e quartzo), são necessários os seguintes tipos de reagentes: dispersante, regulador de pH, depressor e coletor. Os dispersantes são comumente utilizados para minérios que apresentem alto conteúdo de lamas, provenientes dos minerais argilosos ou da sobre모agem do minério. A deslamagem é essencial para uma separação efetiva. A presença de lamas conduz a um aumento no consumo de reagentes devido a alta superfície específica destas partículas, formando coberturas nas partículas de quartzo. Para minimizar o efeito prejudicial das lamas, pequenas quantidades (100 a 250 g/t) de dispersante, tais como hidróxido de sódio (pH 9,0 a 10,0) ou combinações de hidróxido de sódio com pequenas quantidades de outros dispersantes são freqüentemente usados. Deve ser evitada a adição excessiva de silicato de sódio, pois funciona como depressor do quartzo. Onde a fração de lama é predominantemente formada por óxidos hidratados de ferro, aumentando-se o pH para 9,0 -10,5, pode-se efetivamente suspender as lamas e limpar as partículas de quartzo. A adição subsequente de amido gelatinizado deprime as lamas de ferro, evitando interferências com a flotação de quartzo. Os reagentes reguladores de

pH têm como função ajustar as condições de carga de superfície das partículas minerais, para que haja a adsorção dos reagentes depressores e coletores e a flotação possa ocorrer com sucesso. Outro efeito importante dos reguladores de pH é a dispersão das lamas. O valor de pH ótimo para a flotação seletiva de quartzo e hematita está na faixa de 9,0 a 11,0, mas o valor ótimo depende da mineralogia do minério. Na flotação de minério de ferro, o regulador de pH mais utilizado é o hidróxido de sódio. Os depressores são usados onde os minerais a serem separados possuem características de flotação semelhantes, por exemplo: quartzo e hematita. Sem a adição de um depressor da hematita, o coletor (amina) adsorverá ou será adsorvido sobre os dois tipos de minerais, resultando em perda de seletividade. Os amidos naturais adicionados antes do coletor, deprimem efetivamente a hematita. Os amidos são adsorvidos preferencialmente sobre a superfície de hematita, obstruindo e dificultando a adsorção efetiva da amina. Os coletores são reagentes que cobrem a superfície de um mineral, através da adsorção física ou química, tornando-o hidrofóbico e flotável por adesão às bolhas de ar. Os coletores tiram proveito da diferença das propriedades químicas dos minerais a serem separados. A efetiva flotação requer mineral hidrofóbico, necessitando da adição de um coletor ativo na superfície mineral que adsorva seletivamente o mineral a ser removido pela flotação. O reagente químico polar que pode ser catiônico ou aniônico, reveste a superfície mineral com uma parcela de uma camada monomolecular de hidrocarbonetos, reduzindo a molhabilidade do mineral e aumentando sua atuação pelas bolhas de ar ascendentes que transportarão as partículas para a superfície da célula de flotação. Os coletores catiônicos utilizados na flotação de quartzo em minérios de ferro, são normalmente derivados de aminas, que são derivadas de amônia. Para a realização da flotação é necessário que as partículas minerais estejam separadas, com um certo grau de liberação e em condições adequadas para que haja o contato e adesão partícula-bolha, em um processo contínuo⁽²⁴⁾.

A interferência da lama na flotação de minério de ferro está relacionada ao pH da polpa, quantidade e composição mineralógica da lama. Lamas goethíticas aparentam ser mais efetivas que lamas hematíticas na inibição da flotação do quartzo, pelo fenômeno “slime coating”. Lamas de bentonita e caulinita aparentam ter um pequeno efeito na flotação catiônica do quartzo⁽²⁵⁾.

Como em qualquer processo de tratamento de minérios, a distribuição granulométrica dos sólidos presentes em um sistema de flotação tem um efeito significativo no resultado final. A resposta ao processo de flotação depende da cinética das reações que ocorrem entre os diversos componentes do sistema, por exemplo a reação de agregação partícula-bolha. Tamanhos de partículas diferentes levam a valores também diferentes para as constantes cinéticas. A faixa granulométrica das partículas alimentadas em sistemas de flotação está usualmente entre 1 e 0,005 mm. O tamanho máximo das partículas na alimentação é governado pela granulometria de liberação que não deve ser maior que aquela que possibilite o transporte das partículas pelas bolhas de ar. O limite inferior da faixa granulométrica está associado ao conceito de “Lamas”, referindo-se a materiais de granulometria fina (geralmente abaixo de 0,05 mm) que podem causar um efeito nocivo no sistema, consumindo mais reagentes, perdendo seletividade e recuperação mássica, comprometendo a especificação do produto final ⁽²⁶⁾.

3.6 - Mineralogia

A composição mineralógica é o aspecto mais relevante na seleção da rota de concentração de minério de ferro, assegurando a qualidade dos produtos nos processos de concentração. É importante definir a fase mineral dominante. Por exemplo: a presença de especularita dificulta mais o processo de flotação, pelo formato lamelar e altos percentuais de martita que auxiliam na depressão. Estudos de liberação nas diversas faixas granulométricas são igualmente fundamentais na escolha das rotas de beneficiamento ⁽²⁷⁾.

As lamas das amostras de ROM (“run of mine”) da Mina do Pico são na sua maioria hematíticas e caulínicas. Foi detectada a presença de goethita em algumas amostras e gibbsita em apenas uma amostra. As lamas caulínicas são facilmente removíveis na etapa de deslamagem, em proporções compatíveis com a capacidade do processo. As hematíticas são passíveis de serem recuperadas em etapa complementar de deslamagem ⁽²³⁾.

Trabalhos recentes de caracterização mineralógica nos granulados e “sinter feed” da Mina do Pico, mostraram que a alumina está associada preferencialmente à goethita⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾.

Seções polidas feitas com amostras de furos de sonda das Minas do Galinheiro, Pico e Sapecado acusaram a presença de goethita como principal mineral deletérico (principalmente no Sapecado), associado a fraturas milimétricas a centimétricas nas lentes de hematitas compactas⁽³⁰⁾. Também foram descritos relictos de magnetita alinhados segundo a foliação principal.

Os estudos de caracterização mineralógica e tecnológica dos itabiritos anfibolíticos de Timbopeba demonstraram que é possível obter PFF com qualidade, utilizando-se de processos aplicados em itabiritos silicosos, viabilizando reservas marginais. O anfibólio cumingtonita apresenta-se em pequena quantidade e é rejeitada na espuma da flotação catiônica reversa, com comportamento semelhante ao do quartzo. A separação magnética não se mostrou indicada, obtendo-se concentrados muito contaminados com partículas mistas de quartzo com óxidos e hidróxidos de ferro. A flotação foi mais seletiva e a goethita apresenta-se em torno de 1/3 do concentrado final, elevando os teores de fósforo, alumina e sílica⁽³¹⁾.

Os minérios brasileiros são praticamente todos do tipo hematíticos e podem ser divididos nas categorias de minérios martíticos (Mina da Mutuca), granulares (Mina do Pico), microgranulares (Minas de Carajás e Corumbá) e especularíticos (Minas de Cauê e Andrade). A maioria são anidros, com alto teor de ferro. Quando comparados aos minérios australianos apresentam baixa alumina. A perda ao fogo e Fe^{2+} são geralmente baixos. A presença de goethita deve ser adicionada à classificação, principalmente quando interfere em alguma fase do processo, como flotação ou sinterização. Não é comum encontrar minérios brasileiros magnetíticos para uso em processos industriais. No Quadrilátero Ferrífero ocorre a magnetita não estequiométrica, também denominada de kenomagnetita, sendo uma magnetita deficiente em Fe^{2+} , que aparece na forma de cristais de martita. Sugere-se que os minérios também sejam adjetivados pelo termo magnetítico (preferencialmente kenomagnetítico), resultando em minérios do tipo martítico kenomagnetítico (Mina do Feijão), martítico kenomagnetítico goethítico (Minas do Complexo Alegria). Informações complementares como porosidade, anisotropia e

mineralogia acessória ou características físicas podem ser adicionados aos termos definidores da classificação dos minérios⁽³²⁾.

Foram feitos estudos de caracterização tipológica na Mina de Andrade (CVRD), objetivando conhecer o comportamento na sinterização, bem como os eventos deformacionais. Foram definidas quatro tipologias principais: hematita compacta, com predomínio de hematita e, secundariamente, especularita, martita, goethita e magnetita; hematita xistosa compacta e semi-compacta, predominando especularita e martita e, subordinadamente, martita e magnetita; hematita xistosa friável, com predomínio de especularita; hematita rolada, com hematita, especularita e goethita. Testes de sinterização, realizados com cada tipo de minério, demonstraram que a relação nucleantes/aderentes exerce um papel importante na qualidade física do sínter e no desempenho da máquina de sinterização. A influência da mineralogia não foi bem caracterizada, devido às características granulométricas de cada mistura, não se podendo afirmar que uma determinada tipologia foi determinante no resultado final. O controle operacional da Mina de Andrade passou a separar os quatro tipos de minérios e a executar a mistura na praça de alimentação da instalação de beneficiamento⁽³³⁾.

Através da análise estrutural dos minérios da Mina de Casa de Pedra (CSN), foram separados dois domínios estruturais. No domínio I, a relação espacial entre S0 e S1 são de paralelismo e no domínio II, S0 apresenta uma obliquidade em relação a S1. Comparando-se as características texturais, mineralógicas, granulométricas e porosidade dos minérios dos dois domínios litoestruturais, foram observados diferentes padrões nos atributos intrínsecos, como: tendência de textura lepidoblástica, granulometria mais grossa dos minerais de especularita e martita e distribuição da porosidade mais homogênea no domínio I, enquanto que o domínio II apresenta uma textura mais granoblástica, minerais de magnetita mais grosseiros e distribuição da porosidade mais heterogênea⁽³⁴⁾.

Estudos mineralógicos de amostras de hematitas compactas do Pico de Itabirito não mostraram evidência de metassomatismo, mas há evidências de recristalização sintectônica dos óxidos de ferro mais antigos: magnetita (martita) e hematita I, considerados pré-tectônicos ou diagenéticos, sendo que a recristalização ocorreu na

primeira fase de deformação. Os novos minerais recristalizados hematita II e especularita, orientados ao longo da xistosidade, foram formados em gerações sequenciais⁽³⁵⁾.

3.7 - Domínios Geológicos

A separação dos Domínios Geológicos têm, como objetivo principal, uma avaliação mais detalhada das Minas, visando fornecer suporte técnico ao planejamento de longo, médio e curto prazos. O balanceamento operacional quantitativo e qualitativo das principais tipologias de minérios fornece uma garantia para atingir os objetivos de produção, sem praticar uma lavra seletiva, que pode causar graves problemas geométricos futuros e comprometer a qualidade e quantidade dos produtos.

O detalhamento da partição granulométrica reveste-se de suma importância, pois além do impacto no “split” médio da planta de beneficiamento, restringindo a produção bruta, influencia fortemente na qualidade final dos produtos, principalmente no circuito de finos (fração <0,15 mm). A sobrecarga da deslamagem (baterias de hidrociclones) e colunas de flotação são o reflexo imediato da elevação do percentual da fração fina.

Os Domínios Geológicos constituem-se em fonte de consulta para os planejadores de longo, médio e curto prazos, principalmente na configuração geométrica dos avanços programados e argumentos técnicos para discussão com a operação.

3.8 - Planejamento de lavra^{(36) (37)}

Recurso mineral é a concentração natural sólida, líquida ou gasosa, ocorrida na crosta terrestre e passível de exploração econômica. A localização, teores, qualidade e quantidade são conhecidas ou estimadas por evidências geológicas específicas. Para refletir o grau de certeza geológica, os recursos podem ser subdivididos em medidos, indicados e inferidos. Nos recursos medidos, as dimensões são computadas pelos afloramentos do corpo mineral, trincheiras, trabalhos de sondagens. A qualidade e/ou teores são resultantes de amostragem detalhada. Nos recursos indicados, a quantidade, teores ou qualidade são computados de forma similar aos recursos medidos, mas o espaçamento dos trabalhos de pesquisa é maior, mas o suficiente para garantir a

continuidade geológica do depósito. Os recursos inferidos são estimados por evidência geológica e podem ou não ser suportados por amostras, mas a inferência necessita ser suportada por razoáveis evidências geo-científicas, incluindo geologia, geoquímica, geofísica e ou outros.

O termo “reserva” é aquela parte do “recurso” que apresenta suficiente conhecimento físico e químico para justificar sua extração. Isto inclui teores, qualidade, espessura, profundidade do corpo mineral e pode ser extraído econômica e legalmente por um tempo determinado. A reserva provada é aquela parte do recurso medido que satisfaz as condições para ser classificado como reserva e a reserva provável é aquela parte do recurso indicado que satisfaz as condições para ser classificada como uma reserva.

A fase de planejamento de um novo empreendimento mineral envolve três estágios: no estágio 1, é feito um estudo conceitual ou avaliação preliminar, transformando uma idéia de um projeto em uma proposição de investimento, usando métodos comparativos, custos estimados e identificando uma real oportunidade de investimento; no estágio 2, é feito um estudo preliminar, como um exercício de nível intermediário, avaliando-se a justificativa, ou não, de uma análise detalhada para estudo econômico, pontos mais críticos do projeto que necessitam uma investigação mais profunda; no estágio 3, o estudo de viabilidade fornece uma base técnica, ambiental e comercial para uma decisão de investimento, utilizando um processo iterativo para otimizar todos os elementos críticos do projeto, como a capacidade de produção, tecnologia, investimentos e custos de produção, vendas e retorno do investimento e serve como base para a continuidade dos estudos avançados de viabilidade econômica.

Para o planejamento de mina são considerados três tipos de mapas em escalas diferentes: um mapa geral, em uma escala menor, mostrando a geologia (extensão dos corpos de minérios, zonas mineralizadas), rotas de transporte, limites de propriedades, acessos principais, linhas de transmissão, suprimento de água atual e futuro, áreas para barragens de rejeitos e pilhas de estéréis; mapa geral da mina em escala média, mais detalhado, mostrando a locação de plantas de beneficiamento, estrutura de mina, suprimento de água, linhas elétricas, estradas de acessos, ferrovias, correias transportadoras, locação de alguns furos de sonda, limites e controle de propriedades,

locação de barragens e pilhas de estéreis e sequenciamento de lavra proposto; os mapas de detalhes são feitos em uma escala maior, com a locação detalhada dos furos de sonda, seções verticais interpretadas, mapas geológicos, bancadas de lavra com cotas, bermas, poços de rebaixamento do nível d'água, plantas de beneficiamento, britagem primária, barragens, pilhas de estéreis, tubulações, canaletas de drenagens, linhas elétricas com a locação dos postes, acessos detalhados a todos os pontos principais das operações e um sistema de coordenadas bem definido.

A informação geológica consta de um detalhamento da zona mineralizada, tamanho e forma do depósito, dados quantitativos em tonelagem e teor do material, incluindo o limite do teor de corte (cut-off), características mineralógicas, metalúrgicas, físicas e químicas do minério e estéreis associados, características geotécnicas e estruturais dos diversos tipos litológicos, informações sobre água subterrânea e outros fatores que afetam as operações.

O estudo de cava objetiva recuperar todo o minério que é economicamente minerável, com a remoção necessária do estéril associado. São importantes os seguintes fatores: a natureza do capeamento de superfície e o ângulo que este material permanecerá estável após exposição; o tipo de terreno e a localização da logística da mina, planta de beneficiamento e barragens, em relação à cava; ângulo das rampas para otimizar o transporte de material; número de bermas ou proteção das bancadas que serão requeridas para segurança da cava e estabilidade.

A aplicação de técnicas computacionais para estimar teor e tonelagem, requer a visualização do depósito como uma compilação de blocos. A altura do bloco é comumente a mesma da bancada que será usada na mineração. Para avaliar a distribuição da média dos teores, são feitos histogramas utilizando as amostras e os teores associados. A decisão de qual método para avaliar e estimar um depósito, depende do formato do corpo mineral, quais dados serão avaliados, densidade da amostragem, tipos de resultados requeridos, acurácia, tempo e recursos disponíveis para executar a estimação.

Os pontos mais importantes na definição geométrica das bancadas são: as características do depósito(tonelagem, distribuição de teores, valor etc.); a geometria e estratégia de

produção; os objetivos diários de produção, incluindo a movimentação de minério e estéril, seletividade dos equipamentos, blendagem requerida e o número de locais a serem trabalhados; a produção requerida associada a um certo tipo de equipamento; cada equipamento é dimensionado de acordo com uma determinada geometria otimizada.

Os fatores que definem a escolha da mineração a céu aberto ou subterrânea são os custos da mineração, a recuperação de minério e a diluição. A relação do estéril para o minério é o fator controlador no custo comparativo dos dois tipos básicos de mineração.

As mudanças nos preços dos produtos, custos das operações, tonelagem de produção e nova informação geológica, requerem estudo de mudança da cava final e é importante definir qual a frequência de reavaliação da cava final, sendo razoável uma vez ao ano, pois os custos são muito altos para refazer as bancadas superiores que já estavam em cava final.

3.9 - Sequenciamento de lavra

O modelamento geológico atualizado, serve de base para todos os planos de lavra.

Os planos de longo prazo objetivam sequenciar economicamente as Minas, compatibilizando as produções orçadas ano a ano até a exaustão das reservas. Leva em consideração a geotecnia, que define os ângulos de taludes, hidrogeologia, disposição das litologias estéreis e distâncias de transportes de minério e estéril.

Os planos de médio prazo, representam o desmembramento do planejamento de longo prazo, sendo o plano anual concebido no período de orçamento. Os planos trimestrais são revistos periodicamente, fazendo adaptações geométricas em face às mudanças geológicas ou de produção.

Os planos de curto prazo, denominados de mensais e semanais, são acordados com a operação das Minas e buscam otimizar ao máximo as operações mineiras, priorizando o desenvolvimento de áreas com impacto no longo, médio e curto prazos. Os planos semanais também ganham um enfoque em qualidade química e física, pois representam

a programação da produção dos produtos embarcados. Como as Minas possuem alta variabilidade, o banco de dados geológico é atualizado antes da estimação dos planos mensais e semanais.

4 - ESTUDO DE CASO REAL

4.1 - Introdução

O Complexo de Mineração do Pico representa o primeiro grande projeto da MBR para substituir as Minas de Águas Claras e Mutuca, já exauridas, tendo uma importância estratégica na produção total da Companhia. A variabilidade intrínseca dos tipos de minérios, associada à ausência de pilhas de homogeneização, a crescente necessidade da qualidade e menor variabilidade dos produtos, a concentração de “sinter feed” por espirais e produção de PFF (pellet feed fine) por flotação catiônica reversa, bem como a produção de LO (lump ore) para alto-forno com alto valor agregado propiciaram o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

4.2 – Geologia regional

O Quadrilátero Ferrífero situa-se na porção meridional do Cráton de São Francisco, sendo um núcleo cratônico estabilizado no proterozóico inferior. A forma do Cráton de São Francisco é definida por faixas de dobramentos que foram geradas no evento brasileiro⁽³⁸⁾.

Em diversas estruturas dômicas nas periferias e no interior do Quadrilátero Ferrífero afloram rochas cristalinas de composições e estruturas variadas, compondo os denominados complexos metamórficos, que contém o embasamento regional⁽³⁹⁾. Estes complexos recebem denominações locais e são constituídos de rochas do tipo gnáissico-migmatíticas polideformadas, de composição tonalítica a granítica e, subordinadamente, granitos, granodioritos, anfibolitos, intrusões máficas e ultramáficas. Dentre estes, os mais importantes são: Bação (porção central); Bonfim (situado a oeste); Congonhas (a sudoeste); Santa Rita (a sudeste); Caeté (a norte); Bela Vista (ao sul) e Belo Horizonte (a noroeste). Outros complexos metamórficos sem denominação formal foram individualizados a leste da Serra do Caraça.

As seqüências vulcano-sedimentares do tipo “Geestone Belt” estão representadas no Quadrilátero Ferrífero pelos metassedimentos e metavulcânicas arqueanos do

Supergrupo Rio das Velhas, tendo sido dividido nos Grupos Nova Lima (inferior) e Maquiné (superior), com base em uma discordância angular entre estas unidades estratigráficas. Sobreposto ao Grupo Maquine, foi definido o Grupo Tamanduá, composto por quartzitos, filitos sericíticos, filitos quartzosos e formação ferrífera dolomítica. No Grupo Caraça, foram descritas duas Formações: Moeda e Batatal, sendo a primeira composta por quartzitos e a segunda por filitos sericíticos e dolomíticos, com espessura máxima de 100 metros. Sobreposto à Formação Batatal, aparece o Grupo Itabira, que contém as Formações intergradacionais Cauê e Gandarela. A Formação Cauê contém os depósitos de minério de ferro (itabiritos e hematitas), sendo intergradacional com a Formação Batatal. Sobreposto aparece o Grupo Piracicaba, composto pelas Formações Cercadinho (quartzitos ferruginosos e filitos) e Fecho do Funil, composta por dolomitos silicosos, filitos dolomíticos e quartzosos⁽⁴⁰⁾.

Ladeira⁽⁴¹⁾ subdividiu o Grupo Nova Lima em três Unidades maiores, assim descritas da base para o topo: Unidade metavulcânica, composta por rochas ultramáficas, metabasaltos, metatufos, komatiitos, serpentinitos, esteatitos e formações ferríferas tipo Algoma, de pequeno porte; Unidade metassedimentar química, constituída por xistos carbonáticos, formação ferrífera bandada e filitos grafitosos; Unidade metassedimentar clástica, formada por quartzo-xistos, quartzitos imaturos e metaconglomerados.

O Grupo Maquiné é uma seqüência clástica, com até 2.000 metros de espessura, subdividido em duas Formações: Palmital (inferior), constituída por quartzitos sericíticos, filitos e filitos quartzosos e a Formação Casa Forte (superior), constituída por quartzitos sericíticos, cloríticos e filitos⁽⁴²⁾.

O Grupo Itacolomi foi dividido em três Unidades: Unidade basal (quartzitos e metaconglomerados); Unidade média (filitos) e uma superior, composta por quartzitos⁽⁴³⁾.

As coberturas sedimentares fanerozóicas são representadas no Quadrilátero Ferrífero pelas bacias do Gandarela e Fonseca⁽⁴⁴⁾, datadas como sendo de idade eocênica. São do tipo interiores e de ocorrência restrita⁽⁴⁵⁾.

As principais estruturas tectônicas do Quadrilátero Ferrífero são: Arqueamento Rio das Velhas, Homoclinal da Serra do Curral, sistema de falha do Fundão/Engenho e pelos sinclinais da Moeda, Dom Bosco, Gandarela, Vargem do Lima, Santa Rita, Conta História e Ouro Fino. Quanto à evolução tectônica, as rochas do Supergrupo Rio das Velhas teriam passado por um evento deformacional forte, antes da deposição do Supergrupo Minas, tendo a seqüência arqueana e os complexos granito-gnáissicos atuado como embasamento. O metamorfismo varia do fácies xisto verde à anfibolito, tendendo a aumentar de oeste para leste. Os diferentes tipos composicionais de itabiritos (quartzo itabirito, itabirito anfibolítico e dolomítico) refletem somente em parte as variações primárias na bacia de sedimentação, pois outros fatores importantes são o gradiente metamórfico, alteração hidrotermal, dolomitização e a distribuição heterogênea da deformação. Estudos litoestratigráficos, estruturais e texturais permitem dividir a região em dois domínios principais: um ocidental de baixa deformação (DBD) e um oriental, de alta deformação (DAD). Em ambos, o mineral predominante é a hematita. No domínio de baixa deformação observam-se, apesar da intensa oxidação, relictos de magnetita de origem diagenética e, eventualmente, pseudomorfos de silicatos, além de características e estruturas primárias preservadas, tais como laminação (micro-bandamento), pisólitos e estromatólitos, parcial ou totalmente obliterados no domínio de alta deformação, pela transposição, desenvolvimento da clivagem e transformações mineralógicas. A oxidação da magnetita e silicatos de ferro resultou na formação da martita e hematita, esta recristalizada em diversas gerações. Os minérios de ferro de alto teor ocorrem na forma de corpos compactos ou maciços, sem condicionamento estrutural, considerados não tectônicos. Os corpos xistosos, com claro controle estrutural, são considerados sintectônicos e minérios supergênicos são considerados friáveis⁽⁴⁶⁾.

4.3 - Geologia local

4.3.1 – Introdução

As três Minas em operação do Complexo Pico estão situadas na aba leste do Sinclinal da Moeda e ao sul da falha da Cata Branca, sendo a Mina do Galinheiro situada ao norte, próxima à falha e as Minas do Pico e Sapecado, estão situadas cerca de 4,5 Km ao sul da Mina do Galinheiro (figura 4.1, 4.2 e anexo 1).

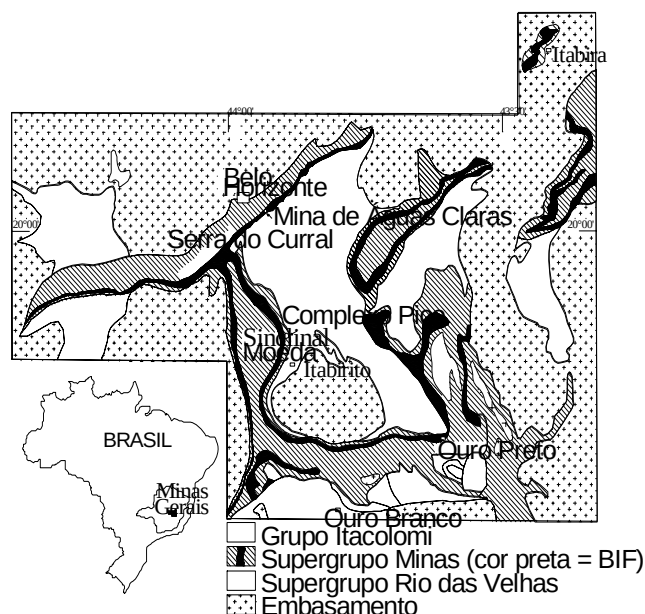


Figura 4.1 - Mapa esquemático do Quadrilátero Ferrífero e localização do Complexo Pico na aba leste do Sinclinal da Moeda.

4.3.2 - Mina do Galinheiro

A Mina do Galinheiro está situada cerca de 4 Km ao norte da Mina do Pico, com extensão aproximada de 500 metros de comprimento e 350 metros de largura, composta por lentes de hematitas compactas com espessura variando de centímetros a 50 metros. Apresenta dois sistemas de fraturas, geralmente preenchidos por argilo-minerais supergênicos, como gibbsita, goethita e caulinita. Na lavra de meia-encosta predominam hematitas e itabiritos associados à canga e altos teores de fósforo e alumina. Secundariamente ocorrem lentes métricas de hematitas médias e macias gradacionais para itabiritos ricos. Os itabiritos friáveis tem alta variação de sílica (10 a 50 %), predominando quartzo livre, pouco associado à hematita, ocorrendo como partículas mistas nos itabiritos com consistência média. São comuns as intercalações de hematitas compactas e itabiritos ricos. As lentes de itabiritos médios e compactos são considerados como estéreis, com quartzo pouco liberado da hematita, nas bandas milimétricas a centimétricas alternadas dos dois principais minerais. Também ocorrem rochas meta-máficas/ultramáficas na

forma de diques e sills, com espessura de 1 a 4 metros, bastante alteradas, concordantes a levemente discordantes da foliação principal.

A bancada de lavra mais baixa está situada no nível 1480, em relação ao nível do mar, bem acima da Mina do Pico e Sapecado.

Estruturalmente, a área da Mina se comporta como uma estrutura homoclinal, com direção variando N20-30° E; 40-75° SE (anexos 4 e 5).

4.3.3 - Mina do Pico

A Mina do Pico compreende uma área de lavra de 1400 metros de comprimento por 1300 metros de largura, englobando as litologias da Formação Moeda, composta por quartzitos de granulometria fina a média, gradacional para a Formação Batatal, composta por filitos sericíticos, filitos dolomíticos, filitos dolomíticos quartzosos com lentes centimétricas a métricas de meta-chert e filitos quartzosos. As litologias das Formações Moeda e Batatal estão situadas na porção leste da Mina. A Formação Cauê, hospedeira das mineralizações de ferro, é constituída por lentes métricas de hematitas compactas, hematitas médias e macias e itabiritos friáveis, médios e compactos, com grande variação consistência e de teores de sílica. No contato com a Formação Batatal, ocorre uma lente de itabirito argiloso (AIF), representando uma gradação entre as duas unidades estratigráficas, com espessura variando de 2 a 20 metros, localmente descontínuo.

As hematitas do Pico podem ser separadas em dois grandes domínios, com base na consistência do minério: nas lentes de hematitas da área do Pico propriamente dito, predominam hematitas compactas fraturadas, circundadas por hematitas médias e macias e itabiritos ricos. Na porção norte e nordeste da Mina, predominam as lentes de hematitas médias e macias de origem supergênica, situadas imediatamente ao sul do dique de rocha meta-máfica/ultramáfica e em contato com o Filito Batatal. Os corpos mais espessos de hematitas estão associados à espessura maior do dique meta-máfico/ultramáfico. São comuns as intercalações de itabiritos friáveis, médios e compactos, com grande variação de teores. Na região de contato com o Filito Batatal, ocorrem lentes de hematitas compactas, com espessura variando de 5 a 50 metros.

Ao norte do dique meta-máfico/ultramáfico predominam itabiritos friáveis e lentes métricas de itabiritos médios, compactos e anfibolíticos e ausência de lentes de hematitas. Em termos genéticos, o dique meta-máfico/ultramáfico atuou como um barreira impermeável e permitiu uma lixiviação mais eficiente na porção sul.

Na borda oeste da cava, na região de contato com a Formação Gandarela, ocorrem bacias sedimentares compostas por argilas, areias e brechas sedimentares, com espessura de até 50 metros, sub-horizontais, origem flúvio-lacustres, preenchendo depressões com um provável controle estrutural primário e de idade terciária a quaternária.

A sequência estratigráfica encontra-se invertida, pois a Formação Cauê, mais jovem, está sotoposta ao filito da Formação Batatal e ao quartzito da Formação Moeda, mais antigos.

A bancada de lavra mais profunda está no nível 1240, relacionada ao nível do mar, estando em um estágio operacional mais avançado, em relação às Minas do Galinheiro e Sapecado.

Em termos estruturais, a direção média das foliações é N20-30° E, com mergulho de 35 a 85° E-SE. A Mina pode ser subdividida em quatro domínios estruturais: ao norte do dique meta-máfico/ultramáfico, a estrutura está em forma de sinforme, sendo o flanco oeste com mergulho médio de 70° para E-SE e o flanco leste mergulha em média 65° para W-NW, sendo que o dique meta-máfico/ultramáfico está posicionado em uma falha de empurrão com transcorrência e com rejeito direcional em torno de 50 metros, tendo deslocado a Formação Cauê; as regiões central e leste, incluindo os filitos e quartzitos, comportam-se como um conjunto homoclinal, com mergulho médio de 65-75° para E-SE; a área oeste tem o mesmo comportamento estrutural das regiões central e leste, mas com mergulho médio de 50° da foliação principal e no contato com a Formação Gandarela, o mergulho é em torno de 40°; a região do Pico, situada mais ao sul, comporta-se como uma estrutura homoclinal, com mergulho de 70 a 88° para E-SE, tendendo à vertical e na porção mais a oeste, o mergulho está em torno de 60°, com dois sistemas de fraturas bem definidos (vide anexos 4 e 5).

4.3.4 – Mina do Sapecado

Situada imediatamente ao sul da Mina do Pico, apresentando as mesmas litologias, com uma área de lavra de 2000 metros de comprimento e 500 metros de largura. Composta por lentes de hematitas compactas, localizadas na porção leste e sul da Mina, com espessura variando de 10 a 70 metros, intercaladas a hematitas médias e macias e itabiritos friáveis, médios e compactos. As lentes de hematitas médias e macias são sempre gradacionais para itabiritos ricos. Na porção mais a oeste da Mina, os itabiritos e hematitas estão enriquecidos em manganês, com afinidade carbonática.

Os teores médios de sílica e a consistência dos itabiritos são muito variáveis, sendo a sílica situada entre 10 a 55 %. Próximo à superfície, aumentam os teores de fósforo e alumina.

Na porção norte da Mina ocorre uma bacia sedimentar à base de argilas, areias e brechas, com 40 metros de espessura definida por sondagem e idade terciária a quaternária.

Nas regiões norte e sul da Mina são comuns os diques e sills de rochas metamáficas/ultramáficas, com espessura variando de centímetros a 20 metros. Na porção sul predominam sills concordantes com as lentes de hematitas e itabiritos e na face norte, ocorrem sills e diques. Ocasionalmente causam um efeito negativo na lavra, pela dificuldade de seletividade pelos equipamentos de escavação e ocasionam fortes contaminações argilosas no processo de beneficiamento.

A Mina está em processo de abertura, com percentuais significativos de contaminantes argilosos associados aos processos deletéricos de alteração supergênea. A cota da bancada mais profunda está no nível 1330, com relação ao nível do mar, sendo os níveis superiores situados na cota 1430, principalmente as áreas ainda não lavradas (anexos 4 e 5).

Em termos estruturais, a Formação Cauê se comporta como uma estrutura sinforme, onde o flanco leste mergulha 70 a 75° para W-NW, enquanto o flanco oeste mergulha 50-

60° para E-SE, muito semelhante à região norte da Mina do Pico. As hematitas compactas estão muito fraturadas, com dois sistemas de fraturas bem definidos e alteração ao longo das fraturas, concentrando argilo-minerais, principalmente goethita, gibbsita e caulinita.

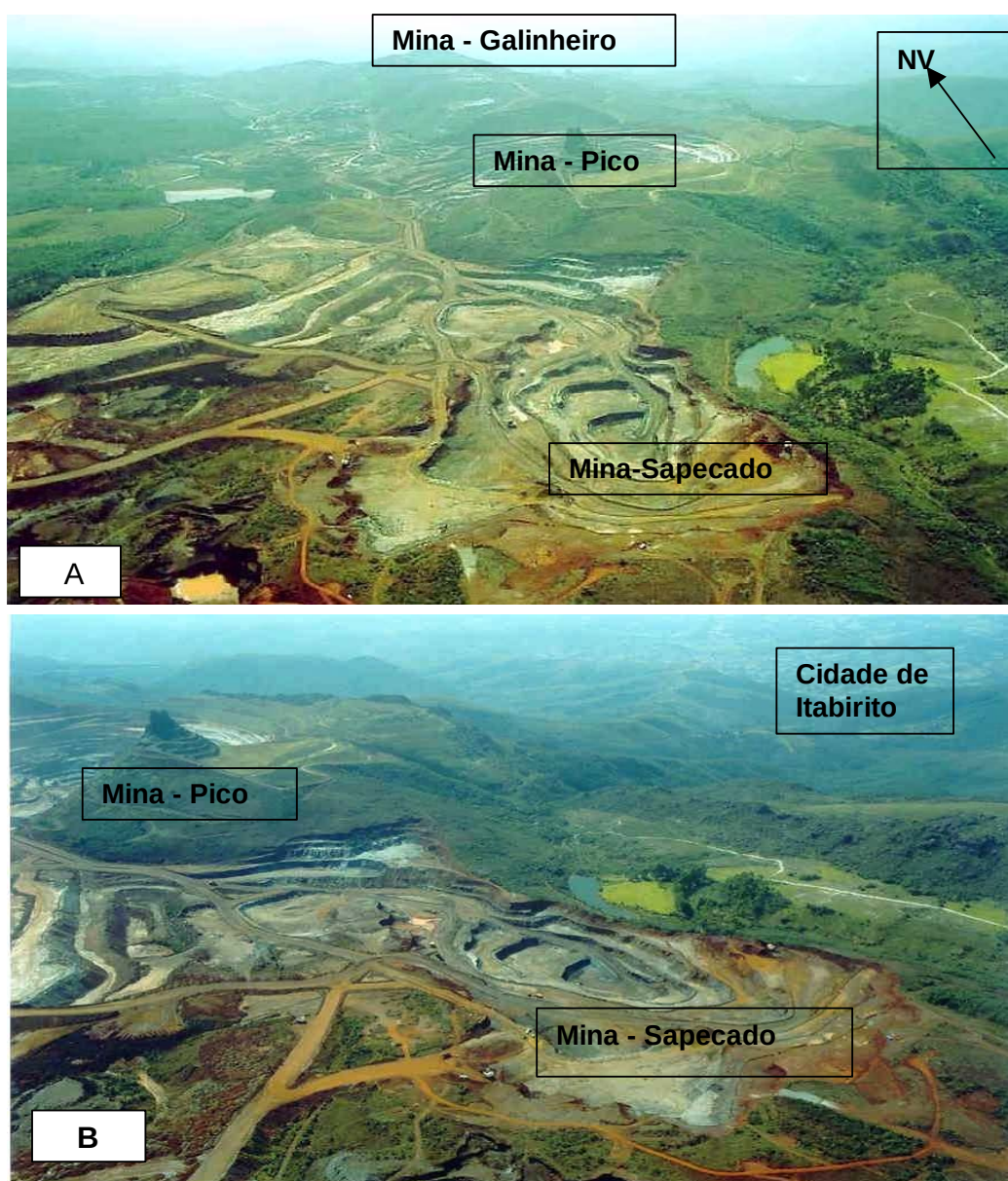




Figura 4.2 – Vista geral das Minas em operação.

4.4 - Geologia aplicada ao planejamento de lavra

A base geológica para o planejamento de lavra são os modelos geológicos atualizados, contendo todas as informações de sondagem, amostragem de canaletas e mapeamento geológico atualizado. As amostras que integram o banco de dados geológico constam de três faixas granulométricas: $<50 >6,35$ mm; $<6,35 >0,15$ mm e $<0,15$ mm, com percentual granulométrico de cada faixa e a análise química correspondente. Os principais elementos analisados são o Fe total ($\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$), Al_2O_3 , SiO_2 , P e Mn. A média bruta é calculada pela ponderação química e física das amostras. Os testemunhos de sondagem são analisados a intervalos mínimos de 3 metros, posteriormente regularizados para 10 metros no banco de dados definitivo, ponderando as amostras próximas, objetivando adequar o suporte amostral à altura das bancadas de lavra. Considera-se uma amostra de canaleta representativa de uma bancada de 10 metros. As litologias constantes no modelamento geológico são calculadas conforme a tabela IV.1.

As seções de sondagem da Mina do Galinheiro estão espaçadas de 100 metros e as amostras de canaletas com retro-escavadeira, feitas nas bancadas, estão espaçadas de 20 a 30 metros e correspondem a um sulco de 2 metros de comprimento por 1 metro de profundidade, donde são retirados incrementos sistemáticos, compondo uma amostra de 80 Kg de ROM.

Nas Minas do Pico e Sapecado, as seções de sondagem estão espaçadas de 50 metros e também são feitas amostras de canaletas para ampliar o suporte amostral e estimar as Minas com maior confiabilidade, principalmente na fase de abertura, quando a

variabilidade é maior. As campanhas de sondagem são programadas anualmente, levando sempre em consideração uma melhoria nas informações geológicas para o banco de dados. As amostras de canaletas são feitas semanalmente e integram a rotina dos trabalhos de campo.

Tabela IV.1 - Classificação físico-química dos tipos de minérios de ferro das Minas da MBR - Modelamento Geológico.														
Litologia	Fe Crude		Fração > 6.35 mm (W1)		Fração < 0.15 mm (W3)		Al ₂ O ₃ Crude		P Crude		PPC Crude		Mn Crude	
	limite inferior	limite superior	limite inferior	limite superior	limite inferior	limite superior	limite inferior	limite superior	limite inferior	limite superior	limite inferior	limite superior	limite inferior	limite superior
HO-Hem. dura	64	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
MO-Hem. média	64	-	25	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
SO-Hem. macia	64	-	-	25	-	80	-	-	-	-	-	-	-	3
VSO-Hem. macia fina	64	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	3
HM-Hematita	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HIB-Itab. duro	30	52	50	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	3
MIB-Itab. médio	30	52	25	50	-	-	-	2	-	-	-	-	-	3
SIB-Itab. macio	30	52	-	25	-	-	-	2	-	-	-	-	-	3
RSIB-Itab. macio rico	52	64	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	3
AIF-Itab. argiloso macio	30	58	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3	-	3
RAIF-Itab. argiloso macio rico	58	64	-	-	-	-	2	6	-	-	-	3	-	3
IBLI-Itab. limonítico	30	64	-	-	-	-	2	-	0.065	-	3	-	-	3
IBMN-Itab. manganífero	-	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
HMMN-Hem. manganífera	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
FEMN-Ferro e manganês	22	45	30	50	12	30	-	-	-	-	-	-	15	32
IB-Itabiritos	30	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observações: Limite dos teores de manganês (Mn), modificado de 1 para 3%, em agosto/2000.

Crude - Denominação atribuída a uma amostra média total, sem levar em consideração a partição granulométrica do minério.

4.5 - Caracterização tecnológica

O banco de dados geológicos que fornece todo o suporte a todas as fases do planejamento de lavra (longo, médio e curto prazo), consta de análises granulométricas e químicas em 3 faixas: <50 >6,35 mm; <6,35 >0,15mm e <0,15 mm.

A alimentação da britagem primária é feita por caminhões com capacidade para 150 e 35 toneladas, do tipo Dresser e Scania, respectivamente. A capacidade de alimentação máxima do sistema é de 2.500 toneladas por hora.

A britagem primária do ROM reduz o material a uma fração <180 mm, alimentando uma pilha intermediária na forma de cone, com capacidade total de 120 mil toneladas, anterior à planta de beneficiamento (ITM-D). O sistema de cone invertido reflete a alimentação direta das Minas, não permitindo correções significativas durante as operações, sendo feitos somente com base nos resultados das análises hora a hora do sistema da flotação e partição granulométrica média (split dos produtos), que são considerados mais críticos em todo o sistema produtivo.

A principal planta de beneficiamento do Complexo Pico produz 4 tipos de produtos, com um perfil de alimentação de 80% de hematitas e 20% de itabiritos, separados por faixas granulométricas, objetivando atender ao mercado consumidor:

Produto	Faixa granulométrica (mm)
Lump Ore (LOAF)	<31,50 >6,35
Hematitinha	<12,50 >6,35
Sínter Feed (SF)	<6,35 >0,15
Pellet Feed Fines (PFF)	<0,15

Os produtos LOAF (lump ore para alto-forno) e hematitinha são produzidos apenas por britagem e classificação, enquanto cerca de 30 a 40% do sínter feed é produzido a partir da concentração por espirais (Fração <1 >0,15 mm). O PFF é produzido através da flotação catiônica reversa, utilizando 4 colunas.

Além da principal instalação de tratamento de minério, também operam mais duas plantas, onde são produzidos 3 tipos de produtos sem concentração, apenas britagem e peneiramento, sendo a fração <0,15 mm enviada para a barragem de rejeitos na forma de polpa. Na ITMA, que recebe uma alimentação média de 70% de itabiritos e 30% de hematitas, são produzidos 3 tipos de produtos: PO (<25,00 >12,50 mm); Chapinha (<12,50 >6,35 mm) e Sínter Feed 5% de SiO₂. Na planta denominada de ITMB, também são produzidos 3 tipos de produtos: LOB (<31,50 >6,35 mm); Hematitinha (<12,50 >6,35 mm) e Sínter Feed com 1,60% de SiO₂, com um perfil de alimentação de 85% de hematitas mais aluminosas e 15% de itabiritos ricos. Os produtos derivados destas instalações são misturados adequadamente com os produtos da ITM-D.

que compõem a alimentação da principal planta de beneficiamento, tem uma importância muito grande no sistema produtivo, aprofundando o conhecimento granuloquímico das frações mais finas e ampliando o estudo das características metalúrgicas dos granulados para alto-forno, que é o produto de maior valor agregado. Representa a resposta do processo aos vários tipos de minérios. A formação de um banco de dados, composto por amostras caracterizadas nas várias rotas de processos, permitirá entender as variações dos tipos de minérios ao longo do desenvolvimento das operações das Minas.

4.6 - Planejamento de lavra

Serão abordados os aspectos mais relevantes do planejamento de lavra nas várias fases, desde o estudo de cava, até a operação da Mina.

4.6.1 - Planejamento de longo prazo

Os principais insumos para o planejamento de longo prazo, que busca otimizar economicamente uma jazida de minério de ferro e confeccionar os planos pluri-anuais, são: modelo geológico contendo todas as informações das litologias (tipos de estéreis e minérios), arquivo de blocos 10x10x10 metros com teores estimados das principais variáveis químicas e faixas granulométricas. A geotecnia fornece os ângulos dos taludes finais, com base nas características geomecânicas das litologias e o modelamento hidrogeológico, faz uma previsão do rebaixamento do nível d'água.

As cavas otimizadas contemplam todo o planejamento de rampas de acessos, ângulos dos taludes finais, largura das bermas, relação estéril/minério ano a ano até a exaustão da cava, depósitos de estéreis, relocação ou não da britagem primária e possíveis mudanças no perfil de alimentação da planta, tendo como base a estimativa geoestatística da qualidade química e física das faixas granulométricas.

4.6.2 - Planejamento de médio prazo

Denomina-se planejamento de médio prazo o plano anual de lavra, sub-dividido em 4 trimestres, que é concebido no período do orçamento, no qual são considerados os

quantitativos de vendas programadas para o mercado externo e interno, qualidade média e disponibilidade de produtos nas Unidades Operacionais que permitam garantir a demanda do mercado.

Os teores estimados por krigagem são transformados em produtos, onde são consideradas as variáveis de diluição na lavra e os fatores de concentração no beneficiamento. A qualidade é sub-dividida por trimestre, compatibilizando o desenvolvimento das Minas, principalmente levando-se em consideração a relação estéril/minério, disponibilidade da frota de equipamentos de mineração, distância de transporte, acabamento de taludes e plano de drenagem para o período chuvoso. São feitas revisões sistemáticas dos planos trimestrais, objetivando adequar as operações com a demanda dos produtos e reavaliar com base nas novas informações geológicas, geotécnicas ou hidrogeológicas.

4.6.3 – Planejamento de curto prazo

O plano mensal de lavra é denominado de planejamento de curto prazo, buscando atender a uma condição geométrica e a qualidade pré-definidas no plano trimestral, com base em um levantamento topográfico atualizado. Na concepção do plano, são feitas discussões com a operação das Minas, objetivando adequar ao máximo às condições operacionais atuais, enfocando o desenvolvimento geométrico, para atender qualidade e quantidade dos produtos. Também é feito um detalhamento da frota de equipamentos (disponibilidade física, manutenções preventivas e corretivas), distância de transporte para minério e estéril, condições operacionais dos depósitos de estéreis, drenagem, corte e reposicionamento de poços de rebaixamento do nível d'água e prioridades de avanços em determinadas áreas.

4.6.4 - Planejamento semanal

O planejamento semanal é um desmembramento do plano mensal, enfocando a qualidade estimada das frentes disponíveis em uma semana de operação, sendo acordado com a operação e o planejamento mensal. Antes da execução do plano são feitos levantamento geológico das frentes em operação e das áreas que serão

programadas, levantamento topográfico e atualização do banco de dados de amostras de sondagem e canaletas, buscando maior representatividade do suporte amostral.

Na operação das Minas, consideram-se os teores estimados das frentes disponíveis, alimentando um programa específico de blendagem, que busca compatibilizar a qualidade química e a partição média (split) nas faixas dos granulados (fração $<50 >6,35$ mm), sinter feed (fração $<6,35 >0,15$ mm) e o over flow do hidroclassificador (fração $<0,15$ mm), que alimenta a ciclonagem e, posteriormente, a flotação em coluna para produzir pellet feed fines (PFF). As principais variáveis químicas de controle da operação das Minas nas 3 faixas granulométricas são os percentuais de sílica (SiO_2), alumina (Al_2O_3) e fósforo (P), bem como o percentual granulométrico nas mesmas faixas e que são muito importantes na produtividade horária da planta de beneficiamento. As alternativas de misturas mais operacionais para um determinado momento são controladas através de um sistema de alocação dinâmica de caminhões, que mantém os percentuais pré-definidos no programa de blendagem e alimentação média de 2.000 toneladas/hora no sistema de britagem primária. A alimentação média da planta é de 1.600 toneladas/hora. Os produtos são analisados a cada 6 horas; o sistema da flotação, porém, é analisado quimicamente hora a hora (over flow do hidroclassificador, alimentação da flotação e concentrado de PFF final), buscando adequar as operações das Minas à qualidade dos produtos e comparar os teores estimados com os reais.. O split médio dos produtos também é informado hora a hora pela planta de beneficiamento, pois é uma variável muito crítica no sistema produtivo.

5- METODOLOGIA

Considerando os trabalhos de campo e de laboratório, será detalhada a metodologia empregada nas várias fases da pesquisa.

5.1 - Separação e estimativa geostatística dos Domínios Geológicos

De um modo geral, é muito difícil alcançar uma média de teores e granulometria compatível com a planta de beneficiamento, a partir de Minas com alta variabilidade e considerando o porte das operações. As três Minas do Complexo Pico possuem alta variabilidade química e física e a separação e estimativa dos Domínios Geológicos objetivou avaliar as reservas de hematitas em porções que podem ser operacionalizadas nos planos de lavra de longo, médio e curto prazos.

A separação inicial dos Domínios Geológicos foi feita com base nos critérios de posicionamento estratigráfico das lentes de hematitas nas Jazidas, suportadas pelo modelamento geológico, que resume toda a informação de sondagem, canaletas e mapeamento geológico. Também foi levada em consideração a experiência diária, quando se enfocam as variáveis químicas e físicas no sistema produtivo e que têm alto impacto no resultado da indústria mineral de minério de ferro. As variáveis granulométricas interferem indiretamente nas variáveis químicas, principalmente no circuito de finos (flotação), onde as alterações dos percentuais da fração <0,15 mm acarretam sobrecarga na ciclonagem e comprometem a deslamagem, ocasionando contaminações danosas na alimentação da flotação, principalmente por argilo-minerais. Os circuitos de granulados e sinter feed são fundamentais na recuperação mássica da planta, pois apenas cerca de 30 a 40% do sinter feed é concentrado por espirais (fração <1 >0,15 mm) e possuem valores agregados maiores que o PFF.

Os Domínios foram estimados por krigagem ordinária, sendo considerados blocos de 10x10x10 metros, posicionados entre a topografia atual e os limites das cavas operacionalizadas. O raio de busca das amostras para compor as estimativas foi de 130 metros nas direções X e Y (horizontais) e de 30 metros na direção Z (altitude). Foram utilizados 4.917 composites de amostras regularizadas para 10 metros.

5.2 - Sistemática de amostragem para os estudos de caracterização

Foram feitas 53 amostras de ROM nas Minas, objetivando efetuar os estudos de caracterização tecnológica nas 3 faixas granulométricas. Os critérios mais relevantes na seleção dos tipos de minérios foram os projetos das cavas, tipologias expostas com maior representatividade em cada Mina e passíveis de reconhecimento e operacionalização de rotina. A coleta foi feita com o apoio de pá-carregadeira 966 e caminhões de pequeno porte e foram coletadas em torno de 5 toneladas por amostra, para garantir volume suficiente para os testes e amostras brutas de reserva, caso houvesse necessidade de repetição de algum ensaio. Em algumas amostras foi muito difícil separar uma quantidade suficiente da fração dos granulados ($<50 > 6,35$ mm), sendo necessária a lavagem de um grande volume da amostra para a retirada da quantidade desejada para os testes metalúrgicos. Por outro lado, foi também necessária a lavagem de um volume maior de hematitas compactas, para gerar quantidade suficiente da fração mais fina ($< 0,15$ mm).

Os locais amostrados foram nas frentes de lavra, pela facilidade de descrição dos litotipos, evitando qualquer contaminação por litologias estéreis ou pouco representativas no contexto geral das Minas. As Minas do Galinheiro e Sapecado encontram-se em um estágio inicial de desenvolvimento, com alteração pronunciada das tipologias amostradas, enquanto a Mina do Pico encontra-se em um estágio mais avançado de desenvolvimento, com pouca influência da alteração deletérica. A amostragem buscou representar estas fases distintas de operação das Minas.

5.3 - Preparação inicial das amostras

Nas figuras 5.2, 5.3 e 5.4, estão sumarizadas todas as fases iniciais da amostragem desde a coleta dos incrementos da pilha depositada pelo caminhão, preparação e lavagem inicial no Laboratório do Complexo Pico, separando as 3 frações granulométricas para serem enviadas para o Laboratório do Miguelão, onde foram feitos os ensaios para análises granuloquímicas, avaliação metalúrgica dos granulados, testes de concentração por mesagem e flotação de finos e separação de alíquotas para mineralogia.



Figura 5.2 - Detalhes da amostragem nas Minas, utilizando pá-carregadeira e caminhão, retirada de incrementos e preparação inicial a úmido, com a separação granulométrica das frações $<50 > 6,35$ mm, $<6,35 > 0,15$ mm e $<0,15$ mm.

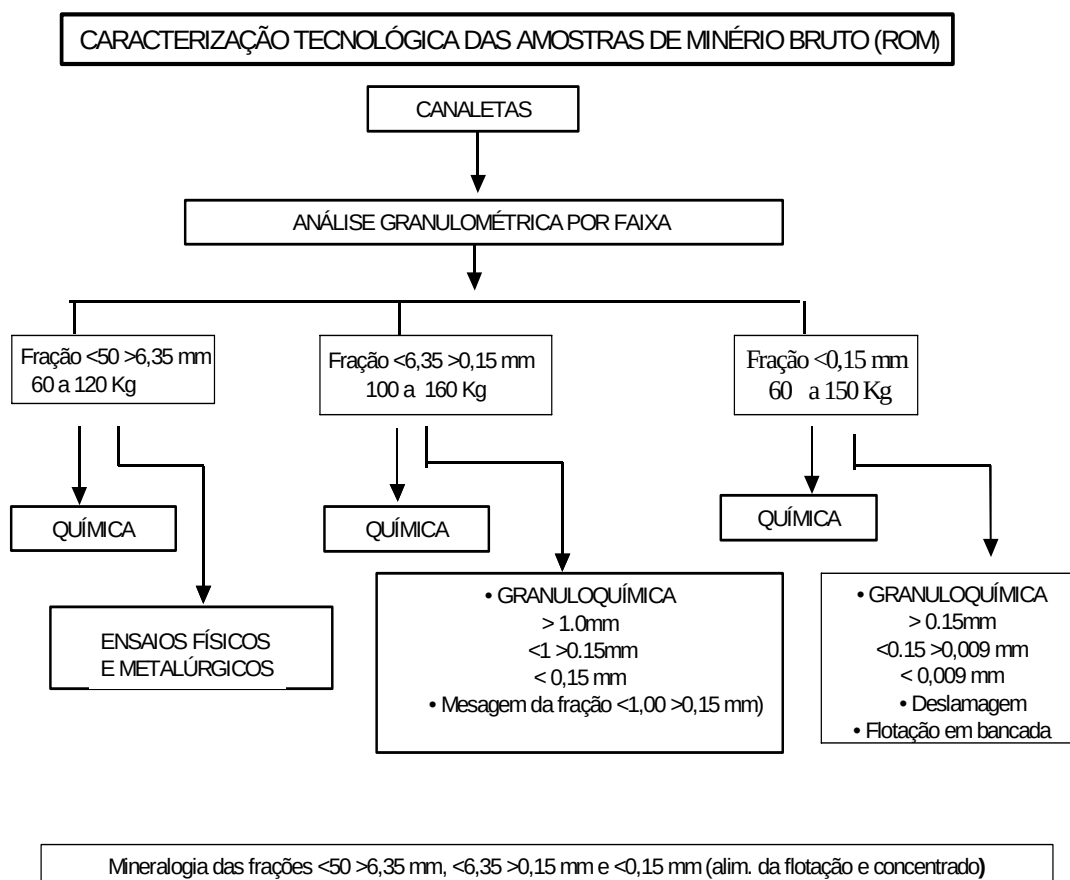


Figura 5.3 - Fluxograma geral de preparação das amostras de ROM, testes de laboratório e análise química.

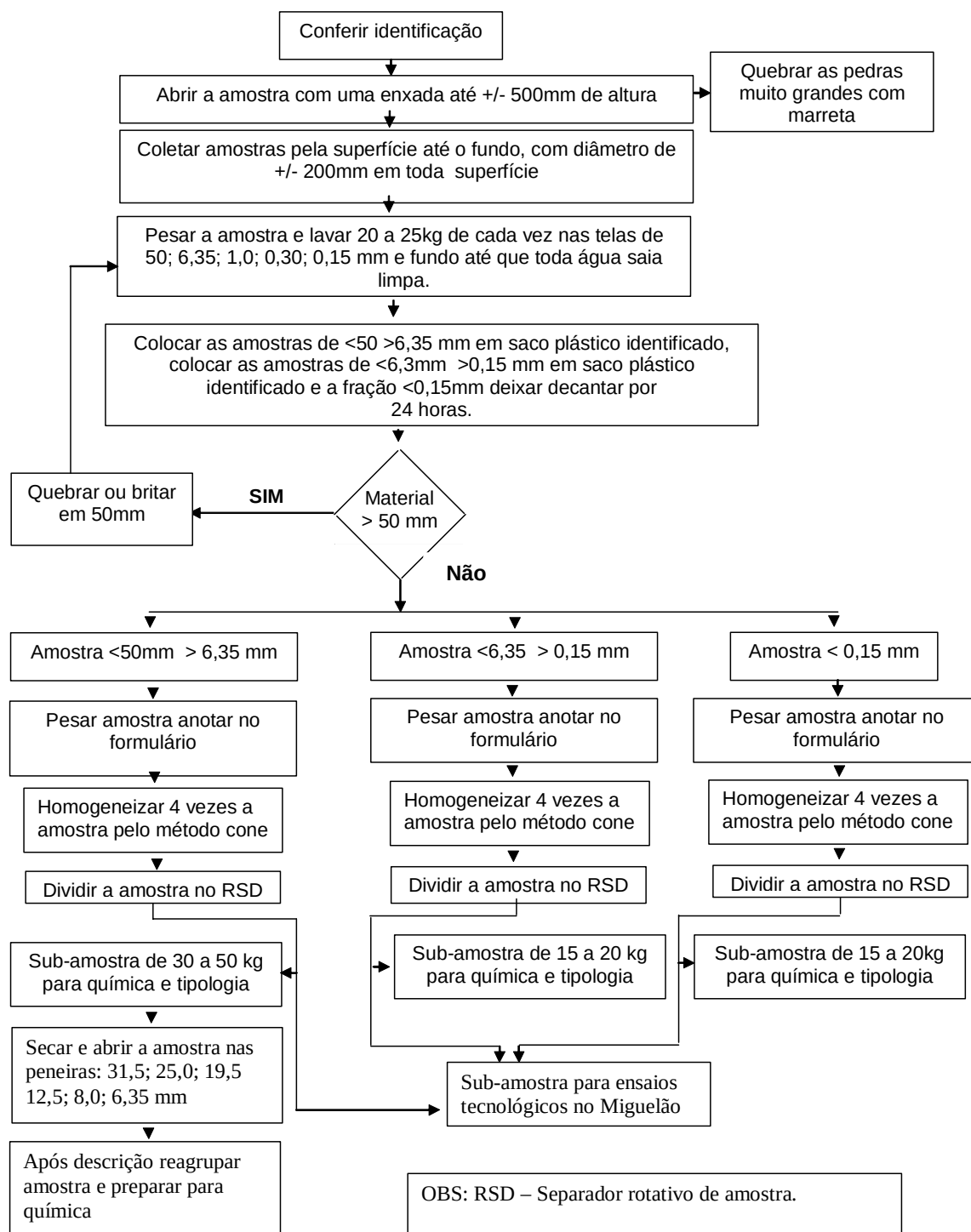


Figura 5.4 - Fluxograma de preparação inicial das amostras de ROM no Laboratório do Complexo Pico.

5.4 - Ensaios físicos, metalúrgicos e análises químicas

No Centro de Pesquisa da MBR (Laboratório do Miguelão), foram feitos todos os ensaios físicos para análise granuloquímica, avaliação das propriedades metalúrgicas para LOBF (alto-forno), ensaios de concentração por mesagem da fração $<1,00 >0,15$ mm, testes de flotação em bancada para a fração $<0,15$ mm, preparação das amostras para análise química e alíquotas para seção polida. Nas figuras 5.5, 5.6 e 5.7, estão resumidos todos os ensaios padronizados.

Todas as amostras foram analisadas via raio x, utilizando a pastilha fundida, que tem uma maior precisão em relação à pastilha prensada. Isto porque a fusão total da amostra elimina o efeito negativo da granulometria, que pode diminuir a acuracidade do resultado. As análises para avaliar a perda por calcinação (PPC) foram feitas via úmida.

Qualidade Metalúrgica do Granulado de Alto Forno MBR

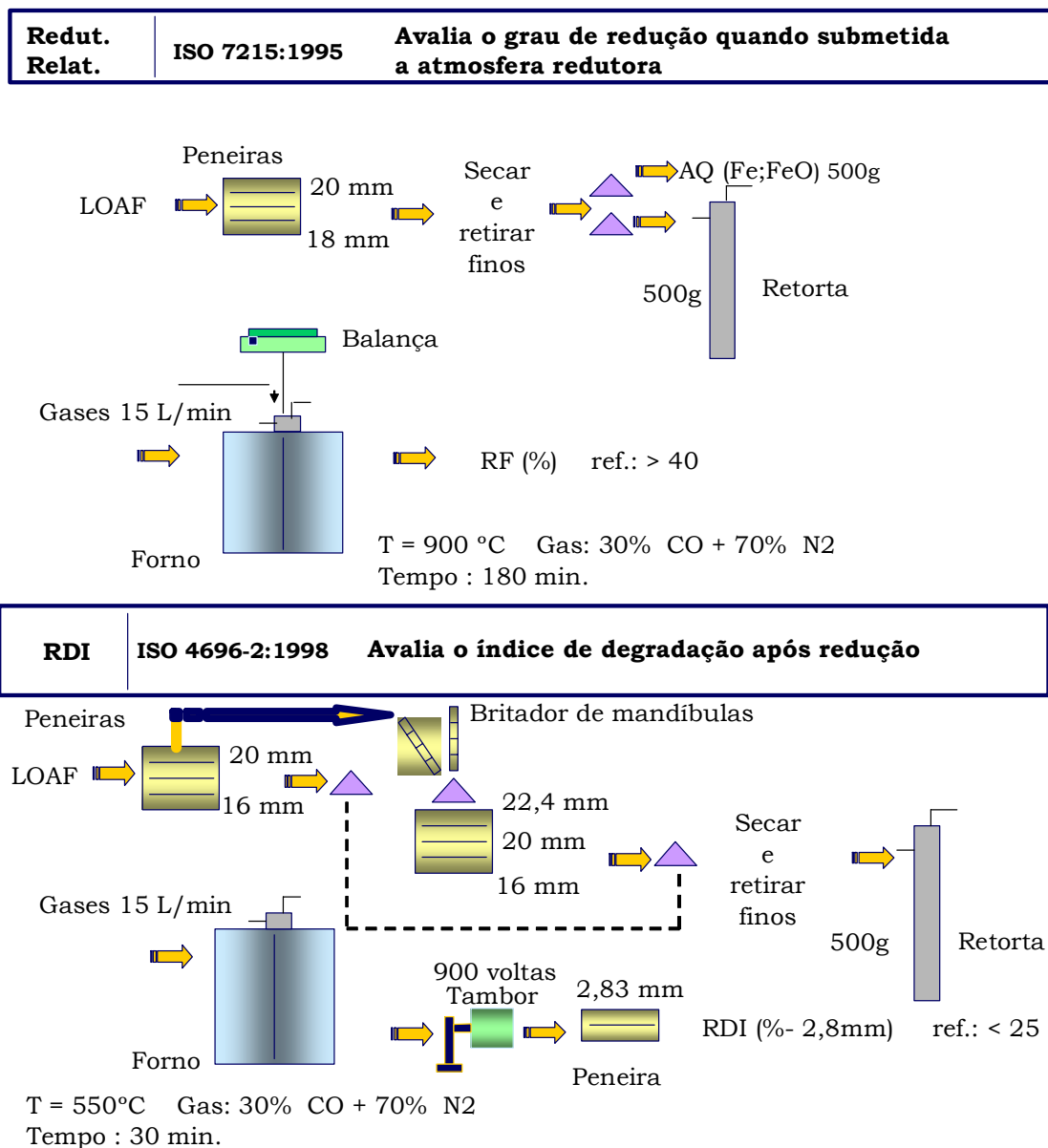


Figura 5.5 - Fluxograma dos testes de redutibilidade relativa e RDI para granulados (fração <50 >6,35 mm).

Qualidade Metalúrgica do Granulado de Alto Forno MBR

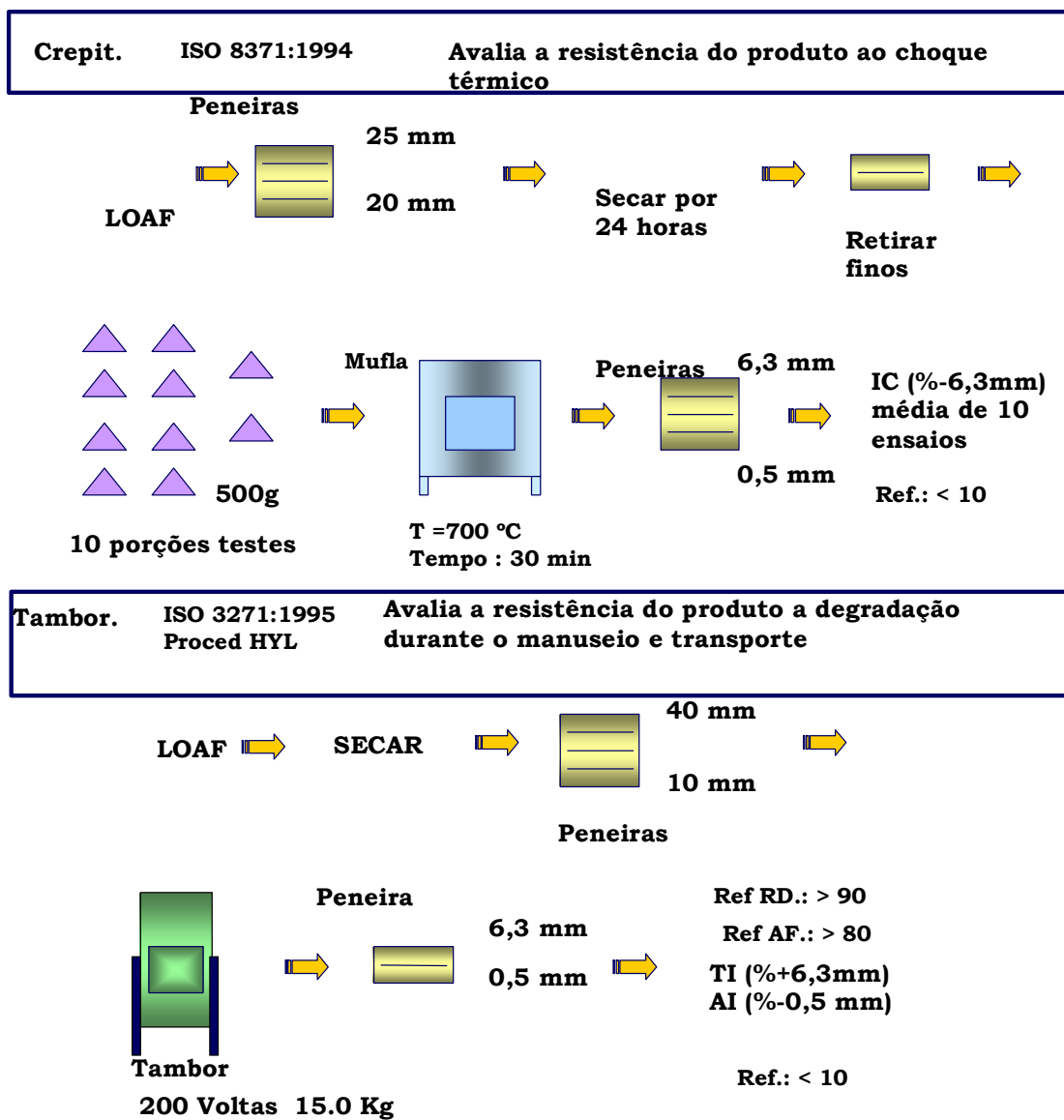


Figura 5.6 - Fluxograma dos testes de crepitação e tamboramento para granulados (fração <50 >6,35 mm).

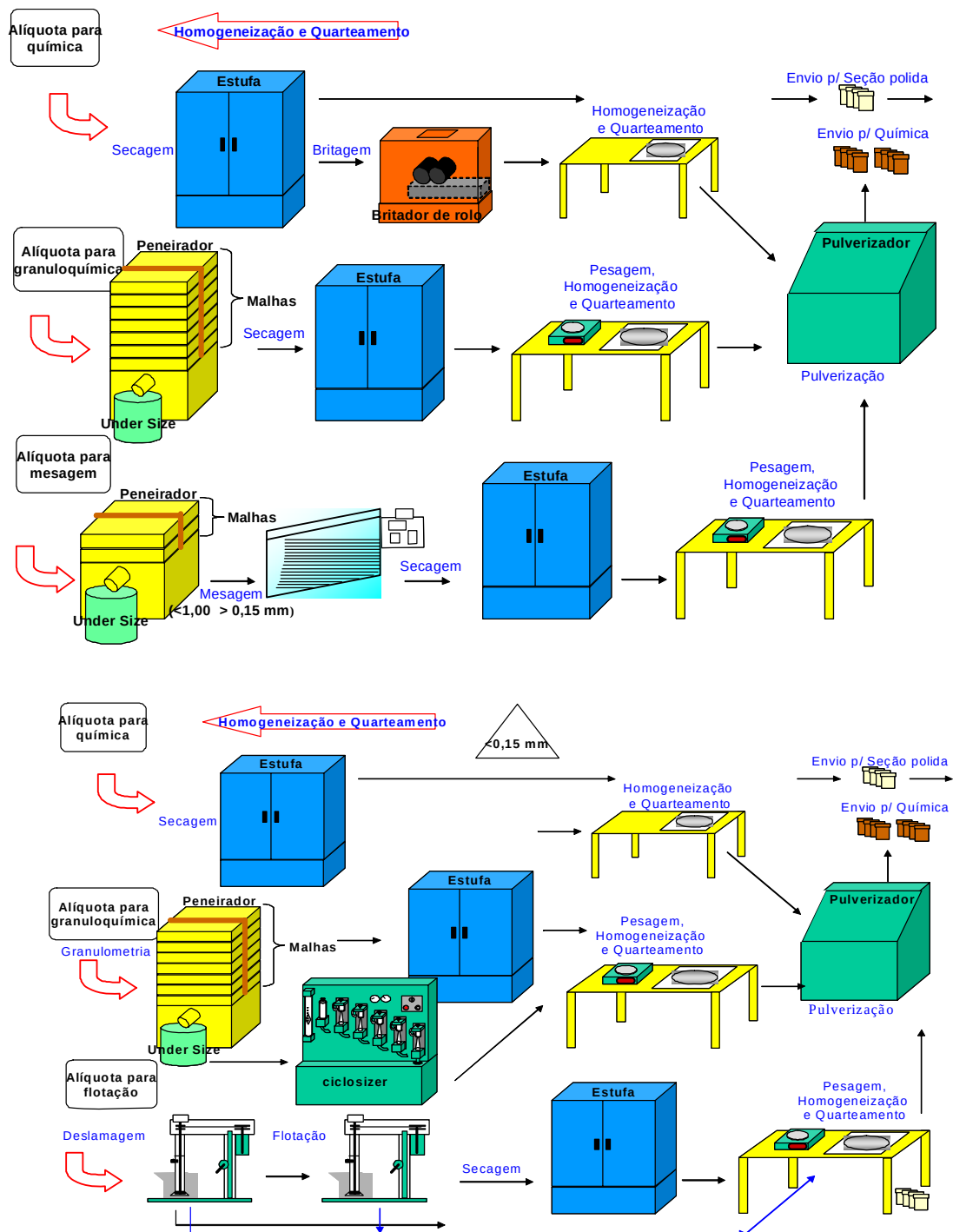


Figura 5.7 - Fluxograma geral da preparação das amostras para granulométrica, mesagem, flotação e seção polida.

5.5 - Caracterização mineralógica

A descrição mineralógica foi feita na Fundação Gorceix (Ouro Preto - MG), tendo sido confeccionadas as seções polidas e feitas as descrições mineralógicas utilizando microscópio metalográfico com luz refletida, com aumento máximo de 500 vezes e apoio de lupa binocular com aumento máximo de 50 vezes.

Cada amostra foi fracionada em 3 faixas granulométricas, confeccionando-se seções polidas para garantir a representatividade, diminuindo o efeito da variação granulométrica. A quantificação foi feita por estimativa dos minerais por campo de visão do microscópio, tendo sido feitos em torno de 50 campos por seção. O percentual em peso final, foi calculado através da densidade média dos minerais, após a estimativa volumétrica. Nas figuras 5.7 e 5.8 estão representados os principais tipos de minerais descritos e o formato dos mesmos, adequados à nomenclatura proposta no trabalho.

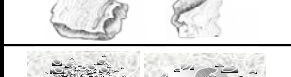
	1 – Magnetita
	2 – Martita
	3 – Hematita Lobular – Também pode ser denominada de hematita anédrica.
	4 – Hematita Granular <i>Relação comp./largura < 2</i>
	5 – Hematita Tabular <i>Relação comp./largura > 2 < 5</i>
	6 – Hematita Especular <i>Relação comp./largura > 5</i>
	7 – Goethita
	8 – Agregado Terroso

Figura 5.8 - Denominações mineralógicas utilizadas nas descrições das seções polidas.

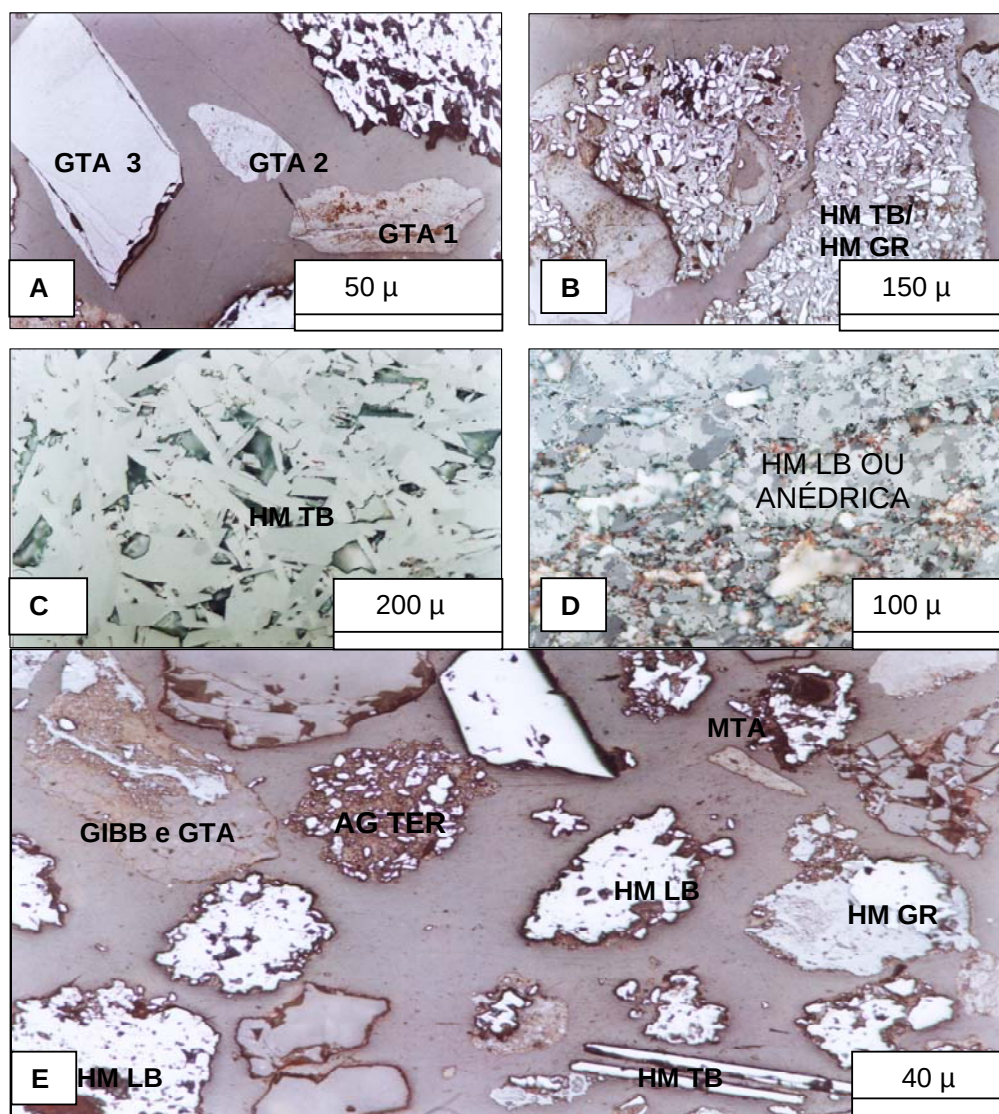


Figura 5.9 - Morfologia dos principais minerais descritos nas seções polidas. Microscópio ótico com os nicóis quase cruzados.

GTA 1 - Goethita mais porosa.

GTA 2 - Goethita medianamente porosa.

GTA 3 - Goethita menos porosa.

HM LB - Hematita lobular ou anédrica.

HM TB - Hematita tabular.

HM GR - Hematita granular.

MTA - Martita.

AG TER - Agregado terroso, com

goethita, hematita, gibbsita, caulinita (massa criptocristalina composta por argilo-minerais de difícil separação ao microscópio ótico).

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados os resultados da estimativa geoestatística dos Domínios Geológicos, caracterização tecnológica das frações <50 >6,35 mm, <6,35 >0,15 mm e <0,15 mm, destacando os ensaios metalúrgicos, testes com mesagem e flotação, granuloquímica e mineralogia nas frações granulométricas, enfatizando a aplicabilidade dos resultados obtidos.

6.1 - Domínios Geológicos das Minas do Galinheiro, Pico e Sapecado

Serão detalhadas a seguir as principais características pertinentes a cada Domínio estimado, enfocando as variáveis críticas para o controle de qualidade.

6.1.1 - Mina do Galinheiro

Na Mina do Galinheiro foram separados e estimados 5 Domínios Geológicos de hematitas (teor médio de Fe >64%), inseridos na cava operacional e localização detalhada no anexo 2.1.

O Domínio DH1 representa 70,25% da reserva lavrável dentro do pit otimizado, composto, principalmente, por lentes centimétricas a métricas de hematitas compactas a médias, associadas a itabiritos ricos e silicosos friáveis, sendo comuns as intercalações de itabiritos com consistência média a compacta. As lentes de hematitas macias são pouco freqüentes, sempre gradacionais para itabiritos ricos. O percentual estimado da fração <50 >6,35 mm foi de 47,97%, caracterizando-se como um minério mais granulado. Os teores de P e Mn são baixos (<0,050) e a variável Al_2O_3 na fração <6,35 >0,15 mm está em 1,13%, considerado um valor médio para os padrões dos produtos da MBR. A variável SiO_2 também está elevada na fração <6,35 >0,15 mm, pela associação com itabiritos, ocasionando uma alta diluição na lavra. Como a operação é feita em meia-encosta, sempre haverá aumento de P e Al_2O_3 nos contatos com canga, onde predominam os argilo-minerais portadores desses elementos, como goethita, caulinita e gibbsita.

O Domínio DH2 representa 24,30% da reserva na cava programada, sendo a partição granulométrica semelhante ao Domínio 1. Os teores de P e Al_2O_3 são mais elevados, enquanto os teores de SiO_2 e Mn são semelhantes ao Domínio 1, também caracterizado por lentes métricas descontínuas de hematitas compactas, associadas a itabiritos ricos e silicosos friáveis e de consistência média a compacta.

Os Domínios DH3, DH4 e DH5 representam 5,45% da reserva lavrável de hematita, apresentando os teores de P e Al_2O_3 mais altos. Os teores de SiO_2 na fração <6,35 >0,15 mm estão em torno de 2%, denotando a íntima associação com itabiritos. O Mn médio permanece com valores abaixo de 0,050%, caracterizando toda a Mina do Galinheiro como uma reserva de hematita de baixo Mn nas 3 faixas analisadas. Trata-se de uma reserva de hematita com alto valor agregado, pelo percentual acima de 40% da fração <50 >6,35 mm, geradora de lump ore para alto-forno.

Na tabela VI.1 e figura 6.1, estão detalhadas as características supracitadas da Mina do Galinheiro. A figura 6.2 fornece uma visão espacial dos Domínios Geológicos estimados no pit programado, com base na informação geológica amostral. No anexo 2.1, mapa dos Domínios Geológicos da Mina do Galinheiro, estão plotados os teores dos principais elementos contaminantes do ferro e a partição granulométrica de cada Domínio.

Tabela VI.1 - Domínios de hematitas da Mina do Galinheiro.

Domínio	% Fração(mm)	Estimativa por krigagem				
		Fe	P	Al_2O_3	SiO_2	Mn
D H1	47,97	67,74	0,030	0,98	1,14	0,018
D H2	53,98	66,99	0,052	0,94	1,21	0,027
D H3	56,55	67,32	0,052	1,14	1,03	0,035
D H4	40,27	66,37	0,054	1,29	0,79	0,032
D H5	57,38	67,68	0,059	0,91	0,60	0,017

Domínio	% Fração(mm)	Estimativa por krigagem				
		Fe	P	Al_2O_3	SiO_2	Mn
D H1	29,10	64,08	0,044	1,42	5,37	0,032
D H2	23,98	59,03	0,054	1,23	11,81	0,028
D H3	20,07	59,95	0,079	1,75	10,89	0,053
D H4	34,12	63,04	0,044	1,36	5,22	0,026
D H5	17,87	61,75	0,127	1,74	7,03	0,030

Observação:

d - Densidade do material, base natural.

Domínio	% Fração(mm)	Estimativa por krigagem				
		Fe	P	Al_2O_3	SiO_2	Mn
D H1	22,93	66,30	0,038	1,13	2,71	0,027
D H2	22,04	64,92	0,061	1,39	2,60	0,037
D H3	23,38	64,47	0,071	1,77	1,98	0,046
D H4	25,61	64,64	0,065	1,96	2,10	0,043
D H5	24,76	65,64	0,098	1,26	2,25	0,019

Domínio	% Reserva Lavrável	Crude	Estimativa por krigagem				d
		Fe	P	Al_2O_3	SiO_2	Mn	
D H1	70,25	66,35	0,036	1,14	2,73	0,024	3,91
D H2	24,30	64,63	0,054	1,11	4,06	0,029	3,91
D H3	3,85	65,17	0,062	1,41	3,23	0,041	3,91
D H4	0,32	64,79	0,053	1,48	2,64	0,033	3,91
D H5	1,28	66,12	0,081	1,14	2,15	0,020	3,91
Total	100,00	65,87	0,042	1,14	3,07	0,026	3,91

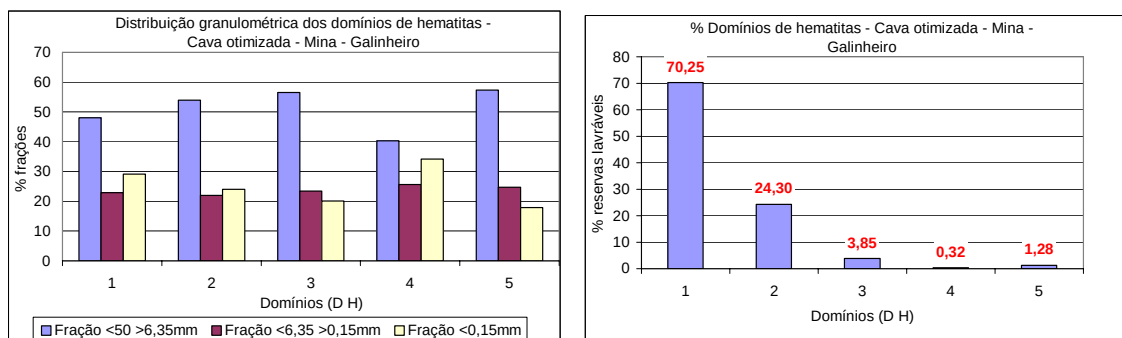


Figura 6.1 - Resumo das reservas de hematitas, incluídas na cava otimizada da Mina do Galinheiro.

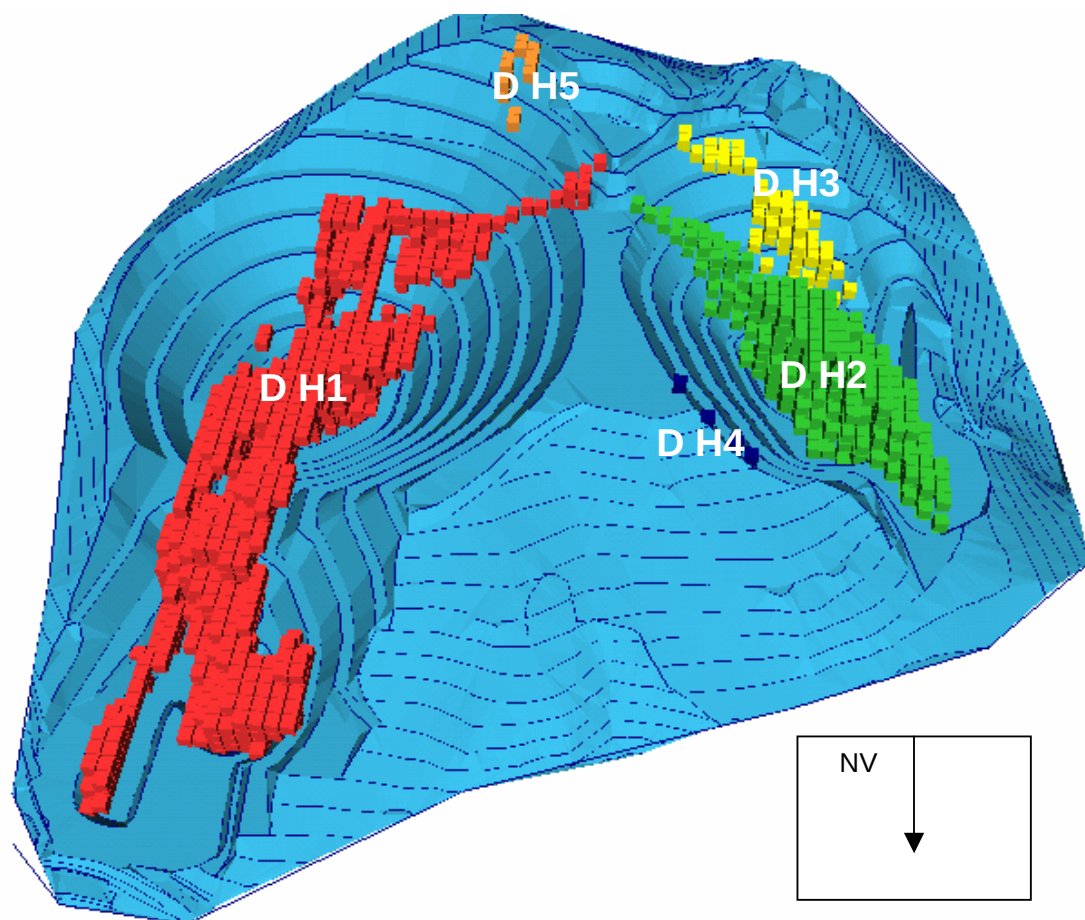


Figura 6.2 - Distribuição espacial esquemática do modelo geológico da Mina do Galinheiro, estimado por geoestatística.

6.1.2 - Mina do Pico

Na Mina do Pico foram estimados 6 Domínios Geológicos de hematitas, inseridos no pit operacionalizado e estão detalhados no anexo 2.2.

O Domínio DH1 representa 46,07% da reserva lavrável, sendo as faixas granulométricas bem distribuídas, baixos teores de P, Al_2O_3 e SiO_2 , sendo o P mais alto somente na fração <0,15 mm, com teor médio de 0,072%. O teor de Mn é considerado mediano, mais alto na fração mais fina, com comportamento semelhante ao fósforo e concentrado próximo aos Domínios 2 e 6. As características físicas e químicas caracterizam como um Domínio Geológico regulador de qualidade.

O Domínio DH2 consiste em 19,57% da reserva lavrável na cava otimizada, sendo o percentual mais alto na fração <0,15 mm, a principal diferença do Domínio 1. Os teores de Al_2O_3 e SiO_2 são baixos, sendo o P mais alto que o Domínio 1, principalmente nas frações <50 >6,35 mm e <6,35 >0,15 mm. O Mn está mais concentrado na fração <0,15 mm e geralmente causa problemas no circuito de flotação, pelo alto percentual granulométrico na faixa <0,15 mm e alto teor de Mn associado a itabiritos argilosos de origem carbonática (AIF). Isso sugere que seja adicionado à mistura total em proporções baixas. Sempre que ele é adicionado em proporções acima de 20%, o sistema de deslamagem (hidrociclones) fica comprometido e transfere material muito fino (fração <0,010 mm="lama") para as colunas de flotação, reduzindo a seletividade no processo. Por outro lado, os baixos teores de Al_2O_3 atribuem a este Domínio uma boa regulação do produto sinter feed (fração <6,35 >0,15 mm).

O Domínio DH3 representa 6,86% da reserva lavrável e está situado na porção oeste da cava, composto de hematitas compactas, médias e macias em lentes descontínuas, com intercalações métricas de itabiritos ricos e silicosos, aumentando os teores de SiO_2 nas 3 frações, havendo um alto percentual de itabiritos na diluição de lavra, pela baixa seletividade dos equipamentos de escavação. São comuns os contatos bruscos com itabiritos médios e compactos, considerados como estéreis. A partição granulométrica é bem distribuída, sendo considerado como regulador de split médio no sistema de alimentação da planta de beneficiamento. Os teores de P e Mn são médios,

principalmente o P, compatível com o Domínio DH2. Os teores de Al_2O_3 também são considerados medianos para minério bruto (ROM).

O Domínio DH4 está situado na porção central da cava, representando 16,07% da reserva lavrável, associado a itabiritos argilosos (AIF) e silicosos, formado por hematitas médias e macias, com intercalações métricas de hematitas compactas. A íntima associação com itabiritos eleva os teores de SiO_2 nas 3 frações e registra-se alto percentual de itabiritos na diluição de lavra. Os teores de P e Mn são medianos e a variável Al_2O_3 é considerada baixa.

O Domínio DH5 representa 2,93% da reserva lavrável, com predomínio de lentes descontínuas de hematitas compactas, associadas a itabiritos com larga faixa de teores de sílica, incluindo itabiritos estéreis (consistência média e compacta), com alta diluição na lavra. Como consequência, os teores de SiO_2 são elevados. Os teores das variáveis P, Al_2O_3 e Mn, são considerados baixos. A partição granulométrica de granulados é alta, pela predominância de hematitas compactas.

O Domínio Geológico DH6 perfaz 8,5% da reserva lavrável, tendo sido estimado separadamente pelos teores mais altos de fósforo, principalmente nas frações $<6,35 >0,15$ mm e $<0,15$ mm. Os teores de Al_2O_3 e SiO_2 são baixos e o Mn é mediano. Em termos granulométricos, predomina a fração $<50 >6,35$ mm, associada a hematitas compactas, que estão em contato com o dique máfico/ultramáfico ao norte e itabiritos silicosos ao sul.

Na tabela VI.2 e figura 6.3, estão detalhadas as informações das estimativas químicas e granulométricas. Na figura 6.4 estão representados os Domínios Geológicos inseridos na cava e no anexo 2.2 estão plotados os teores dos principais contaminantes do ferro e a partição granulométrica dos Domínios.

Tabela VI.2 - Domínios Geológicos de hematitas da Mina do Pico.

Domínio	% Fração(mm)	Estimativa por krigagem				
	<50 >6,35	Fe	P	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Mn
D H1	30,91	68,46	0,038	0,49	0,79	0,189
D H2	17,21	68,28	0,061	0,56	0,87	0,077
D H3	29,34	67,99	0,068	0,58	0,73	0,031
D H4	25,50	68,04	0,048	0,64	1,24	0,111
D H5	49,35	68,29	0,031	0,55	1,02	0,019
D H6	47,64	68,66	0,034	0,55	0,67	0,033

Domínio	% Fração(mm)	Estimativa por krigagem				
	<6,35 >0,15	Fe	P	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Mn
D H1	36,05	68,32	0,030	0,35	1,26	0,154
D H2	32,01	68,26	0,041	0,39	1,23	0,108
D H3	32,60	67,22	0,063	0,69	1,94	0,094
D H4	37,60	67,47	0,039	0,47	2,40	0,093
D H5	27,94	67,41	0,030	0,49	1,88	0,021
D H6	22,16	68,40	0,047	0,38	0,84	0,119

Domínio	% Fração(mm)	Estimativa por krigagem				
	<0,15	Fe	P	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Mn
D H1	33,04	65,35	0,072	1,14	3,35	0,333
D H2	50,78	65,51	0,075	1,23	2,66	0,460
D H3	38,06	64,71	0,065	1,50	4,25	0,201
D H4	36,91	64,32	0,079	1,34	4,51	0,175
D H5	22,71	62,04	0,049	1,08	7,68	0,047
D H6	30,20	65,85	0,086	0,91	2,20	0,372

Domínio	% Reserva Lavrável	Crude	Estimativa por krigagem				
		Fe	P	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Mn	d
D H1	46,07	67,38	0,046	0,66	1,81	0,224	3,70
D H2	19,57	66,87	0,062	0,85	1,90	0,281	3,53
D H3	6,86	66,49	0,065	0,97	2,46	0,116	3,68
D H4	16,07	66,44	0,057	0,85	2,91	0,131	3,63
D H5	2,93	66,59	0,039	0,73	2,94	0,037	3,91
D H6	8,50	67,76	0,053	0,62	1,17	0,155	3,89
Total	100,00	67,08	0,053	0,74	2,03	0,201	3,68

Observação:
d - Densidade do material, base natural.

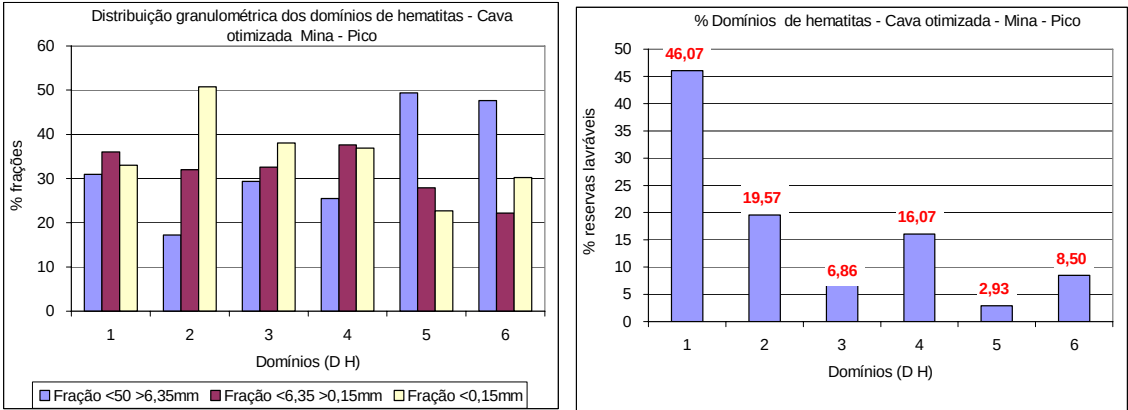


Figura 6.3 - Resumo das reservas de hematitas incluídas na cava otimizada da Mina do Pico.

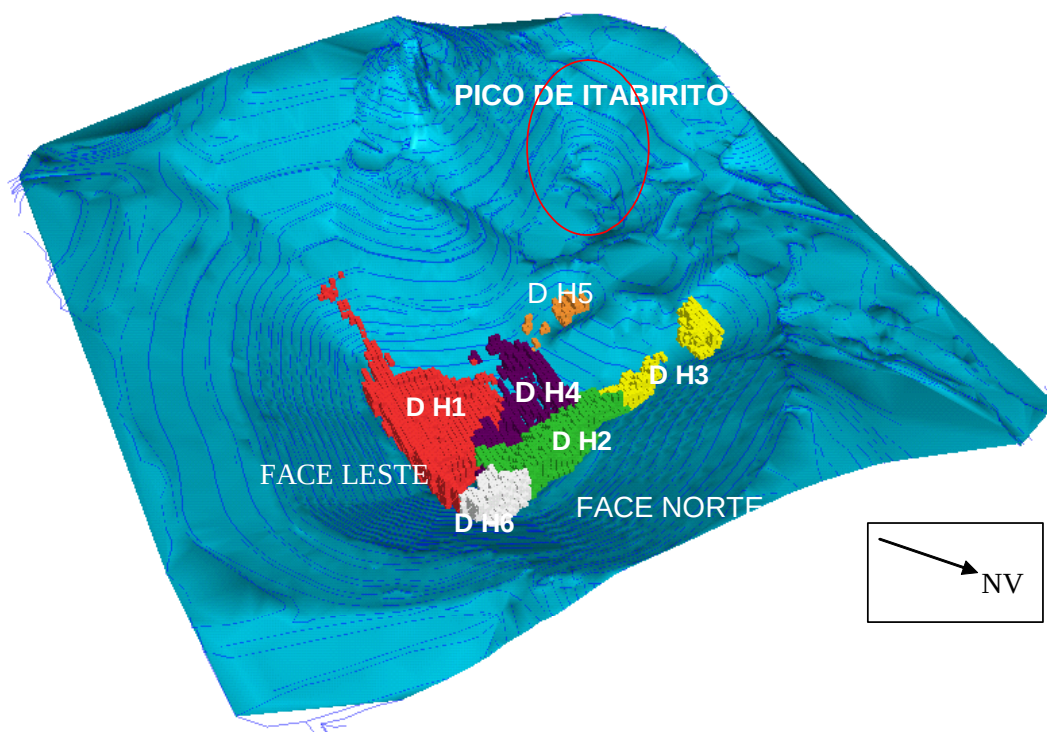


Figura 6.4 - Distribuição espacial esquemática do modelo geológico da Mina do Pico, estimado por geoestatística.

6.1.3 - Mina do Sapecado

Na Mina do Sapecado foram separados e estimados 8 Domínios Geológicos de hematitas, que fazem parte da cava operacionalizada e estão detalhados no anexo 2.2.

Domínio DH1 é o mais importante pela continuidade física e qualidade química, compondo 36,46% da reserva lavrável. É caracterizado por um split médio de granulado acima de 50% e 21,02% da fração <6,35 >0,15 mm, considerado muito baixo, pois a planta de beneficiamento demanda no mínimo 30% desta fração. A variabilidade da partição granulométrica é muito grande, tanto ao longo da estrutura principal, quanto perpendicularmente à mesma. Os teores de Al_2O_3 , SiO_2 e Mn são baixos, enquanto o fósforo (P) é considerado mediano, com alta variação dentro do Domínio. Quando o minério está muito fraturado, a presença de argilo-minerais como a goethita e gibbsita

elevam os teores de fósforo. Nas porções ao norte e sul, são comuns as interdigitações com itabiritos ricos e silicosos. No lado leste, o contato é com itabiritos ricos e também argilosos (AIF). A presença de sills de rochas máficas/ultramáficas muito alteradas, concordantes com as lentes de hematitas, causa uma alta diluição na lavra, contaminando o minério nas zonas de contatos. A espessura dos sills é muito variável ao longo da estrutura principal, desde 1,5 a 20 metros e aparece na porção mediana para sul do Domínio.

O Domínio DH2 representa 33,92% da reserva de lavra, bastante significativo em termos de percentuais, constituindo a continuidade sul do Domínio DH1. As faixas granulométricas são bem distribuídas, sendo acima de 30% na fração $<50 >6,35$ mm, 32,01% na fração $<6,35 >0,15$ mm e 32,74% na fração $<0,15$ mm. Os teores de P e Mn são medianos, bem como as variáveis Al_2O_3 e SiO_2 . A característica principal deste Domínio é a associação das lentes de hematitas compactas, médias e macias com itabiritos ricos e sills com espessura centimétrica a métrica de rochas máficas/ultramáficas alteradas, concordantes com a estrutura principal, causando um grande efeito de diluição na lavra, contaminando os contatos com o minério. A baixa seletividade dos equipamentos de escavação, acarreta perda de minério na operação, para evitar a influência dos sills alterados, principalmente no processo de flotação, concentrando argilo-minerais e reduzindo a seletividade no processo.

Os Domínios DH3 e DH4 são muito semelhantes em termos químicos e percentual na reserva lavrável, sendo de 8,16% e 8,80%, respectivamente. As semelhanças são devido à proximidade e posição estratigráfica dentro da Formação Ferrífera Cauê e foram feitas estimativas separadas por não serem contínuos, objetivando fornecer um suporte mais detalhado ao planejamento de médio e curto prazo. São compostos por lentes descontínuas de hematitas médias e macias, intercaladas com itabiritos ricos e silicosos e que ocasionam alta diluição na lavra. A fração $<50 >6,35$ está entre 20 e 30%, enquanto a fração $<6,35 >0,15$ mm está em torno de 36%. A faixa $<0,15$ mm é maior no Domínio DH3, sendo de 42,34%, pelo percentual menor de granulados, enquanto no Domínio DH4 é de 35,88%. Os teores de Al_2O_3 e SiO_2 são considerados medianos a altos, principalmente nas frações $<50 >6,35$ mm e $<6,35 >0,15$ mm e a associação com itabiritos está refletida nos teores de SiO_2 na fração $<6,35 >0,15$ mm, sendo de 2,24% no

Domínio DH3 e 1,63% no Domínio DH4. Os teores de P são baixos e os de Mn são medianos, sendo maiores no Domínio DH4. O Mn está distribuído de forma errática, estando concentrado em teores de até 6% em lentes centimétricas a métricas de origem carbonática e enriquecidas por processo supergênico.

O Domínio DH5 representa 8,34% da reserva lavrável, com uma partição granulométrica bem distribuída, sendo de 32,37% na fração <50 >6,35, 29,82% na fração <6,35 >0,15 mm e 37,81% na fração <0,15 mm. É composto por hematitas médias e macias, interdigitadas por lentes métricas de itabiritos ricos, silicosos e médios/compactos, refletidos nos teores mais altos de SiO₂ nas frações <6,35 >0,15 mm (2,40%) e <0,15 mm (4,51 %). Os teores de Al₂O₃, P e Mn, são considerados baixos.

O Domínio DH6 representa 1,20% da reserva lavrável, composto por hematitas médias e macias, associadas a itabiritos ricos e silicosos. A principal característica é o baixo split da fração <6,35 >0,15 mm (24,01%) e alto percentual da fração <0,15 mm (48,58%). Os teores de P e Al₂O₃ são considerados medianos, a variável SiO₂ está concentrada na fração <6,35 >0,15 mm (1,98%) e os teores de Mn são baixos.

O Domínio DH7 representa 1,37% da reserva da cava, composto por lentes descontínuas de hematitas médias e macias, com partição granulométrica semelhante ao DH6, com split médio de 25,18% na fração <6,35 >0,15 mm e 47,27% na fração <0,15mm. Os teores de P e Al₂O₃ são considerados medianos a altos, os de Mn são baixos e SiO₂ mediana, mas com alta diluição na lava, pela associação a itabiritos ricos e silicosos.

O Domínio DH8 representa 1,75% da reserva lavrável, composto por lentes descontínuas de hematitas compactas e médias, interdigitadas com itabiritos ricos, silicosos e médios/compactos, com forte influência na diluição de lava. Os percentuais das faixas granulométricas são bem distribuídos, com 42,86% na fração <50 >6,35 mm, 27,72 % na fração <6,35 >0,15 mm e 29,42% na fração <0,15 mm. Os teores de P e Al₂O₃ são considerados médios a altos, principalmente a alumina, pela importância da variável no sistema de produção da MBR. Os teores de SiO₂ são medianos e os de Mn são baixos.

Na tabela VI.3 e figura 6.5, estão detalhadas as informações das estimativas químicas e granulométricas da Mina do Sapecado. Na figura 6.6 estão representados os Domínios Geológicos inseridos na cava e no anexo 2.2 estão plotados os teores dos principais contaminantes do ferro e a partição granulométrica dos Domínios.

Tabela VI.3 - Domínios Geológicos de hematitas da Mina do Sapecado.

Domínio	% Fração(mm)	Estimativa por krigagem				
		Fe	P	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Mn
D H1	53,58	68,16	0,049	0,57	0,62	0,024
D H2	35,25	67,19	0,048	1,29	0,63	0,035
D H3	21,57	65,34	0,045	2,80	0,84	0,065
D H4	28,28	65,84	0,041	2,21	0,59	0,067
D H5	32,37	67,51	0,026	1,38	0,69	0,020
D H6	27,42	67,72	0,053	1,26	0,55	0,015
D H7	27,55	65,32	0,044	2,88	0,58	0,016
D H8	42,86	67,15	0,040	1,76	0,75	0,024

Domínio	% Fração(mm)	Estimativa por krigagem				
		Fe	P	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Mn
D H1	21,02	67,01	0,054	0,84	1,62	0,028
D H2	32,01	66,58	0,052	1,12	1,60	0,069
D H3	36,09	66,13	0,042	1,30	2,24	0,071
D H4	35,84	66,56	0,032	1,15	1,63	0,117
D H5	29,82	66,25	0,030	1,40	2,20	0,019
D H6	24,01	66,82	0,061	1,10	1,98	0,018
D H7	25,18	65,65	0,050	2,17	1,52	0,019
D H8	27,72	66,07	0,050	1,85	1,85	0,025

Domínio	% Fração(mm)	Estimativa por krigagem				
		Fe	P	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Mn
D H1	25,40	65,82	0,047	1,20	3,03	0,029
D H2	32,74	65,16	0,062	1,55	2,86	0,103
D H3	42,34	65,02	0,056	1,40	3,25	0,084
D H4	35,88	65,94	0,039	1,28	2,21	0,136
D H5	37,81	64,17	0,035	2,03	4,08	0,024
D H6	48,58	67,11	0,036	0,66	2,59	0,015
D H7	47,27	66,08	0,041	1,47	2,15	0,020
D H8	29,42	64,36	0,062	1,96	4,01	0,032

Domínio	% Reserva Lavrável	Crude Estimativa por krigagem					d
		Fe	P	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Mn	
D H1	36,46	67,33	0,050	0,79	1,44	0,026	3,91
D H2	33,92	66,33	0,054	1,32	1,67	0,068	3,78
D H3	8,16	65,49	0,049	1,66	2,37	0,075	3,64
D H4	8,80	66,14	0,037	1,50	1,55	0,109	3,68
D H5	8,34	65,87	0,031	1,63	2,42	0,021	3,75
D H6	1,20	67,21	0,047	0,93	1,88	0,016	3,66
D H7	1,37	65,76	0,044	2,04	1,56	0,018	3,69
D H8	1,75	66,03	0,049	1,85	2,02	0,027	3,68
Total	100,00	66,57	0,048	1,21	1,70	0,051	3,80

Observação:

d - Densidade do material, base natural.

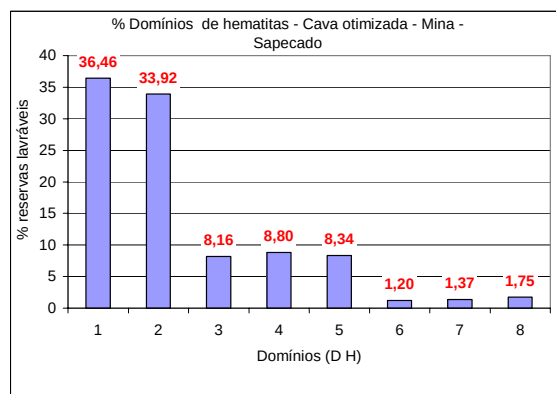
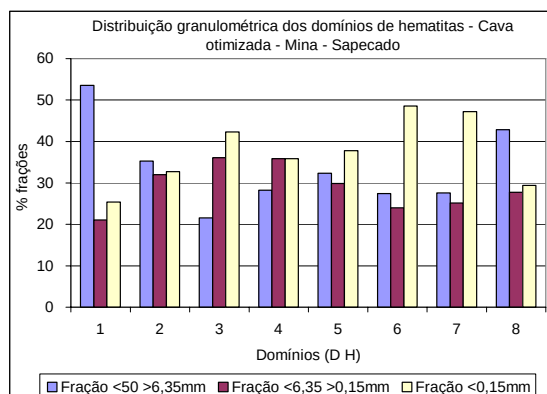


Figura 6.5 - Resumo das reservas de hematitas incluídas na cava otimizada da Mina do Sapecado.

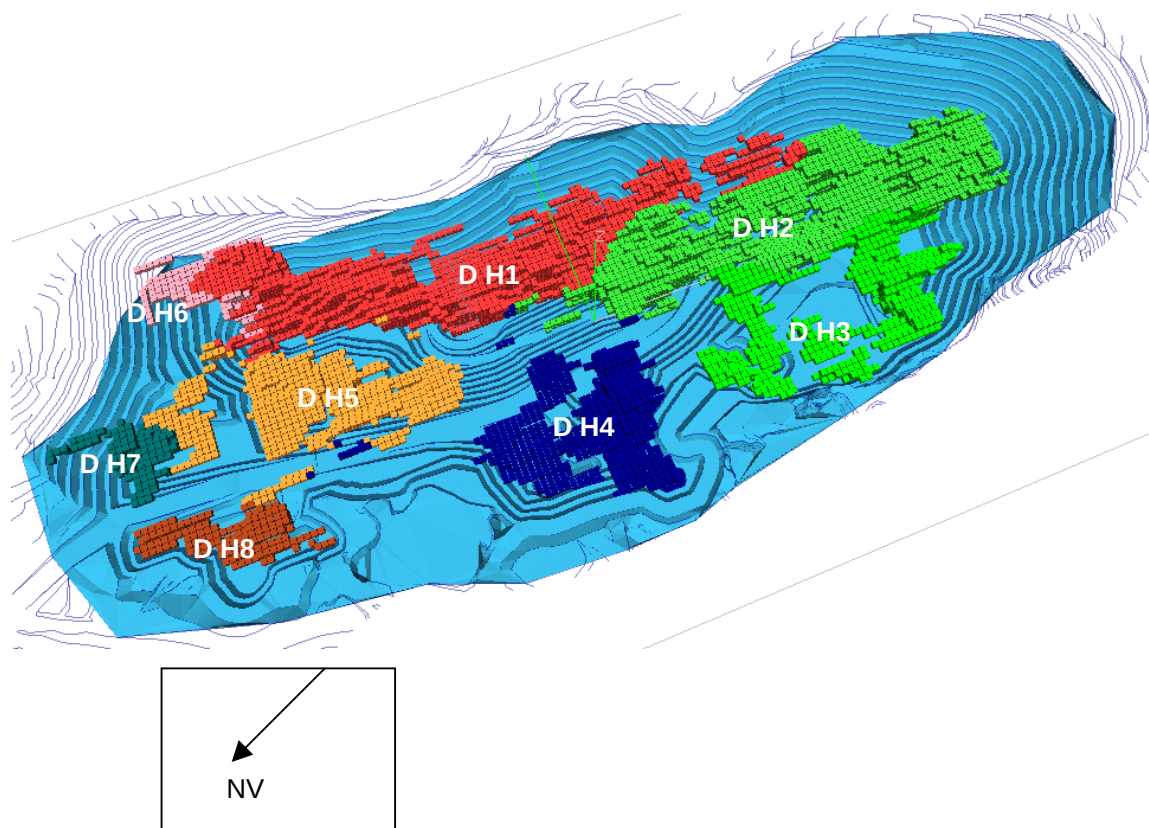


Figura 6.6 - Distribuição espacial esquemática do modelo geológico da Mina do Sapecado, estimado por geoestatística.

6.1.4 - Interação dos Domínios Geológicos das Minas

Nas figuras 6.7 e 6.8, estão sumarizadas as principais propriedades físicas e químicas associadas aos Domínios Geológicos das três Minas, pois as operações de lavra e misturas de ROM ocorrem simultaneamente. Os percentuais de cada Domínio Geológico foram recalculados, considerando-se a reserva global de hematitas do Complexo Pico, objetivando enfatizar a representatividade quantitativa e qualitativa de cada um.

Os Domínios DH1 (Mina do Galinheiro), DH1 (Mina do Pico), DH1 e DH2 (Mina do Sapecado), perfazem 63,57% das reservas lavráveis nas três Minas e devem ter uma especial atenção no sequenciamento de lavra de longo, médio e curto prazo. Os outros 15 Domínios Geológicos estão compondo os restantes 36,43% das reservas, portanto são muito importantes, também, nas operações de maximização das reservas lavráveis.

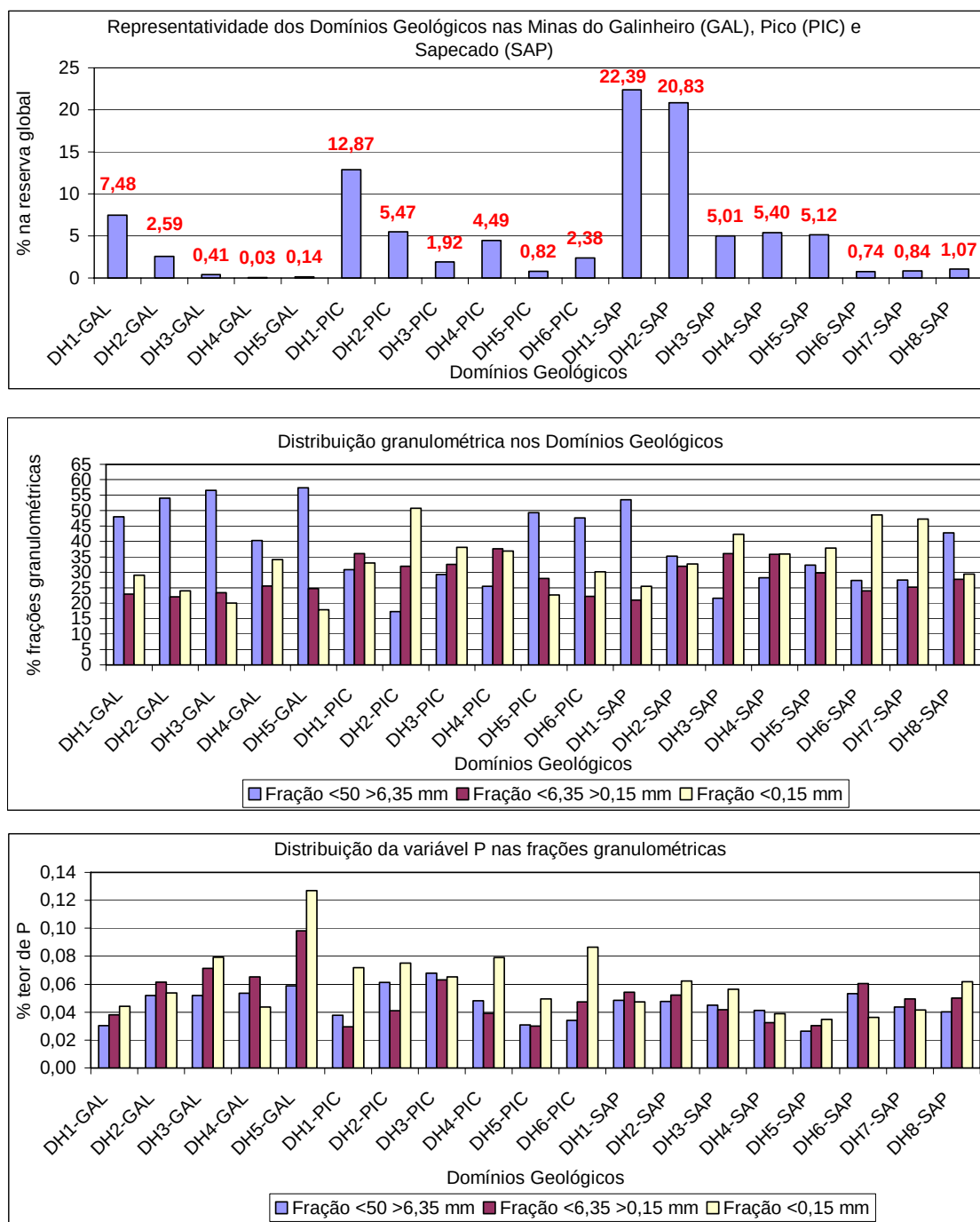


Figura 6.7 - Representatividade dos Domínios Geológicos no Complexo Pico, distribuição granulométrica e teores de fósforo nas frações.

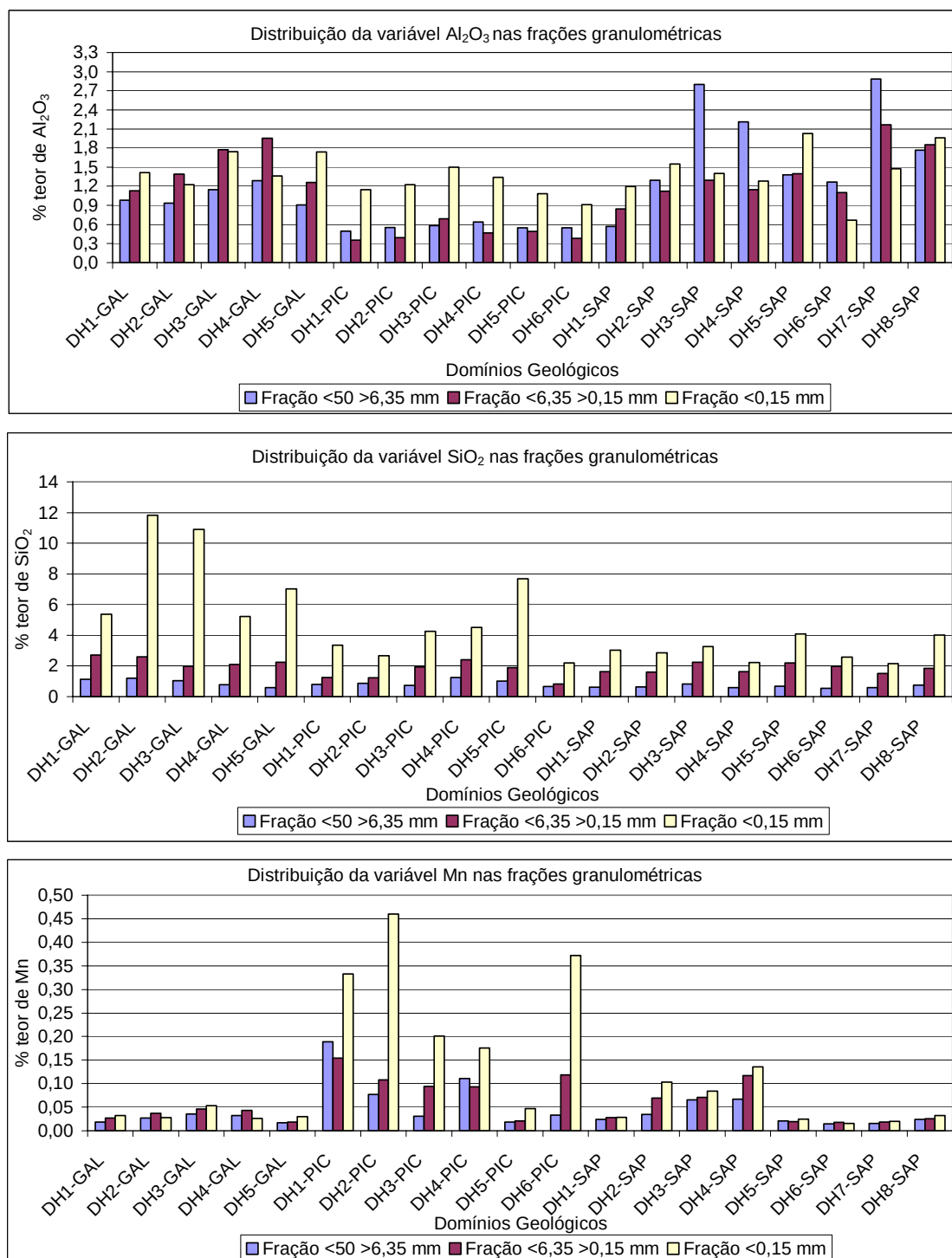


Figura 6.8 - Teores de alumina, sílica e manganês, nas frações.

6.2 - Caracterização tecnológica das amostras de ROM

No banco de dados geológicos, as amostras das campanhas de sondagens e canaletas são analisadas quimicamente em três faixas granulométricas ($<50 >6,35$ mm, $<6,35 >0,15$ mm e $<0,15$ mm), o percentual em peso de cada faixa e os produtos básicos da MBR encontram-se inseridos nas frações supracitadas. Em termos de avaliação econômica de uma jazida de minério de ferro, os preços dos produtos são bem diferenciados. Os planos de lavra de longo, médio e curto prazos utilizam as bases geológicas, buscando cumprir os objetivos orçados.

As Minas em operação no Complexo Pico são consideradas de alta variabilidade física e química, portanto a caracterização tecnológica adicional do ROM (run of mine) e a estruturação em um banco de dados tecnológico são de fundamental importância no sequenciamento da lavra, por possibilitar melhor previsibilidade para o beneficiamento e aproveitamento máximo das reservas estimadas. A adoção sistemática de novas campanhas de amostragens, com caracterização metalúrgica dos granulados situados na faixa $<50 >6,35$ mm, que gera o LOBF (granulado para alto-forno), com alto valor agregado, testes de concentração da fração $<6,35 >0,15$ mm, geradora do produto sinter feed, ensaios de flotação da fração $<0,15$ mm e descrição mineralógica. O incremento de novas campanhas de amostragens ao banco de dados tecnológico, permitirá uma melhor estimativa geoestatística das variáveis, fornecendo informações mais previsíveis do comportamento geometalúrgico dos diferentes tipos de minérios situados nos Domínios Geológicos das Minas.

Um banco de dados tecnológico permite efetuar retro-análises e projetar mudanças significativas na qualidade química, física, metalúrgica e mineralógica dos produtos gerados ao longo do desenvolvimento das Minas.

Para iniciar a confecção deste banco de dados, foram coletadas 53 amostras de ROM, englobando as três Minas em operação no Complexo Pico. A descrição macroscópica de campo e as análises de laboratório para classificação nos diversos tipos de minérios que fazem parte do modelamento geológico, estão sumarizadas nas tabelas VI.4 e VI.5 e formaram a base para os testes tecnológicos feitos no Centro de Pesquisas do Miguelão.

Tabela VI.4 - Descrição geológica macroscópica das amostras dos minérios das Minas do Galinheiro (GAL), Pico (PIC) e Sapecado(SAP).

Amostra	Coordenadas locais			Descrição geológica macroscópica das amostras
	X	Y	Z	
GAL - 01	-2540,00	850,00	1510,00	Itabirito macio com sílica livre, cinza-claro, pouca argila e bandas milimétricas a centimétricas de quartzo e hematita. Lentes de hematita amarelada.
GAL - 02	-2515,00	870,00	1510,00	Itabirito macio, sílica livre, cinza-escuro, pouca argila, com bandas centimétricas de hematita e quartzo.
GAL - 03	-2490,00	889,00	1510,00	Hematita média com pouca argila e lentes centimétricas de hematita compacta.
GAL - 04	-2500,00	910,00	1510,00	Hematita compacta, muito fraturada, com dois sistemas de fraturas ortogonais e argilas vermelhas disseminadas nas fraturas.
GAL - 05	-2505,00	940,00	1510,00	Hematita média com pouca argila e lentes centimétricas de hematita compacta.
GAL - 06	-2545,00	947,00	1510,00	Hematita média com muita canga, argilo-minerais e goethita. Forte alteração supergênica do minério, localizado próximo à superfície original.
GAL - 07	-2400,00	850,00	1510,00	Hematita compacta muito fraturada, com disseminações de argilas e goethita nas fraturas milimétricas a centimétricas.
PIC - 01	-8232,00	1280,00	1330,00	Itabirito rico com lentes centimétricas de itabiritos silicosos, sílica livre e lentes de argilas pouco amareladas.
PIC - 02	-8340,00	1350,00	1330,00	Itabirito rico associado a lentes de hematitas macias, na forma de bandas centimétricas enriquecidas, sílica liberada e pouca argila em bandas milimétricas.
PIC - 03	-8537,00	1831,00	1320,00	Hematita compacta muito foliada, com xistosidade bem desenvolvida, lentes milimétricas a centimétricas de itabiritos argilosos e óxidos de manganês de cor marrom.
PIC - 04	-8550,00	1790,00	1320,00	Hematita média, com lentes métricas de hematita compacta foliada, lentes centimétricas de itabiritos argilosos, hematita especular e lentes manganíferas marrom.
PIC - 05	-8510,00	1770,00	1310,00	Hematita macia e lentes centimétricas de itabiritos argilosos e óxidos de manganês marrom e ocre. Lentes centimétricas especularíticas paralelas à foliação principal.
PIC - 06	-8490,00	1705,00	1310,00	Hematita macia com lentes centimétricas a métricas de itabiritos argilosos. Concentração lentiforme de óxidos de manganês com coloração ocre e marrom.
PIC - 07	-8460,00	1610,00	1310,00	Hematita macia com poucas lentes centimétricas de itabiritos argilosos e argilas de coloração marrom, com óxidos de manganês.
PIC - 08	-8463,00	1705,00	1300,00	Hematita macia com lentes centimétricas de itabiritos argilosos. Presença de lentes centimétricas com óxidos de manganês, com coloração marrom e ocre.
PIC - 09	-8380,00	1405,00	1320,00	Hematita compacta e compacta média muito fraturada, com lentes centimétricas de itabirito rico e hematita macia. Fraturas preenchidas por argilo-minerais.
PIC - 10	-8274,00	1680,00	1291,00	Hematita média, com lentes centimétricas a métricas de itabiritos argilosos de cor marrom-esverdeada e lentes métricas de hematita compacta brechada.
PIC - 11	-8330,00	1670,00	1291,50	Hematita macia com lentes centimétricas de itabiritos ricos e argilosos de cor amarelada.
PIC - 12	-8370,00	1700,00	1292,00	Hematita macia com lentes de até 40cm de itabiritos argilosos de cor marrom-amarelada e itabiritos ricos.
PIC - 13	-8391,00	1766,00	1292,00	Itabirito rico com lentes métricas de itabiritos silicosos e variações significativas de consistência, desde pulverulento a chapinha. Apresenta sílica livre.
PIC - 14	-8355,00	1826,00	1292,00	Hematita média, com lentes centimétricas a métricas de hematita compacta e macia, com forte foliação e estiramento das bandas de minério compacto.
PIC - 15	-8310,00	1832,00	1292,00	Hematita média com lentes centimétricas de hematita compacta e macia, foliação marcante e estiramento (lineação metamórfica) do minério mais compacto.
PIC - 16	-8270,00	1846,00	1291,00	Hematita compacta muito foliada, com xistosidade bem desenvolvida e lentes centimétricas de hematita média e macia. Apresenta forte lineação estrutural.
PIC - 17	-8230,00	1853,00	1291,00	Hematita compacta muito foliada e lentes centimétricas a métricas de hematita média. Forte lineação estrutural.
PIC - 18	-8410,00	1395,00	1332,00	Hematita média e macia, com lentes centimétricas de itabiritos Argilosos e itabiritos ricos pulverulentos.
PIC - 19	-8422,00	1700,00	1291,00	Hematita macia com lentes centimétricas de itabiritos argilosos marrom-amarelado e itabiritos ricos pulverulentos.
PIC - 20	-8394,00	1690,00	1291,00	Itabirito rico pulverulento, com sílica livre, concentrada nas frações finas e bandas centimétricas de hematita macia.
PIC - 21	-8345,00	1650,00	1291,00	Hematita macia, com lentes centimétricas de itabiritos ricos e argilosos. Lentes métricas de hematita média e compacta.
PIC - 22	-8300,00	1815,00	1283,00	Hematita compacta/média, com lentes centimétricas irregulares de itab. argilosos e lentes métricas de hematita média. Lineação mineralógica bem pronunciada.

Amostra	Coordenadas locais			Descrição geológica macroscópica das amostras
	X	Y	Z	
PIC - 23	-8350,00	1750,00	1283,00	Hematita média/macia, com lentes centimétricas de itab. argilosos e sílica grosseira na forma de micro-veios de quartzo(remobilizações de sílica).
PIC - 24	-8290,00	1734,00	1283,00	Hematita média com lentes métricas de hematita compacta. Lentes centimétricas a métricas de itab. argilosos e especularita (zonas de fraturas).
PIC - 25	-8460,00	1713,00	1290,00	Hematita macia, com lentes centimétricas descontínuas de itab. argilosos marrom e esverdeado. Lentes métricas de hematita média fraturada.
PIC - 26	-8350,00	1736,00	1281,00	Hematita média com lentes métricas de itab. argilosos marrom e itab. ricos com sílica liberada.
SAP - 01	-7010,00	1290,00	1375,00	Itabirito macio de coloração cinza-escuro com lentes métricas de hematita macia e bandas milimétricas a centimétricas de sílica e hematita alternadas. Sílica liberada, com micro-camadas de hematita e quartzo.
SAP - 02	-6885,00	1293,00	1375,00	Hematita macia com lentes centimétricas de itab. ricos e argilas avermelhadas. Apresenta sílica livre e características mais pulverulentas. Cor cinza-escuro.
SAP - 03	-6935,00	1345,00	1368,00	Hem. macia, com lentes centimétricas de itab. rico e argilas avermelhadas. Predomina hematita pulverulenta. Cor cinza-escuro.
SAP - 04	-6915,00	1470,00	1368,00	Hematita macia, com lentes centimétricas de itabiritos ricos e pouca argila. Cor cinza-escuro.
SAP - 05	-6890,00	1455,00	1368,00	Hematita macia pulverulenta, com lentes centimétricas de hematita média e itabiritos ricos. Apresenta pouca argila amarelada, em camadas centimétricas.
SAP - 06	-6785,00	1528,00	1365,00	Hematita compacta muito fraturada, com dissoluções de óxido de ferro nas fraturas. Possui uma coloração cinza-avermelhada e alternâncias centimétricas com lentes de hematita média.
SAP - 07	-6520,00	1306,00	1381,00	Hematita média de coloração cinza escura a marrom. Com lentes de lb. ricos, óxidos de manganês e itabirito argiloso.
SAP - 08	-6490,00	1335,00	1381,50	Itabirito rico com sílica liberada e pouco argilo-minerais (goethita). Também apresenta bandas milimétricas de quartzo e hematita alternadas.
SAP - 09	-6410,00	1435,00	1382,20	Itabirito rico com sílica livre e pouca argila disseminada. Bandas milimétricas de quartzo e hematita alternadas.
SAP - 10	-6415,00	1500,00	1382,60	Hematita compacta muito fraturada, com argilas nas fraturas (goethita e caulinita). Coloração cinza-escuro, eventualmente avermelhada pela alteração.
SAP - 11	-6450,00	1516,00	1382,80	Hematita compacta muito fraturada, com argilas nas fraturas (caulinita, goethita e gibsita). Associação com canga.
SAP - 12	-6355,00	1433,00	1392,50	Itabirito rico, localmente chapinha, com sílica livre e bandas milimétricas a centimétricas de quartzo e hematita alternadas. Presença de minerais argilosos deletéricos (gibsita, caulinita e goethita).
SAP - 13	-6290,00	1500,00	1400,00	Hematita compacta e compacta média fraturada, com caulinita e goethita nas fraturas. Cor cinza-amarelada e pouca associação com canga avermelhada.
SAP - 14	-6912,00	1380,00	1372,00	Hematita média e macia com lentes centimétricas de itabiritos ricos e argilas no contato com solo argiloso. Minério superficial, associado ao intemperismo deletérico.
SAP - 15	-6650,00	1408,00	1371,00	Itabirito rico com lentes centimétricas de hematita macia e lentes centimétricas de itabiritos argilosos de coloração amarelada.
SAP - 16	-6480,00	1460,00	1360,00	Itabirito rico, com sílica liberada e lentes métricas de hematita macia.
SAP - 17	-6503,00	1482,00	1360,00	Hematita compacta muito foliada, com especularita e lentes milimétricas de argila amarelada. Presença de argilo-minerais nas fraturas.
SAP - 18	-6570,00	1430,00	1362,00	Itabirito rico com sílica livre, pulverulento e com lentes centimétricas de argilas amareladas.
SAP - 19	-6384,00	1434,00	1371,00	Itabirito rico com lentes centimétricas de hematita macia e com sílica liberada. Lentes centimétricas de argila amarelada.
SAP - 20	-6396,00	1519,00	1371,00	Hematita compacta muito fraturada, com argilo-minerais preenchendo as fraturas e foliação metamórfica bem desenvolvida.

Observações:

Coordenadas locais - X e Y.

Coordenada Z - Altitude em relação ao nível do mar.

Tabela VI.5 - Ensaios granulométricos e análises químicas das amostras brutas, para classificação litológica segundo o modelamento geológico.

MINAS - Galinheiro (GAL), Pico (PIC) e Sapecado (SAP)

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
GAL - 01 RSIB	<50>6,35	88,4	21,84	67,80	2,44	0,17	0,020	0,010	0,010	0,030	0,017	0,26	99,93
	<6,35>0,15	109	26,93	60,10	12,98	0,41	0,024	0,010	0,010	0,024	0,017	0,44	99,88
	<0,15	207,4	51,24	42,70	37,63	0,63	0,018	0,010	0,010	0,010	0,010	0,51	99,91
	Crude Calc.	404,8	100,00	52,87	23,31	0,47	0,020	0,010	0,010	0,018	0,013	0,44	99,90
Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
GAL - 02 SIB	<50>6,35	117,4	30,24	67,50	2,65	0,23	0,018	0,010	0,010	0,031	0,014	0,32	99,83
	<6,35>0,15	117,2	30,19	58,79	15,57	0,28	0,020	0,010	0,010	0,030	0,012	0,28	100,30
	<0,15	153,6	39,57	34,00	49,15	1,42	0,021	0,010	0,010	0,011	0,010	0,71	99,98
	Crude Calc.	388,2	100,00	51,62	24,95	0,72	0,020	0,010	0,010	0,023	0,012	0,46	100,03
Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
GAL - 03 MO	<50>6,35	171,8	31,84	66,60	0,38	2,28	0,047	0,010	0,010	0,035	0,046	2,28	100,35
	<6,35>0,15	178,2	33,02	66,30	2,82	1,02	0,046	0,010	0,010	0,046	0,049	1,48	100,32
	<0,15	189,6	35,14	67,68	1,10	0,84	0,047	0,010	0,010	0,047	0,093	1,35	100,31
	Crude Calc.	539,6	100,00	66,88	1,44	1,36	0,047	0,010	0,010	0,043	0,064	1,69	100,32
Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
GAL - 04 HO	<50>6,35	384,4	60,35	67,95	0,31	1,18	0,041	0,010	0,010	0,025	0,016	1,09	99,88
	<6,35>0,15	117,2	18,40	65,10	2,28	2,15	0,080	0,010	0,010	0,037	0,071	2,32	100,09
	<0,15	135,4	21,26	63,28	4,48	2,01	0,099	0,012	0,010	0,038	0,162	2,64	99,99
	Crude Calc.	637	100,00	66,43	1,56	1,53	0,061	0,010	0,010	0,030	0,057	1,65	99,94
Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
GAL - 05 MO	<50>6,35	173,4	28,36	67,23	0,37	1,92	0,031	0,012	0,010	0,023	0,059	1,40	99,99
	<6,35>0,15	222,8	36,44	68,77	0,59	0,52	0,030	0,056	0,010	0,045	0,056	0,66	100,39
	<0,15	215,2	35,20	67,40	2,30	0,41	0,034	0,018	0,010	0,031	0,073	0,55	99,84
	Crude Calc.	611,4	100,00	67,85	1,13	0,88	0,032	0,030	0,010	0,034	0,063	0,83	100,08
Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
GAL - 06 MO	<50>6,35	147,8	30,52	67,80	0,39	0,75	0,068	0,010	0,010	0,032	0,112	1,61	99,97
	<6,35>0,15	207,8	42,92	67,60	0,81	0,68	0,072	0,010	0,010	0,045	0,131	1,66	100,12
	<0,15	128,6	26,56	66,38	2,48	0,86	0,073	0,010	0,010	0,030	0,152	1,69	100,26
	Crude Calc.	484,2	100,00	67,34	1,13	0,75	0,071	0,010	0,010	0,037	0,131	1,65	100,11
Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
GAL - 07 HO	<50>6,35	599,8	71,64	68,30	0,51	0,87	0,034	0,010	0,016	0,037	0,036	0,56	99,76
	<6,35>0,15	117,4	14,02	62,50	4,90	2,68	0,122	0,010	0,094	0,068	0,156	2,56	100,01
	<0,15	120	14,33	57,28	10,10	3,32	0,194	0,016	0,024	0,079	0,293	3,88	99,89
	Crude Calc.	837,2	100,00	65,91	2,50	1,47	0,069	0,011	0,028	0,047	0,090	1,32	99,82
Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 01 SIB	<50>6,35	52,9	8,27	58,40	15,88	0,39	0,024	0,010	0,010	0,040	0,014	0,26	100,16
	<6,35>0,15	168,06	26,29	53,80	22,74	0,37	0,016	0,010	0,010	0,029	0,010	0,24	100,38
	<0,15	418,4	65,44	39,40	40,96	1,39	0,019	0,010	0,010	0,010	0,010	0,61	99,38
	Crude Calc.	639,36	100,00	44,76	34,10	1,04	0,019	0,010	0,010	0,017	0,010	0,48	99,71
Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 02 RSIB	<50>6,35	35,2	3,65	58,20	13,78	1,93	0,021	0,010	0,030	0,013	0,010	1,06	100,10
	<6,35>0,15	191,18	19,81	65,40	5,11	0,66	0,014	0,010	0,010	0,034	0,010	0,44	99,83
	<0,15	738,9	76,55	58,00	15,05	1,23	0,019	0,010	0,010	0,042	0,010	0,67	100,00
	Crude Calc.	965,28	100,00	59,47	13,04	1,14	0,018	0,010	0,011	0,039	0,010	0,64	99,97
Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 03 HO	<50>6,35	173,6	52,13	68,60	0,65	0,37	0,027	0,079	0,066	0,039	0,021	0,42	99,88
	<6,35>0,15	104,2	31,29	68,30	0,76	0,42	0,038	0,318	0,033	0,079	0,088	0,52	100,35
	<0,15	55,2	16,58	63,90	4,10	1,42	0,108	0,494	0,091	0,249	0,069	1,08	99,66
	Crude Calc.	333	100,00	67,73	1,26	0,56	0,044	0,223	0,060	0,086	0,050	0,56	99,99

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 04 MO	<50>6,35	121,1	45,51	68,60	0,71	0,60	0,067	0,049	0,057	0,013	0,010	0,46	100,15
	<6,35>0,15	87,8	33,00	68,60	0,53	0,52	0,114	0,071	0,024	0,053	0,027	0,38	99,94
	<0,15	57,2	21,50	66,50	0,99	1,14	0,190	0,558	0,061	0,050	0,039	1,05	99,95
	Crude Calc.	266,1	100,00	68,15	0,71	0,69	0,109	0,166	0,047	0,034	0,022	0,56	100,04

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 05 MO	<50>6,35	124,8	36,35	68,60	0,63	0,31	0,044	0,098	0,242	0,081	0,029	0,54	100,21
	<6,35>0,15	119,4	34,78	69,00	0,55	0,17	0,023	0,113	0,010	0,084	0,047	0,26	100,08
	<0,15	99,1	28,87	67,40	0,72	0,58	0,078	0,735	0,025	0,088	0,076	0,86	100,52
	Crude Calc.	343,3	100,00	68,39	0,63	0,34	0,047	0,287	0,099	0,084	0,049	0,53	100,25

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 06 SO	<50>6,35	64,34	10,57	67,80	0,96	0,56	0,025	0,115	0,525	0,056	0,049	0,87	100,27
	<6,35>0,15	242,56	39,86	68,90	0,63	0,28	0,017	0,071	0,036	0,035	0,050	0,38	100,12
	<0,15	301,64	49,57	65,80	1,62	1,37	0,063	0,735	0,010	0,089	0,074	1,24	100,26
	Crude Calc.	608,54	100,00	67,25	1,16	0,85	0,041	0,405	0,075	0,064	0,062	0,86	100,21

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 07 SO	<50>6,35	48,22	10,86	68,20	0,81	0,45	0,022	0,077	0,442	0,027	0,047	0,80	100,31
	<6,35>0,15	166,94	37,60	68,90	0,65	0,25	0,018	0,074	0,066	0,063	0,154	0,33	100,23
	<0,15	228,88	51,54	65,80	1,94	1,58	0,043	0,431	0,010	0,023	0,292	1,15	100,13
	Crude Calc.	444,04	100,00	67,23	1,33	0,96	0,031	0,258	0,078	0,038	0,214	0,80	100,19

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 08 SO	<50>6,35	45,8	8,45	68,40	0,66	0,27	0,020	0,126	0,432	0,047	0,033	0,68	100,25
	<6,35>0,15	170,44	31,46	68,90	0,67	0,10	0,022	0,107	0,019	0,046	0,160	0,35	100,15
	<0,15	325,58	60,09	65,50	1,65	1,25	0,071	1,016	0,024	0,146	0,144	1,26	100,56
	Crude Calc.	541,82	100,00	66,81	1,26	0,81	0,051	0,655	0,057	0,106	0,140	0,92	100,40

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 09 HO	<50>6,35	286,76	57,50	68,60	0,69	0,37	0,024	0,010	0,138	0,045	0,010	0,94	100,34
	<6,35>0,15	132,3	26,53	68,10	1,19	0,27	0,044	0,010	0,079	0,051	0,010	0,78	99,84
	<0,15	79,64	15,97	64,80	3,16	2,06	0,068	0,016	0,043	0,041	0,010	1,56	99,66
	Crude Calc.	498,7	100,00	67,86	1,22	0,61	0,036	0,011	0,107	0,046	0,010	1,00	100,10

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 10 MO	<50>6,35	134,8	25,92	67,50	0,91	0,66	0,087	0,018	0,208	0,024	0,052	1,66	100,19
	<6,35>0,15	189,16	36,38	66,60	2,27	0,73	0,088	0,029	0,015	0,042	0,072	1,42	99,97
	<0,15	196,04	37,70	64,40	3,16	1,86	0,110	0,138	0,010	0,053	0,088	2,28	100,00
	Crude Calc.	520	100,00	66,00	2,25	1,14	0,096	0,067	0,063	0,041	0,073	1,81	100,04

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 11 SO	<50>6,35	35,44	4,68	66,90	1,45	0,41	0,053	0,049	0,534	0,038	0,013	1,77	100,06
	<6,35>0,15	294,64	38,93	66,70	3,75	0,23	0,024	0,019	0,010	0,039	0,018	0,38	99,88
	<0,15	426,86	56,39	63,70	6,26	1,14	0,044	0,069	0,010	0,031	0,038	1,07	99,85
	Crude Calc.	756,94	100,00	65,02	5,06	0,75	0,037	0,049	0,035	0,034	0,029	0,83	99,88

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 12 SO	<50>6,35	97,1	12,93	68,30	1,13	0,40	0,020	0,010	0,493	0,040	0,018	0,89	100,69
	<6,35>0,15	350,12	46,63	67,00	3,35	0,20	0,020	0,010	0,043	0,026	0,014	0,45	99,94
	<0,15	303,6	40,44	65,60	3,41	1,11	0,055	0,108	0,027	0,047	0,033	1,31	100,06
	Crude Calc.	750,82	100,00	66,60	3,09	0,59	0,034	0,050	0,095	0,036	0,022	0,85	100,09

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 13 RSIB	<50>6,35	105,96	16,49	61,10	8,18	0,15	0,019	0,010	2,233	0,034	0,010	2,06	100,09
	<6,35>0,15	177,6	27,65	62,90	8,98	0,28	0,017	0,024	0,365	0,039	0,029	0,63	100,35
	<0,15	358,82	55,86	51,40	25,59	0,37	0,022	0,010	0,102	0,010	0,010	0,54	100,18
	Crude Calc.	642,38	100,00	56,18	18,13	0,31	0,020	0,014	0,526	0,022	0,015	0,82	100,21

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 14 MO	<50>6,35	162,46	35,18	68,80	0,53	0,17	0,019	0,010	0,393	0,033	0,010	0,68	100,25
	<6,35>0,15	177,92	38,53	69,10	0,62	0,13	0,024	0,010	0,091	0,038	0,010	0,45	100,21
	<0,15	121,42	26,29	68,50	0,73	0,39	0,045	0,046	0,031	0,060	0,012	0,77	100,11
	Crude Calc.	461,8	100,00	68,84	0,62	0,21	0,028	0,019	0,181	0,042	0,011	0,62	100,20

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 15 SO	<50>6,35	99,76	23,69	69,00	0,55	0,22	0,024	0,010	0,117	0,027	0,010	0,40	100,05
	<6,35>0,15	162,04	38,48	69,20	0,51	0,17	0,023	0,012	0,010	0,030	0,013	0,29	100,04
	<0,15	159,25	37,82	68,00	0,95	0,55	0,050	0,079	0,010	0,044	0,020	0,76	99,82
	Crude Calc.	421,05	100,00	68,70	0,69	0,33	0,033	0,037	0,035	0,035	0,015	0,49	99,96

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 16 MO	<50>6,35	216,38	46,58	68,70	0,55	0,24	0,024	0,010	0,441	0,050	0,017	0,64	100,23
	<6,35>0,15	155,88	33,56	69,10	0,50	0,18	0,025	0,015	0,117	0,048	0,016	0,34	100,08
	<0,15	92,26	19,86	68,40	0,83	0,57	0,050	0,064	0,021	0,066	0,023	0,61	100,14
	Crude Calc.	464,52	100,00	68,77	0,59	0,29	0,029	0,022	0,249	0,053	0,018	0,53	100,16

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 17 HO	<50>6,35	235,08	65,13	69,26	0,53	0,25	0,022	0,025	0,010	0,052	0,010	0,33	100,31
	<6,35>0,15	71,7	19,86	69,42	0,49	0,15	0,023	0,041	0,010	0,049	0,010	0,20	100,30
	<0,15	54,18	15,01	68,18	1,00	0,45	0,042	0,126	0,010	0,051	0,018	0,50	99,87
	Crude Calc.	360,96	100,00	69,13	0,59	0,26	0,025	0,043	0,010	0,051	0,011	0,33	100,24

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 18 SO	<50>6,35	104,32	18,23	67,63	1,61	0,45	0,026	0,020	0,535	0,041	0,023	0,85	100,30
	<6,35>0,15	238,52	41,67	67,40	2,49	0,34	0,031	0,025	0,166	0,050	0,312	0,52	100,36
	<0,15	229,54	40,10	61,70	6,91	2,43	0,059	0,056	0,054	0,089	0,214	1,50	99,63
	Crude Calc.	572,38	100,00	65,16	4,10	1,20	0,041	0,037	0,188	0,064	0,220	0,97	100,06

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 19 SO	<50>6,35	86,66	24,41	67,27	1,29	1,05	0,031	0,011	0,438	0,048	0,046	1,00	100,13
	<6,35>0,15	136,06	38,32	68,47	0,96	0,44	0,025	0,018	0,020	0,046	0,035	0,60	100,09
	<0,15	132,3	37,27	65,50	3,47	1,16	0,063	0,140	0,010	0,058	0,055	1,08	99,90
	Crude Calc.	355,02	100,00	67,07	1,98	0,86	0,041	0,062	0,118	0,051	0,045	0,88	100,03

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 20 RSIB	<50>6,35	52,52	12,05	65,05	5,84	0,34	0,025	0,010	0,202	0,029	0,010	0,54	100,04
	<6,35>0,15	140,54	32,25	66,01	4,78	0,27	0,017	0,010	0,010	0,035	0,016	0,35	99,90
	<0,15	242,7	55,70	49,70	27,49	0,63	0,027	0,023	0,010	0,013	0,010	0,48	99,79
	Crude Calc.	435,76	100,00	56,81	17,56	0,48	0,024	0,017	0,033	0,022	0,012	0,45	99,86

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 21 SO	<50>6,35	147,9	21,36	68,44	0,89	0,50	0,030	0,010	0,037	0,028	0,010	0,66	100,06
	<6,35>0,15	298,02	43,04	68,12	1,55	0,41	0,035	0,010	0,010	0,030	0,013	0,55	100,04
	<0,15	246,44	35,59	64,80	4,15	1,37	0,061	0,044	0,012	0,050	0,028	1,31	99,76
	Crude Calc.	692,36	100,00	67,01	2,33	0,77	0,043	0,022	0,016	0,037	0,018	0,84	99,95

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 22 MO	<50>6,35	214,16	34,69	69,10	0,50	0,20	0,022	0,013	0,178	0,043	0,010	0,48	100,28
	<6,35>0,15	245,2	39,71	69,10	0,52	0,13	0,027	0,016	0,010	0,012	0,010	0,41	99,98
	<0,15	158,08	25,60	67,93	0,92	0,64	0,058	0,102	0,010	0,047	0,013	0,91	99,99
	Crude Calc.	617,44	100,00	68,80	0,62	0,28	0,033	0,037	0,068	0,032	0,011	0,56	100,09

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 23 SO	<50>6,35	79,1	16,35	67,50	0,97	0,49	0,032	0,047	0,595	0,041	0,028	1,11	99,91
	<6,35>0,15	209,78	43,37	66,74	3,40	0,35	0,029	0,038	0,275	0,049	0,025	0,70	100,36
	<0,15	194,82	40,28	65,66	3,20	1,02	0,061	0,126	0,066	0,036	0,040	1,29	99,91
	Crude Calc.	483,7	100,00	66,43	2,92	0,64	0,042	0,075	0,243	0,042	0,032	1,00	100,11

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 24 MO	<50>6,35	142,36	29,96	68,27	0,96	0,40	0,048	0,040	0,051	0,019	0,021	0,67	99,90
	<6,35>0,15	176,18	37,07	66,49	3,63	0,32	0,036	0,088	0,010	0,039	0,036	0,49	99,85
	<0,15	156,68	32,97	64,69	4,55	0,77	0,063	0,484	0,010	0,066	0,059	1,00	100,15
	Crude Calc.	475,22	100,00	66,43	3,13	0,49	0,048	0,204	0,022	0,042	0,039	0,71	99,97

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 25 SO	<50>6,35	64,98	14,69	68,39	0,82	0,53	0,033	0,057	0,010	0,050	0,063	0,44	99,88
	<6,35>0,15	222,08	50,19	69,09	0,54	0,18	0,024	0,099	0,015	0,053	0,079	0,30	100,22
	<0,15	334,04	75,49	67,20	0,92	0,75	0,059	0,629	0,010	0,072	0,129	0,96	100,45
	Crude Calc.	621,1	140,37	68,00	0,77	0,52	0,044	0,380	0,012	0,063	0,104	0,67	100,31

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
PIC - 26 SO	<50>6,35	100,1	22,62	68,91	0,75	0,28	0,019	0,013	0,010	0,010	0,010	0,47	100,13
	<6,35>0,15	194,64	43,99	68,08	2,07	0,20	0,021	0,021	0,010	0,040	0,015	0,42	100,18
	<0,15	147,74	33,39	64,98	5,38	0,63	0,051	0,121	0,010	0,052	0,022	1,00	100,36
	Crude Calc.	442,48	100,00	67,23	2,88	0,36	0,031	0,053	0,010	0,037	0,016	0,62	100,23

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 01 RSIB	<50>6,35	100	19,94	66,90	1,43	1,61	0,019	0,010	0,010	0,043	0,053	0,89	99,75
	<6,35>0,15	83,4	16,63	58,20	15,05	0,91	0,020	0,010	0,010	0,035	0,053	0,58	99,91
	<0,15	318,2	63,44	53,70	20,28	1,57	0,018	0,010	0,010	0,018	0,044	0,89	99,65
	Crude Calc.	501,6	100,00	57,08	15,65	1,47	0,019	0,010	0,010	0,026	0,047	0,84	99,71

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 02 MO	<50>6,35	190,4	33,56	67,70	0,65	1,27	0,017	0,010	0,010	0,030	0,057	0,85	99,72
	<6,35>0,15	188,75	33,27	67,20	1,94	0,92	0,019	0,010	0,010	0,049	0,056	0,70	99,82
	<0,15	188,2	33,17	64,20	6,50	0,66	0,026	0,010	0,010	0,044	0,079	0,56	99,72
	Crude Calc.	567,35	100,00	66,37	3,02	0,95	0,021	0,010	0,010	0,041	0,064	0,70	99,75

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 03 MO	<50>6,35	151,6	30,32	68,20	0,45	0,85	0,025	0,010	0,010	0,045	0,015	1,35	100,30
	<6,35>0,15	134,8	26,96	68,10	0,87	0,71	0,026	0,010	0,010	0,029	0,027	1,24	100,33
	<0,15	213,6	42,72	68,70	0,53	0,34	0,022	0,010	0,010	0,033	0,029	0,87	100,10
	Crude Calc.	500	100,00	68,39	0,60	0,59	0,024	0,010	0,010	0,036	0,024	1,12	100,22

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 04 SO	<50>6,35	137,4	21,09	66,00	1,57	2,30	0,034	0,010	0,010	0,047	0,018	1,44	99,83
	<6,35>0,15	119,6	18,36	66,50	3,42	0,51	0,039	0,010	0,010	0,047	0,026	0,78	99,96
	<0,15	394,4	60,55	67,50	1,78	0,71	0,028	0,010	0,010	0,029	0,011	0,66	99,78
	Crude Calc.	651,4	100,00	67,00	2,04	1,01	0,031	0,010	0,010	0,036	0,015	0,85	99,83

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 05 SO	<50>6,35	125,8	19,75	65,10	0,90	3,81	0,022	0,010	0,010	0,023	0,010	2,21	100,11
	<6,35>0,15	98,2	15,42	64,80	3,84	2,02	0,026	0,015	0,011	0,049	0,010	1,23	99,89
	<0,15	413	64,84	68,00	1,86	0,34	0,017	0,010	0,010	0,026	0,011	0,35	99,88
	Crude Calc.	637	100,00	66,93	1,98	1,28	0,02	0,011	0,010	0,029	0,011	0,85	99,93

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 06 HO	<50>6,35	427,6	73,83	69,30	0,32	0,19	0,023	0,010	0,010	0,029	0,010	0,28	99,99
	<6,35>0,15	85,6	14,78	67,90	1,16	0,84	0,032	0,010	0,010	0,052	0,010	1,14	100,37
	<0,15	66	11,40	63,90	4,96	1,78	0,044	0,018	0,010	0,047	0,046	1,80	100,12
	Crude Calc.	579,2	100,00	68,48	0,97	0,47	0,027	0,011	0,010	0,034	0,014	0,58	100,06

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 07 RSIB	<50>6,35	186,2	31,05	63,60	0,66	2,11	0,023	2,585	0,010	0,043	0,055	1,83	101,61
	<6,35>0,15	241	40,19	60,60	4,81	1,66	0,028	3,060	0,010	0,044	0,092	1,66	101,98
	<0,15	172,4	28,75	57,60	11,82	2,08	0,035	0,984	0,010	0,022	0,096	1,53	100,23
	Crude Calc.	599,6	100,00	60,67	5,54	1,92	0,028	2,316	0,010	0,037	0,082	1,68	101,36

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 08 SO	<50>6,35	111,4	20,43	66,60	0,95	2,03	0,025	0,022	0,010	0,027	0,030	1,37	99,74
	<6,35>0,15	300	55,01	66,20	2,66	1,40	0,024	0,030	0,010	0,053	0,042	1,01	99,94
	<0,15	134	24,57	59,80	11,47	1,37	0,039	0,074	0,014	0,048	0,095	1,10	99,83
	Crude Calc.	545,4	100,00	64,71	4,48	1,52	0,028	0,039	0,011	0,046	0,053	1,11	99,87

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 09 RSIB	<50>6,35	103,4	30,74	68,66	1,17	0,28	0,017	0,010	0,104	0,095	0,010	0,32	100,21
	<6,35>0,15	148,4	44,11	64,92	6,67	0,31	0,018	0,018	0,010	0,082	0,010	0,29	100,27
	<0,15	84,6	25,15	53,19	22,01	0,82	0,026	0,116	0,010	0,081	0,010	0,82	100,11
	Crude Calc.	336,4	100,00	63,12	8,84	0,43	0,020	0,040	0,039	0,086	0,010	0,43	100,21

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 10 MO	<50>6,35	115,4	37,15	68,76	0,69	0,42	0,033	0,010	0,010	0,094	0,010	0,52	100,14
	<6,35>0,15	106	34,13	65,02	3,16	1,30	0,082	0,010	0,010	0,095	0,029	2,46	100,16
	<0,15	89,2	28,72	60,99	7,71	2,08	0,106	0,012	0,010	0,077	0,136	3,15	100,54
	Crude Calc.	310,6	100,00	65,25	3,55	1,20	0,071	0,011	0,010	0,089	0,053	1,94	100,26

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 11 HO	<50>6,35	293,7	51,68	67,20	0,39	1,32	0,056	0,010	0,010	0,029	0,023	2,14	100,10
	<6,35>0,15	151,8	26,71	63,90	0,75	2,63	0,105	0,014	0,010	0,030	0,051	4,98	100,00
	<0,15	122,8	21,61	63,40	1,08	3,13	0,104	0,020	0,010	0,054	0,167	4,55	99,83
	Crude Calc.	568,3	100,00	65,50	0,64	2,06	0,079	0,013	0,010	0,035	0,062	3,42	100,02

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 12 MO	<50>6,35	214,4	35,61	69,00	0,79	0,16	0,015	0,010	0,010	0,047	0,010	0,27	100,00
	<6,35>0,15	270,4	44,92	67,00	3,08	0,29	0,019	0,010	0,010	0,011	0,010	0,57	99,83
	<0,15	117,2	19,47	55,40	19,03	0,74	0,027	0,017	0,010	0,021	0,010	1,12	100,23
	Crude Calc.	602	100,00	65,45	5,37	0,33	0,019	0,011	0,010	0,026	0,010	0,57	99,97

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 13 HO	<50>6,35	387,98	52,63	69,09	0,22	0,41	0,029	0,010	0,010	0,097	0,010	0,70	100,31
	<6,35>0,15	182,04	24,69	66,45	0,47	1,53	0,068	0,010	0,010	0,099	0,096	2,54	99,88
	<0,15	167,2	22,68	63,98	0,95	2,46	0,101	0,010	0,010	0,084	0,294	4,31	99,75
	Crude Calc.	737,22	100,00	67,28	0,45	1,15	0,055	0,010	0,010	0,095	0,096	1,97	100,08

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 14 SO	<50>6,35	116,24	19,59	67,04	0,27	2,37	0,022	0,010	0,010	0,104	0,052	1,68	100,40
	<6,35>0,15	128,5	21,65	67,22	0,84	1,62	0,028	0,010	0,010	0,087	0,060	1,34	100,14
	<0,15	348,74	58,76	68,09	0,58	0,99	0,029	0,010	0,010	0,104	0,109	1,05	100,27
	Crude Calc.	593,48	100,00	67,70	0,58	1,40	0,027	0,010	0,010	0,100	0,087	1,24	100,27

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 15 RSIB	<50>6,35	103,58	17,28	66,71	1,11	2,08	0,014	0,010	0,010	0,091	0,010	1,68	100,42
	<6,35>0,15	225,94	37,70	65,30	4,90	0,72	0,017	0,010	0,010	0,078	0,010	0,78	99,92
	<0,15	269,82	45,02	59,06	13,22	1,04	0,023	0,010	0,010	0,067	0,010	1,16	100,02
	Crude Calc.	599,34	100,00	62,73	7,99	1,10	0,019	0,010	0,010	0,075	0,010	1,11	100,05

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 16 SO	<50>6,35	60,04	12,12	68,31	0,74	0,84	0,019	0,010	0,010	0,065	0,010	0,80	100,20
	<6,35>0,15	172,72	34,88	67,40	2,32	0,52	0,023	0,010	0,010	0,078	0,010	0,75	100,12
	<0,15	262,46	53,00	63,88	6,32	1,15	0,029	0,010	0,010	0,093	0,010	1,12	100,11
	Crude Calc.	495,22	100,00	65,64	4,25	0,89	0,026	0,010	0,010	0,084	0,010	0,95	100,13

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 17 HO	<50>6,35	306,86	51,35	68,23	0,92	0,72	0,034	0,010	0,010	0,095	0,010	0,51	99,90
	<6,35>0,15	127,38	21,32	66,85	2,39	0,98	0,042	0,011	0,010	0,119	0,026	1,02	100,22
	<0,15	163,32	27,33	65,42	2,52	2,10	0,040	0,010	0,010	0,106	0,053	1,63	100,04
	Crude Calc.	597,56	100,00	67,17	1,67	1,15	0,037	0,010	0,010	0,103	0,025	0,92	100,01

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 18 RSIB	<50>6,35	102,3	18,52	67,20	1,53	0,94	0,023	0,010	0,016	0,060	0,010	1,37	100,07
	<6,35>0,15	208,4	37,72	63,13	7,48	0,85	0,030	0,010	0,010	0,101	0,010	1,45	100,24
	<0,15	241,82	43,77	58,58	13,67	1,10	0,031	0,010	0,010	0,085	0,023	1,45	100,17
	Crude Calc.	552,52	100,00	61,89	9,09	0,98	0,029	0,010	0,011	0,086	0,016	1,44	100,18

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 19 SO	<50>6,35	101,6	24,70	65,55	0,82	2,36	0,026	0,010	0,010	0,084	0,019	2,85	99,94
	<6,35>0,15	132,18	32,13	63,45	6,40	1,07	0,031	0,012	0,010	0,095	0,045	1,71	100,13
	<0,15	177,56	43,17	65,18	4,26	1,24	0,026	0,010	0,010	0,089	0,021	1,59	100,47
	Crude Calc.	411,34	100,00	64,72	4,10	1,46	0,028	0,011	0,010	0,090	0,028	1,94	100,23

Amostra	Fração(mm)	Peso(Kg)	%	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC	Fechamento
SAP - 20 HO	<50>6,35	120	50,29	68,97	0,31	0,34	0,053	0,010	0,010	0,079	0,010	0,65	100,12
	<6,35>0,15	72,8	30,51	66,55	0,42	1,31	0,144	0,014	0,010	0,115	0,060	2,63	99,93
	<0,15	45,8	19,20	66,08	0,60	1,72	0,168	0,010	0,010	0,099	0,086	3,01	100,26
	Crude Calc.	238,6	100,00	67,68	0,40	0,90	0,103	0,011	0,010	0,094	0,040	1,71	100,09

Os resultados do crúde calculado representam valores médios das amostras, ponderadas pelo percentual granulométrico de cada faixa, sendo a base para a classificação do minério dentro do modelo geológico.

Os itabiritos também foram amostrados, por estarem intercalados às lentes de hematitas, sendo comuns os itabiritos ricos, com teores de ferro entre 52 a 64%, denominados de “RSIB”, que são muito importantes na redução dos teores das variáveis Al_2O_3 e P, exercendo grande influência no quantitativo de ROM das Minas em operação, participando com até 20% da alimentação da planta.

Serão descritos a seguir os principais resultados da caracterização tecnológica feita nas três frações granulométricas, geradoras dos produtos comercializados no mercado mundial de minério de ferro.

6.2.1 - Resultados obtidos no estudo da fração <50 >6,35 mm

O produto LOBF (<31,5 >6,35 mm) está contido na fração <50 >6,35 mm, tendo um alto valor agregado. Ao se fazer uma caracterização metalúrgica dos compostos oriundos da produção, não é possível avaliar estas características, voltadas para o planejamento de lavra, identificando-se áreas ou tipos de minérios que geram produtos diferentes. Serão discutidos a seguir os resultados obtidos na identificação dos tipos de fragmentos associados aos tipos de minérios, ensaios metalúrgicos, químicos e mineralógicos.

Na figura 6.9, estão resumidos os tipos de fragmentos granulados associados aos principais conjuntos litológicos, subdivididos em três categorias básicas: itabiritos ricos e silicosos (friáveis), hematitas médias e macias e hematitas compactas que servirão de suporte para explicar as características metalúrgicas associadas aos mesmos grupos de minérios.

A partir de itabiritos, predominam fragmentos tipo chapinha, que são finas placas lamelares de espessura milimétrica a centimétrica e fragmentos de hematitas porosas, com formato irregular, devido aos poros macroscópicos milimétricos e alteração mais pronunciada. Secundariamente, ocorrem fragmentos de hematitas compactas porosas,

intermediários entre porosas e compactas e fragmentos de hematitas compactas, sem porosidade macroscópica. Os fragmentos de canga estão associados a minérios muito alterados, situados próximos à superfície.

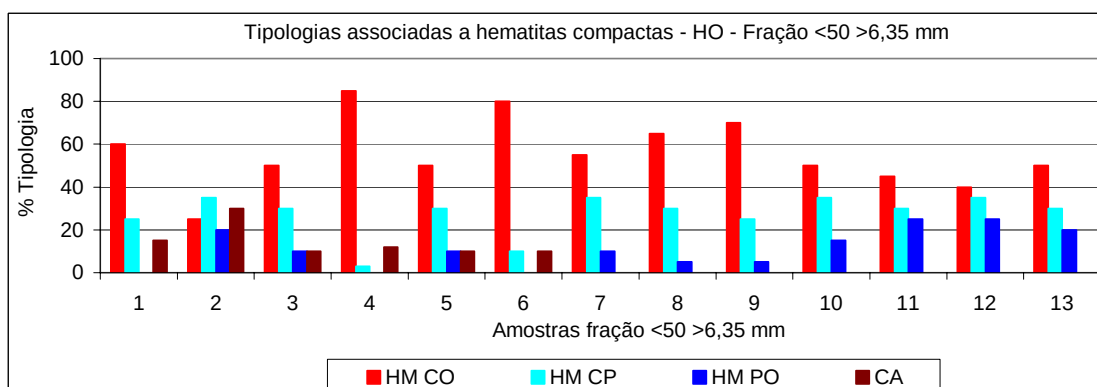
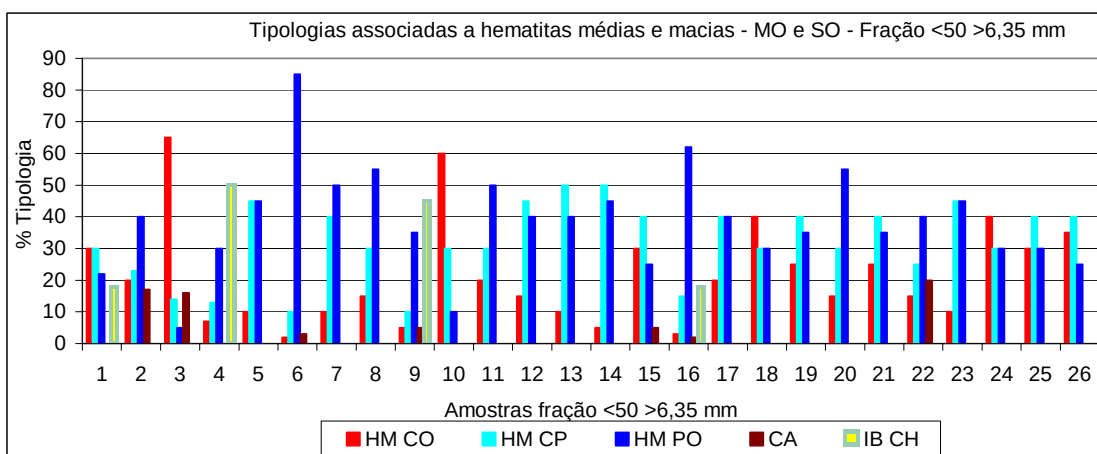
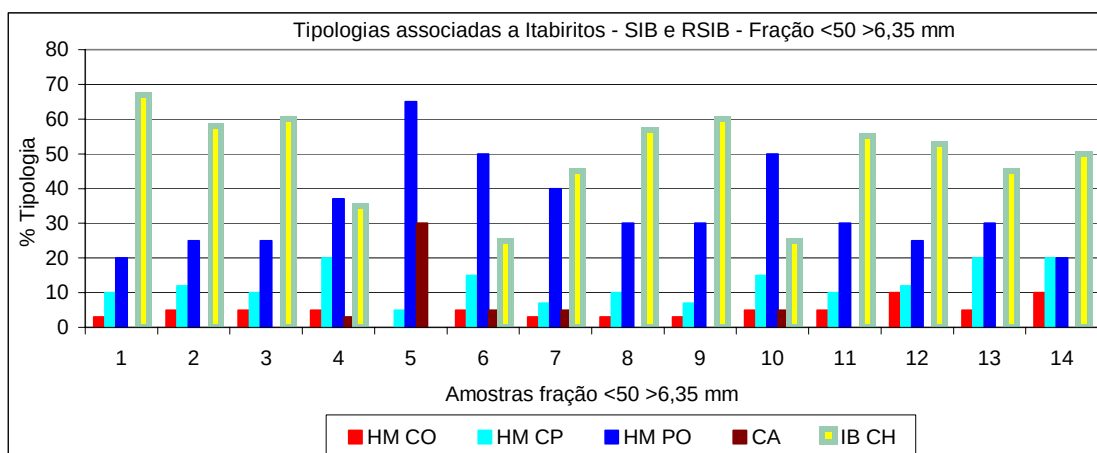
Nas hematitas com consistência média e macia, predominam fragmentos de hematitas porosas e compactas porosas e, secundariamente, hematitas compactas, itabiritos chapinha e canga. Os fragmentos de itabiritos “chapinha” estão associados às hematitas supergênicas, nas quais permanecem as características originais dos itabiritos.

Os fragmentos granulados derivados de hematitas compactas, são, predominantemente, compactos. Secundariamente, ocorrem fragmentos de hematitas compactas porosas e hematitas porosas e canga.

Na tabela VI.6, estão resumidos os ensaios metalúrgicos das amostras. Em algumas amostras não foi possível realizar os ensaios de crepitação e tamboramento, pela quantidade insuficiente de material separado na fração considerada para ensaio padronizado.

A redutibilidade relativa e RDI, são propriedades associadas à consistência dos minérios, com valores mais altos nos itabiritos, valores medianos nas hematitas médias e macias e valores mais baixos nas hematitas compactas, conforme figura 6.10. Esta variação pode ser explicada pela predominância de fragmentos de itabiritos chapinha e hematitas porosas, nos grupos de itabiritos e hematitas médias e macias. A maior porosidade permite uma percolação maior dos gases redutores, mas geram uma maior quantidade de finos, pela menor resistência mecânica. A porosidade menor dos fragmentos de hematitas compactas dificulta a percolação dos gases redutores, mas degradam menos, gerando uma menor quantidade de finos.

Os índices de crepitação nas duas faixas granulométricas são mais altos no grupo de hematitas compactas, valores médios nas hematitas médias e macias e baixos valores nos itabiritos ricos e silicosos, conforme figura 6.11. Os fragmentos de hematitas compactas, pouco porosos, apresentam uma maior desintegração, quando submetidos



Tipos de fragmentos da fração <50 >6,35 mm

HM CO - Hem. Compacta	CA - Canga
HM CP - Hem. Compacta Porosa	IB CH - Itab. Chapinha
HM PO - Hem. Porosa	

Figura 6.9 - Distribuição dos tipos de fragmentos da fração <50 >6,35 mm.

Tabela VI.6 - Avaliação das propriedades metalúrgicas da fração <50 >6,35 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).

AMOSTRA	LITOLOGIA	PROPRIEDADES METALÚRGICAS					
		REDUTIB. (% DE REDUÇÃO)	RDI (%<2,80mm)	CREPITAÇÃO		TAMBORAMENTO	
				IC(%<6,30mm)	IC(%<4,75mm)	TI(%>6,30mm)	AI(%<0,50mm)
GAL - 01	RSIB	58,6	29,3	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	MI	MI
GAL - 02	SIB	60,8	29,7	2,8 ± 2,1	2,2 ± 1,6	49,7	29,4
GAL - 03	MO	56,4	39,8	0,8 ± 0,8	0,7 ± 0,7	65,9	19,7
GAL - 04	HO	47,0	20,1	11,3 ± 4,5	8,2 ± 3,3	81,6	11,1
GAL - 05	MO	59,1	31,2	1,3 ± 0,6	1,2 ± 0,5	MI	MI
GAL - 06	MO	57,1	25,3	1,9 ± 1,4	1,4 ± 1,1	MI	MI
GAL - 07	HO	43,5	12,4	6,3 ± 3,0	4,8 ± 2,4	87,5	6,6
SAP - 01	RSIB	57,6	34,3	1,2 ± 0,9	1,0 ± 0,7	50,0	31,6
SAP - 02	MO	57,3	28,1	2,9 ± 2,3	2,3 ± 2,0	54,5	23,1
SAP - 03	MO	53,4	48,4	3,1 ± 1,0	2,5 ± 0,8	57,6	30,3
SAP - 04	SO	50,3	47,8	0,7 ± 0,3	0,7 ± 0,3	56,1	31,9
SAP - 05	SO	51,0	35,4	4,3 ± 4,3	3,6 ± 3,5	MI	MI
SAP - 06	HO	50,9	20,1	5,4 ± 1,6	4,2 ± 1,3	73,3	11,7
SAP - 07	RSIB	52,4	19,6	2,4 ± 2,3	1,8 ± 1,7	67,5	17,7
SAP - 08	SO	58,9	32,4	MI	MI	MI	MI
SAP - 09	RSIB	62,2	17,7	MI	MI	81,9	11,3
SAP - 10	MO	49,2	15,2	6,2 ± 3,0	4,5 ± 2,3	MI	MI
SAP - 11	HO	46,2	13,9	3,0 ± 1,9	2,3 ± 1,4	69,7	18,0
SAP - 12	MO	62,2	25,0	1,2 ± 0,6	1,1 ± 0,5	60,1	22,2
SAP - 13	HO	44,9	14,7	4,8 ± 3,6	3,6 ± 2,8	77,4	16,3
SAP - 14	SO	67,2	34,3	3,0 ± 1,7	2,7 ± 1,5	MI	MI
SAP - 15	RSIB	73,7	25,4	MI	MI	MI	MI
SAP - 16	SO	55,7	33,9	MI	MI	MI	MI
SAP - 17	HO	46,4	6,0	0,3 ± 0,2	0,3 ± 0,2	70,9	18,5
SAP - 18	RSIB	53,0	30,5	1,2 ± 0,7	0,9 ± 0,5	MI	MI
SAP - 19	SO	58,1	32,8	MI	MI	MI	MI
SAP - 20	HO	49,9	13,8	8,2 ± 2,5	6,6 ± 2,0	71,8	17,0
PIC - 01	SIB	49,00	56,70	MI	MI	MI	MI
PIC - 02	RSIB	49,60	33,20	MI	MI	MI	MI
PIC - 03	HO	56,30	25,30	19,9 ± 7,0	16,8 ± 5,9	80,70	9,70
PIC - 04	MO	54,70	26,40	5,5 ± 2,4	4,5 ± 2,1	77,50	12,30
PIC - 05	MO	53,90	26,00	MI	MI	MI	MI
PIC - 06	SO	51,30	29,90	MI	MI	MI	MI
PIC - 07	SO	49,40	15,90	MI	MI	MI	MI
PIC - 08	SO	57,50	29,80	MI	MI	MI	MI
PIC - 09	HO	42,20	18,70	7,1 ± 3,5	5,9 ± 2,9	78,80	11,90
PIC - 10	MO	44,60	13,00	9,8 ± 4,3	7,8 ± 3,7	MI	MI
PIC - 11	SO	58,00	25,60	MI	MI	MI	MI
PIC - 12	SO	48,70	10,80	1,2 ± 0,9	1,0 ± 0,8	MI	MI
PIC - 13	RSIB	61,40	38,00	0,4 ± 0,3	0,3 ± 0,2	MI	MI
PIC - 14	MO	53,40	18,90	1,3 ± 2,0	1,0 ± 1,5	69,90	17,10
PIC - 15	SO	50,50	19,10	2,7 ± 1,9	2,2 ± 1,6	MI	MI
PIC - 16	MO	48,20	21,00	9,0 ± 3,3	6,9 ± 2,5	76,50	13,90
PIC - 17	HO	59,00	24,60	6,3 ± 3,6	5,2 ± 3,0	71,30	16,60
PIC - 18	SO	61,30	22,80	5,5 ± 3,0	4,4 ± 2,3	73,80	16,20
PIC - 19	SO	50,50	25,10	MI	MI	MI	MI
PIC - 20	RSIB	48,10	31,50	MI	MI	MI	MI
PIC - 21	SO	49,20	29,70	4,5 ± 2,7	3,6 ± 2,2	75,70	14,00
PIC - 22	MO	50,30	14,30	6,4 ± 2,2	4,4 ± 1,4	73,40	14,50
PIC - 23	SO	58,50	17,30	MI	MI	MI	MI
PIC - 24	MO	61,50	21,10	19,1 ± 4,1	15,2 ± 3,2	82,70	9,50
PIC - 25	SO	43,80	19,70	MI	MI	MI	MI
PIC - 26	SO	44,80	19,40	MI	MI	MI	MI

Observações sobre os ensaios metalúrgicos sumarizados na tabela acima:
REDUTIBILIDADE - A redutibilidade avalia a facilidade com que o produto perde oxigênio para o gás redutor.
RDI - Degradação durante a redução.
TAMBORAMENTO - Avalia a resistência à degradação, durante o manuseio e transporte.
CREPITAÇÃO - Avalia a resistência à desintegração, quando o produto é submetido a um rápido aquecimento.
MI - Massa insuficiente na fração específica para o ensaio metalúrgico.

a um rápido aquecimento, enquanto os fragmentos mais porosos e chapinha, que predominam nos grupos de hematitas médias e macias e itabiritos, respectivamente, desintegram menos, quando submetidos às mesmas condições dos testes para avaliação dos índices de crepitação.

Na figura 6.12, estão plotados os índices de tamboramento(TI) nos três grupos de minérios, também variando de acordo com a consistência das litologias. As hematitas compactas possuem índices de tamboramento mais elevados, pelo baixo percentual de fragmentos porosos, com menor resistência mecânica ao manuseio. Como o grupo de hematitas médias e macias possui um pouco de fragmentos de hematitas compactas porosas e compactas, apresenta índices medianos e o grupo dos itabiritos, pela predominância de hematitas porosas e chapinha, apresenta baixos índices de tamboramento. O índice de abrasão (AI), é indiretamente proporcional ao índice de tamboramento, gerando menos finos nos ensaios de hematitas mais compactas e mais finos nos grupos de hematitas médias e macias e itabiritos.

Com base nos dados expostos, conclui-se que as características metalúrgicas dos granulados estão intimamente associadas à consistência dos minérios, que geram tipos de fragmentos associados à porosidade macroscópica, não excluindo a associação às características microscópicas não investigadas neste trabalho. Caso haja mudanças significativas no perfil de alimentação dos minérios, certamente ocorrerão variações nas propriedades metalúrgicas dos produtos granulados gerados.

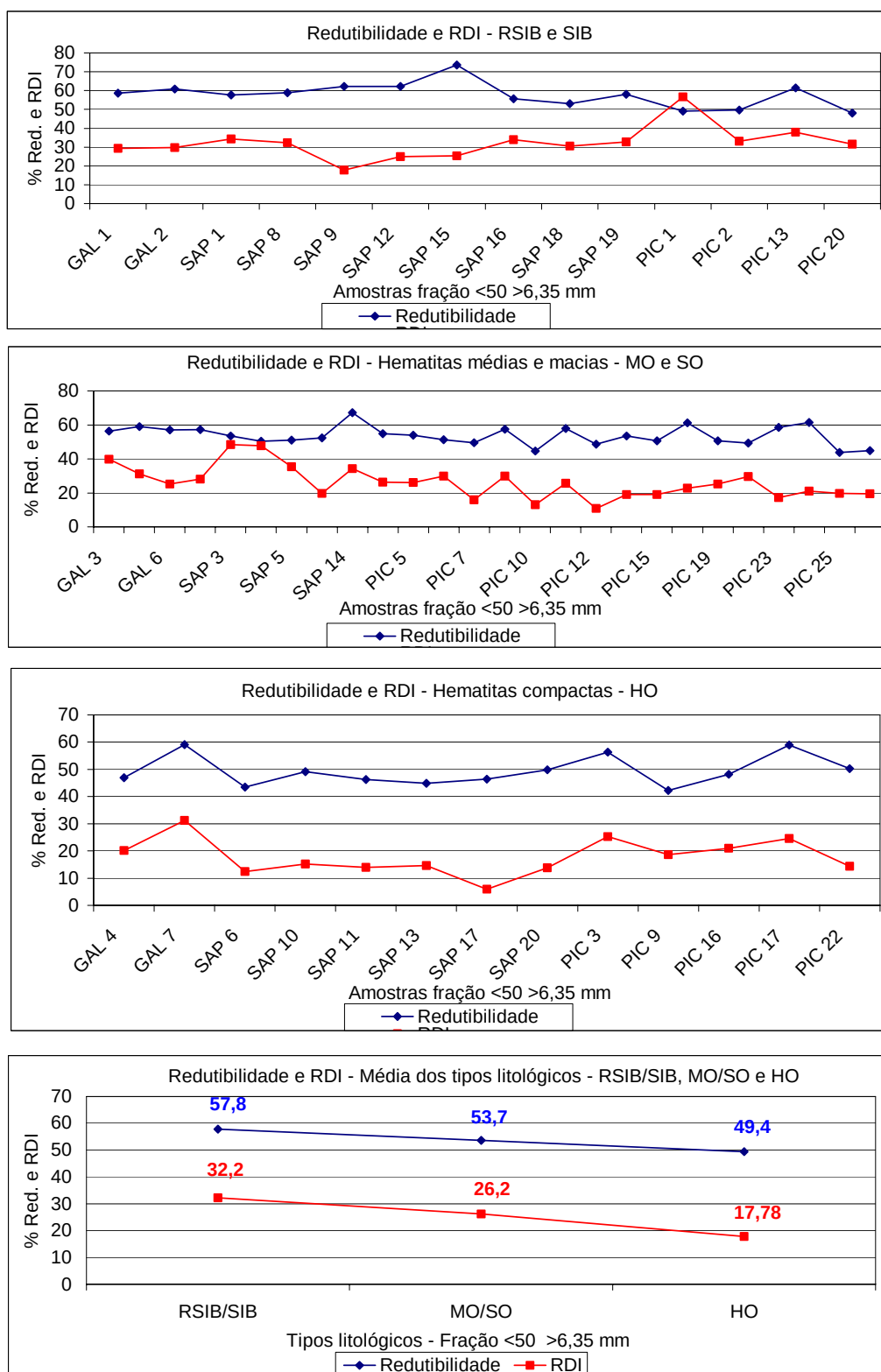


Figura 6.10 - Redutibilidade e RDI - Fração <50 >6,35 mm.

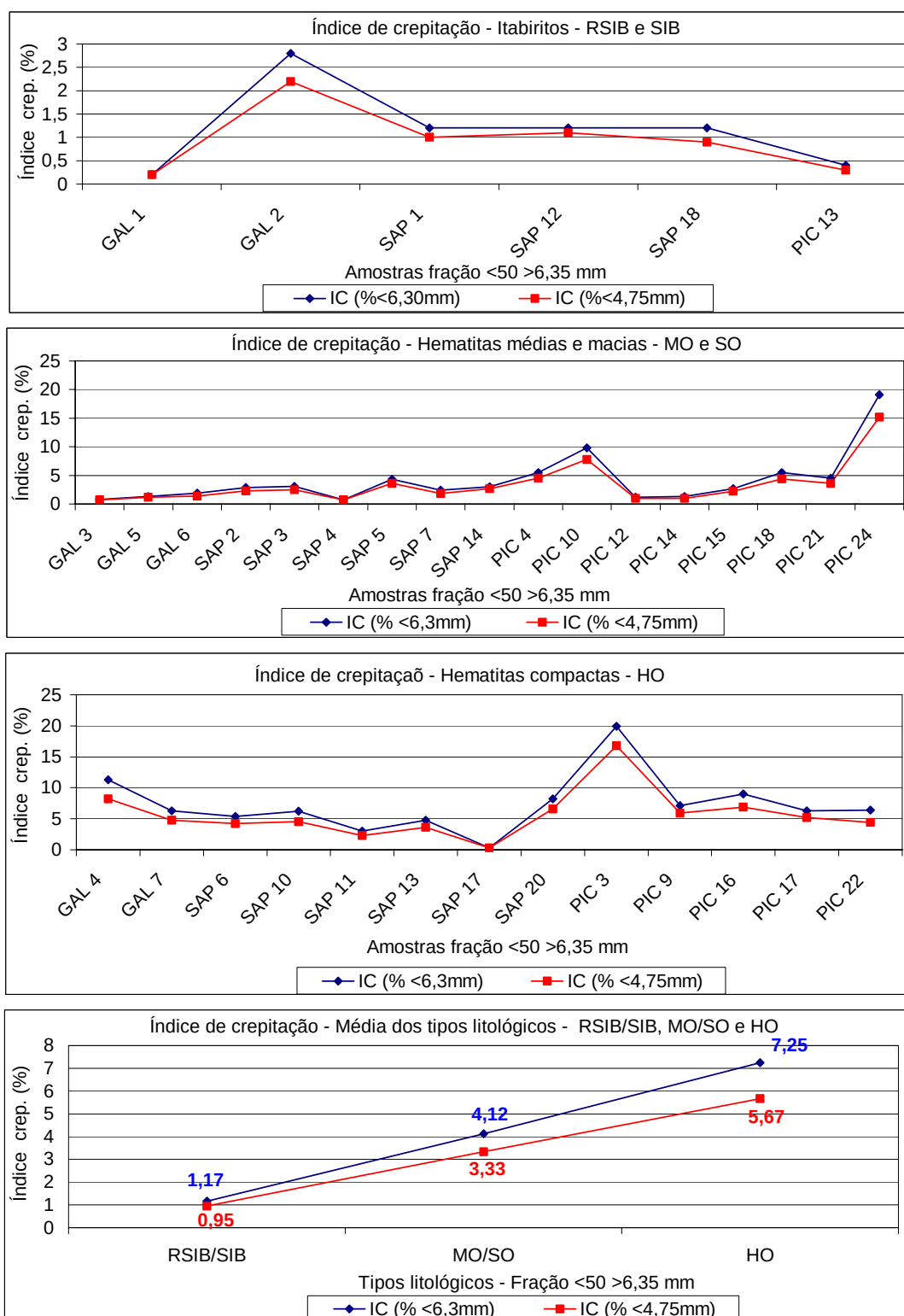


Figura 6.11 - Índice de crepitação - Fração <50 >6,35 mm.

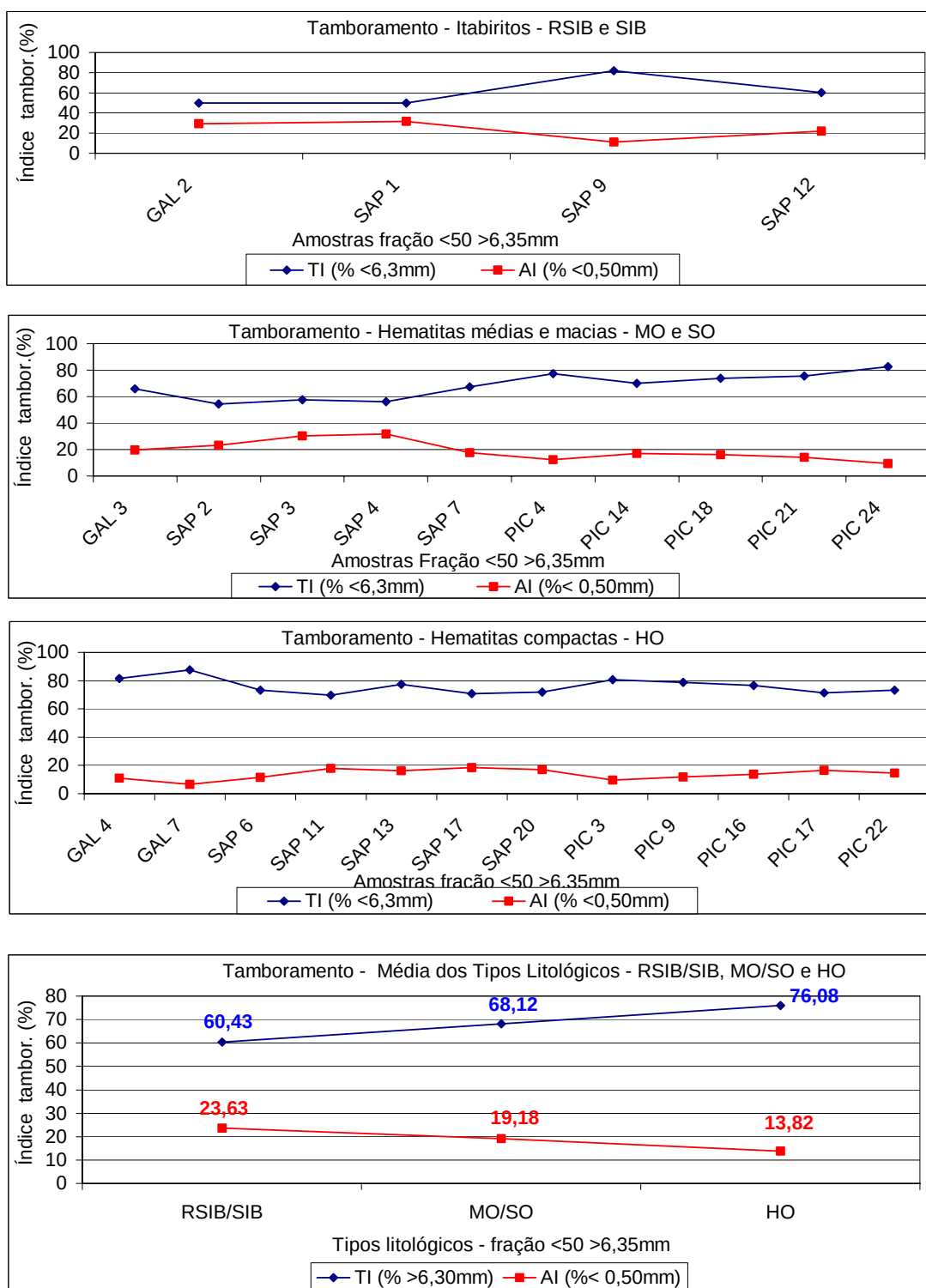


Figura 6.12 - Índice de tamboramento - Fração <50 >6,35mm.

Nas figuras 6.13 e 6.14, encontram-se resumidos os teores de Al_2O_3 , SiO_2 , Mn, P, ferro total e perda por calcinação. A perda por calcinação acompanha os teores de alumina, principalmente associada a argilo-minerais (caulinita, gibbsita e goethita), sendo mais alta nas hematitas médias e macias e mais baixas nas hematitas compactas. Nos itabiritos ricos, os valores são intermediários. Os teores de sílica são mais elevados nos itabiritos do Pico, pelo nível mais profundo de lavra, com sílica menos liberada. Os teores de fósforo são baixos e o manganês foi mais elevado em uma amostra do Sapecado. Os teores de ferro são mais baixos nos itabiritos, devido aos teores de sílica mais elevados.

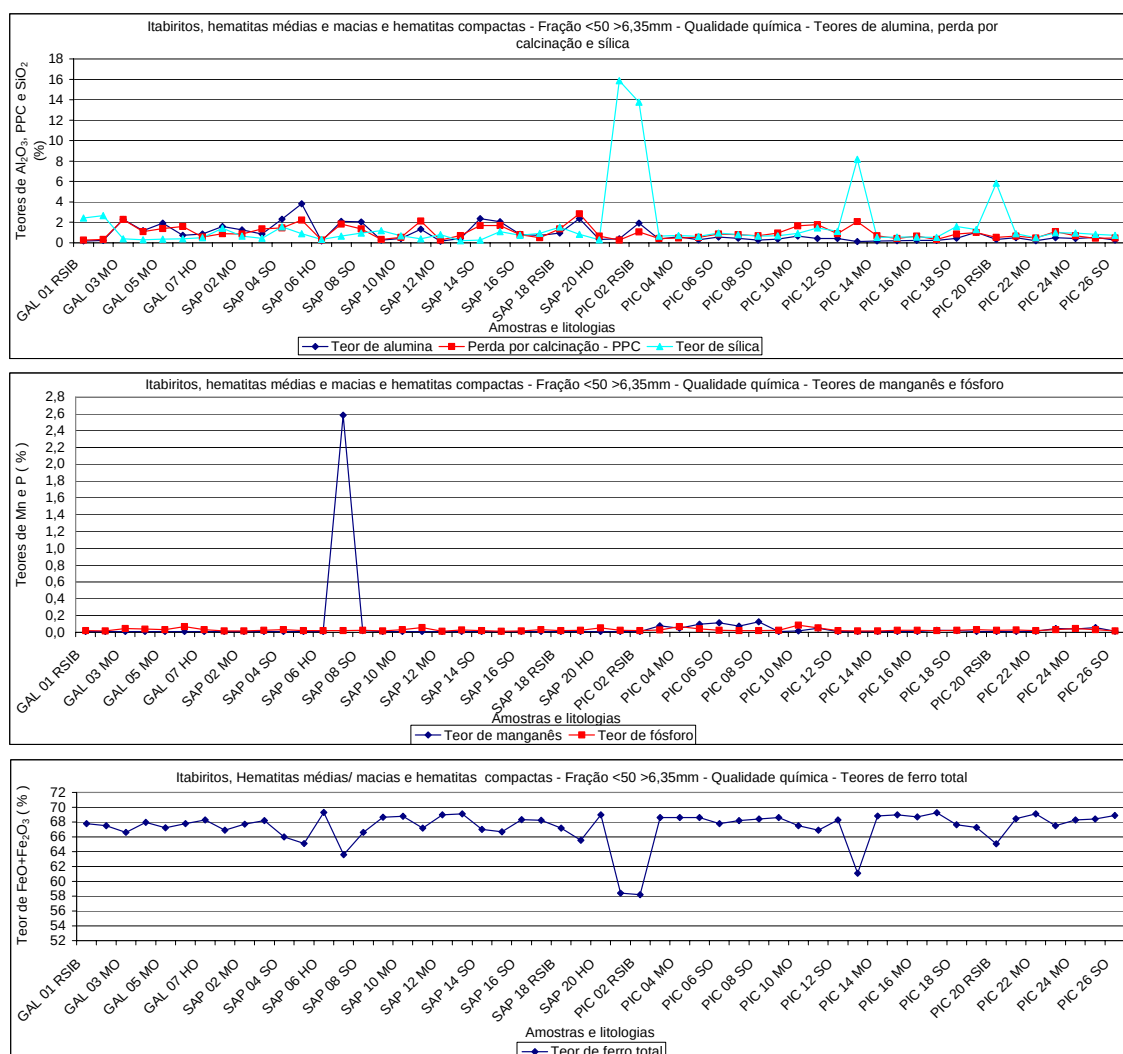


Figura 6.13 - Qualidade química da fração <50 >6,35mm, nos itabiritos, hematitas médias e macias e hematitas compactas.

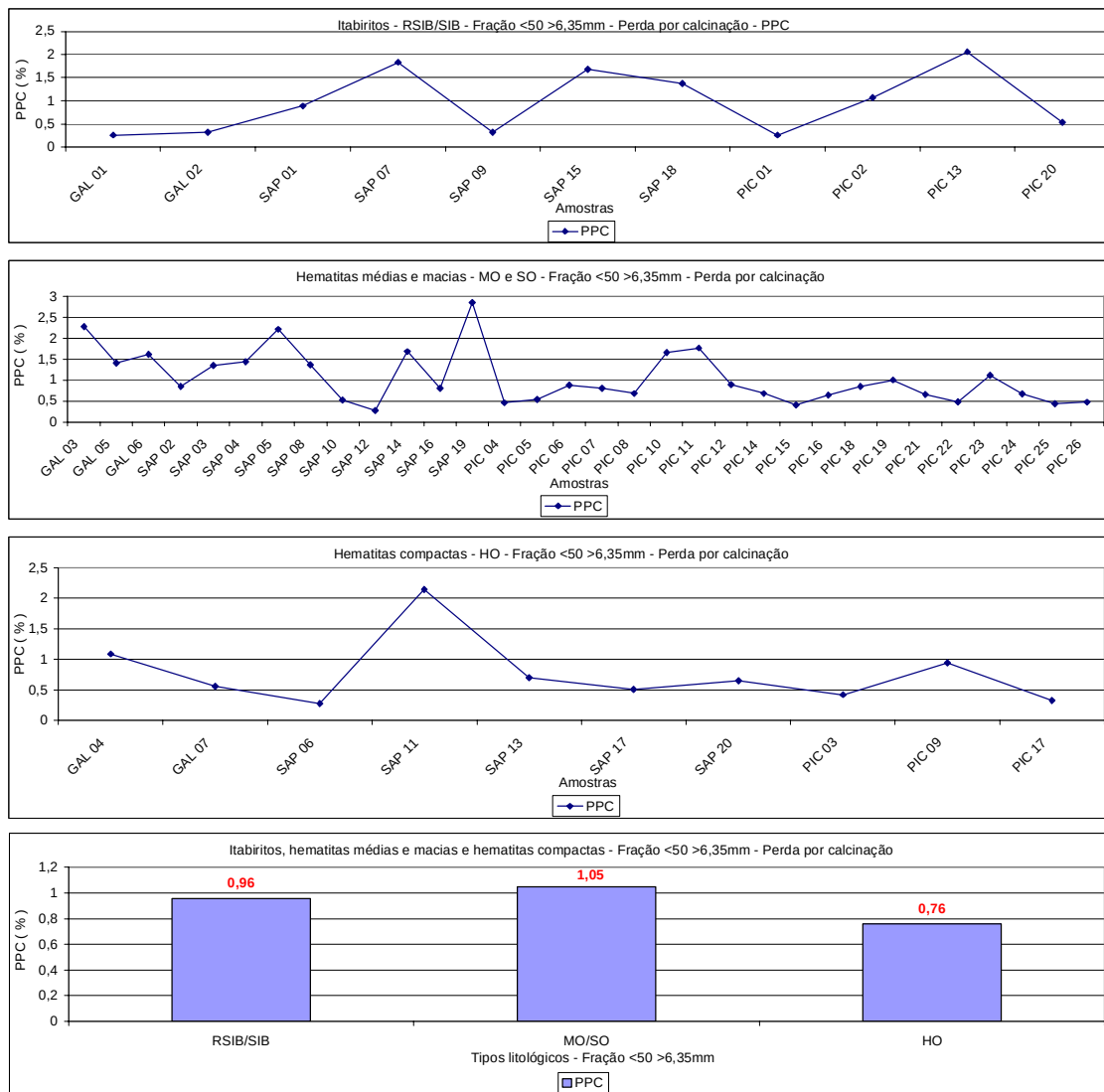


Figura 6.14 - Perda por calcinação em itabiritos, hematitas médias e macias e hematitas compactas - Fração <50 >6,35mm.

Por meio da descrição mineralógica das seções polidas, foram definidos os percentuais médios dos minerais, que compõem os diferentes tipos de minérios na fração <50 >6,35 mm. Na tabela VI.7 estão sumarizadas as associações mineralógicas das amostras. Nas figuras 6.15, 6.16 e 6.17 estão plotados os percentuais dos principais minerais descritos, associados ao tipo de minério de cada Jazida.

Nos itabiritos do Galinheiro, predomina hematita lobular ou anédrica e, secundariamente, hematita tabular, martita e magnetita. Nos itabiritos do Sapecado, predominam os tipos lobular ou anédrica e tabular. Secundariamente, hematita granular, martita, goethita, magnetita e agregado terroso. Nos itabiritos da Mina do Pico, predomina hematita lobular e, secundariamente, hematita tabular e quartzo.

Nas hematitas médias e macias do Galinheiro, predominam hematita lobular ou anédrica e hematita granular e, secundariamente, hematita tabular e magnetita. Na associação mineralógica das hematitas médias e macias da Mina do Sapecado, predominam hematita lobular ou anédrica, hematita tabular e granular. Secundariamente, ocorrem martita, goethita, agregado terroso, magnetita, quartzo e outros minerais não identificados ao microscópico.

Nos minérios médios e macios do Pico, predominam hematita lobular ou anédrica e hematita tabular e, secundariamente, hematita granular, martita, goethita, magnetita e agregado terroso.

Nas hematitas compactas do Galinheiro, foram descritas hematita lobular ou anédrica, tabular, granular e martita. Secundariamente, goethita e magnetita. Nos minérios compactos do Sapecado, a associação mineralógica é semelhante à do Galinheiro, com percentual maior de martita. Na Mina do Pico, predominam hematitas lobular ou anédrica e tabular. Secundariamente, martita e agregado terroso.

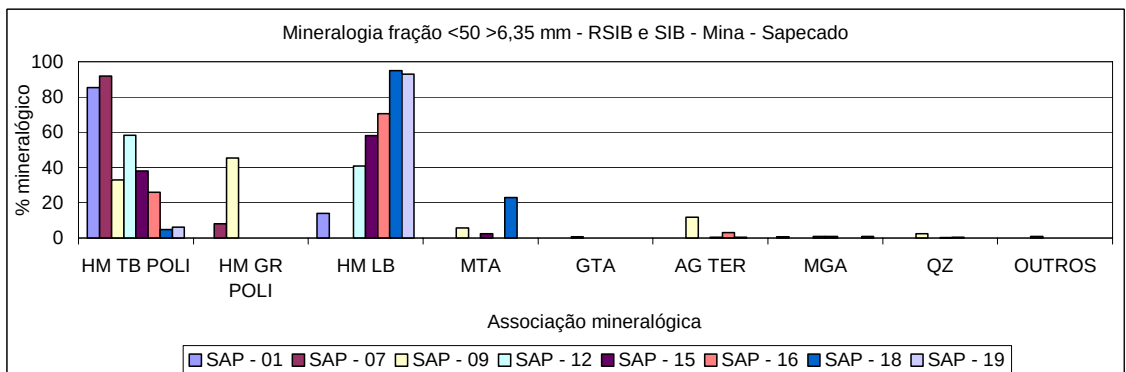
Não foram descritas diferenças significativas nas associações mineralógicas de granulados derivados de itabiritos, hematitas médias e macias e hematitas compactas, que justificassem uma separação de tipos de minérios granulados, com base na diferenciação mineralógica.

Na figura 6.18 estão as médias da porosidade intergranular, avaliada nas seções polidas. O processo de polimento da seção, pode interferir nesta variável. Os resultados atribuem valores mais altos aos granulados derivados de hematitas médias e macias e itabiritos, enquanto os de hematitas compactas apresentam valores mais baixos. Os resultados são

		% MINERALÓGICO EM PESO										
AMOSTRA	LITOLOGIA	HM TB POLI	HM GR POL	HM LB	MTA	GTA	AG TER	MGA	QZ	OUTROS	TOTAL MINER	POROS %
GAL - 01	RSIB	10,35	0	85,11	4,15	0	0	0	0,16	0,23	100	55,12
GAL - 02	SIB	2,51	0	83,72	12,35	0	0	1,42	0	0	100	6,36
GAL - 03	MO	1,78	83,46	14,76	0	0	0	0	0	0	100	11,16
GAL - 04	HO	34,67	0	16,75	41,03	7,44	0	0,06	0	0,05	100	8,52
GAL - 05	MO	4,16	48,21	44,71	0	0	0	2,92	0	0	100	23,24
GAL - 06	MO	3,61	46,07	50,32	0	0	0	0	0	0	100	19,92
GAL - 07	HO	0	66,7	32,89	0	0	0	0,41	0	0	100	5,84
SAP - 01	RSIB	85,37	0	13,88	0	0	0	0,72	0,03	0	100	24,6
SAP - 02	MO	13,22	59,01	0	23,45	0	0	2,66	1,66	0	100	36,64
SAP - 03	MO	24,61	0	61,67	12,22	0	0	1,5	0	0	100	21,68
SAP - 04	SO	26,92	20,44	0	39,11	1,27	6,99	0	0,67	4,6	100	49,68
SAP - 05	SO	28,96	60,31	0	2,81	0	6,4	1,13	0	0,39	100	6,4
SAP - 06	HO	5,49	0	87,61	4,72	0	0	2,18	0	0	100	7,84
SAP - 07	RSIB	91,99	8,01	0	0	0	0	0	0	0	100	5,16
SAP - 08	SO	9,07	0	64,31	23,33	0	0	3,29	0	0	100	24,56
SAP - 09	RSIB	33,07	45,47	0	5,66	0,74	11,76	0	2,49	0,81	100	44,8
SAP - 10	MO	0	0	89,83	8,21	0	0	1,94	0	0,02	100	4
SAP - 11	HO	0	57,92	0	42,08	0	0	0	0	0	100	9,92
SAP - 12	MO	58,21	0	40,87	0	0	0	0,92	0	0	100	26,92
SAP - 13	HO	45,73	0	51,66	2,39	0	0	0	0	0,22	100	7,72
SAP - 14	SO	88,78	9,44	0	0	0	1,3	0	0,06	0,42	100	32,76
SAP - 15	RSIB	37,99	0	58	2,35	0	0,42	0,98	0,23	0,03	100	25,36
SAP - 16	SO	25,89	0	70,56	0	0	3,13	0	0,42	0	100	47,88
SAP - 17	HO	56,4	0	0	43	0	0,6	0	0	0	100	12,5
SAP - 18	RSIB	4,77	0	94,87	0	0	0,36	0	0	0	100	12,04
SAP - 19	SO	6,01	0	93,05	0	0	0	0,94	0	0	100	3,88
SAP - 20	HO	52,46	0	0	47	0,09	0	0,45	0	0	100	10,2
PIC - 01	SIB	19,79	0	60,75	0	0,12	0	0	19,34	0	100	30
PIC - 02	RSIB	10,6	0	72,71	0	0,15	0	0	16,54	0	100	17,6
PIC - 03	HO	70,97	0	28,89	0	0	0	0,14	0	0	100	13,88
PIC - 04	MO	80,94	0	0	18,94	0	0	0,12	0	0	100	31,96
PIC - 05	MO	19,48	47,56	32,96	0	0	0	0	0	0	100	24,48
PIC - 06	SO	5,16	0	94,52	0	0	0,32	0	0	0	100	28
PIC - 07	SO	6,24	0	90,89	0	0	2,87	0	0	0	100	40,68
PIC - 08	SO	10,33	0	89,67	0	0	0	0	0	0	100	18
PIC - 09	HO	10,4	0	89,5	0	0	0	0,1	0	0	100	17,4
PIC - 10	MO	7,05	0	92,67	0	0	0	0,28	0	0	100	10,12
PIC - 11	SO	66,3										

Mineralogia fração <50 >6,35 mm - RSIB e SIB - Mina - Galinheiro

Associação mineralógica	GAL - 01 (%)	GAL - 02 (%)
HM TB POLI	10	2
HM GR POLI	0	0
HM LB	85	83
MTA	4	12
MGA	0	2
QZ	0	0
OUTROS	0	0



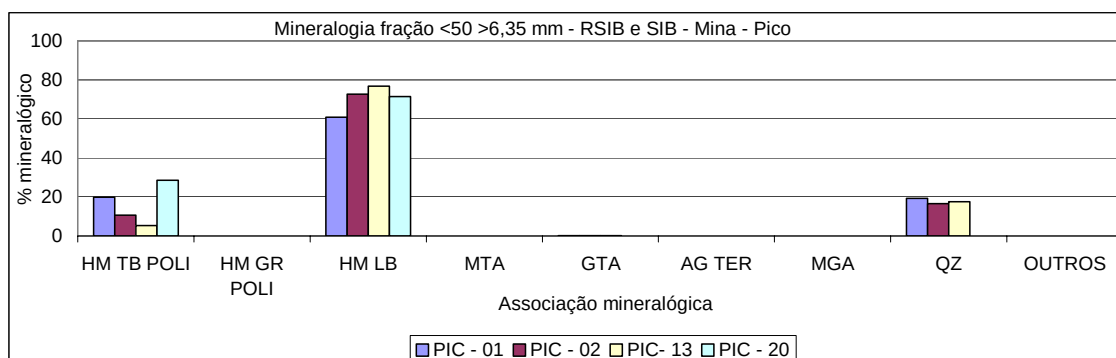
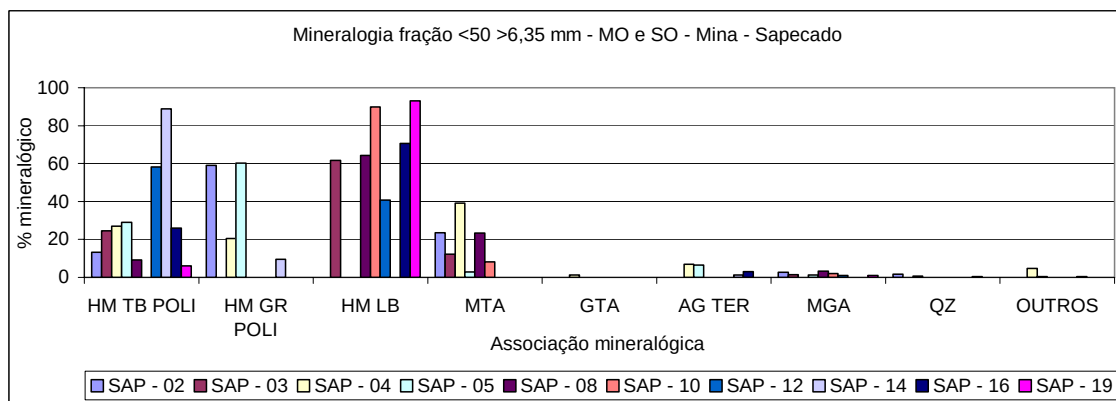
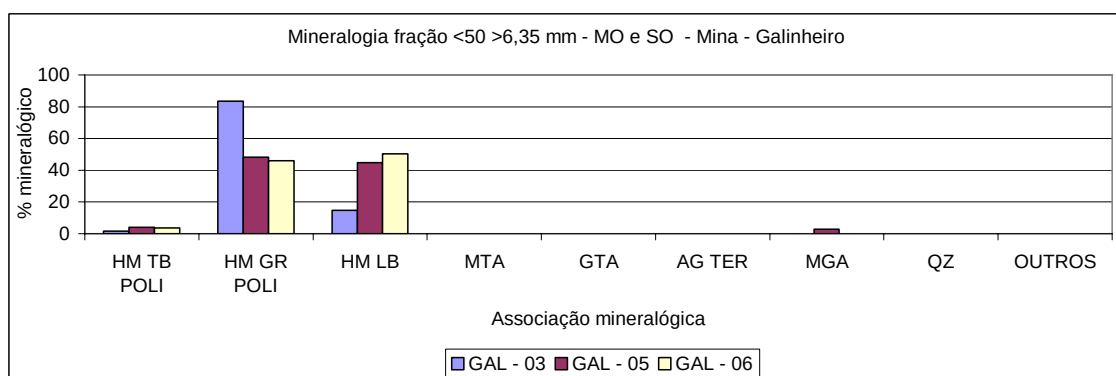


Figura 6.15 - Mineralogia dos itabiritos da fração <50 >6,35 mm.



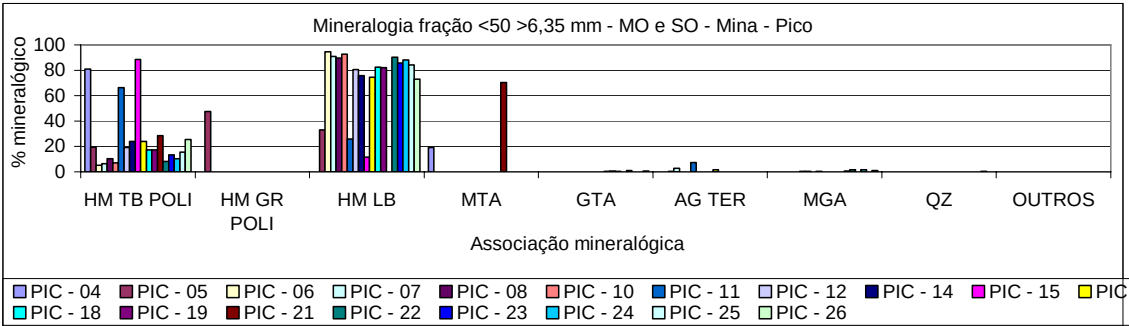
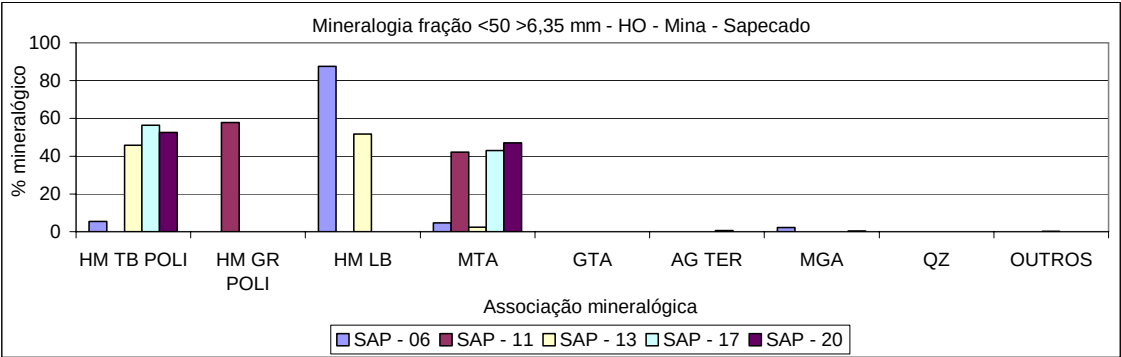
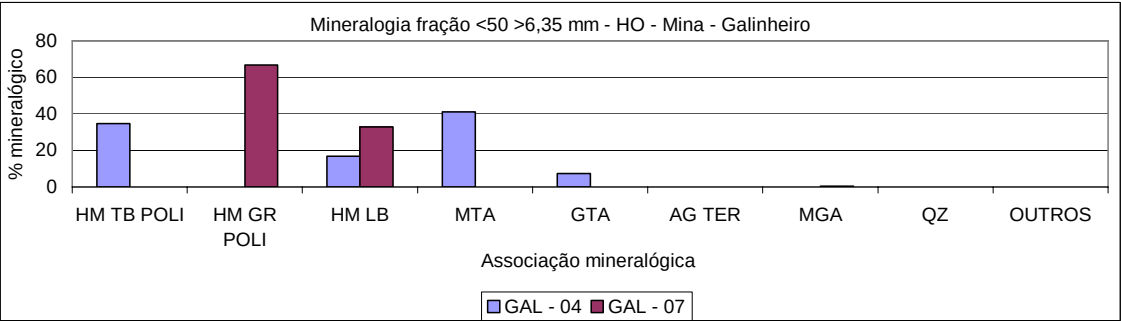


Figura 6.16 - Mineralogia das hematitas médias e macias da fração <50 >6,35 mm.



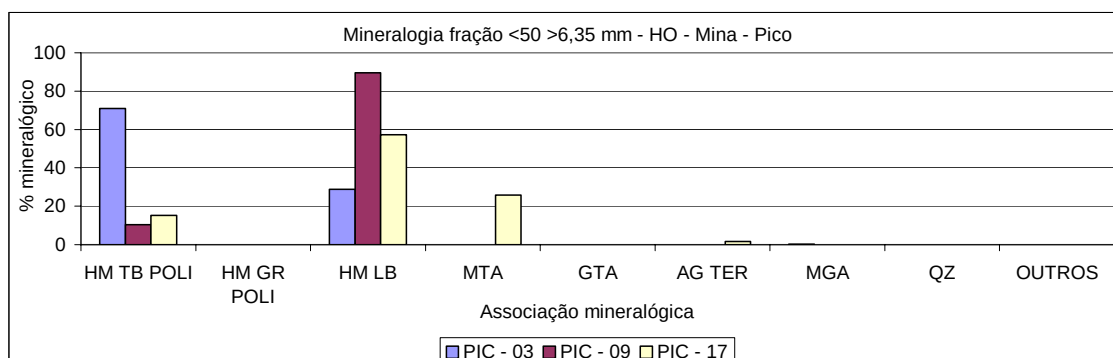


Figura 6.17 - Mineralogia das hematitas compactas da fração <50 >6,35 mm.

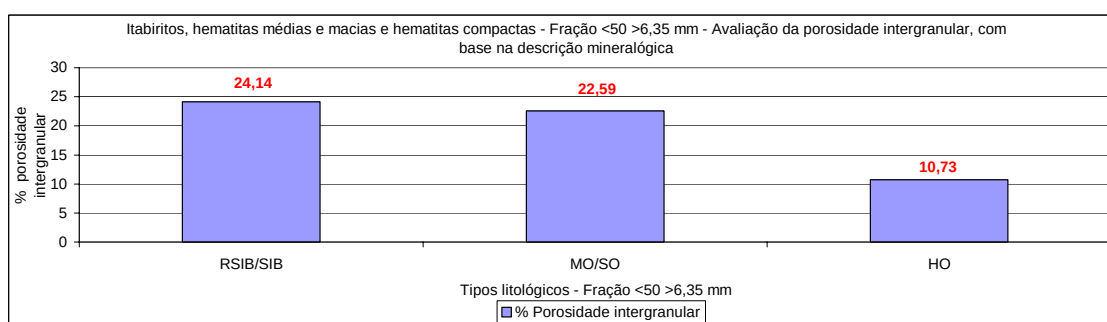


Figura 6.18 - Avaliação da porosidade intergranular dos itabiritos, hematitas médias e macias e hematitas compactas - Fração <50 >6,35 mm.

6.2.2 - Resultados obtidos no estudo da fração <6,35 >0,15 mm

O produto denominado de “sínter feed”, situado na fração granulométrica <6,35 >0,15 mm, corresponde ao maior volume de vendas da MBR, sendo utilizado na sinterização das Siderúrgicas. No estudo tecnológico desta faixa, foram feitas análises químicas em três sub-frações (<6,35 >1,00 mm, <1,00 >0,15 mm e <0,15 mm), avaliando também a distribuição granulométrica nos três grupos de amostras: itabiritos, hematitas médias e macias e hematitas compactas (anexo 6). A sub-fração grossa não é concentrada e a fração <1,00 >0,15 mm é submetida à concentração em espirais. Os resultados da fração <0,15 mm, não serão abordados, correspondendo a uma deficiência no processo de lavagem inicial das amostras e será enfatizado no estudo da fração <0,15 mm, geradora de PFF (pellet feed fine).

A fração <6,35 >1,00 mm, apresenta um percentual maior nas hematitas compactas (72,86%), intermediária nas hematitas médias e macias (65,90%) e menor nos itabiritos ricos e silicosos (52,28%), demonstrando que a tipologia do minério é definitiva na distribuição granulométrica da fração do sinter feed. Como consequência, o percentual da fração <1,00 >0,15 mm é maior nos itabiritos (30,57%), intermediário nas hematitas médias e macias (28%) e baixo nas hematitas compactas (20,21%). Os itabiritos têm uma forte influência na alimentação das espirais, correspondendo a fragmentos mais lamelares e com maior dificuldade de separação, se comparado a partículas com formato mais arredondado e menos placóide.

Os Teores de Al_2O_3 e perda por calcinação são baixos nos itabiritos, com valores mais altos nos itabiritos do Sapecado, mais superficiais. Nas hematitas médias, macias e compactas, os teores são mais altos nos minérios do Sapecado, distribuídos na fração grosseira e fina. Os teores de fósforo são sempre mais elevados na fração <1,00 >0,15 mm e associados ao minério mais superficial do Sapecado e Galinheiro, mas algumas amostras do Pico também acusaram valores mais altos, associados a fraturas e redução do nível de lixiviação, estando mais próximo do protominério. A sílica é sempre mais elevada na fração <1,00 >0,15 mm, mas nos itabiritos do Pico, os teores de sílica são mais altos na fração grosseira, demonstrando uma liberação mais baixa, pelo nível mais profundo da lavra, em relação a Galinheiro e Sapecado. Nas hematitas médias e macias, os teores de sílica apresentam alta variabilidade, nas duas frações, principalmente na fração <1,00 >0,15 mm. Os teores de Mn foram baixos nas duas frações dos itabiritos, exceto em uma amostra do Sapecado, situada em uma região mais manganésífera. Nas amostras de hematitas do Pico, os teores são mais altos nas duas frações. Os teores de ferro total ($\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$) são mais altos nas frações mais grossas, incluindo os itabiritos, variando de 65,00 a 69,00%, reduzindo nas frações mais finas, pelos teores mais altos dos contaminantes, principalmente SiO_2 , Al_2O_3 e Mn (figuras 6.20, 6.21 e 6.22).

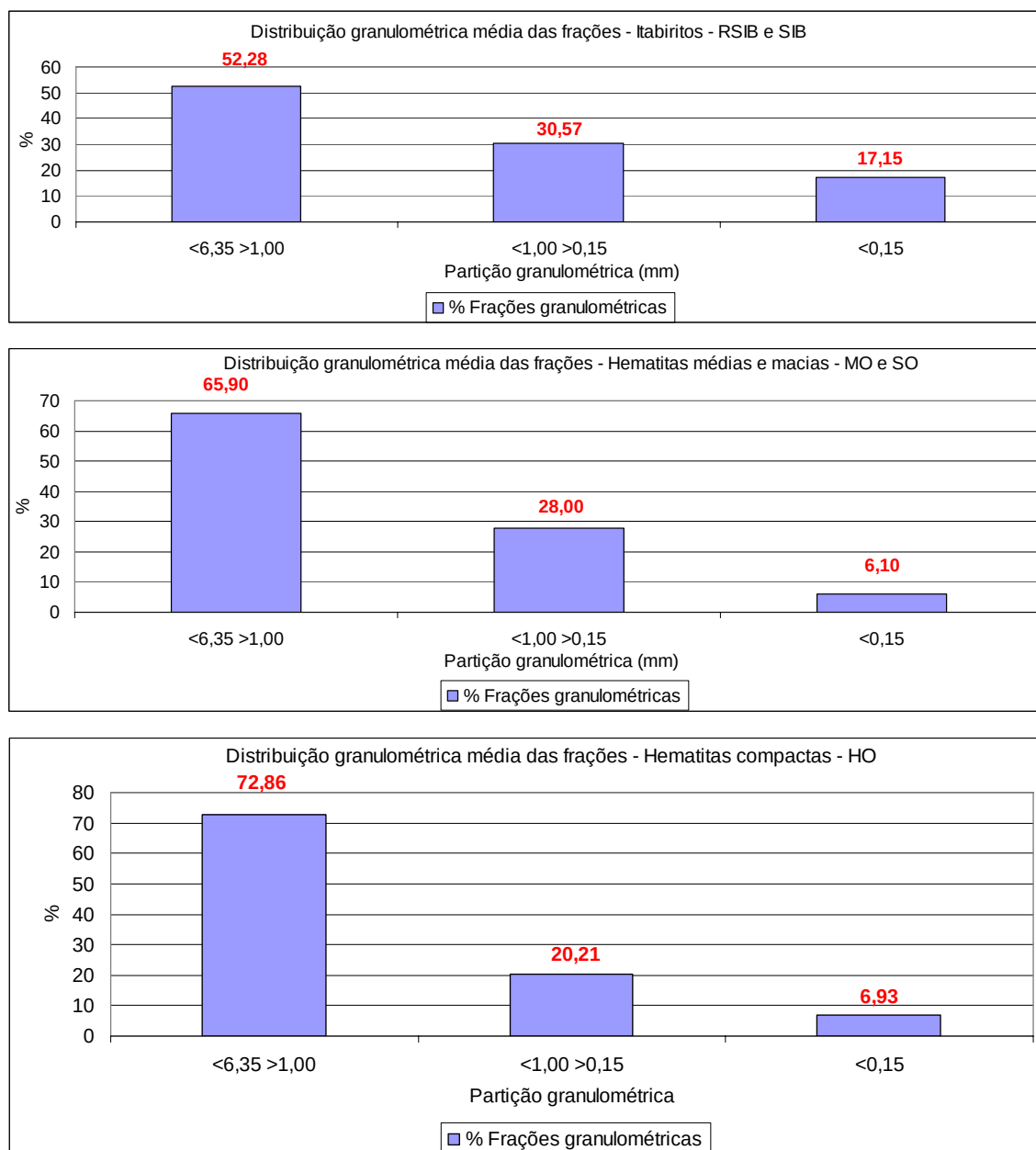


Figura 6.19 - Partição granulométrica da fração <6,35 >0,15 mm, nos itabiritos, hematitas médias e macias e hematitas compactas.

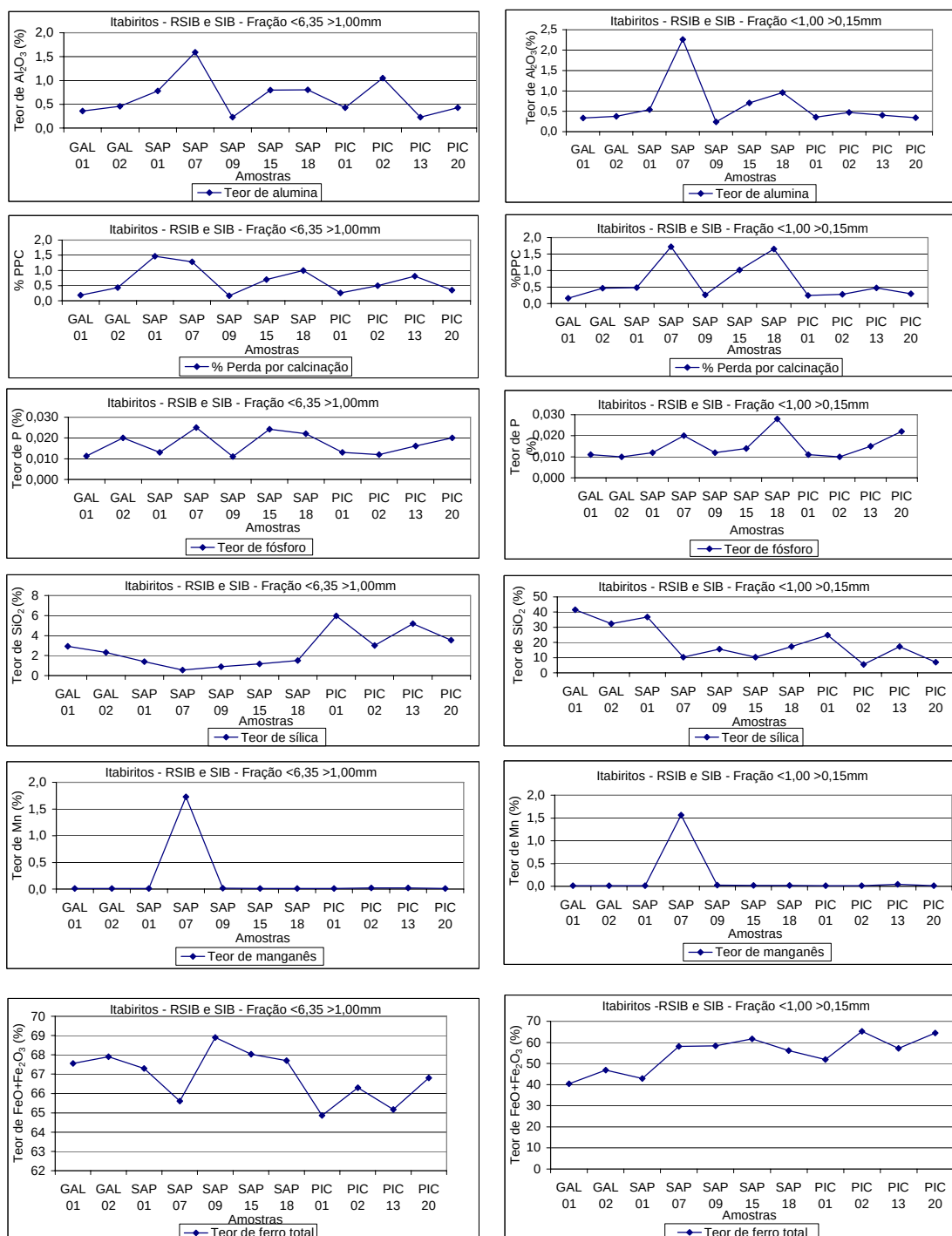


Figura 6.20 - Análise química das frações <6,35 >1,00 mm e <1,00 >0,15 mm (itabiritos).

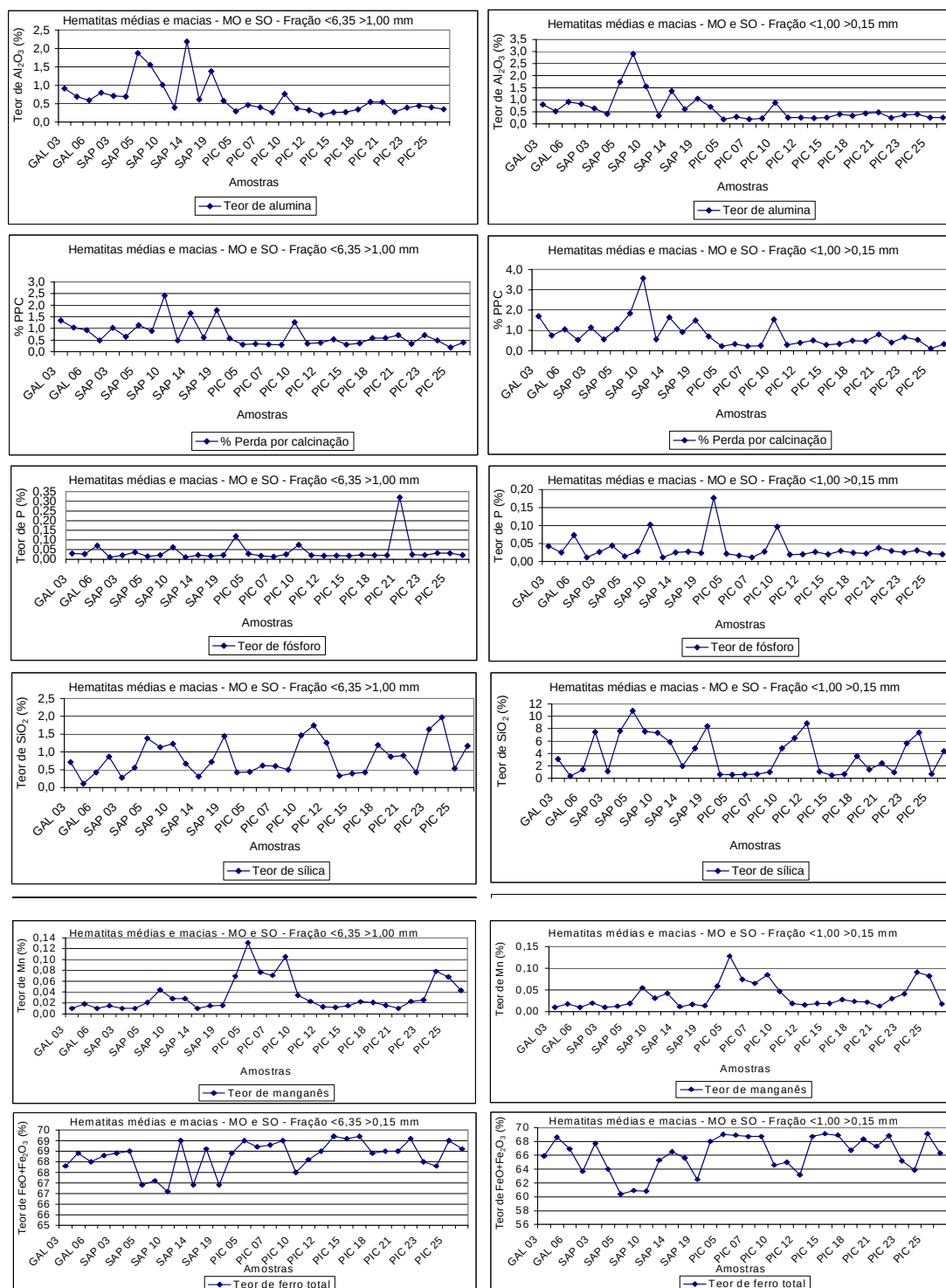


Figura 6.21 - Análise química das frações <6,35 >1,00 mm e <1,00 >0,15 mm (hematitas médias e macias).

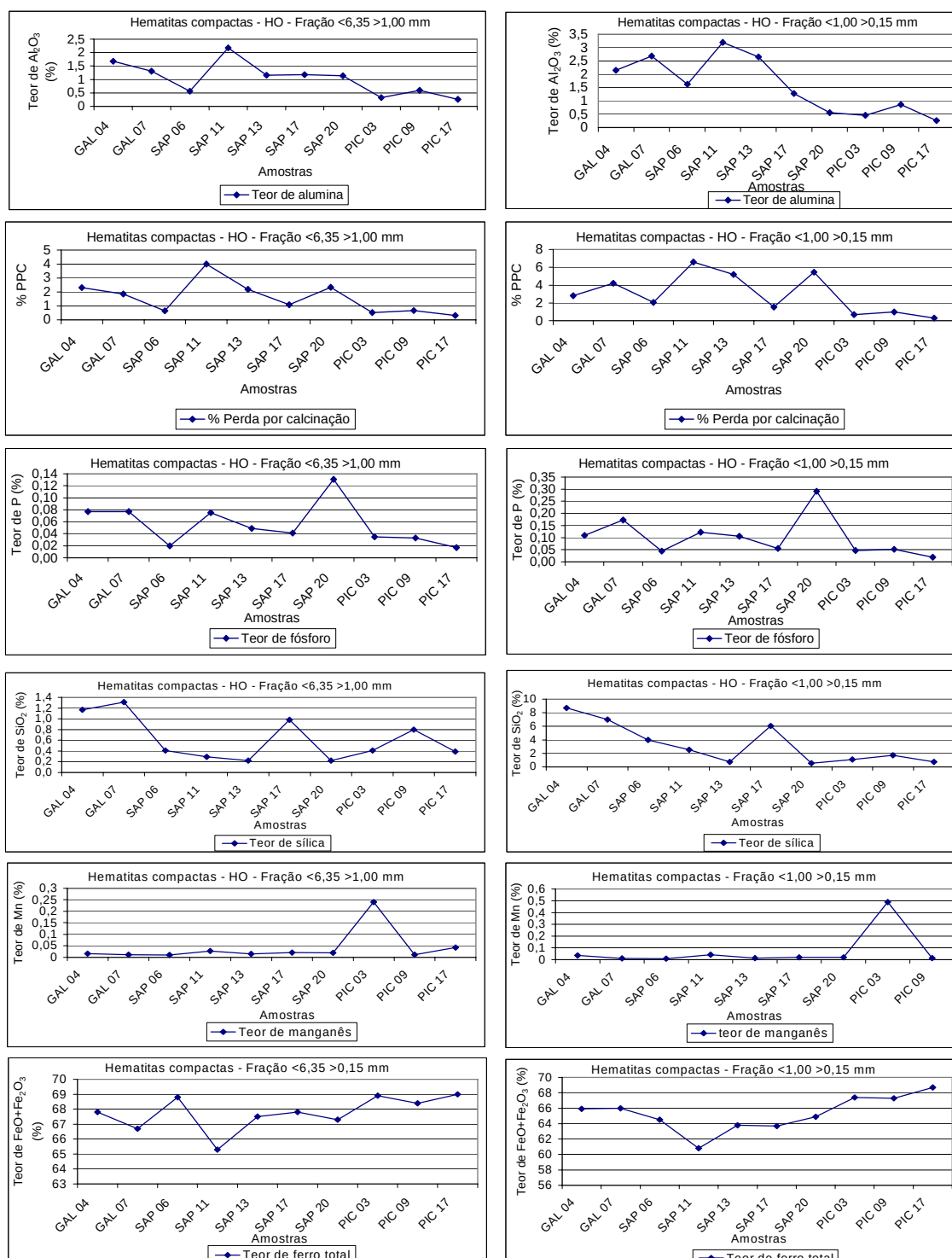


Figura 6.22 - Análise química das frações <6,35 >1,00 mm e <1,00 >0,15 mm (hematitas compactas).

Foram feitos testes de concentração por mesagem da fração <1,00 >0,15 mm, para simular o comportamento dos vários tipos de minérios, no processo de concentração pelas espirais, resumidos no anexo 7. Nas figuras 6.23, 6.24 e 6.25, encontram-se resumidos os resultados dos ensaios, incluindo a relação de concentração de SiO₂ e recuperação mássica.

As variáveis Al₂O₃ e perda por calcinação (PPC), reduzem substancialmente no concentrado da mesagem, principalmente os minérios do Galinheiro e Sapecado, que estão em níveis de lavra mais elevados e alteração maior em relação ao Pico. Os argilo-minerais liberados são descartados no processo. Os teores de SiO₂ caem significativamente nos concentrados, principalmente dos itabiritos e hematitas silicosas. Nas hematitas com baixos teores de sílica, o efeito dessa é muito baixo, sendo a redução dos teores nas variáveis Al₂O₃, PPC e P, os mais importantes ganhos de qualidade no produto final. A redução do Mn é pouco significativa, sendo mais importante nos minérios associados a carbonatos de manganês alterados, pela retirada dos argilo-minerais. Os teores de ferro total são maiores nos concentrados, pela saída dos contaminantes principais, como sílica e alumina. A relação de concentração média de SiO₂ foi de 0,76, sendo em torno de 0,50 nos itabiritos. Em alguns concentrados de hematitas do Sapecado, os teores de SiO₂ aumentaram, possivelmente estando numa forma mais grosseira, partículas mistas com hematitas, ou presença de ferro muito fino, que foi descartado como rejeito, empobrecendo os concentrados. A recuperação mássica média foi de 77,4%, com valores menores nos itabiritos, variando de 50 a 60%.

A associação mineralógica descrita da fração <6,35 >0,15 mm, nos três grupos litológicos, é semelhante à fração <50 >6,35 mm, tendo sido identificados minerais policristalinos, conforme tabela VI.8 e figuras 6.23, 6.24 e 6.25. Nos itabiritos, predomina hematita lobular ou anédrica e, secundariamente, hematita tabular mono e policristalinas, martita, goethita, agregado terroso e magnetita. A goethita é mais comum nos itabiritos do Sapecado, pelo nível de alteração mais pronunciado. Nas hematitas médias e macias, a paragênese é semelhante, mas predominando hematita tabular policristalina, em relação ao mesmo mineral monocristalino. A goethita e o agregado terroso são mais abundantes nas amostras do Sapecado, pela supergênese mais avançada na abertura da Mina. Nas hematitas compactas, a assembléia mineralógica é semelhante ao grupo de hematitas

médias e macias, com percentual alto de goethita e agregado terroso, nas amostras de Galinheiro e Sapecado, devido à forte alteração nos sistemas de fraturas dos minérios mais compactos.

Tabela 6.8 - Descrição mineralógica das frações <6,35 >0,15mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).

AMOSTRA	LITOLOGIA	FRAÇÃO (mm)	% MINERALÓGICO EM PESO										
			HM TB MONO	HM TB POLI	HM GR MONO	HM GR POLI	HM LB	MTA	GTA	AG TER	MGA	QZ	OUTROS
GAL- 01	SIB	<6,35>0,15 = SF	10	5	0	0	79	3	2,5	0	0,5	0	0
GAL- 02	RSIB	<6,35>0,15 = SF	12	6	0	0	74	6	1	0	0	0	1
GAL- 03	MO	<6,35>0,15 = SF	15	12	0	0	67,5	5	0,5	0	0	0	0
GAL- 04	HO	<6,35>0,15 = SF	12	15	0	0	60	10	1,2	1,3	0,5	0	0
GAL- 05	MO	<6,35>0,15 = SF	0	12,56	0	0	84,63	0	1,67	0,74	0	0,3	0,1
GAL- 06	MO	<6,35>0,15 = SF	0	7,77	0	0	77,82	0	8,67	4,06	0,16	1,3	0,22
GAL- 07	HO	<6,35>0,15 = SF	10	16	0	0	65	0	8	0,8	0,02	0,05	0,13
SAP- 01	RSIB	<6,35>0,15 = SF	7	18	0	0	63	0,7	1,55	2,5	0,62	3,5	3,13
SAP- 02	MO	<6,35>0,15 = SF	15	49,5	0	0	32	1,4	0,15	0,15	0,85	0,18	0,77
SAP- 03	MO	<6,35>0,15 = SF	13,97	47,03	0	0	30,08	0	4,45	3,51	0,16	0,75	0,05
SAP- 04	SO	<6,35>0,15 = SF	5	12,5	0	0	77,5	0	0,7	1,5	0	2	0,8
SAP- 05	SO	<6,35>0,15 = SF	10	15	0	0	69,5	0	1,15	2	0	1,55	0,8
SAP- 06	HO	<6,35>0,15 = SF	0,39	20,3	0	0	56,2	0	13,75	5,71	0	3,3	0,35
SAP- 07	RSIB	<6,35>0,15 = SF	7,31	17,98	0	0	62,32	0	1,74	2,82	0,71	3,81	3,31
SAP- 08	SO	<6,35>0,15 = SF	0	11,15	0	0	80,99	0	1,48	2,9	0	2,38	1,1
SAP- 09	RSIB	<6,35>0,15 = SF	3,28	8,05	0	0	83,69	0	1,35	0,34	0,13	3,16	0
SAP- 10	MO	<6,35>0,15 = SF	0,25	13,2	0	0	70,3	0	8,58	4,46	0	3,21	0
SAP- 11	HO	<6,35>0,15 = SF	0,04	9,39	0	0	56,48	0	25,38	3,32	0	4,91	0,48
SAP- 12	MO	<6,35>0,15 = SF	2,65	14,88	0	0	77,74	0	2	0,66	0,05	1,84	0,18
SAP- 13	HO	<6,35>0,15 = SF	1,5	10,5	0	0	58	0	20,5	3,2	0	5,8	0,5
SAP- 14	SO	<6,35>0,15 = SF	0	45,37	0	0	45,2	0	5,12	3,92	0	0,28	0,11
SAP- 15	RSIB	<6,35>0,15 = SF	0	11,79	0	0	74,29	0	4,56	1,87	0	6,89	0,6
SAP- 16	SO	<6,35>0,15 = SF	4,65	13,99	0	0	71,58	0	5,72	1,14	0	2,92	0
SAP- 17	HO	<6,35>0,15 = SF	11,06	33,05	0	0	44,81	0	6,78	1,92	0	2,38	0
SAP- 18	RSIB	<6,35>0,15 = SF	0,44	7,23	0	0	64,13	0	16,9	2,41	0	8,89	0
SAP- 19	SO	<6,35>0,15 = SF	0,82	9,08	0	0	72,46	0	7,14	5,13	0	5,15	0,22
SAP- 20	HO	<6,35>0,15 = SF	0	32,6	0	0	11,64	0	48,44	6,81	0	0,51	0
PIC- 01	SIB	<6,35>0,15 = SF	8	9	0	0	70	0	0,55	0,45	0	12	0
PIC- 02	RSIB	<6,35>0,15 = SF	7,66	7,11	0	0	82,46	0	0,21	0,32	0	1,82	0,42
PIC- 03	HO	<6,35>0,15 = SF	0,55	15,5	0	0	74,5	3,5	5	0,31	0	0,64	0
PIC- 04	MO	<6,35>0,15 = SF	0	12,22	0	86,9	0	0	0	0	0	0,23	0,65
PIC- 05	MO	<6,35>0,15 = SF	0	8,5	0	0	90,94	0	0,43	0	0	0,13	0
PIC- 06	SO	<6,35>0,15 = SF	0,27	13,36	0	0	86,17	0	0	0,17	0	0,03	0
PIC- 07	SO	<6,35>0,15 = SF	0	10,75	0	0	88,92	0	0,33	0	0	0	0
PIC- 08	SO	<6,35>0,15 = SF	0,24	11,47	0	0	87,83	0	0,22	0,02	0	0,22	0
PIC- 09	HO	<6,35>0,15 = SF	0,42	14,81	0	0	78,6	0	4,83	0,7	0	0,64	0
PIC- 10	MO	<6,35>0,15 = SF	10,51	10,5	0	0	66,05	0	0,61	0,23	0	12,06	0,04
PIC- 11	SO	<6,35>0,15 = SF	0,78	18,95	0	0	68,43	0	0,71	1,38	0	6,29	3,46
PIC- 12	SO	<6,35>0,15 = SF	0	18,77	0	0	71,06	0	0,6	0,73	0	8,84	0
PIC- 13	RSIB	<6,35>0,15 = SF	7,92	20,82	0	0	57,3	0	1,77	1,17	0	10,81	0,21
PIC- 14	MO	<6,35>0,15 = SF	0	18,06	0	0	78,48	0	2,13	0,52	0	0,66	0,15
PIC- 15	SO	<6,35>0,15 = SF	0,43	16,23	0	0	81,79	0	0,71	0,73	0	0,11	0
PIC- 16	MO	<6,35>0,15 = SF	0	20,99	0	0	78,21	0	0,25	0,4	0	0,15	0
PIC- 17	HO	<6,35>0,15 = SF	0	25	0	0	70	4,5	0,42	0,03	0,05	0	0
PIC- 18	SO	<6,35>0,15 = SF	0,04	21,22	0	0	72,21	0	1,39	1,01	0,04	3,64	0,45
PIC- 19	SO	<6,35>0,15 = SF	0,11	16,71	0	0	81,4	0	0,58	0,71	0	0,47	0,02
PIC- 20	RSIB	<6,35>0,15 = SF	3,98	17,84	0	0	75,21	0	0,46	0,64	0	1,87	0
PIC- 21	SO	<6,35>0,15 = SF	0	14,39	0	0	76,37	0	5,44	2,76	0	0,93	0,11

PIC- 22	MO	<6,35>0,15 = SF	0	24,5	0	0	72,92	0	0,76	0,77	0	1,05	0
PIC- 23	SO	<6,35>0,15 = SF	2,62	11,06	0	0	73,09	0	2,55	1,24	0,3	8,87	0,27
PIC- 24	MO	<6,35>0,15 = SF	1,01	16,76	0	0	72,34	0	1,15	1,4	1,37	5,95	0,02
PIC- 25	SO	<6,35>0,15 = SF	5,26	34,06	0	0	60	0	0,09	0,28	0,03	0,28	0
PIC- 26	SO	<6,35>0,15 = SF	0,78	26,95	0	0	66,03	0	1,03	1,85	0	3,24	0,12

Associação mineralógica e tamanho médio dos monocristais

HM TB MONO - Hematita tabular monocristalina - 0,038 mm.
HM TB POLI - Hematita tabular policristalina - 0,045 mm.
HM GR MONO - Hematita granular monocristalina - 0,028 mm.
HM GR POLI - Hematita granular policristalina - 0,036 mm.
AG TER - Agreg. terroso - 0,046 mm.

HM LB - Hematita lobular ou anédrica - 0,025 mm.
MTA - Martita - 0,009 mm.
GTA - Goethita - 0,027 mm.
QZ - quartzo - 0,038 mm.
MGA - Magnetita - 0,040 mm.

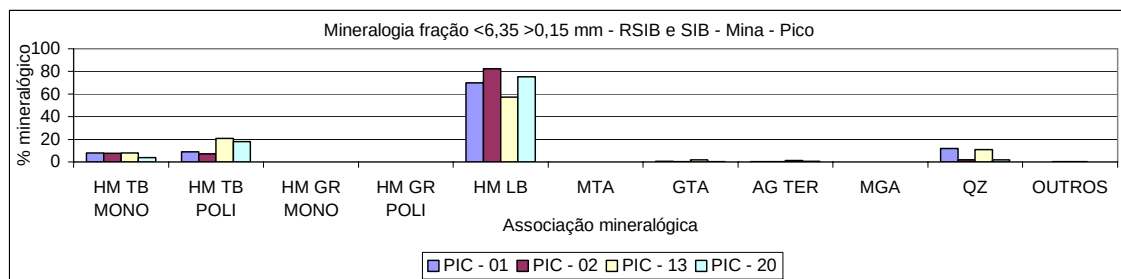
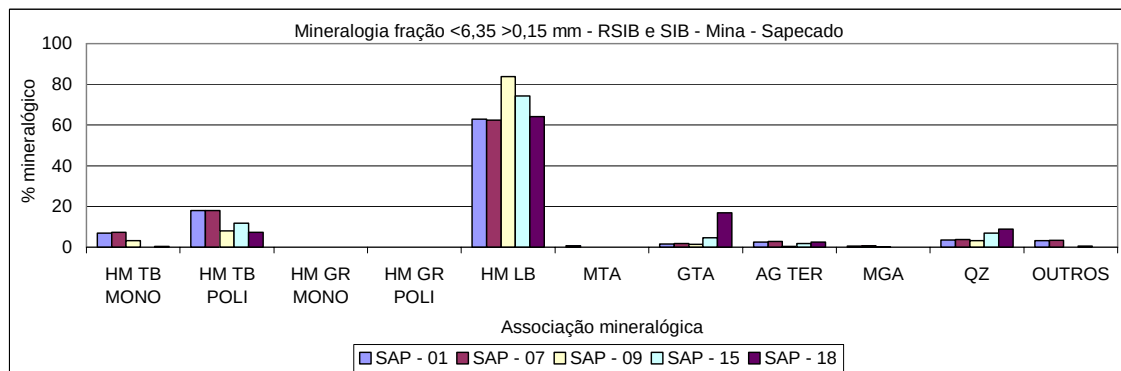
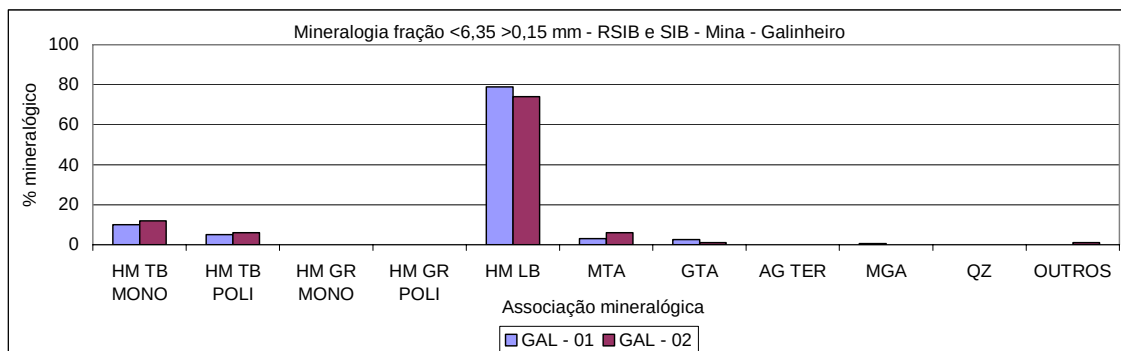


Figura 6.23 - Mineralogia dos itabiritos da fração <6,35 >0,15 mm.

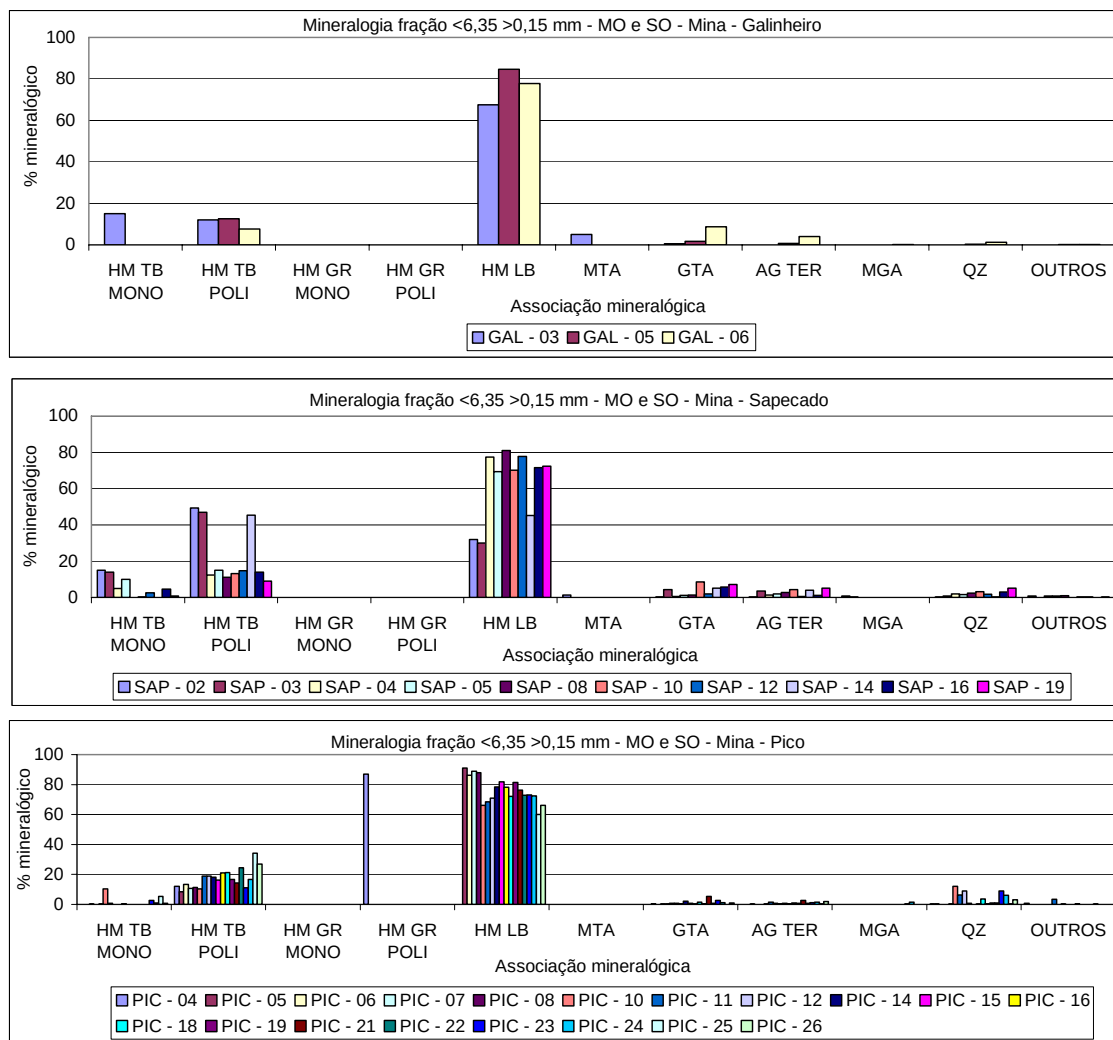


Figura 6.24 - Mineralogia das hematitas médias e macias da fração <6,35 >0,15 mm.

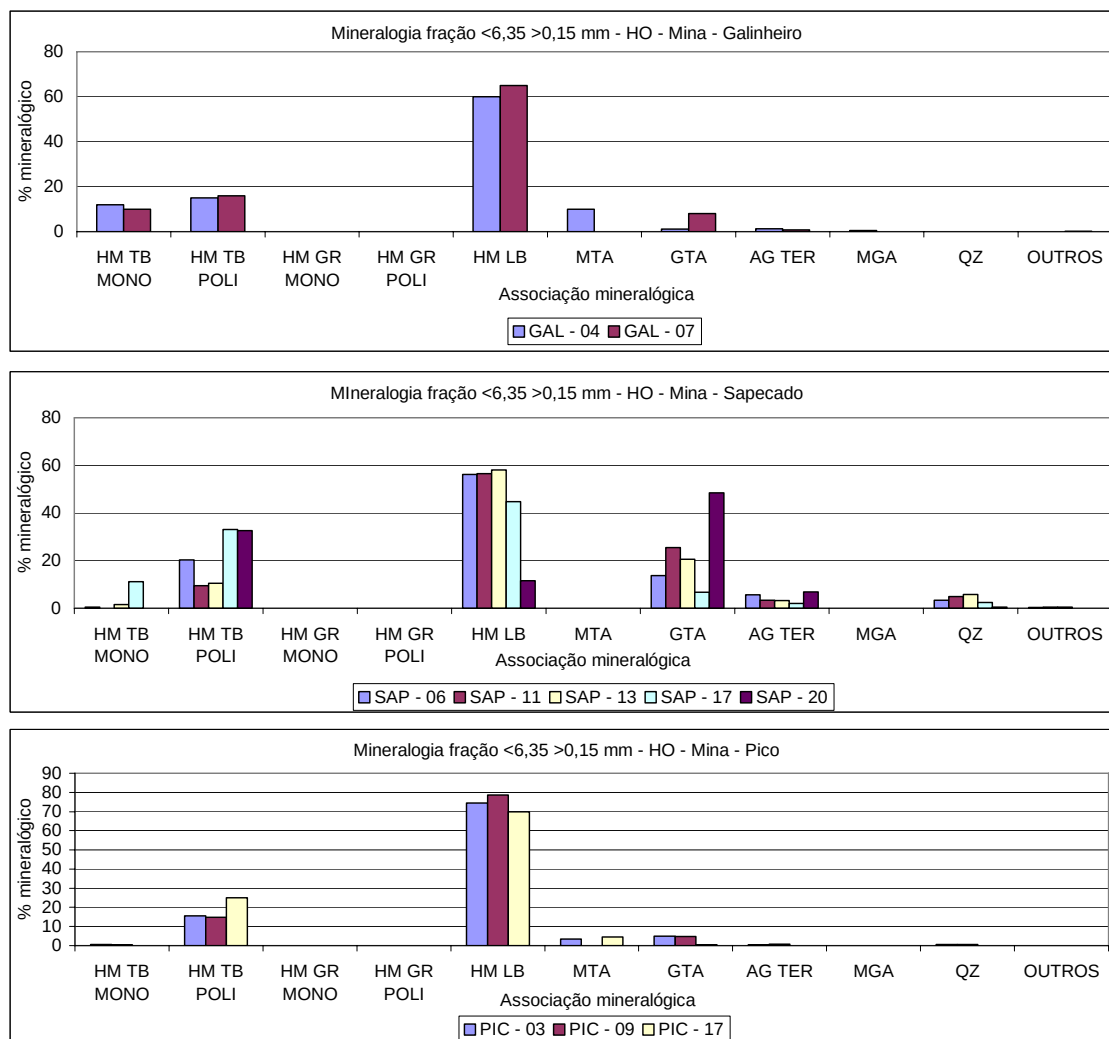


Figura 6.25 - Mineralogia das hematitas compactas da fração <6,35 >0,15 mm.

6.2.3 - Resultados obtidos no estudo da fração <0,15 mm

A fração fina do ROM de minério de ferro corresponde à faixa granulométrica geradora do produto PFF (pellet feed fines), produzido pelo processo de flotação catiônica reversa. As amostras da fração <0,15 mm, foram analisadas em três sub-frações (granuloquímica), objetivando avaliar a distribuição granulométrica em cada faixa e a correspondente análise química. No anexo 8, estão sumarizados os resultados granuloquímicos nas três sub-frações. Na figura 6.26, constam os percentuais granulométricos das sub-frações

analisadas. Na fração >0,15 mm, os percentuais foram de 4,83% nos itabiritos, 2,64% nas hematitas médias e macias e 1,78% nas hematitas compactas, decorrente de uma deficiência natural na preparação das amostras no laboratório, também muito comum no hidroclassificador, em uma planta industrial, onde o corte não é exatamente em 0,15 mm. Os problemas no processo de flotação, decorrentes desta fração mais grosseira, serão discutidos na análise química. A fração <0,15 >0,009 mm concentra 86,53% nos itabiritos, 86,10% nas hematitas médias e macias e 81,82% do material proveniente de hematitas compactas. O corte do ciclosizer variou em 0,009, 0,011 e 0,016 mm, dependendo da umidade do material. Para efeito de tratamento dos dados, foi considerado 0,009 mm. Nesta fração está concentrada a maior parte da “lama”, e quando presente na flotação, é extremamente prejudicial ao processo, ocasionando o fenômeno “slime coating”. O percentual foi de 8,64% nos itabiritos, 11,29% nas hematitas médias e macias e 16,41% nas hematitas compactas, atestando que os itabiritos são portadores de pouca lama.

Nas figuras 6.27, 6.28 e 6.29, constam as análises químicas das frações supracitadas. Independente do tipo de minério e da localização espacial nas Minas, principalmente o nível de lavra, os teores das variáveis Al_2O_3 , perda por calcinação (PPC), P e Mn, são bem mais elevados na fração <0,009 mm, sendo necessária uma deslamagem eficiente para impedir que um excesso de contaminantes da fração mais fina interfira na flotação. A variável SiO_2 apresenta altos teores na fração >0,15 mm. Embora o percentual em massa seja baixo, o quartzo grosseiro tende a concentrar junto com a hematita, pela diferença de tamanho. No processo industrial, se o hidroclassificador estiver enviando para as baterias de ciclones, uma quantidade maior da fração >0,15 mm, certamente estará aumentando o teor de sílica, sob a forma de quartzo grosseiro. Os teores de ferro total ($\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$) são mais baixos na fração <0,009 mm, variando inversamente aos teores mais altos dos contaminantes.

Resumindo a granuloquímica feita nas amostras dos minérios do Complexo Pico, a fração >0,15 mm tem altos teores de sílica, sob a forma de quartzo grosseiro. Os altos teores de Al_2O_3 , PPC, P e Mn estão concentrados na fração <0,009 mm.

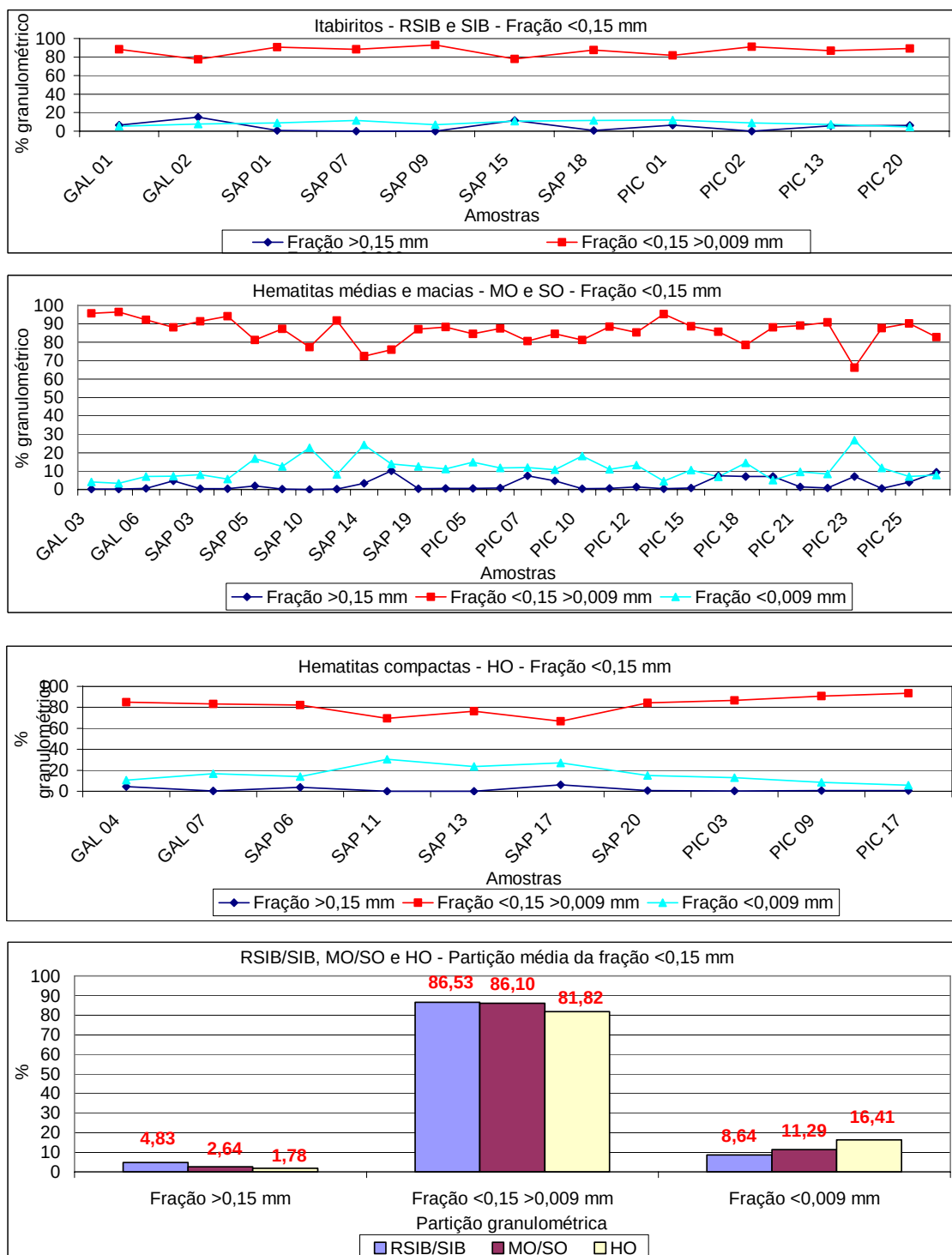


Figura 6.26 - Partição granulométrica da fração <0,15 mm - Itabiritos, hematitas médias e macias e hematitas compactas.

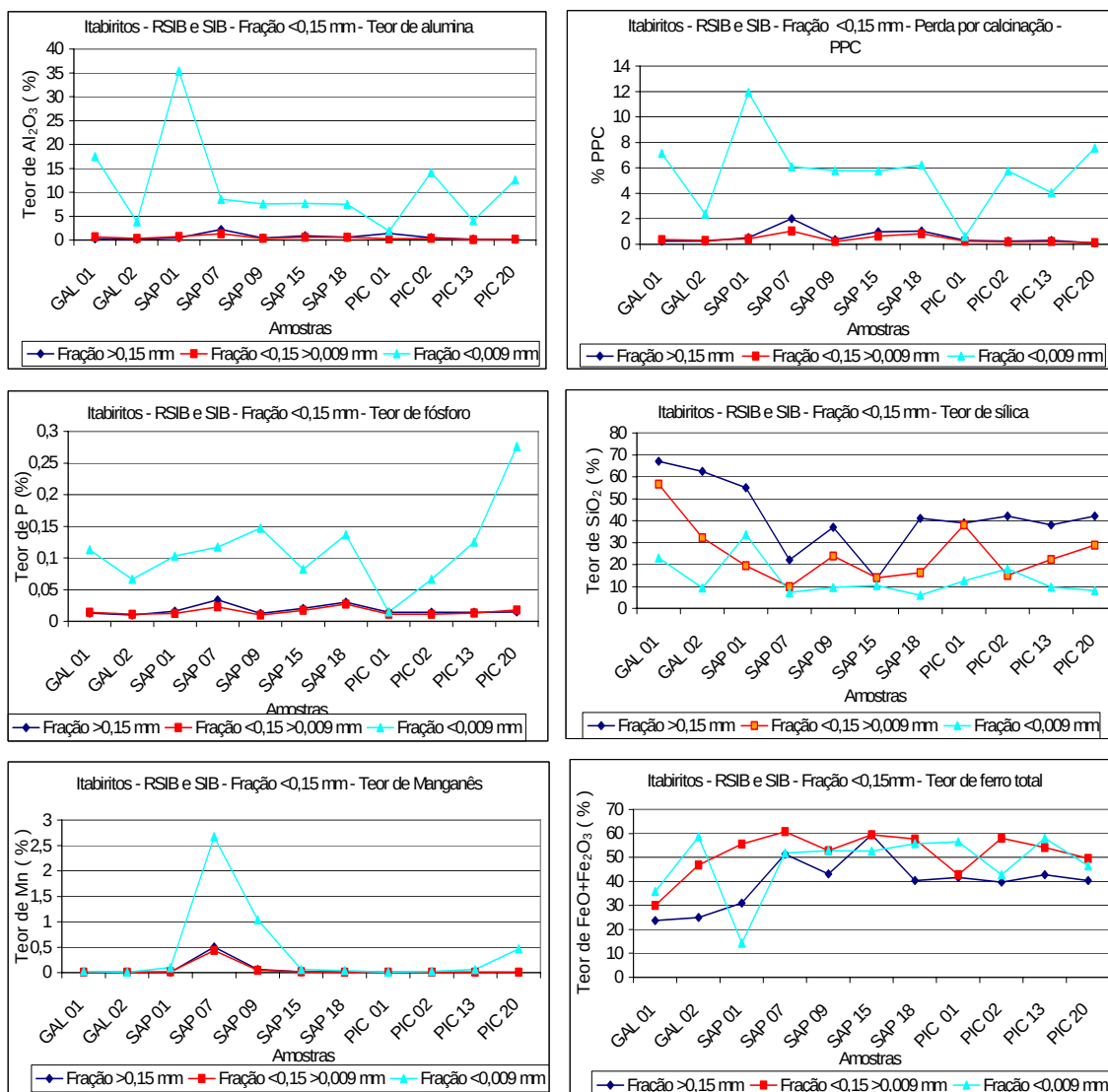


Figura 6.27 - Análise granuloquímica da fração <0,15mm - Itabirito.

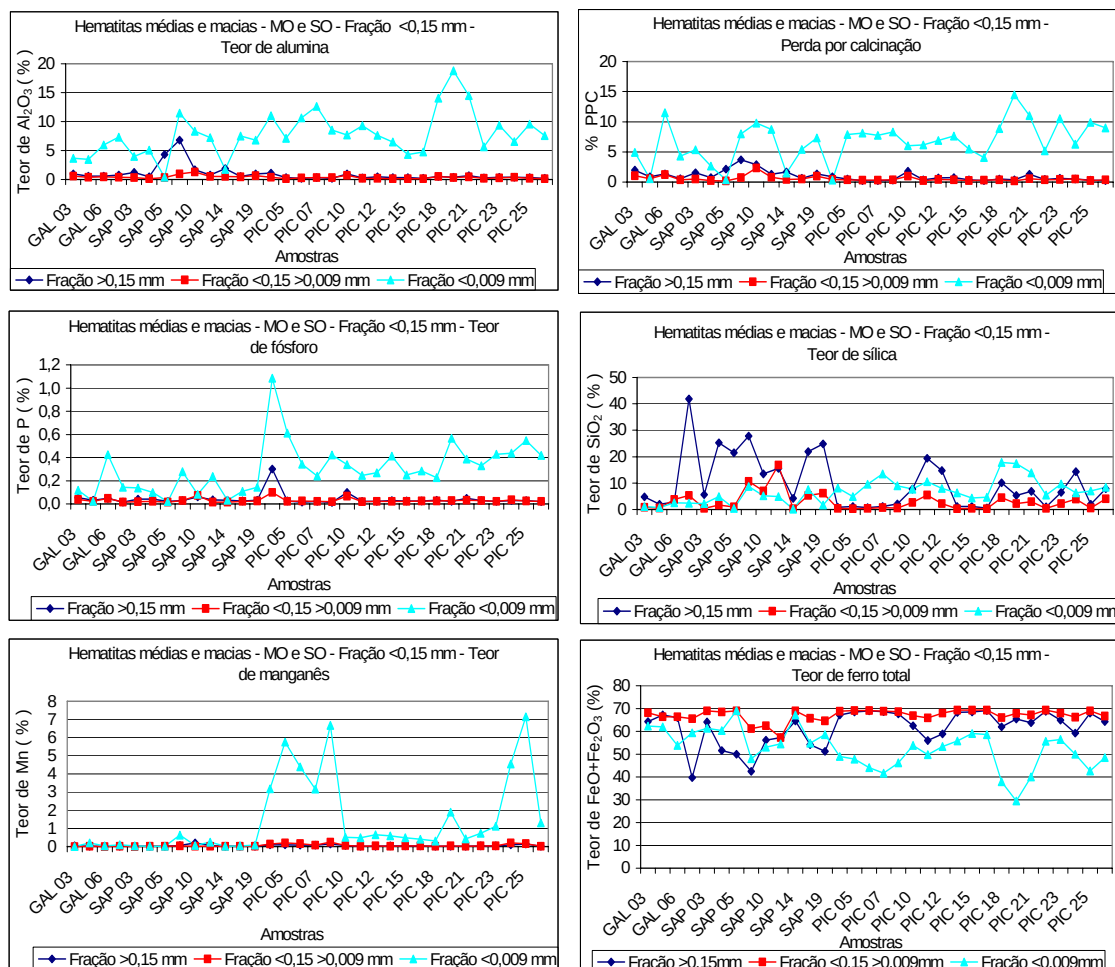


Figura 6.28 - Análise ganuloquímica da fração <0,15mm - Hematitas médias e macias.

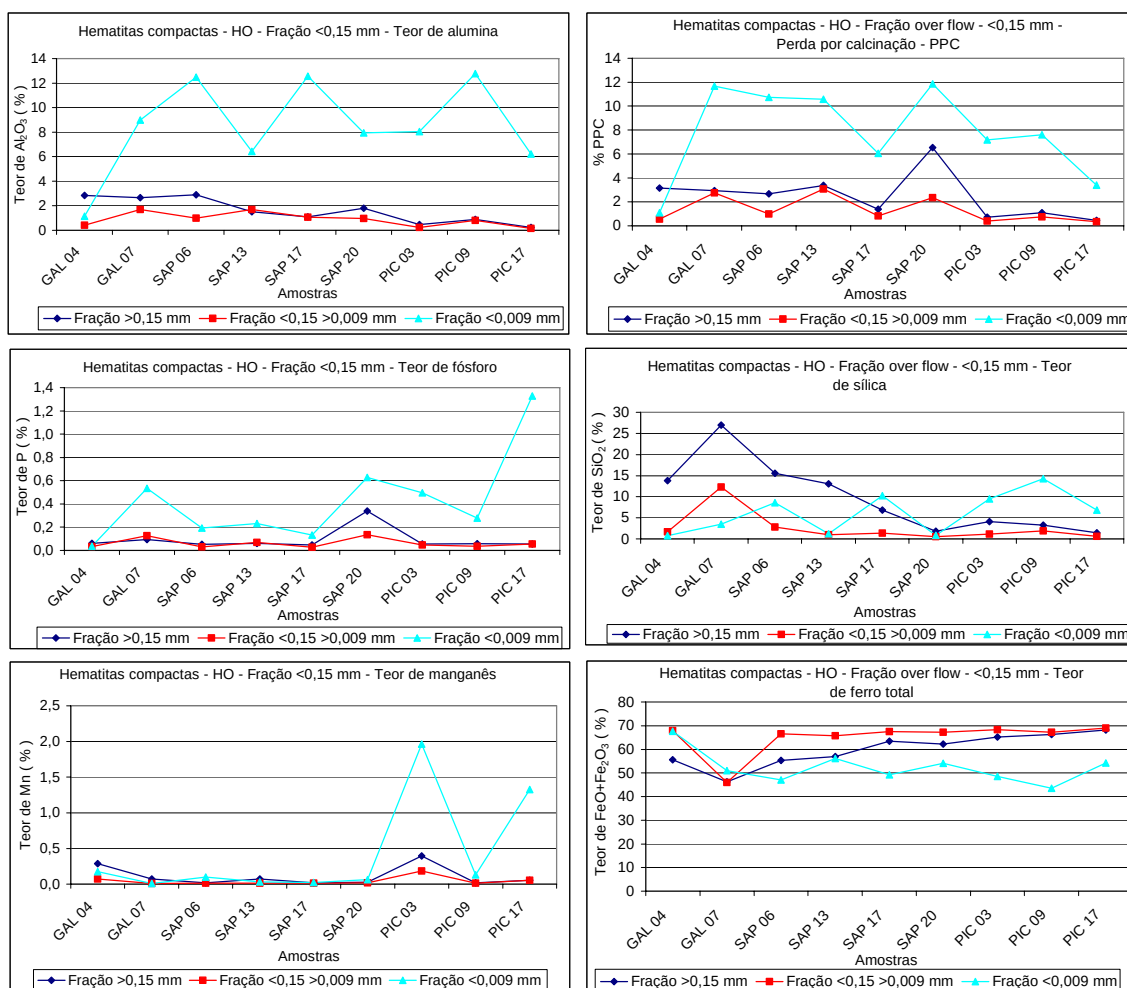


Figura 6.29 - Análise granulométrica da fração <0,15 mm - Hematitas compactas.

O comportamento dos minérios, na fase da deslamagem, reveste-se de suma importância no desempenho da flotação. As principais variáveis químicas estão equacionadas nas figuras 6.30 e 6.31. Na alimentação da deslamagem, os teores médios de Al_2O_3 , perda por calcinação (PPC) e SiO_2 , foram, respectivamente, 1,34%, 1,45% e 8,12%, simulando, aproximadamente, a alimentação média da ciclonagem primária da planta industrial, que processa o minério do Complexo Pico. Os teores médios destas variáveis, nas lamas geradas (fração <0,010 mm), foram, respectivamente, de 13,56%, 11,32% e 11,74%, havendo um descarte significativo de SiO_2 . O teor médio de ferro total ($\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$) na alimentação da deslamagem, foi de 61,97% e nas lamas geradas, foi de 41,38%,

considerada uma perda significativa de ferro muito fino. Os teores de Mn e P na alimentação da deslamagem, foram, respectivamente, 0,152% e 0,059%. Nas lamas geradas, os teores médios foram de 1,652% de Mn e 0,433% de P, estando intimamente associados aos argilo-minerais. Em algumas amostras do Pico, os teores de Mn nas lamas foi de 6 a 8%, situadas próximas a um dique de rocha máfica/ultramáfica. O percentual médio de lamas geradas foi de 7,42%. Nas hematitas compactas do Galinheiro, o percentual de lamas esteve acima de 15%. Em algumas amostras de hematitas compactas e médias do Sapecado, o percentual foi acima de 20% e em hematitas médias e macias do Pico, o percentual de lamas foi de 10 a 15%.

De um modo geral, a deslamagem em bancada foi muito eficiente na remoção de alumina, fósforo, manganês e sílica, mas o teor médio de ferro na lama foi acima de 40%, chegando a 54% em algumas amostras. Os minérios que geraram percentuais de lamas acima de 10%, interferem negativamente no processo de flotação em escala industrial, dependendo da quantidade que estão sendo adicionados na mistura de ROM das frentes de lavra.

No anexo 9 e figuras 6.32, 6.33 e 6.34, estão condensados os testes de flotação em bancada nas 53 amostras das três Minas do Complexo Pico.

Os teores médios de Al_2O_3 , na alimentação da flotação (deslamado) e concentrado (PFF), são 0,62% e 0,48%, respectivamente, sendo que a coluna de flotação também atua como deslamadora. A perda por calcinação permanece inalterada, sendo de 0,70% e 0,72%, no deslamado e concentrado, respectivamente. Nas amostras provenientes das Minas do Galinheiro e Sapecado, com alta alumina e perda por calcinação, ocorre uma maior redução relativa dos teores das duas variáveis, após passagem pelas colunas de flotação.

O teor médio de SiO_2 da alimentação da flotação (deslamado), incluindo as 53 amostras, foi de 7,53% e o teor médio dos concentrados obtidos nos testes de flotação em bancada, foi de 3,13%. Nos concentrados de 8 amostras (15% do total), os teores de SiO_2 foram acima de 7%. No quadro a seguir, estão as possíveis causas da baixa seletividade nos testes, que teriam interferido no processo, incluindo as descrições mineralógicas, que também serão consideradas na avaliação dos resultados negativos.

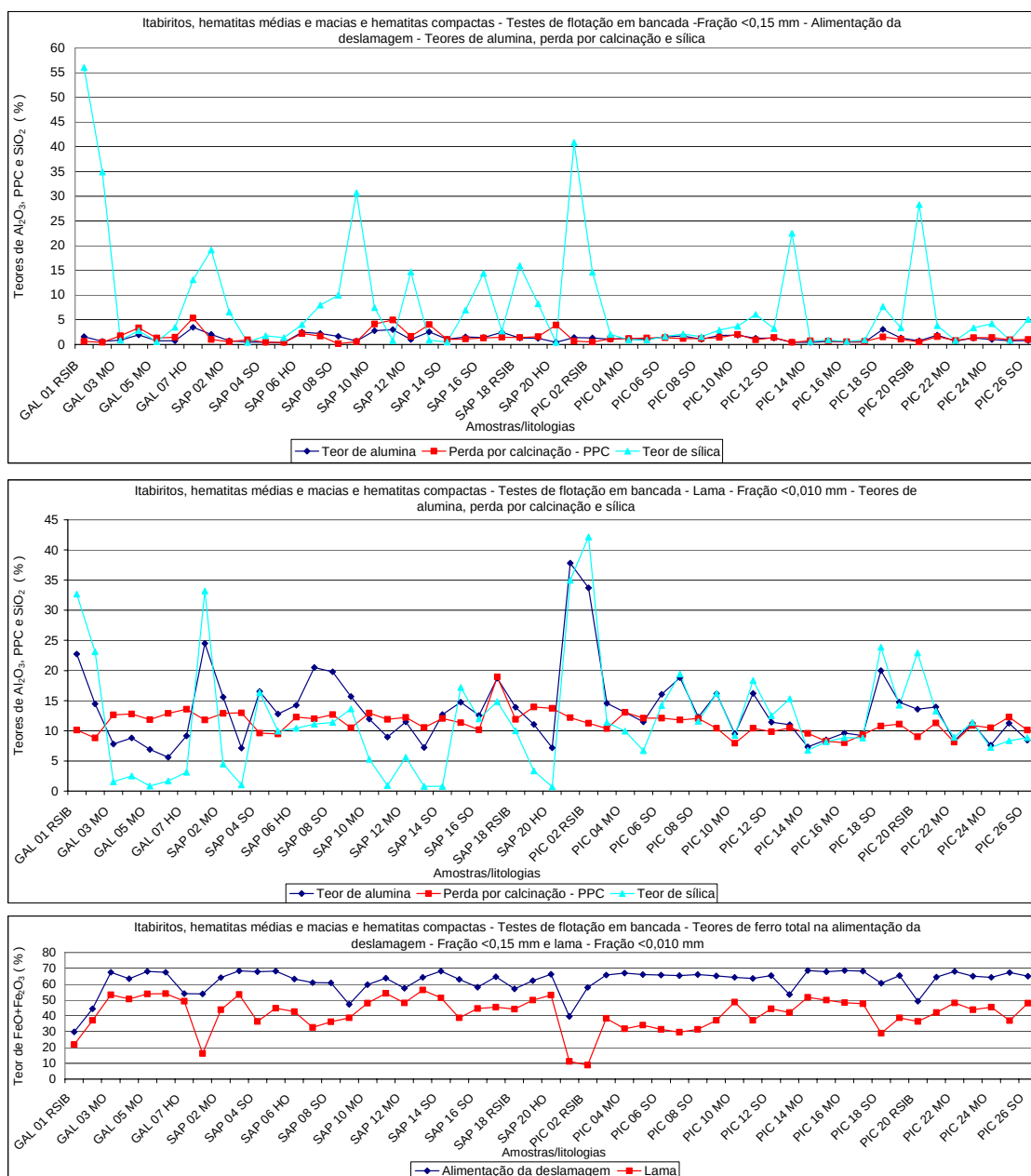


Figura 6.30 - Qualidade química da alimentação da deslamagem e lama (fração <0,010 mm).

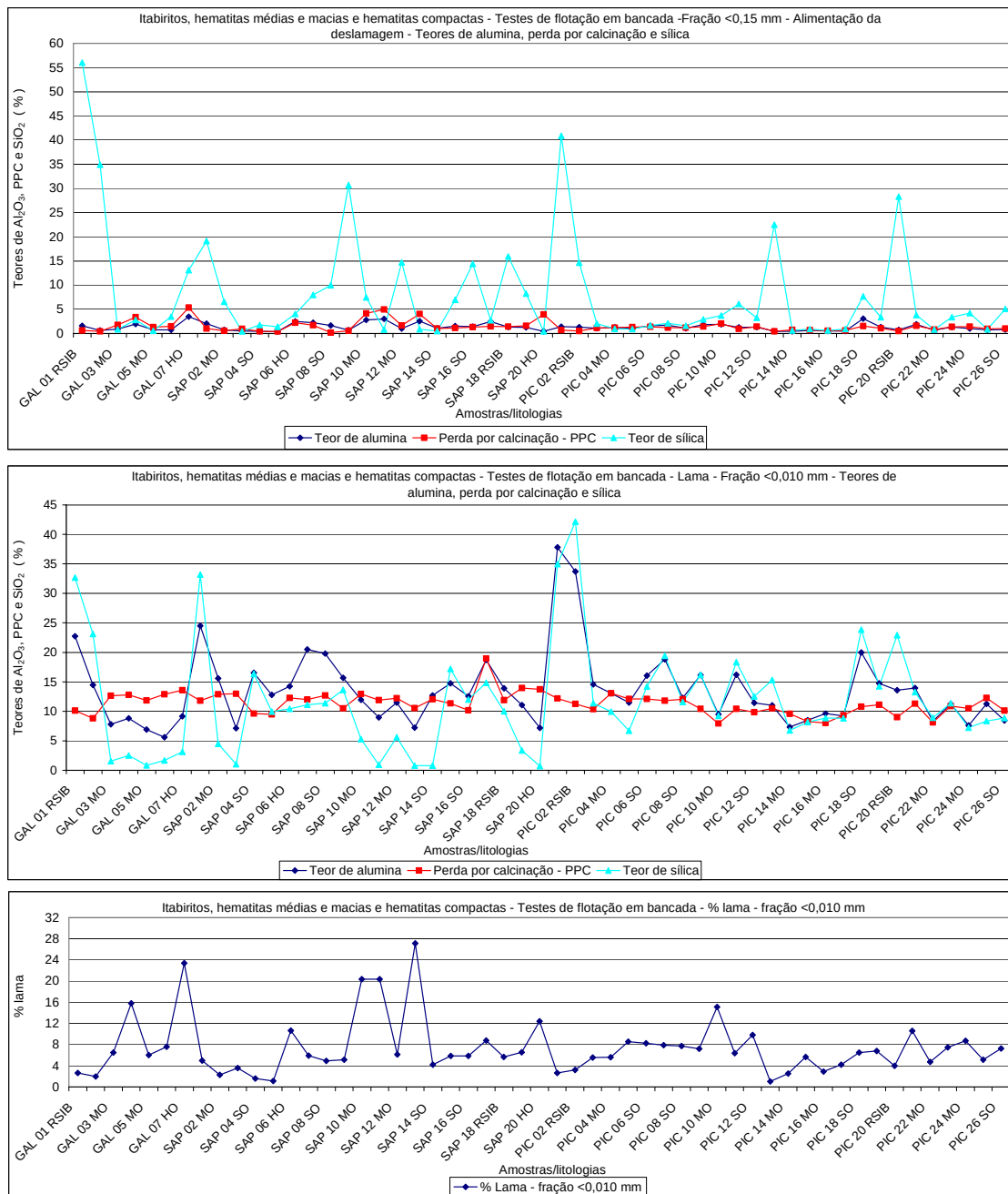


Figura 6.31 - Qualidade química da alimentação da deslamagem, lama e % de lama gerada (fração <0,010 mm).

Amostra	Litologia	Al₂O₃/Alim.	PPC	SiO₂ Alim./PFF	Mineralogia
GAL - 01	RSIB	1,13%	0,26	54,7%/43,7%	Hematita tabular e goethita (0,12%).

Causas mais prováveis - Sílica pouco liberada, partículas mistas com hematita e teor de Al₂O₃ acima de 1% na alimentação da flotação.

Amostra	Litologia	Al₂O₃/Alim.	PPC	SiO₂ Alim./PFF	Mineralogia
GAL - 07	HO	1,62%	2,52%	17,19%/7,84%	Hematita lobular e tabular. 18,33 % de goethita na alimentação e 12,90% no concentrado.

Causas mais prováveis - Teores altos de Al₂O₃ e PPC e alto percentual de goethita, podendo conter SiO₂ na estrutura, portanto não é removida na flotação.

Amostra	Litologia	Al₂O₃/Alim.	PPC	SiO₂ Alim./PFF	Mineralogia
SAP - 08	SO	1,11%	0,77%	11,01%/10,04%	Hematita tabular e martita, com 2,09% de goethita na alimentação e 1,34% no concentrado.

Causas mais prováveis - Alto teor de Al₂O₃, ocasionando baixa seletividade e presença de goethita, que pode conter SiO₂ na estrutura do mineral.

Amostra	Litologia	Al₂O₃/Alim.	PPC	SiO₂ Alim./PFF	Mineralogia
SAP- 09	RSIB	0,38%	0,35%	24,69%/19,91%	Hematita tabular e lobular, com 0,81% de goethita na alimentação e 0,37% no concentrado.

Causas mais prováveis - Sílica associada à hematita, sob a forma de partículas mistas, pois os teores de Al₂O₃ e PPC são baixos e o percentual de goethita também é baixo.

Amostra	Litologia	Al₂O₃/Alim.	PPC	SiO₂ Alim./PFF	Mineralogia
SAP - 10	MO	1,31%	1,96%	6,70%/7,35%	Hematita tabular e martita, com 13,45% de goethita na alimentação e 5,47% no concentrado.

Causas mais prováveis - Altos teores de Al₂O₃ e PPC e alto percentual de goethita, que pode conter SiO₂ na estrutura.

Amostra	Litologia	Al₂O₃/Alim.	PPC	SiO₂ Alim./PFF	Mineralogia
SAP - 12	MO	0,64%	0,72%	16,81%/11,77%	Hematita tabular e lobular, 1,84% de goethita na alimentação e 1,44% no concentrado. O percentual de agregado terroso é de 0,41% na alimentação e 2,08% no concentrado.

Causas mais prováveis - Goethita com sílica na estrutura e agregado terroso (argilo-minerais) inibindo a seletividade no processo.

Amostra	Litologia	Al₂O₃/Alim.	PPC	SiO₂ Alim./PFF	Mineralogia
PIC - 01	SIB	0,70%	0,32%	40,82%/30,81%	Hematita tabular e lobular e 5,50% de goethita e 2,09% de agregado terroso no concentrado.

Causas mais prováveis - Sílica na forma de partículas mistas com hematita, pelo nível mais profundo da lavra da Mina do Pico e presença de goethita e agregado terroso no concentrado.

Amostra	Litologia	Al₂O₃/Alim.	PPC	SiO₂ Alim./PFF	Mineralogia
PIC - 02	RSIB	0,47%	0,26%	14,33%/12,21%	Hematita tabular e lobular, com baixo percentual de goethita.

Causa mais provável - Sílica em partículas mistas com hematita, pelos baixos teores de Al₂O₃ e PPC e goethita reduzida.

Dando continuidade à avaliação do comportamento das principais variáveis químicas no processo de flotação, o teor médio de ferro total nas amostras da alimentação da flotação, foi de 63,55% e nos concentrados finais, foi de 66,85%, estando abaixo de 68%, pelas 8 amostras que não tiveram um bom desempenho na flotação. O teor médio de Mn na alimentação da flotação, foi de 0,046% e 0,044% no concentrado, mas com anomalias significativas em algumas amostras do Pico, chegando a 0,19% nos concentrados. O teor médio de P na alimentação da flotação, foi de 0,030% e 0,027% no concentrado, mas com anomalias de até 0,14% nos concentrados do Galinheiro, 0,060% no Sapecado e 0,069%, em apenas uma amostra do Pico.

A recuperação mássica média na deslamagem, foi de 92,54% e na flotação, 81,12%. Em alguns itabiritos, foram obtidas recuperações na flotação abaixo de 60%, pelos altos teores de sílica e em algumas amostras de hematitas macias do Pico, a recuperação na flotação esteve abaixo de 76%, pelo alto percentual de ferro muito fino.

As relações de concentrações médias obtidas, especialmente das variáveis SiO₂ e Al₂O₃, estão sumarizadas abaixo:

Fase	Rel. conc. SiO₂ (conc./alim.)	Rel. conc. Al₂O₃ (conc./alim.)
Deslamagem	0,85	0,48
Concentrado (PFF)	0,37	0,74

As condições ideais dos testes de laboratório, servem como base para a produção em escala industrial, mas certamente sofrem alterações, devido às misturas dos vários tipos de minérios e o efeito da escala de produção, com forte influência das variações das

taxas de alimentação das colunas, decorrentes das oscilações dos percentuais da fração <0,15 mm e variabilidades horárias dos teores médios de sílica.

O teste de flotação, na escala de bancada, não inclui a fração >0,15 mm, mas é muito difícil eliminá-la na escala industrial, pois o corte dos hidroclassificadores não é perfeito, enviando um certo percentual da fração >0,15 mm para a ciclonagem e flotação, juntamente com a fração <0,15 mm. Na figura 6.35, está simulado o efeito da fração >0,15 mm, na variável SiO_2 , quando é adicionada aos concentrados obtidos na flotação. No quadro abaixo, foi avaliado este efeito, em termos de percentuais médios de acréscimos de SiO_2 .

Litologia	SiO_2 - Concentrado	SiO_2 - Concentrado	% variação
	sem a fração >0,15 mm	com a fração >0,15mm	
RSIB/SIB	10,27%	13,08%	+27,36%
MO e SO	1,26%	1,58%	+25,40%
HO	1,30%	1,53%	+17,69%

Estudos internos dos concentrados de PFF da produção industrial mostraram que o quartzo grosseiro permanece no concentrado flotado, pela grande diferença de tamanho médio dos cristais, em relação à hematita e rugosidade pronunciada da superfície, acumulando hematita fina nas bordas e sendo deprimido para o concentrado.

O teor médio de ferro total nos rejeitos dos testes de flotação foi de 47,96%, sendo que em algumas hematitas macias, os teores nos rejeitos foram de 65,00% de ferro total. Os testes demonstram claramente a necessidade de melhorar a recuperação deste ferro mais fino, através de flotação específica para minério fino, em circuitos separados.

Na tabela VI.9 e figuras 6.36, 6.37 e 6.38, estão resumidos os estudos de descrição mineralógica das amostras da alimentação da flotação (deslamado) e concentrado final da flotação (PFF). A diferença fundamental da fração fina, para as frações mais grosseiras (<50 >6,35 mm e <6,35 >0,15 mm), é a predominância de hematita tabular, em relação à hematita lobular ou anédrica e granular. Algumas amostras das Minas do Galinheiro e Sapecado acusaram percentuais elevados do mineral goethita, comum em regiões de

fraturas e supergênese pronunciada dos minérios. Em termos de comportamento no processo de flotação, a hematita tabular (relação comprimento/largura entre 2 e 5) tem uma superfície linear maior que a do quartzo, que é geralmente arredondado e equidimensional e as perdas no processo podem ser maiores, pela maior dificuldade de depressão das hematitas tabulares.

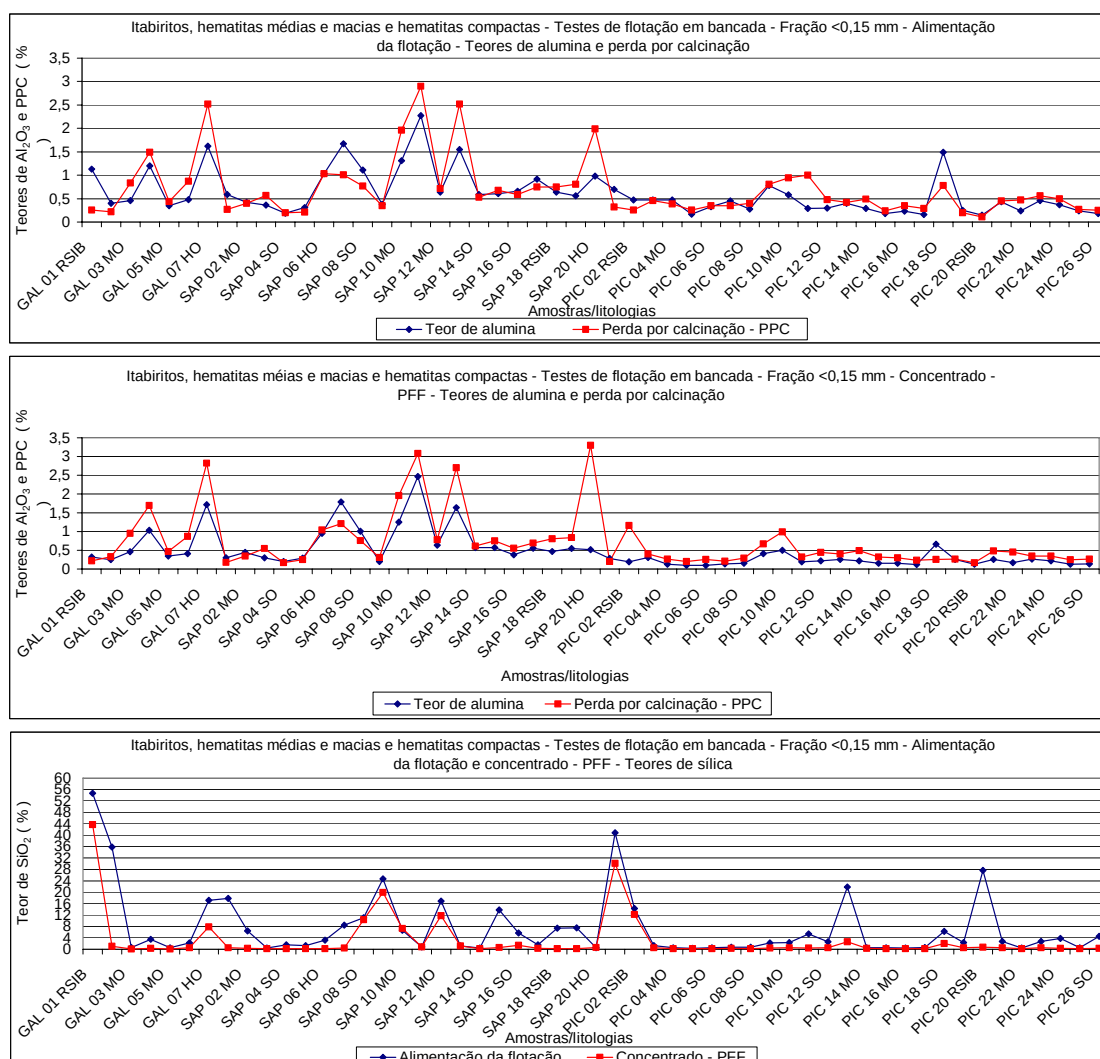


Figura 6.32 - Teores de alumina, perda por calcinação e sílica, na alimentação da flotação e concentrado.

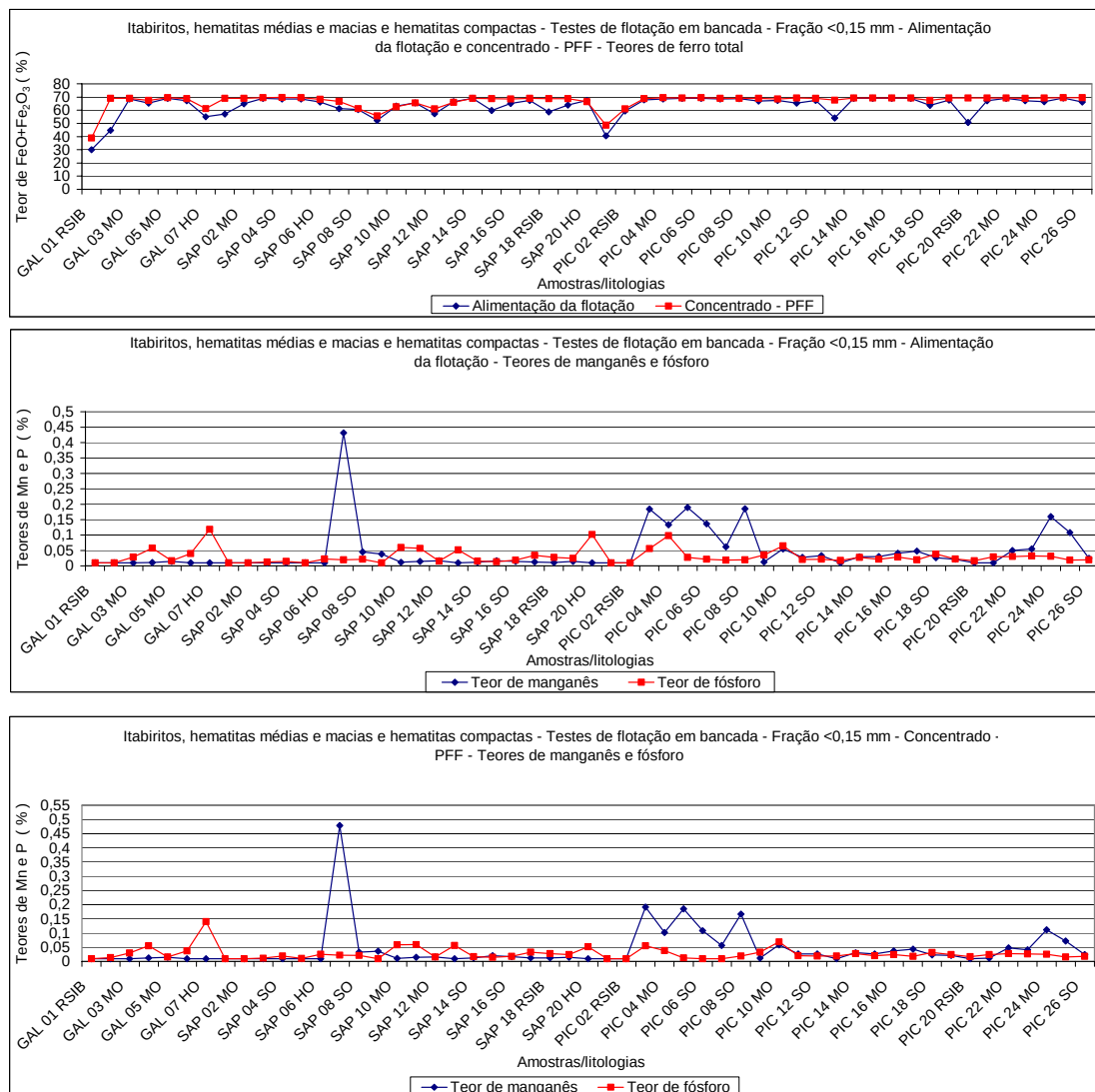


Figura 6.33 - Teores de manganês, fósforo e ferro total ($\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$) da alimentação da flotação e concentrado.

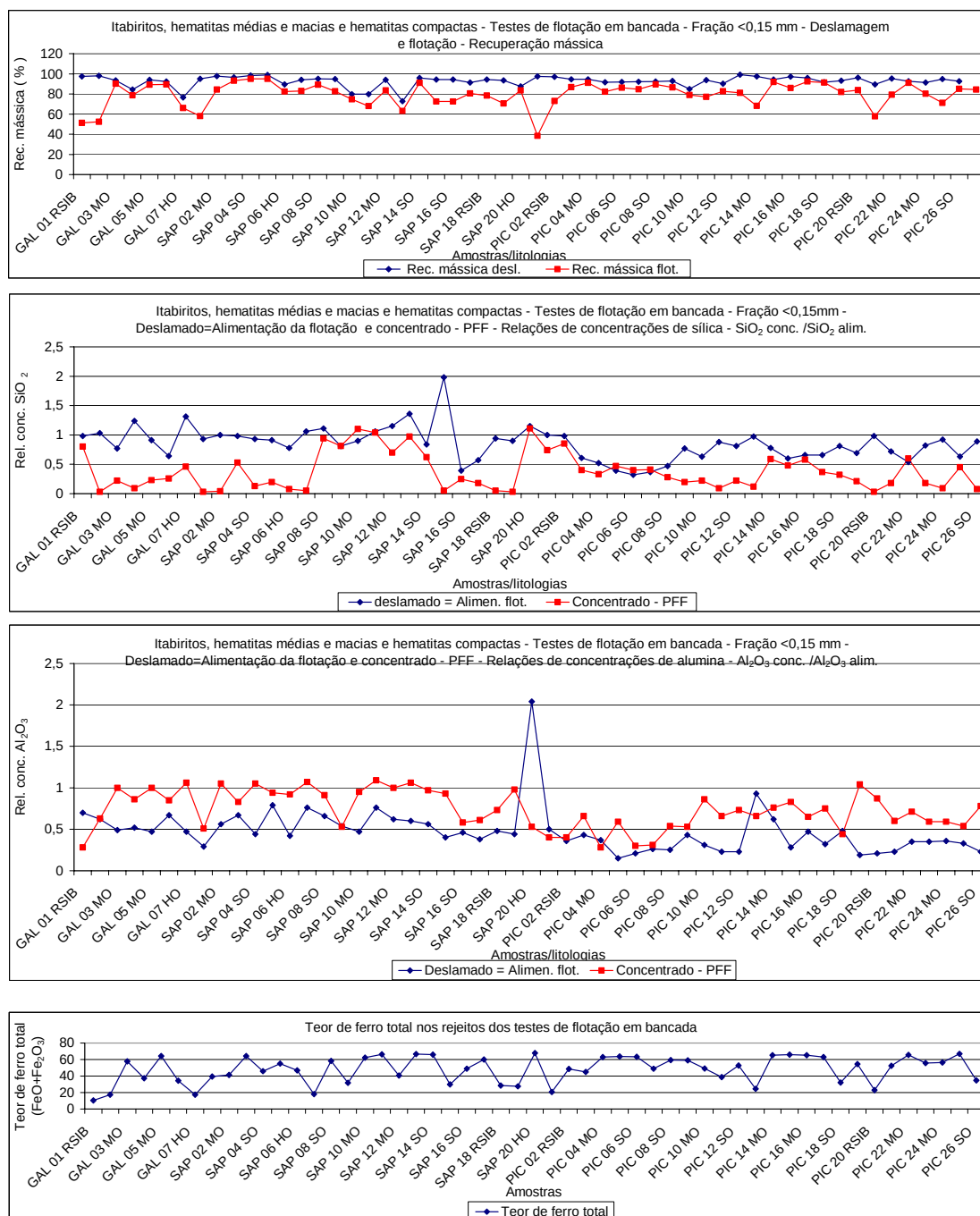


Figura 6.34 - Recuperação mássica, relações de concentrações de sílica e alumina da alimentação da flotação e concentrado e teores de ferro total no rejeito da flotação.

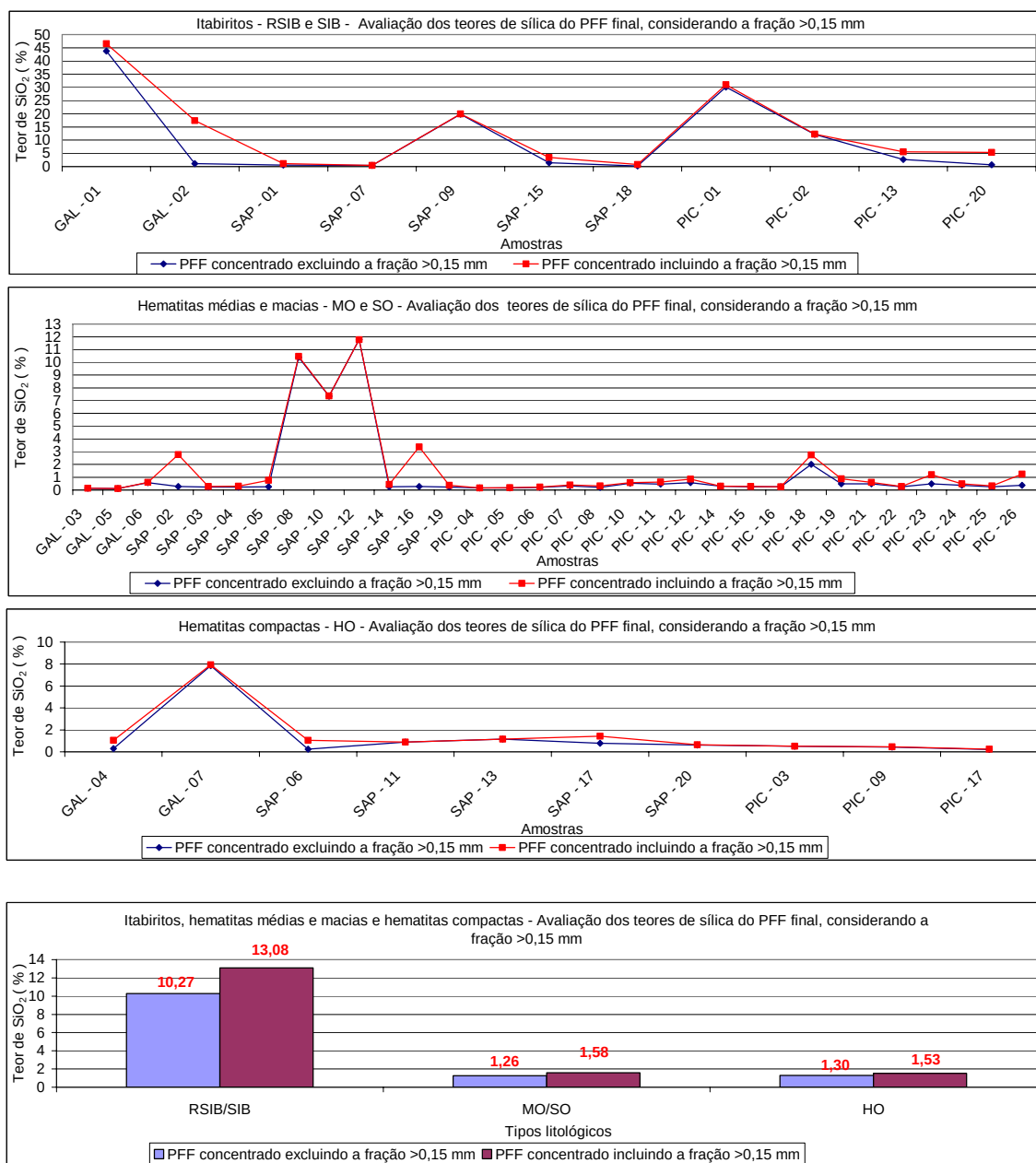


Figura 6.35 - Avaliação dos teores de sílica do PFF final, considerando a fração >0,15 mm, não incluída no teste em bancada.

Tabela VI.9 - Descrição mineralógica da fração <0,15mm (alimentação e concentrado da flotação), das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).

AMOSTRA	LITOLOGIA	FRAÇÃO (mm)	% MINERALÓGICO EM PESO										
			HM TB MONO	HM TB POLI	HM GR MONG	HM GR POLI	HM LB	MTA	GTA	AG TER	MGA	QZ	OUTROS
GAL- 01	SIB	<0,15 ALIM. FLOT.	39,66	5,72	0	0	0	8,42	0,12	0	0,06	46,02	0
		<0,15 CONC. FLOT.	33,98	28,17	0	0	0	8,26	0	0,52	0,1	28,85	0,12
GAL- 02	RSIB	<0,15 ALIM. FLOT.	49,75	9,71	0	0	0	14,54	0,18	0	0,06	25,76	0
		<0,15 CONC. FLOT.	52,77	25,84	0	0	0	18,58	0,23	0,19	0,12	2,24	0,03
GAL- 03	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	64,51	9,33	0	0	0	22,61	2,54	0,51	0,03	0,47	0
		<0,15 CONC. FLOT.	66	7,5	0	0	0	23	2,2	0,45	0,03	0,5	0,32
GAL- 04	HO	<0,15 ALIM. FLOT.	52,33	28,23	0	0	0	12,27	2,94	2,07	0,21	1,89	0,06
		<0,15 CONC. FLOT.	57,78	27,41	0	0	0	9,23	2,24	1,87	0,08	1,36	0,03
GAL- 05	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	62,6	9,72	0	0	0	25,45	0	1,67	0,06	0,24	0,14
		<0,15 CONC. FLOT.	65,5	7,8	0	0	0	25,9	0	0,46	0,04	0,05	0,1
GAL- 06	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	45	15	0	0	0	31,49	0	3,5	2,5	0,16	1,5
		<0,15 CONC. FLOT.	48	13	0	0	0	35	0	2,5	0,5	0,12	0,7
GAL- 07	HO	<0,15 ALIM. FLOT.	36,43	3,98	0	0	0	25,89	0	18,33	1,58	0,33	13,41
		<0,15 CONC. FLOT.	29,16	26,27	0	0	0	14,14	0	12,9	15,5	0,15	1,54
SAP- 01	RSIB	<0,15 ALIM. FLOT.	22,89	55,95	0	0	0	2,72	0,04	0,05	0,15	18,16	0,04
		<0,15 CONC. FLOT.	72,35	25,73	0	0	0	1,47	0,2	0,14	0,03	0,08	0
SAP- 02	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	45,7	41,06	0	0	0	5,68	0	0,09	1,43	0,07	5,92
		<0,15 CONC. FLOT.	61,2	33,45	0	0	0	4,33	0	0,43	0,12	0,26	0,04
SAP- 03	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	67,27	23,68	0	0	0	7,09	0,52	0,91	0	0,49	0,04
		<0,15 CONC. FLOT.	68,9	21,5	0	0	0	7	0,85	0,8	0	0,8	0,15
SAP- 04	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	49,69	36,27	0	0	0	10,36	0,75	0,95	0,09	1,88	0,01
		<0,15 CONC. FLOT.	68,06	26,58	0	0	0	4,69	0,42	0,02	0,21	0,01	0,01
SAP- 05	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	49,33	47,46	0	0	0	1,62	0,01	0,09	0,05	1,37	0,07
		<0,15 CONC. FLOT.	56	40,8	0	0	0	0,95	0,02	0,1	0,7	1,25	0,18
SAP- 06	HO	<0,15 ALIM. FLOT.	46,3	42,26	0	0	0	4,37	0	0,75	3,52	0	2,79
		<0,15 CONC. FLOT.	52,49	35,42	0	0	0	4,89	4,96	1,86	0	0,05	0,33
SAP- 07	RSIB	<0,15 ALIM. FLOT.	47,01	24,59	0	0	0	15,05	0,82	1,77	0,45	9,3	1,01
		<0,15 CONC. FLOT.	42,38	30,73	0	0	0	22,03	1,86	0,34	1,5	0,18	0,98
SAP- 08	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	67,08	14,34	0	0	0	9,64	2,09	0,15	0,25	6,42	0,03
		<0,15 CONC. FLOT.	54,41	13,2	0	0	0	19,81	1,34	0,1	0,34	10,02	0,78
SAP- 09	RSIB	<0,15 ALIM. FLOT.	41,76	10,13	0	0	0	27,69	0	0,81	0	0,64	18,94
		<0,15 CONC. FLOT.	41,1	11,26	0	0	0	29,96	0	0,37	0,26	0,82	16,07
SAP- 10	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	44,62	16,12	0	0	0	18,98	13,45	1,82	0,18	4,7	0,13
		<0,15 CONC. FLOT.	52,46	14,03	0	0	0	16,55	5,47	4,15	0,37	6,27	0,7
SAP- 11	HO	<0,15 ALIM. FLOT.	70,24	12,55	0	0	0	4,49	10,92	1,47	0,04	0,22	0,07
		<0,15 CONC. FLOT.	74,03	8,2	0	0	0	4,15	12,06	1,01	0	0,3	0,25
SAP- 12	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	39	16,83	0	0	0	31,52	0	1,84	0,41	0,18	10,22
		<0,15 CONC. FLOT.	28,01	21,24	0	0	0	36,39	0	1,44	2,08	0,26	10,38
SAP- 13	HO	<0,15 ALIM. FLOT.	68,32	12,64	0	0	0	4,24	13,2	1,3	0,02	0,28	0
		<0,15 CONC. FLOT.	55,28	13,8	0	0	0	11,67	10,68	7,2	0,02	0,78	0,57
SAP- 14	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	57,83	30,09	0	0	0	9,6	0	1,12	0,99	0,11	0,2
		<0,15 CONC. FLOT.	67,11	11,51	0	0	0	18,94	0	1,75	0,33	0,23	0
SAP- 15	RSIB	<0,15 ALIM. FLOT.	49,38	9,25	0	0	0	28,29	2,9	0,61	0,33	9,09	0,15
		<0,15 CONC. FLOT.	45,38	6,45	0	0	0	41,13	3,59	0,27	0,06	3,03	0,09
SAP- 16	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	38,36	9,12	0	0	0	45,99	3,76	0,47	0,42	1,7	0,18
		<0,15 CONC. FLOT.	41,62	30,11	0	0	0	22,51	2,64	1,87	0	1,25	0
SAP- 17	HO	<0,15 ALIM. FLOT.	84,17	3,63	0	0	0	9,98	1,44	0,11	0,04	0,6	0,03
		<0,15 CONC. FLOT.	83,97	7,64	0	0	0	5,53	2,62	0,13	0,07	0	0,04

AMOSTRA	LITOLOGIA	FRAÇÃO (mm)	% MINERALÓGICO EM PESO										
			HM TB MONO	HM TB POLI	HM GR MONO	HM GR POLI	HM LB	MTA	GTA	AG TER	MGA	QZ	OUTROS
SAP- 18	RSIB	<0,15 ALIM. FLOT.	48,18	4,12	0	0	0	32,68	5,49	0,3	0,03	9,1	0,1
		<0,15 CONC. FLOT.	32,76	38,91	0	0	0	21,29	3,37	3,29	0,04	0,34	0
SAP- 19	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	51,52	4,76	0	0	35,63	0	3,04	0,28	0,24	4,5	0,03
		<0,15 CONC. FLOT.	56,95	8,27	0	0	30,39	0	3,71	0,35	0,24	0,02	0,07
SAP- 20	HO	<0,15 ALIM. FLOT.	52,11	19,83	0	0	0	9,65	9,98	8,01	0,05	0,37	0
		<0,15 CONC. FLOT.	48,28	23,77	0	0	0	8,43	11,39	8,11	0	0,01	0,01
PIC- 01	SIB	<0,15 ALIM. FLOT.	44,62	5,88	0	0	0	15,38	0,09	0,1	0	33,93	0
		<0,15 CONC. FLOT.	49,5	7,5	0	0	0	30,3	5,5	2,09	0,11	5	0
PIC- 02	RSIB	<0,15 ALIM. FLOT.	65,85	11,42	0	0	14,31	0	0,07	0	0	8,35	0
		<0,15 CONC. FLOT.	41,94	10,61	0	0	20,65	0	0,13	0,07	0,04	26,45	0,11
PIC- 03	HO	<0,15 ALIM. FLOT.	64,97	24,28	0	0	8,89	0	0,08	0,44	0,21	1,01	0,12
		<0,15 CONC. FLOT.	57,46	34,61	0	0	6,44	0	0,47	0,29	0,05	0,67	0,01
PIC- 04	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	61,75	31,75	0	0	5,54	0	0,05	0,02	0,04	0,2	0,65
		<0,15 CONC. FLOT.	48,16	41,49	0	0	9,64	0	0,11	0,32	0,06	0,03	0,19
PIC- 05	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	0	0	49,6	12,99	37,21	0	0,15	0,03	0	0,02	0
		<0,15 CONC. FLOT.	0	0	46,9	13,5	39,56	0	0	0	0,03	0,01	0
PIC- 06	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	50,3	12,17	0	0	37,28	0	0,15	0,03	0,04	0,01	0,02
		<0,15 CONC. FLOT.	54,23	16,78	0	0	28,91	0	0,08	0	0	0	0
PIC- 07	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	38,66	37,5	0	0	22,79	0	0,65	0,1	0,11	0,08	0,11
		<0,15 CONC. FLOT.	51,59	19,59	0	0	28,43	0	0,03	0,01	0,35	0	0
PIC- 08	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	57,83	36,7	0	0	4,69	0	0,05	0,13	0	0,6	0
		<0,15 CONC. FLOT.	51,95	38,42	0	0	0	9,31	0,1	0,15	0	0,07	0
PIC- 09	HO	<0,15 ALIM. FLOT.	46,65	35,28	0	0	0	10,46	6	0,15	0,04	1,31	0,11
		<0,15 CONC. FLOT.	50,91	36,26	0	0	8,36	0	3,78	0,49	0	0,1	0,1
PIC- 10	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	38,7	25,86	0	0	25,05	0	7,97	0,02	0,22	2,17	0,01
		<0,15 CONC. FLOT.	49,85	23,96	0	0	17,81	0	7,72	0,02	0,14	0,49	0,01
PIC- 11	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	59,78	20,46	0	0	12,14	0	3,07	0	0,2	4,27	0,08
		<0,15 CONC. FLOT.	45,6	33,67	0	0	16,6	0	4,08	0	0,04	0,01	0
PIC- 12	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	37,09	36,33	0	0	20,81	0	3,04	0	0	2,71	0,02
		<0,15 CONC. FLOT.	44,23	32,04	0	0	21,42	0	2,07	0,02	0	0,2	0,02
PIC- 13	RSIB	<0,15 ALIM. FLOT.	57,92	9,96	0	0	18,7	0	0,21	0,02	0	13,11	0,08
		<0,15 CONC. FLOT.	58,49	13,71	0	0	25,98	0	0,08	0,07	0	1,65	0,02
PIC- 14	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	61,75	21,8	0	0	0	14,53	1,58	0,01	0	0,3	0,03
		<0,15 CONC. FLOT.	68,93	7,9	0	0	0	21,17	0	1,67	0,04	0,29	0
PIC- 15	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	48,28	28,26	0	0	20,92	0	1,97	0,09	0	0,47	0,01
		<0,15 CONC. FLOT.	44,58	37,85	0	0	15,76	0	1,59	0,01	0,14	0,06	0,01
PIC- 16	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	54,85	16,35	0	0	0	28,29	0,12	0	0,05	0,14	0,2
		<0,15 CONC. FLOT.	61,09	12,12	0	0	0	25,98	0,48	0,02	0,31	0	0
PIC- 17	HO	<0,15 ALIM. FLOT.	65,6	12,21	0	0	0	21,25	0,23	0,01	0,51	0,17	0,02
		<0,15 CONC. FLOT.	63,77	10,83	0	0	0	24,64	0,32	0,01	0,35	0	0,08
PIC- 18	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	50,63	27,01	0	0	11,75	0	4,97	0,1	0,02	5,47	0,05
		<0,15 CONC. FLOT.	47,15	32,92	0	0	13,5	0	4,77	0	0,07	1,5	0,09
PIC- 19	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	40	20	0	0	39	0	0,55	0,2	0,15	0,05	0,05
		<0,15 CONC. FLOT.	43,52	16,33	0	0	39,32	0	0,5	0,19	0,1	0,04	0
PIC- 20	RSIB	<0,15 ALIM. FLOT.	50	15	0	0	34,35	0	0,15	0,2	0,1	0,2	0
		<0,15 CONC. FLOT.	54,87	12,12	0	0	32,58	0	0,12	0,01	0,07	0,23	0
PIC- 21	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	39,29	12,29	0	0	44,25	0	2,34	0,19	0,04	1,55	0,05
		<0,15 CONC. FLOT.	33,78	15,28	0	0	49,39	0	1,06	0,38	0,04	0,07	0
PIC- 22	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	67,41	10,04	0	0	0	20,86	1,22	0,09	0,14	0,11	0,13
		<0,15 CONC. FLOT.	67,96	6,79	0	0	0	23,74	0,63	0,15	0,59	0,14	0
PIC- 23	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	35,85	34,78	0	0	22,71	0	2,35	0,02	0,51	3,67	0,11
		<0,15 CONC. FLOT.	45,02	28,73	0	0	21,71	0	3,4	0	0,3	0,72	0,12
PIC- 24	MO	<0,15 ALIM. FLOT.	49,73	8,89	0	0	0	35,98	0,68	0,03	2,89	1,75	0,05
		<0,15 CONC. FLOT.	53,23	11,49	0	0	0	32,01	0,74	0	2,49	0,04	0
PIC- 25	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	60	25	0	0	14,9	0	0,05	0,05	0	0	0
		<0,15 CONC. FLOT.	61,55	19,48	0	0	18,89	0	0,04	0,04	0	0	0
PIC- 26	SO	<0,15 ALIM. FLOT.	30	25	0	0	0	44,6	0,2	0,15	0,05	0	0
		<0,15 CONC. FLOT.	35,46	20,7	0	0	0	43,49	0,2	0,1	0,05	0	0

Associação mineralógica e tamanho médio dos monocristais.

HM TB MONO - Hematita tabular monocristalina - 0,035 mm.
 HM TB POLI - Hematita tabular policristalina - 0,032 mm.
 HM GR MONO - Hematita granular monocristalina - 0,038 mm.
 HM GR POLI - Hematita granular policristalina - 0,041 mm.

HM LB - Hematita lobular ou anédrica - 0,026 mm.
 MTA - Martita - 0,009 mm.
 GTA - Goethita - 0,035 mm.

AG TER - Agregado terroso - 0,050 mm.
 MGA - Magnetita - 0,045 mm.
 QZ - quartzo - 0,038 mm.

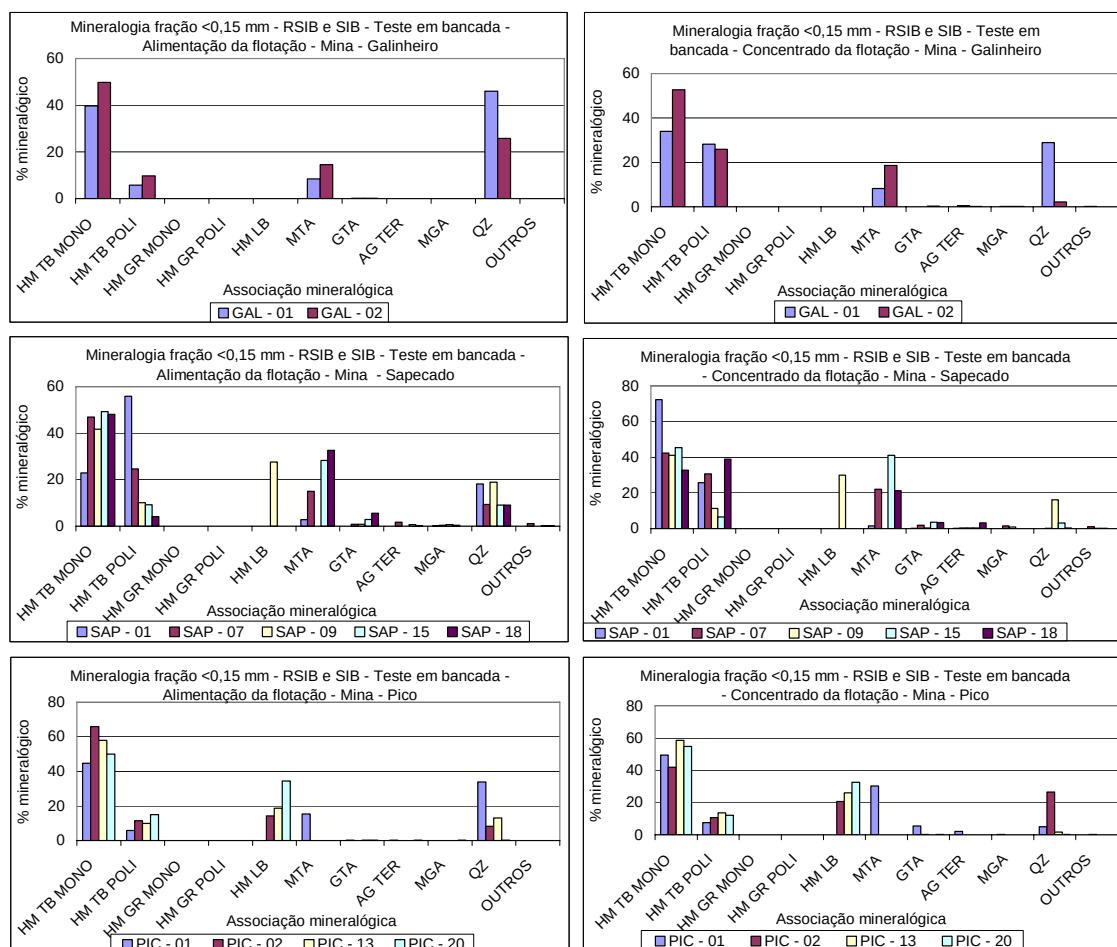


Figura 6.36 - Mineralogia dos itabiritos da fração <0,15 mm. Alimentação e concentrado da flotação.

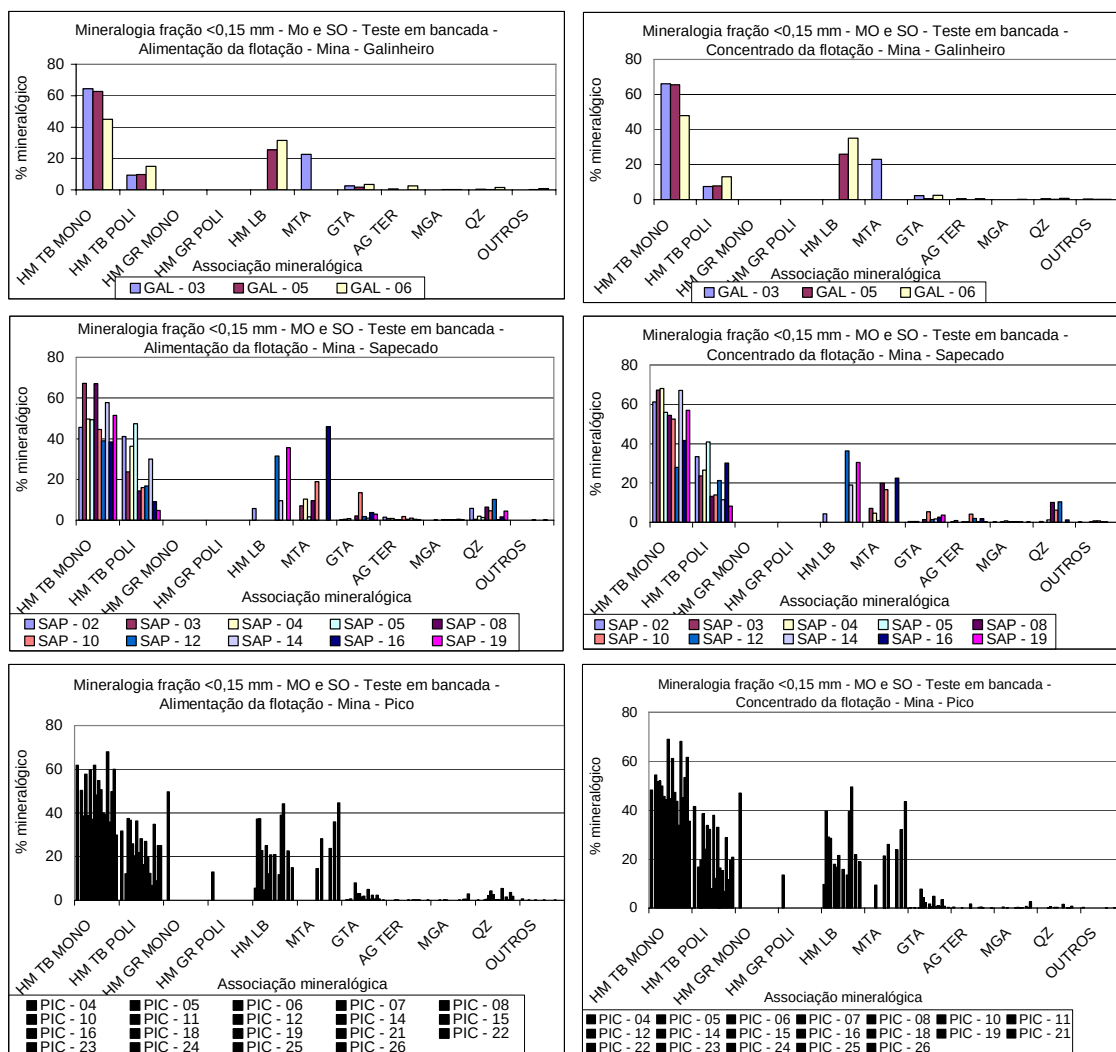


Figura 6.37 - Mineralogia das hematitas médias e macias da fração <0,15 mm. Alimentação e concentrado da flotação.

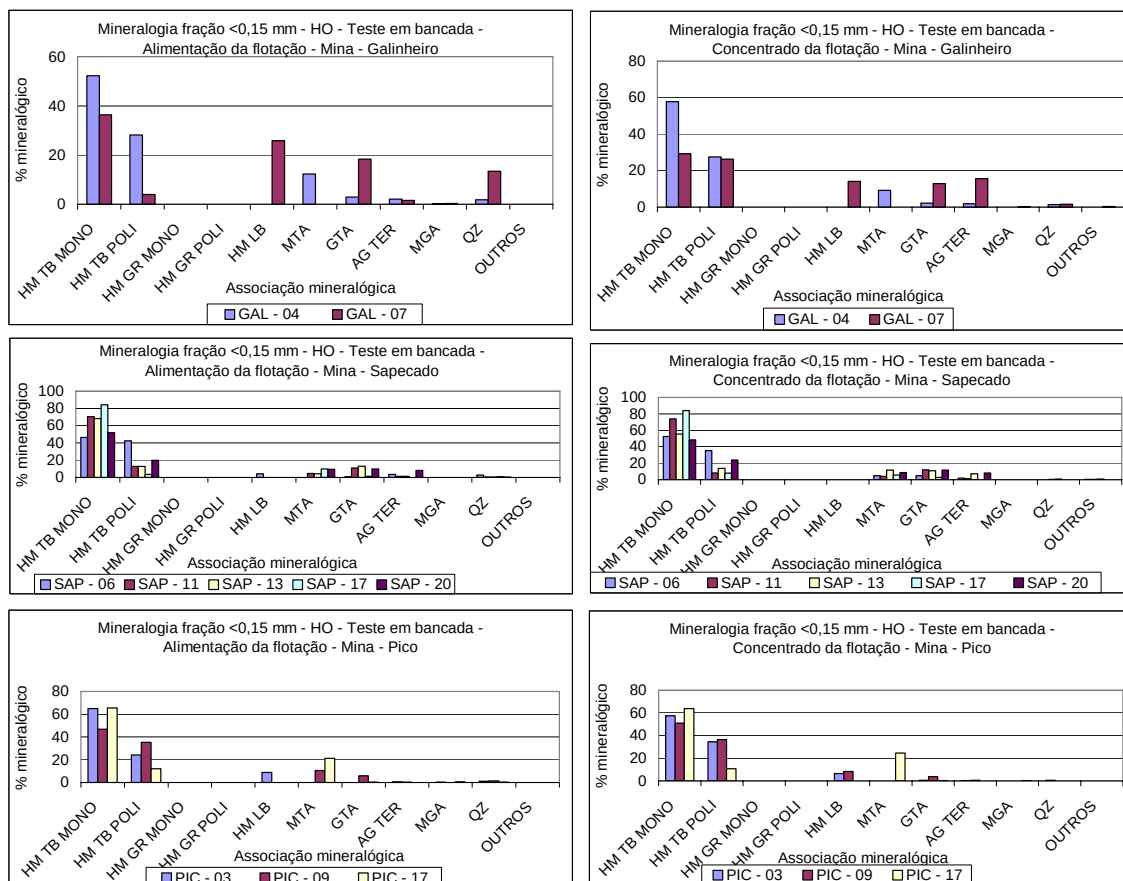


Figura 6.38 - Mineralogia das hematitas compactas da fração <0,15 mm. Alimentação e concentrado da flotação.

6.2.4 - Mudança das estimativas para operação de rotina

Com base no estudo tecnológico nas amostras representativas das Minas do Complexo Pico, são propostas mudanças nas estimativas das frações granulométricas, objetivando adequar à complexidade dos minérios e fornecer informações importantes para um melhor desempenho dos processos na planta de beneficiamento. No quadro abaixo, estão sumarizadas as principais modificações que seriam fornecidas para a operação das Minas, influenciando na combinação de áreas para atender à qualidade química e física dos produtos gerados:

Fração (mm)	Estimativa atual	Estimativa proposta
<50 >6,35	% granulométrico e teores de Al_2O_3 , P e SiO_2	Permanece a mesma.
<6,35 >0,15	% granulométrico e teores de Al_2O_3 , P e SiO_2 .	% granulométrico em duas faixas (<6,35 >1,00 mm e <1,00 >0,15 mm), com as mesmas variáveis químicas em cada faixa.
<6,35 >1,00	Não é feita análise química horária.	Análise química horária, para avaliar os contaminantes da fração grossa, que participa com 65 a 70% do sinter feed total.
<0,15 mm	% granulométrico e teores de Al_2O_3 , P e SiO_2 .	% granulométrico em duas faixas (<0,15 >0,009 mm e <0,009 mm), com as mesmas variáveis químicas em cada faixa.
<0,15 mm	Não é feita granulometria.	Granulometria a cada 6 horas, para avaliar a fração <0,15 mm e desempenho dos hidro-classificadores, principalmente o percentual da fração >0,15 mm, que está sendo enviada para a flotação, sendo portadora de sílica grosseira, altamente nociva ao processo de flotação.

Além da importância para a operação e beneficiamento, as informações adicionais propostas permitirão fazer retro-análises mais confiáveis das estimativas feitas pelo planejamento de lavra, combinação das frentes que leva em consideração as estimativas químicas e físicas e o desempenho dos processos de beneficiamento, contribuindo para a melhoria contínua nas várias fases do sistema de produção.

7 - CONCLUSÕES

7.1 - A determinação dos Domínios Geológicos das Minas do Complexo Pico, é fundamental para o sequenciamento de lavra, buscando uma melhor configuração geométrica da programação dos avanços, priorizando o desenvolvimento de áreas de estéril e minério e compatibilizando com a qualidade química e física dos produtos.

7.2 - As características metalúrgicas dos produtos granulados (fração <50 >6,35 mm) estão associadas à consistência dos tipos litológicos. A redutibilidade e RDI são maiores nos itabiritos, intermediários nas hematitas médias e macias e menores nas hematitas compactas. O índice de crepitação é menor nos itabiritos, intermediário nas hematitas médias e macias e maior nas hematitas compactas. O índice de tamboramento é menor nos itabiritos, intermediário nas hematitas médias e macias e maior nas hematitas compactas. A porosidade intergranular é maior nos itabiritos, intermediária nas hematitas médias e macias e baixos valores nas hematitas compactas.

7.3 - Na fração <6,35 >0,15 mm, foram determinadas variações significativas nos percentuais granulométricos das sub-frações (<6,35 >1,00 mm e <1,00 >0,15 mm). Nos itabiritos, a faixa <6,35 >1,00 mm concentra 52,28% do material e a fração <1,00 >0,15 mm, tem um percentual de 30,57%. Nas hematitas médias e macias, o percentual da fração <6,35 >1,00 mm concentra 65,90% do material e na fração <1,00 >0,15 mm, 28%. Nas hematitas compactas, a faixa <6,35 >1,00 mm concentra 72,86% do material, enquanto na fração <1,00 >0,15 mm, o percentual é de 20,21%. A sílica está concentrada na fração mais fina (<1,00 >0,15 mm). Os itabiritos do Pico têm sílica mais alta na fração <6,35 >1,00 mm, em comparação aos do Sapecado e do Galinheiro, pelo nível de lavra mais profundo, fazendo com que o quartzo esteja menos liberado das hematitas.

7.4 - As análises granuloquímicas da fração <0,15 mm revelaram uma alta concentração de Al_2O_3 , PPC, P e Mn na fração <0,009 mm, independente dos tipos litológicos. Um processo de deslamagem eficiente torna-se muito importante para evitar as contaminações na flotação. A sílica grosseira contida na fração >0,15 mm, embora com baixos percentuais, tem um efeito altamente negativo na flotação e no produto final e o processo necessita monitorar a quantidade deste material na ciclonagem. Em cerca de

15% das amostras estudadas, a flotação não foi eficiente na remoção da sílica, atribuída ao quartzo associado com hematita (partículas mistas). Isto se deve provavelmente aos altos teores de alumina, perda por calcinação, presença de goethita e sílica na estrutura desse mineral, não removida pela flotação.

7.5 - Os resultados obtidos no estudo tecnológico das 53 amostras mostraram a necessidade de mudanças nas estimativas de ROM, fornecidas para a operação das Minas: a estimativa da fração $<50 >6,35$ mm, permanece a mesma; estimativa química e física em duas sub-frações ($<6,35 >1,00$ mm e $<1,00 >0,15$ mm), dividindo a fração $<6,35 >0,15$ mm; divisão da fração $<0,15$ mm, em duas sub-frações ($<0,15 >0,009$ mm e $<0,009$ mm), fornecendo subsídio para um melhor desempenho da ciclonagem e granulometria da fração $<0,15$ mm, objetivando avaliar o percentual granulométrico $>0,15$ mm, fração esta portadora da sílica grosseira.

7.6 - As associações mineralógicas descritas nas amostras das frações $<50 >6,35$ mm e $<6,35 >0,15$ mm, foram muito semelhantes, predominando hematita lobular ou anédrica e granular. Na fração $<0,15$ mm, predomina hematita tabular. A goethita e o agregado terroso estão presentes nas amostras das Minas do Galinheiro e Sapecado, associadas ao minério supergênico.

8 - RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos na divisão das Minas em Domínios Geológicos e os estudos tecnológicos feitos em 53 amostras permitiram uma ampla avaliação do sistema de produção das Minas do Complexo Pico, desde a fase de planejamento, operação até beneficiamento, definindo variáveis importantes no controle do processo produtivo e sugerindo mudanças nas estimativas do ROM, com impacto significativo na rotina de produção. Também mostraram a necessidade de ampliar o conhecimento das variáveis metalúrgicas dos minérios granulados, associados à tipologia, principalmente pela importância do produto no fluxo de caixa da MBR.

As Minas em operação do Complexo Pico, têm altas variabilidades químicas e físicas, sendo necessário acompanhar tal operação e aprofundamento das cavas, de forma sistemática, através de um banco de dados tecnológico, incluindo os ensaios de processos, que possibilitará avaliar as alterações ao longo do desenvolvimento operacional.

9 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Criação de um banco de dados, onde serão colocadas todas as informações dos estudos de processos, incluindo metalurgia, sinterização, concentração gravimétrica, flotação e mineralogia, dentre outros, com coordenadas das amostras das Minas. Além de condensar as informações, permitirá um tratamento geoestatístico, objetivando reavaliações constantes das mudanças tipológicas dos minérios e projeções futuras. Poderá indicar mudanças nos processos de beneficiamento, ou diferenças significativas na qualidade química, física, metalúrgica ou mineralógica dos produtos gerados. Também seria utilizado como base para estabelecer o sequenciamento de lavra de longo, médio e curto prazo, juntamente com o banco de dados geológicos.

Deverá ser dada continuidade ao estudo de caracterização tecnológica, levando em consideração os Domínios Geológicos, buscando coletas de amostras representativas dos mesmos. O número anual de amostras deverá ter uma distribuição proporcional à quantificação de cada Domínio Geológico contido nas reservas lavráveis.

Refazer a estimativa geoestatística dos Domínios Geológicos, conforme haja incrementos significativos nos bancos de dados geológicos das Minas, pelo acréscimo de amostras de sondagens e canaletas, mantendo as informações atualizadas. A Mina do Sapecado está em processo de abertura e haverá grandes alterações de qualidade do ROM, conforme o desenvolvimento da lavra.

Utilizar a estimativa dos Domínios na priorização das áreas junto à operação das Minas. Dar enfoque no desenvolvimento e no sequenciamento de lavra de longo, médio e curto prazos, buscando sempre utilizar os percentuais relativos dos Domínios Geológicos na reserva global do Complexo Pico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Genève. ISO 4696-2:1998 (E); Iron ores - Static test for low-temperature reduction-disintegration. Genève, Switzerland, 1998-08-01. 14p.
- 2- Souza, C. C. Caracterização Metalúrgica de Produtos de Minérios de Ferro - A Visão do Produtor da Matéria - Prima. Belo Horizonte: Relatório interno da MBR, 1999. 12p.
- 3- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Genève. ISO 7215:1995 (E); Iron ores - Determination of relative reducibility. Genève, Switzerland, 1995-11-15. 13p.
- 4- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Genève. ISO 8371:1994 (E); Iron ores - Determination of Decrepitation Index. Genève, Switzerland, 1994-11-15. 6p. .
- 5- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Genève. ISO 3271:1995 (E); Iron ores – Determination of Tumble Strength. Genève, Switzerland, 1995-11-01. 9p.
- 6- SOUZA, C. C. Histórico das Propriedades Físico-Metalúrgicas do LOAF da MBR. Belo Horizonte: Relatórios internos da MBR, 1988. 24p.
- 7- FAGERBERG, B., SANDBERG, N. Degradation of lump ores in transport. Stockolm, Sweden: Swedish Mining Association, 1998-10-25. 28p.
- 8- SOBRINHO, J.A.C. Empresa Mineira de projetos Ltda - EMP. Anotações sobre Utilização de Espirais Concentradoras para Itabirito. Belo Horizonte: Relatório Interno Preparado para a MBR, 2000. 30p.

- 9- AMARANTE, S. C. Concentrabilidade do Standard SF Pico por meio de Jigagem e Mesagem. Belo Horizonte: Relatório interno da MBR, 1996. 40p.
- 10- YOSHIDA M. Availability of sinter & pellet feed, a Japanese view. In: SEMINAR ON SINTER & PELLETS, CONTRIBUTION TO SESSION II-1, 1988, Brussels, Belgium. Ramco/Techco. Brussels, 1988. p.110 -124.
- 11- CAPORALI, L, PINHEIRO, P, OTTONI, R, VIEIRA, M.B.H. Relação Microestrutura-Propriedades-Desempenho de Minérios de Ferro na Sinterização. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 53^o, 13 a 17-09 1998, Belo Horizonte. p. 80-97.
- 12- UTILIZAÇÃO DO MINÉRIO DE FERRO NA SIDERURGIA - USIMINAS, 2001, Ipatinga. Curso ministrado pela USIMINAS, destinado ao público externo. 2001. 123p.
- 13- LEMOS, M.R.C., AZEVEDO, M.A., LEOTE, S.M.F. & MAÇAL, T.E. Avaliação Técnica de Matérias-primas para Sinterização e Alto-Forno. In:XXXIII Congresso Anual da ABM, 1978, Belo Horizonte, MG.
- 14- PIMENTA, H.P. Ensaios de Qualidade da Carga Metálica e Coque para Alto-Forno, Relatório Interno da USIMINAS, março de 1989.
- 15- Rocha, G.T. Estudo Básico sobre Amolecimento dos Constituintes de Carga Metálica para Alto-Forno, Relatório Interno da USIMINAS, dezembro de 1982.
- 16- PACHECO, T.A. & CARDOSO, M.B. Catalogação de Minérios para Altos-Fornos, Relatório Interno da USIMINAS, dezembro de 1978.
- 17- BENTES, M.A.G., TEIXEIRA, J.N., ONOFRE, A.V., ROMA, R.S., BASTOS, A.M. Otimização Operacional e Econômica da Produção de Gusa, através da Redução do Volume de Escória. In: IX SEMINÁRIO DE REDUÇÃO DA ABM, 1998. Belo Horizonte. 13p.

- 18- VIEIRA, C.B., ROSIÈRE, C.A., SESHADRI, V., ASSIS, P.S., COELHO, L.H., PENA, H.Q. Geometallurgical Approach for Quality Control of Iron Ores for Agglomeration in Iron and Steel Industry. In:INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BENEFICIATION, AGGLOMERATION AND ENVIRONMENT, 20-22 January, 1999, Bhubaneswar, Índia. p. 65-73.
- 19- KLASSEN, V.I., MOKROUSOV, V.A. An Introduction to the Theory of flotation, London, Butterwerths, 1963, 620p.
- 20- SUN, S.C. The Mechanism of Slime Coating, Mining Technology, 1943: 479-92.
- 21- ARAUJO, A.C. Influência e Íons de Alumínio e Caulinita na Flotação Catiônica de Quartzo e Hematita. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1982, 121p. (Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas - Área de Tecnologia Mineral).
- 22- BOULOS, T.R., ARAFA, M.A., YOUSEF, A.A. Influence of Manganese Dióxido Slimes on Quartz Flotation. Trans. Instn. Mining Metall. Section C, 1970: 223-7.
- 23- SILVA, R.V.G. Efeito da Alumina na Flotação de um Minério Misto Hematítico-Itabirítico da Mina do Pico. Belo Horizonte:Escola de Engenharia da UFMG, 1999, 174p. (Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas - Área de Tecnologia Mineral).
- 24- CASTRO, E.B. Flotação. Gerência de Tecnologia Mineral da MBR. Belo Horizonte, 1995. Relatório Interno, 10p.
- 25- IWASAKI, I. et alli. Iron Wash Ore Slimes – Some Mineralogical and Flotation Characteristics. Trans. AIME, 223: p.97-108, 1962.
- 26- ARAUJO, A.C., SOUZA, C.C. A Influência do Tamanho da Partícula de Lama na Flotação de Minérios de Ferro. In:II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MINÉRIO DE FERRO, 1999, Ouro Preto.

- 27- SILVA, R.R.R., AMARANTE, S.C., SOUZA, C.C., ARAUJO, A.C. Ore Mineralogy and its Relevance for the Selection of Concentration Methods in Processing of Brazilian Iron Ores. IN:IRON ORE CONFERENCE. Perth, 9 -11 September, 2002. 11p.
- 28- FERREIRA, C.M. Caracterização Mineralógica de Amostras de “Sínter Feed” Especial. Fundação Gorceix, agosto, 1998. 21p. (Relatório Interno).
- 29- BRANDÃO, P.R.G., SANTOS, L.D. Caracterização Mineralógica dos Minérios para Granulados da Mina do Pico. Fundação Christiano Ottoni, novembro 1997. 33p. (Relatório Interno para a MBR).
- 30- PIRES, F.R.M. Estudo Textural e Mineralógico do Minério de Ferro dos Depósitos do Sapecado, Pico e Galinheiro. Rio de Janeiro, UFRJ, 2001. 37p. (Relatório Interno para a MBR).
- 31- SILVA, C.C., BRANDÃO, P.R.G. Itabirito Anfibolítico de Timbopeba: sua Caracterização Mineralógica e Tecnológica. In:XVII ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA E I SEMINÁRIO DE QUÍMICA DE COLÓIDES APLICADA À TECNOLOGIA MINERAL. 1998. p.389-403.
- 32- ROSIÈRE, C.A., CHEMALE JR, F. Textural and Structural Aspects Of Iron Ores from Quadrilátero Ferrífero, Brazil. In:PAGEL M.; LEROY, J.L. (ED) – Source, Transport and Deposition of Metals. p. 485-488. Balkema, Amsterdam, 1991.
- 33- JANUZZI, A. Caracterização Mineralógica, uma Ferramenta de Trabalho na Mina de Andrade. In:II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MINÉRIO DE FERRO – ABM. Ouro Preto, 1999. p. 23-33.
- 34- TRZASKOS, B., ALKMIM, F.F. & ZAVAGLIA, G. Geologia Estrutural, Mineralogia e Texturas dos Minérios de Ferro da Mina de Casa de Pedra - CSN. In:II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MINÉRIO DE FERRO. Ouro Preto, 1999. p. 371-382.

- 35- ROSIÈRE, C.A. A Recristalização do Minério de Ferro da Jazida do Pico de Itabirito no Quadrilátero Ferrífero, MG e suas Implicações Genéticas. In:II SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS. Belo Horizonte. SBG-Núcleo Minas Gerais. 1983. p. 173-185.
- 36- HUSTRULID, W., KUCHTA, M. Open Pit Mine Planning & Design. First edition. Rotterdam: A.A. Balkema, 1995. Volume 1. ISBN 90 5410 181 4.
- 37- MUDD, S. W. Surface Mining. First edition. New York: The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., 1968. 1061p.
- 38- ALMEIDA, F.F.M. Estruturas do Pré-Cambriano Inferior Brasileiro. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Ouro Preto, 1976. p. 201-202.
- 39- CARNEIRO, M.A. et alii. Evolução Policíclica do Quadrilátero Ferrífero: Uma Análise Fundamentada no Conhecimento Atual da Geocronologia U-Pb e Geoquímica Isotópica Sm-Nd. Escola de Minas, Ouro preto, 48 (3): p. 1-10.
- 40- DORR II, J.V.N. Physiographic, stratigraphic and structural development of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS Professional Paper, Washington, 1969, 641-p. A1-A109.
- 41- LADEIRA, E.A. Metallogenesis of Gold at Morro Velho Mine, in the Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Canadá, Universidade de Ontário. 264 p. Tese de Doutorado.
- 42- O'ROURKE, J.E. The Stratigraphy of Metamorphic Rocks of the Rio de Pedras and Gandarela Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. PhD Thesis. Wisconsin, University of Wisconsin. 106 p.
- 43- LACOURT, F. Estrutura Anticlinal de São Bartolomeu-Passagem, Ouro Preto, Minas Gerais, 1938. Mineração e Metalurgia. 3 (15): p. 147-151.

- 44- GORCEIX, H. Bacias Terciárias de Água Doce nos Arredores de Ouro Preto (Gandarela e Fonseca), Minas Gerais, Brasil. In: ANAIS DA ESCOLA DE MINAS DE OURO PRETO, 1884, 3: p. 95-114.
- 45- LIMA, M.R. & SALARD-CHEBOLDAEFF, M. Palynologie des Bassins de Gandarela et Fonseca. Boletim Instituto de Geologia da USP, São Paulo, 12: p. 33-54.
- 46- ROSIÈRE, C.A. & JUNIOR, F.C. Itabiritos e os Minérios de Ferro de Alto Teor do Quadrilátero Ferrífero – Visão Geral e Discussão. Belo Horizonte, 2001. 37 p.

ANEXOS

MAPAS E TABELAS

Anexo 6 - Tabela dos resultados dos testes granulométricos da fração <6,35 >0,15 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).

Descrição da amostra	Peneira (mm)	% Retida simples	Análise Química					
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
SF - GAL - 01 - RSIB	<6,35 >1,00	25,12	0,36	67,56	0,011	0,011	0,18	2,93
	<1,00 > 0,15	21,42	0,33	40,35	0,011	0,011	0,16	41,54
	<0,15	53,45	1,14	28,60	0,016	0,016	0,54	57,40
	Cabeça Analisada		0,71	41,80	0,010	0,010	0,42	40,25
	Cabeça Calculada		0,77	40,91	0,014	0,014	0,37	40,32
SF - GAL - 02 - SIB	<6,35 >1,00	44,81	0,46	67,90	0,010	0,020	0,42	2,30
	<1,00 > 0,15	29,93	0,38	46,90	0,010	0,010	0,47	32,38
	<0,15	25,26	0,42	42,60	0,010	0,010	0,37	37,71
	Cabeça Analisada		0,38	55,00	0,010	0,010	0,36	20,84
	Cabeça Calculada		0,43	55,22	0,010	0,014	0,42	20,25
SF - GAL - 03 - MO	<6,35 >1,00	72,04	0,91	67,79	0,010	0,030	1,34	0,71
	<1,00 > 0,15	19,82	0,80	65,89	0,010	0,042	1,69	3,09
	<0,15	8,14	1,21	67,00	0,010	0,053	2,05	0,64
	Cabeça Analisada		0,97	67,50	0,017	0,041	1,39	1,21
	Cabeça Calculada		0,91	67,35	0,010	0,034	1,47	1,17
SF - GAL - 04 - HO	<6,35 >1,00	54,52	1,68	65,61	0,016	0,077	2,31	1,17
	<1,00 > 0,15	17,13	2,15	59,89	0,037	0,109	2,80	8,71
	<0,15	28,35	2,68	62,60	0,025	0,151	3,88	3,15
	Cabeça Analisada		2,06	64,00	0,032	0,093	2,65	3,03
	Cabeça Calculada		2,04	63,78	0,022	0,103	2,84	3,02
SF - GAL - 05 - MO	<6,35 >1,00	66,87	0,69	68,40	0,018	0,027	1,04	0,11
	<1,00 > 0,15	24,97	0,52	68,60	0,018	0,025	0,75	0,35
	<0,15	8,16	0,91	67,90	0,038	0,046	1,35	0,30
	Cabeça Analisada		0,73	68,60	0,019	0,028	1,06	0,23
	Cabeça Calculada		0,67	68,41	0,020	0,028	0,99	0,19
SF - GAL - 06 - MO	<6,35 >1,00	69,72	0,59	68,00	0,010	0,071	0,93	0,43
	<1,00 > 0,15	20,04	0,91	66,90	0,010	0,073	1,04	1,38
	<0,15	10,24	0,62	67,30	0,010	0,070	1,33	1,88
	Cabeça Analisada		0,72	67,50	0,010	0,074	1,57	0,91
	Cabeça Calculada		0,66	67,71	0,010	0,071	0,99	0,77
SF - GAL - 07 - HO	<6,35 >1,00	72,60	1,31	66,74	0,011	0,077	1,85	1,31
	<1,00 > 0,15	21,08	2,58	60,03	0,011	0,173	4,21	6,98
	<0,15	6,31	3,53	55,60	0,014	0,265	5,52	10,14
	Cabeça Analisada		1,81	65,00	0,019	0,106	2,50	2,62
	Cabeça Calculada		1,72	64,63	0,011	0,109	2,58	3,06
SF - SAP - 01 - RSIB	<6,35 >1,00	54,75	0,78	67,30	0,010	0,013	1,47	1,40
	<1,00 > 0,15	21,19	0,54	42,90	0,010	0,012	0,48	36,80
	<0,15	24,06	0,92	53,60	0,010	0,013	0,62	21,50
	Cabeça Analisada		0,75	58,30	0,010	0,012	0,62	14,97
	Cabeça Calculada		0,76	58,83	0,010	0,013	1,06	13,74
SF - SAP - 02 - MO	<6,35 >1,00	77,60	0,80	68,27	0,015	0,011	0,49	0,87
	<1,00 > 0,15	14,57	0,83	63,65	0,020	0,011	0,53	7,45
	<0,15	7,83	1,43	63,30	0,024	0,022	1,09	6,64
	Cabeça Analisada		0,94	67,10	0,022	0,011	0,68	2,30
	Cabeça Calculada		0,86	67,21	0,017	0,012	0,54	2,28
SF - SAP - 03 - MO	<6,35 >1,00	54,67	0,71	68,40	0,010	0,020	1,03	0,28
	<1,00 > 0,15	22,65	0,64	67,70	0,010	0,026	1,13	1,11
	<0,15	22,68	0,75	68,20	0,010	0,026	1,30	0,42
	Cabeça Analisada		0,74	68,10	0,010	0,023	1,17	0,50
	Cabeça Calculada		0,70	68,20	0,010	0,023	1,11	0,50
SF - SAP - 04 - SO	<6,35 >1,00	47,81	0,69	68,50	0,010	0,037	0,64	0,56
	<1,00 > 0,15	40,62	0,41	64,00	0,013	0,044	0,56	7,63
	<0,15	11,57	0,55	66,90	0,010	0,031	0,51	3,06
	Cabeça Analisada		0,47	66,70	0,012	0,041	0,56	3,41
	Cabeça Calculada		0,56	66,49	0,011	0,039	0,59	3,72
SF - SAP - 05 - SO	<6,35 >1,00	60,94	1,87	66,85	0,021	0,015	1,14	1,38
	<1,00 > 0,15	30,52	1,74	60,45	0,019	0,014	1,06	10,89
	<0,15	8,55	2,29	62,60	0,024	0,017	1,50	6,96
	Cabeça Analisada		1,94	64,30	0,030	0,016	1,30	5,02
	Cabeça Calculada		1,87	64,53	0,021	0,015	1,15	4,76
SF - SAP - 06 - HO	<6,35 >1,00	78,55	0,56	68,80	0,010	0,020	0,64	0,41
	<1,00 > 0,15	16,77	1,62	64,50	0,010	0,044	2,05	3,98
	<0,15	4,68	2,98	63,00	0,021	0,068	3,06	4,00
	Cabeça Analisada		0,88	67,60	0,010	0,027	1,19	1,22
	Cabeça Calculada		0,85	67,81	0,011	0,026	0,99	1,18
SF - SAP - 07 - RSIB	<6,35 >1,00	65,40	1,59	65,60	1,727	0,025	1,28	0,57
	<1,00 > 0,15	24,67	2,26	58,10	1,567	0,020	1,72	10,21
	<0,15	9,93	1,72	60,20	0,808	0,030	1,33	9,13
	Cabeça Analisada		1,64	63,70	1,519	0,022	1,40	3,45
	Cabeça Calculada		1,77	63,21	1,596	0,024	1,39	3,80

Anexo 6 - Tabela dos resultados dos testes granulométricos da fração <6,35 >0,15 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).

Descrição da amostra	Peneira (mm)	% Retida simples	Análise Química					
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
SF - SAP - 08 - SO	<6,35 >1,00	70,38	1,55	67,10	0,044	0,022	0,89	1,13
	<1,00 > 0,15	22,70	2,90	60,90	0,055	0,028	1,83	7,55
	<0,15	6,92	1,91	61,80	0,071	0,039	1,45	7,72
	Cabeça Analisada		1,76	65,60	0,027	0,026	1,15	3,00
	Cabeça Calculada		1,88	65,33	0,048	0,025	1,14	3,04
SF - SAP - 09 - RSIB	<6,35 >1,00	60,70	0,23	68,90	0,017	0,011	0,17	0,89
	<1,00 > 0,15	30,43	0,24	58,40	0,023	0,012	0,26	15,65
	<0,15	8,86	0,43	53,90	0,054	0,021	0,58	22,19
	Cabeça Analisada		0,28	65,10	0,032	0,013	0,21	6,57
	Cabeça Calculada		0,25	64,38	0,022	0,012	0,23	7,27
SF - SAP - 10 - MO	<6,35 >1,00	66,67	1,01	66,60	0,028	0,062	2,41	1,23
	<1,00 > 0,15	27,68	1,55	60,80	0,031	0,102	3,56	7,35
	<0,15	5,65	2,19	61,50	0,038	0,124	3,88	5,14
	Cabeça Analisada		1,24	64,30	0,030	0,081	2,75	3,86
	Cabeça Calculada		1,23	64,71	0,029	0,077	2,81	3,15
SF - SAP - 11 - HO	<6,35 >1,00	68,84	2,17	65,30	0,043	0,075	3,99	0,29
	<1,00 > 0,15	23,27	3,20	60,80	0,063	0,122	6,58	2,52
	<0,15	7,89	3,03	63,70	0,039	0,099	5,10	0,52
	Cabeça Analisada		2,55	64,10	0,031	0,094	4,80	0,66
	Cabeça Calculada		2,48	64,13	0,047	0,088	4,68	0,83
SF - SAP - 12 - MO	<6,35 >1,00	59,39	0,39	69,00	0,028	0,011	0,48	0,67
	<1,00 > 0,15	32,59	0,34	65,30	0,042	0,011	0,55	5,85
	<0,15	8,01	0,84	61,80	0,051	0,025	1,25	9,69
	Cabeça Analisada		0,37	67,50	0,031	0,011	0,59	2,69
	Cabeça Calculada		0,41	67,22	0,034	0,012	0,56	3,08
SF - SAP - 13 - HO	<6,35 >1,00	71,80	1,16	67,48	0,015	0,049	2,18	0,22
	<1,00 > 0,15	23,37	2,65	63,76	0,014	0,106	5,20	0,76
	<0,15	4,83	2,98	63,50	0,016	0,111	5,59	0,57
	Cabeça Analisada		1,42	66,60	0,017	0,062	3,02	0,32
	Cabeça Calculada		1,59	66,42	0,015	0,065	3,05	0,36
SF - SAP - 14 - SO	<6,35 >1,00	69,39	2,19	66,92	0,010	0,022	1,66	0,31
	<1,00 > 0,15	23,98	1,36	66,54	0,012	0,025	1,64	1,94
	<0,15	6,63	2,33	66,02	0,013	0,033	2,17	1,15
	Cabeça Analisada		2,67	66,20	0,013	0,030	1,81	0,67
	Cabeça Calculada		2,00	66,77	0,011	0,023	1,69	0,76
SF - SAP - 15 - RSIB	<6,35 >1,00	61,64	0,80	68,03	0,013	0,024	0,70	1,17
	<1,00 > 0,15	32,75	0,71	61,67	0,016	0,014	1,02	10,35
	<0,15	5,62	1,17	60,54	0,018	0,018	1,33	11,22
	Cabeça Analisada		0,93	65,90	0,020	0,019	0,97	4,19
	Cabeça Calculada		0,79	65,53	0,014	0,020	0,84	4,74
SF - SAP - 16 - SO	<6,35 >1,00	56,94	0,61	68,58	0,015	0,016	0,61	0,72
	<1,00 > 0,15	31,66	0,61	65,58	0,017	0,027	0,92	4,84
	<0,15	11,40	0,96	66,10	0,017	0,023	0,83	3,56
	Cabeça Analisada		0,66	67,41	0,016	0,026	0,75	2,41
	Cabeça Calculada		0,65	67,35	0,016	0,020	0,73	2,35
SF - SAP - 17 - HO	<6,35 >1,00	71,16	1,18	67,75	0,021	0,041	1,08	0,98
	<1,00 > 0,15	23,81	1,28	63,75	0,021	0,055	1,54	6,06
	<0,15	5,03	1,67	66,63	0,018	0,040	1,33	1,58
	Cabeça Analisada		1,28	66,47	0,023	0,046	1,33	2,46
	Cabeça Calculada		1,23	66,74	0,021	0,045	1,20	2,22
SF - SAP - 18 - RSIB	<6,35 >1,00	60,42	0,80	67,70	0,013	0,022	1,00	1,50
	<1,00 > 0,15	35,69	0,96	56,11	0,019	0,028	1,65	17,35
	<0,15	3,90	1,19	62,04	0,012	0,035	1,78	8,55
	Cabeça Analisada		0,98	63,74	0,018	0,031	0,67	7,22
	Cabeça Calculada		0,87	63,35	0,015	0,025	1,27	7,43
SF - SAP - 19 - SO	<6,35 >1,00	60,36	1,38	66,89	0,016	0,022	1,78	1,44
	<1,00 > 0,15	34,85	1,04	62,50	0,014	0,023	1,49	8,39
	<0,15	4,78	1,70	65,86	0,026	0,036	1,44	2,82
	Cabeça Analisada		1,61	65,11	0,023	0,031	1,28	4,13
	Cabeça Calculada		1,28	65,31	0,016	0,023	1,66	3,93
SF - SAP - 20 - HO	<6,35 >1,00	76,23	1,14	67,32	0,019	0,131	2,33	0,22
	<1,00 > 0,15	21,26	0,56	64,95	0,021	0,291	5,46	0,56
	<0,15	2,51	0,42	65,97	0,028	0,240	4,24	0,42
	Cabeça Analisada		1,52	66,60	0,019	0,164	2,90	0,30
	Cabeça Calculada		1,00	66,78	0,020	0,168	3,04	0,30
SF - PIC - 01 - SIB	<6,35 >1,00	34,07	0,43	64,87	0,010	0,013	0,26	5,97
	<1,00 > 0,15	43,23	0,35	51,90	0,010	0,011	0,24	24,77
	<0,15	22,70	0,52	42,10	0,010	0,012	0,29	39,10
	Cabeça Analisada		0,37	54,50	0,010	0,013	0,19	21,57
	Cabeça Calculada		0,42	54,09	0,010	0,012	0,26	21,62

Anexo 6 - Tabela dos resultados dos testes granulométricos da fração <6,35 >0,15 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).

Descrição da amostra	Peneira	% Retida simples	Análise Química					
	(mm)		Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
SF - PIC - 02 - RSIB	<6,35 >1,00	38,79	1,05	66,31	0,022	0,012	0,50	3,01
	<1,00 > 0,15	46,03	0,47	65,24	0,010	0,010	0,28	5,51
	<0,15	15,18	1,22	63,90	0,010	0,012	0,57	6,34
	Cabeça Analisada		0,80	65,60	0,010	0,011	0,50	4,44
	Cabeça Calculada		0,81	65,45	0,015	0,011	0,41	4,67

Anexo 6 - Tabela dos resultados dos testes granulométricos da fração <6,35 >0,15 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).

Descrição da amostra	Peneira (mm)	% Retida simples	Análise Química					
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
SF - PIC - 03 - HO	<6,35 >1,00	81,95	0,33	68,85	0,240	0,035	0,53	0,41
	<1,00 > 0,15	14,92	0,46	67,42	0,491	0,047	0,70	1,11
	<0,15	3,13	1,57	65,43	0,441	0,090	1,12	1,66
	Cabeça Analisada		0,41	68,40	0,285	0,039	0,56	0,70
	Cabeça Calculada		0,39	68,53	0,284	0,038	0,57	0,55
SF - PIC - 04 - MO	<6,35 >1,00	76,16	0,58	68,42	0,069	0,119	0,57	0,43
	<1,00 > 0,15	20,11	0,71	67,97	0,059	0,177	0,70	0,59
	<0,15	3,73	1,33	66,84	0,217	0,235	1,12	0,88
	Cabeça Analisada		0,61	68,30	0,082	0,128	0,57	0,45
	Cabeça Calculada		0,63	68,27	0,073	0,135	0,61	0,48
SF - PIC - 05 - MO	<6,35 >1,00	64,61	0,29	68,96	0,131	0,028	0,31	0,44
	<1,00 > 0,15	32,43	0,18	69,03	0,128	0,021	0,22	0,57
	<0,15	2,96	0,68	67,51	0,523	0,064	0,78	0,75
	Cabeça Analisada		0,25	68,90	0,120	0,021	0,23	0,51
	Cabeça Calculada		0,27	68,94	0,142	0,027	0,29	0,49
SF - PIC - 06 - SO	<6,35 >1,00	71,69	0,46	68,73	0,077	0,017	0,34	0,62
	<1,00 > 0,15	23,86	0,29	68,90	0,075	0,016	0,32	0,59
	<0,15	4,45	1,13	66,92	0,395	0,044	1,02	1,26
	Cabeça Analisada		0,36	68,80	0,087	0,018	0,36	0,60
	Cabeça Calculada		0,45	68,69	0,091	0,018	0,37	0,64
SF - PIC - 07 - SO	<6,35 >1,00	67,11	0,40	68,76	0,071	0,013	0,32	0,60
	<1,00 > 0,15	29,41	0,20	68,69	0,065	0,011	0,22	0,65
	<0,15	3,48	1,05	67,42	0,063	0,023	0,78	1,34
	Cabeça Analisada		0,34	68,70	0,080	0,011	0,33	0,58
	Cabeça Calculada		0,36	68,69	0,069	0,013	0,30	0,64
SF - PIC - 08 - SO	<6,35 >1,00	65,94	0,26	68,95	0,105	0,026	0,29	0,50
	<1,00 > 0,15	30,39	0,23	68,66	0,085	0,027	0,24	0,98
	<0,15	3,67	0,79	66,51	0,674	0,058	0,94	1,52
	Cabeça Analisada		0,25	68,60	0,130	0,028	0,26	0,70
	Cabeça Calculada		0,27	68,77	0,120	0,028	0,30	0,68
SF - PIC - 09 - HO	<6,35 >1,00	73,32	0,60	68,39	0,011	0,033	0,66	0,80
	<1,00 > 0,15	24,02	0,86	67,27	0,013	0,051	0,99	1,71
	<0,15	2,66	2,28	64,94	0,036	0,077	1,81	2,59
	Cabeça Analisada		0,70	68,00	0,011	0,038	0,84	1,05
	Cabeça Calculada		0,71	68,03	0,012	0,039	0,77	1,07
SF - PIC - 10 - MO	<6,35 >1,00	70,27	0,76	67,47	0,034	0,074	1,26	1,46
	<1,00 > 0,15	28,55	0,88	64,64	0,047	0,096	1,54	4,84
	<0,15	1,18	1,77	64,74	0,122	0,137	2,42	2,99
	Cabeça Analisada		0,75	66,50	0,030	0,080	1,40	2,42
	Cabeça Calculada		0,81	66,63	0,039	0,081	1,35	2,44
SF - PIC - 11 - SO	<6,35 >1,00	61,25	0,37	68,10	0,023	0,021	0,35	1,74
	<1,00 > 0,15	33,35	0,26	64,99	0,019	0,019	0,28	6,49
	<0,15	5,40	0,58	67,06	0,039	0,026	0,48	2,84
	Cabeça Analisada		0,36	66,70	0,025	0,024	0,40	3,59
	Cabeça Calculada		0,34	67,01	0,022	0,021	0,33	3,38
SF - PIC - 12 - SO	<6,35 >1,00	71,39	0,32	68,52	0,013	0,018	0,38	1,26
	<1,00 > 0,15	26,04	0,26	63,23	0,016	0,020	0,39	8,88
	<0,15	2,56	0,68	66,95	0,051	0,035	0,80	2,48
	Cabeça Analisada		0,31	66,80	0,016	0,019	0,39	3,58
	Cabeça Calculada		0,31	67,10	0,015	0,019	0,39	3,27
SF - PIC - 13 - RSIB	<6,35 >1,00	59,13	0,23	65,17	0,019	0,016	0,81	5,17
	<1,00 > 0,15	28,01	0,40	57,14	0,043	0,015	0,47	17,21
	<0,15	12,86	0,23	61,52	0,010	0,018	0,42	11,04
	Cabeça Analisada		0,27	63,20	0,015	0,014	0,52	8,48
	Cabeça Calculada		0,28	62,45	0,025	0,016	0,67	9,30
SF - PIC - 14 - MO	<6,35 >1,00	79,17	0,20	69,20	0,012	0,019	0,53	0,33
	<1,00 > 0,15	17,33	0,24	68,69	0,019	0,026	0,50	1,06
	<0,15	3,50	0,36	68,90	0,031	0,031	0,69	0,51
	Cabeça Analisada		0,21	69,00	0,014	0,021	0,59	0,51
	Cabeça Calculada		0,21	69,10	0,014	0,021	0,53	0,46
SF - PIC - 15 - SO	<6,35 >1,00	38,02	0,26	69,07	0,015	0,018	0,31	0,40
	<1,00 > 0,15	60,17	0,26	69,07	0,019	0,020	0,29	0,48
	<0,15	1,80	0,46	68,51	0,045	0,032	0,51	0,69
	Cabeça Analisada		0,26	69,00	0,018	0,019	0,32	0,44
	Cabeça Calculada		0,26	69,06	0,018	0,020	0,31	0,45
SF - PIC - 16 - MO	<6,35 >1,00	77,29	0,27	69,17	0,022	0,023	0,36	0,43
	<1,00 > 0,15	18,99	0,40	68,95	0,028	0,029	0,34	0,63
	<0,15	3,71	0,40	68,83	0,046	0,036	0,49	0,53
	Cabeça Analisada		0,28	69,10	0,023	0,026	0,32	0,44
	Cabeça Calculada		0,30	69,12	0,024	0,025	0,36	0,47

Anexo 6 - Tabela dos resultados dos testes granulométricos da fração <6,35 >0,15 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).

Descrição da amostra	Peneira	% Retida simples	Análise Química					
	(mm)		Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
SF - PIC - 17 - HO	<6,35 >1,00	79,60	0,26	69,02	0,043	0,017	0,31	0,39
	<1,00 > 0,15	16,44	0,26	68,75	0,054	0,019	0,31	0,73
	<0,15	3,95	0,36	68,72	0,085	0,026	0,34	0,57
	Cabeça Analisada		0,28	68,80	0,047	0,019	0,28	0,54
	Cabeça Calculada		0,27	68,96	0,047	0,018	0,31	0,46

Anexo 6 - Tabela dos resultados dos testes granulométricos da fração <6,35 >0,15 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).

Descrição da amostra	Peneira	% Retida simples	Análise Química					
	(mm)		Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
SF - PIC - 18 - SO	<6,35 >1,00	57,24	0,34	68,44	0,021	0,021	0,59	1,19
	<1,00 > 0,15	35,46	0,34	66,68	0,024	0,024	0,49	3,55
	<0,15	7,30	1,25	65,32	0,042	0,041	1,00	3,81
	Cabeça Analisada		0,47	67,50	0,024	0,024	0,62	2,37
	Cabeça Calculada		0,41	67,59	0,024	0,024	0,59	2,22
SF - PIC - 19 - SO	<6,35 >1,00	70,70	0,55	68,47	0,016	0,021	0,59	0,87
	<1,00 > 0,15	25,31	0,43	68,30	0,022	0,022	0,46	1,41
	<0,15	3,99	0,98	67,26	0,085	0,038	0,87	1,63
	Cabeça Analisada		0,57	68,40	0,021	0,023	0,55	1,02
	Cabeça Calculada		0,54	68,38	0,020	0,022	0,57	1,04
SF - PIC - 20 - RSIB	<6,35 >1,00	70,48	0,43	66,79	0,010	0,020	0,35	3,55
	<1,00 > 0,15	22,86	0,34	64,52	0,010	0,022	0,30	7,04
	<0,15	6,66	0,13	61,11	0,012	0,017	0,41	11,92
	Cabeça Analisada		0,44	65,60	0,010	0,018	0,29	5,05
	Cabeça Calculada		0,39	65,90	0,010	0,020	0,34	4,91
SF - PIC - 21 - SO	<6,35 >1,00	67,98	0,54	68,47	0,010	0,032	0,71	0,90
	<1,00 > 0,15	27,15	0,48	67,35	0,013	0,038	0,80	2,41
	<0,15	4,87	0,95	66,80	0,010	0,044	0,97	2,26
	Cabeça Analisada		0,54	68,00	0,010	0,032	0,65	1,49
	Cabeça Calculada		0,55	68,09	0,011	0,034	0,75	1,38
SF - PIC - 22 - MO	<6,35 >1,00	78,31	0,28	69,14	0,023	0,025	0,34	0,43
	<1,00 > 0,15	18,51	0,25	68,79	0,030	0,029	0,40	0,95
	<0,15	3,18	0,47	68,66	0,063	0,060	0,70	0,55
	Cabeça Analisada		0,28	69,00	0,027	0,025	0,42	0,54
	Cabeça Calculada		0,28	69,06	0,025	0,027	0,36	0,53
SF - PIC - 23 - SO	<6,35 >1,00	66,38	0,39	68,02	0,025	0,022	0,71	1,63
	<1,00 > 0,15	29,56	0,37	65,21	0,041	0,025	0,66	5,65
	<0,15	4,07	0,82	67,09	0,080	0,041	1,05	2,02
	Cabeça Analisada		0,41	66,80	0,041	0,026	0,88	2,97
	Cabeça Calculada		0,40	67,15	0,032	0,023	0,71	2,83
SF - PIC - 24 - MO	<6,35 >1,00	65,29	0,44	67,80	0,078	0,032	0,49	1,97
	<1,00 > 0,15	32,81	0,40	63,94	0,091	0,031	0,53	7,38
	<0,15	1,90	1,08	65,60	0,304	0,057	1,36	3,21
	Cabeça Analisada		0,44	66,60	0,087	0,031	0,45	3,52
	Cabeça Calculada		0,44	66,49	0,086	0,033	0,52	3,77
SF - PIC - 25 - SO	<6,35 >1,00	67,00	0,40	69,01	0,068	0,031	0,18	0,54
	<1,00 > 0,15	24,63	0,26	69,07	0,082	0,022	0,10	0,69
	<0,15	8,37	0,71	67,60	0,546	0,049	0,69	0,84
	Cabeça Analisada		0,37	68,90	0,123	0,025	0,31	0,61
	Cabeça Calculada		0,39	68,91	0,112	0,030	0,20	0,60
SF - PIC - 26 - SO	<6,35 >1,00	60,22	0,35	68,57	0,043	0,022	0,40	1,17
	<1,00 > 0,15	35,23	0,26	66,30	0,018	0,020	0,32	4,36
	<0,15	4,55	0,45	67,62	0,038	0,027	0,66	2,15
	Cabeça Analisada		0,39	67,80	0,024	0,022	0,37	2,19
	Cabeça Calculada		0,32	67,73	0,034	0,021	0,39	2,34

Anexo 8 - Tabela dos resultados granulométricos da fração <0,15 mm, das Minas do Galinheiro (G Sapecado (SAP) e Pico (PIC)).

Descrição da amostra	Peneira	% Retida simples	Análise Química					
	(mm)		Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
GAL - 01 - RSIB	>0,15	6,46	0,24	23,60	0,010	0,013	0,23	67,15
	<0,15 >0,009	88,24	0,69	29,89	0,010	0,014	0,38	56,57
	<0,009	5,30	17,45	35,80	0,026	0,113	7,15	23,05
	Cabeça Analisada		1,60	29,50	0,011	0,011	0,95	57,01
	Cabeça Calculada		1,55	29,80	0,011	0,019	0,73	55,47
GAL - 02 - SIB	>0,15	14,98	0,16	24,90	0,010	0,010	0,23	62,50
	<0,15 >0,011	77,41	0,31	46,87	0,010	0,011	0,29	32,14
	<0,009	7,61	3,81	58,70	0,010	0,066	2,38	9,33
	Cabeça Analisada		0,59	44,80	0,011	0,011	0,48	36,03
	Cabeça Calculada		0,55	44,48	0,010	0,015	0,44	34,95
GAL - 03 - MO	>0,15	0,17	0,95	64,30	0,034	0,056	1,97	4,84
	<0,15 >0,011	95,77	0,56	68,06	0,010	0,037	1,06	0,82
	<0,009	4,06	3,67	62,30	0,010	0,120	4,95	1,14
	Cabeça Analisada		0,87	67,40	0,047	0,047	1,68	0,75
	Cabeça Calculada		0,68	67,82	0,010	0,040	1,22	0,84
GAL - 04 - HO	>0,15	4,56	2,86	55,60	0,290	0,062	3,17	13,82
	<0,15 >0,009	84,94	0,42	68,04	0,070	0,033	0,56	1,65
	<0,009	10,51	1,15	67,60	0,175	0,036	1,09	0,76
	Cabeça Analisada		0,57	67,60	0,019	0,019	0,94	2,04
	Cabeça Calculada		0,61	67,42	0,091	0,035	0,74	2,11
GAL - 05 - MO	>0,15	0,16	0,56	67,20	0,024	0,032	0,88	2,02
	<0,15 >0,011	96,52	0,36	66,39	0,019	0,024	0,57	0,55
	<0,009	3,32	3,43	61,90	0,213	0,021	0,55	0,66
	Cabeça Analisada		0,67	68,30	0,044	0,044	1,16	0,55
	Cabeça Calculada		0,48	68,55	0,026	0,025	0,59	0,57
GAL - 06 - MO	>0,15	0,65	0,55	66,00	0,021	0,048	1,36	2,84
	<0,15 >0,009	92,24	0,47	66,30	0,010	0,049	1,23	3,80
	<0,009	7,12	5,96	53,90	0,051	0,427	11,50	2,56
	Cabeça Analisada		0,82	66,50	0,014	0,069	1,76	2,21
	Cabeça Calculada		0,86	65,42	0,013	0,076	1,96	3,71
GAL - 07 - HO	>0,15	0,29	2,66	46,20	0,074	0,094	2,94	27,00
	<0,15 >0,011	83,10	1,69	45,85	0,008	0,127	2,75	12,29
	<0,009	16,61	8,98	51,00	0,010	0,536	11,67	3,53
	Cabeça Analisada		3,46	54,00	0,010	0,223	5,34	13,11
	Cabeça Calculada		3,19	54,46	0,010	0,217	4,70	12,96
SAP - 01 - RSIB	>0,15	0,60	0,52	30,90	0,010	0,016	0,52	55,00
	<0,15 >0,009	90,66	0,77	55,48	0,014	0,012	0,43	19,54
	<0,009	8,74	35,37	14,16	0,101	0,103	11,93	33,69
	Cabeça Analisada		2,06	53,90	0,013	0,014	1,03	19,10
	Cabeça Calculada		3,79	51,72	0,021	0,020	1,44	20,99
SAP - 02 - MO	>0,15	4,75	0,80	39,70	0,012	0,016	0,54	41,91
	<0,15 >0,011	88,05	0,40	65,64	0,015	0,016	0,39	5,34
	<0,011	7,21	7,30	59,30	0,111	0,145	4,30	2,42
	Cabeça Analisada		0,75	64,20	0,018	0,019	0,58	6,52
	Cabeça Calculada		0,92	63,95	0,021	0,026	0,68	6,86
SAP - 03 - MO	>0,15	0,43	1,23	64,00	0,014	0,041	1,56	5,56
	<0,15 >0,011	91,48	0,30	69,02	0,010	0,020	0,52	0,48
	<0,011	8,09	3,96	61,30	0,039	0,139	5,33	2,25
	Cabeça Analisada		0,54	68,40	0,010	0,022	0,94	0,46
	Cabeça Calculada		0,60	68,37	0,012	0,030	0,91	0,65
SAP - 04 - SO	>0,15	0,31	0,47	51,50	0,016	0,041	0,74	25,30
	<0,15 >0,011	94,11	0,15	68,48	0,011	0,021	0,24	1,69
	<0,011	5,57	5,08	60,30	0,024	0,099	2,65	4,87
	Cabeça Analisada		0,43	67,90	0,010	0,019	0,45	1,76
	Cabeça Calculada		0,43	67,97	0,012	0,026	0,37	1,94
SAP - 05 - SO	>0,15	1,91	4,30	49,90	0,020	0,023	2,16	21,51
	<0,15 >0,016	81,25	0,35	68,87	0,013	0,017	0,17	1,03
	<0,016	16,84	0,41	69,10	0,023	0,019	0,36	0,41
	Cabeça Analisada		0,39	68,20	0,017	0,014	0,39	1,38
	Cabeça Calculada		0,43	68,55	0,015	0,017	0,24	1,32
SAP - 06 - HO	>0,15	3,77	2,91	55,30	0,018	0,052	2,68	15,58
	<0,15 >0,011	82,34	0,99	66,64	0,015	0,029	0,98	2,78
	<0,011	13,89	12,48	47,10	0,098	0,192	10,73	8,58
	Cabeça Analisada		2,48	63,30	0,021	0,048	2,23	4,03
	Cabeça Calculada		2,66	63,50	0,027	0,053	2,39	4,06
SAP - 07 - RSIB	>0,15	0,09	2,23	51,30	0,502	0,034	2,02	22,09
	<0,15 >0,011	88,45	1,34	60,72	0,432	0,023	1,03	9,88
	<0,011	11,46	8,52	51,80	2,675	0,117	6,11	7,30
	Cabeça Analisada		2,21	60,90	0,748	0,033	1,69	7,97
	Cabeça Calculada		2,16	59,69	0,689	0,034	1,62	9,60

Anexo 8 - Tabela dos resultados granulométricos da fração <0,15 mm, das Minas do Galinheiro (G Sapecado (SAP) e Pico (PIC)).

Descrição da amostra	Peneira (mm)	% Retida simples	Análise Química					
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
Descrição da amostra	Peneira (mm)	% Retida simples	Análise Química					
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
SAP - 08 - SO	>0,15	0,21	6,79	42,50	0,053	0,030	3,69	27,85
	<0,15 >0,011	87,31	0,95	61,12	0,041	0,030	0,74	10,66
	<0,011	12,47	11,47	47,90	0,636	0,279	8,00	8,68
	Cabeça Analisada		1,67	60,80	0,088	0,049	0,16	9,95
	Cabeça Calculada		2,28	59,43	0,115	0,061	1,65	10,45
SAP - 09 - RSIB	>0,15	0,10	0,44	43,10	0,060	0,012	0,38	37,06
	<0,15 >0,011	92,86	0,32	52,84	0,047	0,010	0,22	23,86
	<0,011	7,04	7,57	52,80	1,004	0,147	5,81	9,51
	Cabeça Analisada		0,70	47,30	0,110	0,011	0,59	30,67
	Cabeça Calculada		0,83	52,82	0,115	0,020	0,62	22,87
SAP - 10 - MO	>0,15	0,07	1,69	56,10	0,194	0,060	2,92	13,55
	<0,15 >0,011	77,30	1,31	62,42	0,012	0,073	2,35	7,02
	<0,011	22,63	8,33	53,00	0,052	0,083	9,79	5,24
	Cabeça Analisada		2,78	59,80	0,017	0,124	4,14	7,44
	Cabeça Calculada		2,90	60,28	0,021	0,075	4,03	6,63
SAP - 11 - HO	>0,15	0,06	2,00	62,20	0,121	0,075	3,51	4,74
	<0,15 >0,011	69,63	2,20	65,17	0,033	0,067	3,49	0,83
	<0,011	30,31	4,37	60,40	0,060	0,150	7,31	0,73
	Cabeça Analisada		2,99	63,80	0,035	0,097	4,97	0,80
	Cabeça Calculada		2,86	63,72	0,041	0,092	4,65	0,80
SAP - 12 - MO	>0,15	0,10	0,76	57,30	0,071	0,036	1,32	15,52
	<0,15 >0,011	91,71	0,51	57,25	0,026	0,016	0,80	16,88
	<0,011	8,19	7,22	54,40	0,237	0,237	8,75	4,97
	Cabeça Analisada		1,04	57,40	0,058	0,038	1,67	14,66
	Cabeça Calculada		1,06	57,01	0,043	0,034	1,46	15,90
SAP - 13 - HO	>0,15	0,05	1,51	57,00	0,071	0,060	3,38	13,10
	<0,15 >0,011	76,42	1,71	65,77	0,012	0,068	3,07	0,98
	<0,011	23,52	6,42	56,20	0,032	0,231	10,57	1,18
	Cabeça Analisada		2,59	64,30	0,014	0,100	4,04	0,87
	Cabeça Calculada		2,82	63,51	0,017	0,106	4,83	1,04
SAP - 14 - SO	>0,15	3,28	1,83	64,47	0,014	0,032	1,64	4,21
	<0,15 >0,016	72,49	0,49	68,96	0,012	0,016	0,46	0,28
	<0,016	24,23	1,74	67,23	0,017	0,032	1,49	0,20
	Cabeça Analisada		1,06	68,23	0,012	0,029	1,04	0,50
	Cabeça Calculada		0,84	68,39	0,013	0,020	0,75	0,39
SAP - 15 - RSIB	>0,15	11,54	0,88	59,52	0,018	0,020	0,99	13,46
	<0,15 >0,011	77,80	0,56	59,47	0,016	0,017	0,65	14,02
	<0,011	10,66	7,64	52,63	0,060	0,082	5,76	10,51
	Cabeça Analisada		1,54	63,12	0,016	0,032	1,13	6,96
	Cabeça Calculada		1,35	58,74	0,021	0,025	1,23	13,58
SAP - 16 - SO	>0,15	10,17	0,50	54,05	0,016	0,026	0,63	21,98
	<0,15 >0,011	75,99	0,48	65,66	0,014	0,021	0,47	5,33
	<0,011	13,84	7,47	54,84	0,036	0,109	5,42	7,60
	Cabeça Analisada		1,43	58,17	0,022	0,026	1,33	14,42
	Cabeça Calculada		1,45	62,98	0,017	0,034	1,17	7,34
SAP - 17 - HO	>0,15	6,30	1,09	63,50	0,018	0,048	1,40	6,86
	<0,15 >0,011	66,72	1,08	67,48	0,012	0,027	0,82	1,36
	<0,011	26,98	12,57	49,20	0,023	0,131	6,05	10,23
	Cabeça Analisada		2,45	64,80	0,014	0,050	1,50	2,73
	Cabeça Calculada		4,18	62,30	0,015	0,056	2,27	4,10
SAP - 18 - RSIB	>0,15	0,77	0,57	40,30	0,012	0,030	1,04	41,04
	<0,15 >0,011	87,76	0,60	57,67	0,010	0,027	0,81	16,26
	<0,011	11,46	7,50	55,80	0,037	0,137	6,23	5,98
	Cabeça Analisada		1,33	57,10	0,012	0,039	1,43	15,96
	Cabeça Calculada		1,39	57,32	0,013	0,040	1,44	15,28
SAP - 19 - SO	>0,15	0,38	0,96	51,20	0,016	0,032	1,37	24,82
	<0,15 >0,011	87,11	0,66	64,61	0,015	0,027	0,98	6,24
	<0,011	12,52	6,77	58,50	0,088	0,143	7,35	1,70
	Cabeça Analisada		1,26	62,30	0,023	0,039	1,62	8,25
	Cabeça Calculada		1,42	63,79	0,024	0,042	1,78	5,74
SAP - 20 - HO	>0,15	0,75	1,80	62,30	0,026	0,338	6,53	1,80
	<0,15 >0,009	84,18	0,96	67,24	0,017	0,136	2,36	0,53
	<0,009	15,07	7,95	54,10	0,063	0,629	11,86	0,80
	Cabeça Analisada		0,48	66,30	0,021	0,191	3,91	0,48
	Cabeça Calculada		2,02	65,22	0,024	0,211	3,83	0,58
PIC - 01 - SIB	>0,15	6,57	1,37	41,60	0,010	0,014	0,32	39,00
	<0,15 >0,011	81,60	0,26	42,82	0,010	0,011	0,24	38,05
	<0,011	11,83	1,89	55,50	0,010	0,015	6,60	12,50
	Cabeça Analisada		1,40	39,60	0,010	0,019	0,67	40,89
	Cabeça Calculada		0,53	44,24	0,010	0,011	1,00	35,09

Anexo 8 - Tabela dos resultados granulométricos da fração <0,15 mm, das Minas do Galinheiro (G Sapeçado (SAP) e Pico (PIC)).

Descrição da amostra	Peneira (mm)	% Retida simples	Análise Química					
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
Descrição da amostra	Peneira (mm)	% Retida simples	Análise Química					
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
PIC - 02 - RSIB	>0,15	0,08	0,48	39,70	0,010	0,014	0,24	42,16
	<0,15 >0,011	90,96	0,33	59,05	0,010	0,011	0,19	14,98
	<0,011	8,96	14,12	42,80	0,021	0,066	5,77	18,12
	Cabeça Analisada		1,30	57,90	0,010	0,017	0,53	14,65
	Cabeça Calculada		1,57	57,58	0,011	0,016	0,69	15,28
PIC - 03 - HO	>0,15	0,51	0,47	65,20	0,397	0,055	0,73	4,11
	<0,15 >0,011	86,60	0,23	68,39	0,183	0,047	0,40	1,12
	<0,011	12,89	8,04	48,50	1,964	0,497	7,18	9,50
	Cabeça Analisada		1,09	65,80	0,450	0,109	1,12	2,07
	Cabeça Calculada		1,24	65,81	0,414	0,105	1,27	2,21
PIC - 04 - MO	>0,15	0,59	1,10	67,10	0,104	0,301	0,86	0,88
	<0,15 >0,011	88,36	0,40	68,71	0,152	0,099	0,43	0,39
	<0,011	11,06	11,00	48,90	3,178	1,084	0,29	8,10
	Cabeça Analisada		1,27	67,00	0,498	0,197	1,18	0,95
	Cabeça Calculada		1,58	66,51	0,486	0,209	0,41	1,24
PIC - 05 - MO	>0,15	0,53	0,30	68,50	0,112	0,025	0,49	1,10
	<0,15 >0,009	84,63	0,15	69,10	0,198	0,024	0,35	0,32
	<0,009	14,84	7,09	47,84	5,764	0,610	7,88	4,98
	Cabeça Analisada		1,11	66,10	0,989	0,106	1,31	0,93
	Cabeça Calculada		1,18	65,94	1,024	0,111	1,47	1,02
PIC - 06 - SO	>0,15	0,74	0,22	69,00	0,076	0,017	0,25	0,73
	<0,15 >0,009	87,48	0,23	69,10	0,171	0,025	0,33	0,41
	<0,009	11,78	10,64	44,02	4,387	0,341	8,13	9,54
	Cabeça Analisada		1,57	65,80	0,719	0,066	1,37	1,64
	Cabeça Calculada		1,46	66,14	0,667	0,062	1,25	1,49
PIC - 07 - SO	>0,15	7,41	0,33	68,60	0,082	0,021	0,25	1,14
	<0,15 >0,009	80,68	0,33	68,74	0,085	0,023	0,28	0,76
	<0,009	11,91	12,60	41,59	3,154	0,239	7,78	13,45
	Cabeça Analisada		1,72	65,50	0,441	0,047	1,21	2,13
	Cabeça Calculada		1,79	65,49	0,451	0,049	1,17	2,30
PIC - 08 - SO	>0,15	4,60	0,22	67,60	0,133	0,014	0,33	2,08
	<0,15 >0,009	84,66	0,32	68,58	0,249	0,020	0,35	0,59
	<0,009	10,74	8,55	46,22	6,675	0,421	8,28	8,92
	Cabeça Analisada		1,11	66,20	0,899	0,061	1,22	1,62
	Cabeça Calculada		1,20	66,14	0,934	0,063	1,20	1,55
PIC - 09 - HO	>0,15	0,64	0,89	66,30	0,019	0,059	1,11	3,24
	<0,15 >0,009	90,87	0,80	67,29	0,014	0,037	0,74	1,89
	<0,009	8,49	12,78	43,52	0,130	0,279	7,60	14,29
	Cabeça Analisada		1,82	65,30	0,025	0,060	1,40	2,91
	Cabeça Calculada		1,82	65,27	0,023	0,058	1,32	2,95
PIC - 10 - MO	>0,15	0,48	0,97	62,50	0,058	0,100	1,79	7,68
	<0,15 >0,009	81,32	0,58	66,88	0,062	0,066	0,98	2,61
	<0,009	18,20	7,71	53,84	0,510	0,340	6,05	7,74
	Cabeça Analisada		1,86	64,40	0,137	0,114	2,06	3,69
	Cabeça Calculada		1,88	64,49	0,144	0,116	1,91	3,57
PIC - 11 - SO	>0,15	0,61	0,28	56,00	0,017	0,021	0,38	19,41
	<0,15 >0,009	88,52	0,17	65,92	0,023	0,020	0,26	5,45
	<0,009	10,87	9,28	49,69	0,493	0,245	6,14	10,50
	Cabeça Analisada		1,27	63,60	0,080	0,047	0,95	6,11
	Cabeça Calculada		1,16	64,09	0,074	0,045	0,90	6,08
PIC - 12 - SO	>0,15	1,34	0,48	58,80	0,027	0,022	0,69	14,79
	<0,15 >0,009	85,43	0,22	67,96	0,032	0,021	0,45	2,28
	<0,009	13,23	7,66	53,33	0,660	0,270	6,92	8,04
	Cabeça Analisada		1,33	65,40	0,125	0,060	1,42	3,22
	Cabeça Calculada		1,21	65,90	0,115	0,054	1,31	3,21
PIC - 13 - RSIB	>0,15	5,72	0,15	42,80	0,010	0,014	0,30	38,06
	<0,15 >0,009	86,93	0,11	54,06	0,010	0,013	0,21	22,28
	<0,009	7,35	4,06	57,99	0,058	0,125	4,08	9,72
	Cabeça Analisada		0,43	53,60	0,011	0,023	0,46	22,51
	Cabeça Calculada		0,40	53,71	0,014	0,022	0,50	22,26
PIC - 14 - MO	>0,15	0,32	0,32	68,30	0,032	0,030	0,75	1,14
	<0,15 >0,009	95,25	0,16	69,27	0,023	0,024	0,39	0,28
	<0,009	4,44	6,49	55,70	0,597	0,413	7,54	6,38
	Cabeça Analisada		0,47	68,60	0,047	0,041	0,75	0,63
	Cabeça Calculada		0,44	68,67	0,048	0,041	0,70	0,55
PIC - 15 - SO	>0,15	0,77	0,34	68,40	0,034	0,026	0,40	1,10
	<0,15 >0,009	88,58	0,16	69,18	0,031	0,021	0,27	0,45
	<0,009	10,64	4,27	59,04	0,487	0,249	5,49	4,39
	Cabeça Analisada		0,64	68,00	0,086	0,048	0,67	0,90
	Cabeça Calculada		0,60	68,10	0,080	0,045	0,83	0,88

Anexo 8 - Tabela dos resultados granulométricos da fração <0,15 mm, das Minas do Galinheiro (G Sapecado (SAP) e Pico (PIC)).

Descrição da amostra	Peneira	% Retida simples	Análise Química					
	(mm)		Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
Descrição da amostra	Peneira	% Retida simples	Análise Química					
	(mm)		Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂
PIC - 16 - MO	>0,15	7,43	0,21	69,10	0,031	0,025	0,27	0,58
	<0,15 >0,009	85,74	0,16	69,30	0,040	0,026	0,32	0,35
	<0,009	6,82	4,75	58,50	0,414	0,285	4,08	4,67
	Cabeça Analisada		0,49	68,60	0,066	0,043	0,55	0,65
	Cabeça Calculada		0,48	68,50	0,064	0,043	0,57	0,63
PIC - 17 - HO	>0,15	0,82	0,24	68,20	0,056	0,019	0,46	1,47
	<0,15 >0,009	93,39	0,15	69,00	0,055	0,019	0,35	0,61
	<0,009	5,79	6,21	54,16	1,328	0,306	3,39	6,82
	Cabeça Analisada		0,50	68,20	0,128	0,037	0,62	0,89
	Cabeça Calculada		0,50	68,14	0,129	0,036	0,53	0,98
PIC - 18 - SO	>0,15	7,05	0,52	61,90	0,025	0,031	0,51	10,11
	<0,15 >0,009	78,46	0,53	65,98	0,018	0,025	0,35	4,46
	<0,009	14,49	14,02	37,93	0,296	0,227	8,85	17,89
	Cabeça Analisada		3,09	60,60	0,070	0,066	1,53	7,71
	Cabeça Calculada		2,48	61,63	0,059	0,054	1,59	6,80
PIC - 19 - SO	>0,15	6,98	0,39	65,30	0,030	0,024	0,38	5,40
	<0,15 >0,009	87,99	0,30	67,80	0,041	0,030	0,17	2,29
	<0,009	5,03	18,78	29,51	1,905	0,566	14,45	17,47
	Cabeça Analisada		1,30	65,40	0,145	0,058	1,10	3,36
	Cabeça Calculada		1,23	65,70	0,134	0,057	0,90	3,27
PIC - 20 - RSIB	>0,15	6,20	0,19	40,40	0,010	0,015	0,10	42,20
	<0,15 >0,009	89,20	0,15	49,63	0,010	0,018	0,12	28,88
	<0,009	4,60	12,60	46,46	0,465	0,276	7,55	8,14
	Cabeça Analisada		0,72	49,30	0,030	0,030	0,54	28,31
	Cabeça Calculada		0,73	48,91	0,031	0,029	0,46	28,75
PIC - 21 - SO	>0,15	1,37	0,61	63,70	0,021	0,049	1,30	6,87
	<0,15 >0,009	89,10	0,43	67,21	0,017	0,033	0,54	2,88
	<0,009	9,54	14,47	40,04	0,428	0,388	11,00	13,91
	Cabeça Analisada		1,87	64,50	0,060	0,071	1,58	3,81
	Cabeça Calculada		1,77	64,57	0,056	0,067	1,55	3,99
PIC - 22 - MO	>0,15	0,85	0,26	68,70	0,033	0,029	0,43	0,92
	<0,15 >0,009	90,84	0,22	69,25	0,047	0,028	0,37	0,36
	<0,009	8,31	5,65	55,60	0,729	0,329	5,18	5,53
	Cabeça Analisada		0,68	68,10	0,104	0,053	0,79	0,79
	Cabeça Calculada		0,67	68,15	0,104	0,053	0,77	0,80
PIC - 23 - SO	>0,15	7,02	0,36	64,80	0,033	0,023	0,59	6,49
	<0,15 >0,009	66,22	0,25	67,93	0,039	0,022	0,46	2,18
	<0,009	26,76	9,36	56,50	1,118	0,428	10,53	9,74
	Cabeça Analisada		1,33	65,10	0,150	0,071	1,34	3,36
	Cabeça Calculada		2,69	64,63	0,327	0,131	3,17	4,51
PIC - 24 - MO	>0,15	0,54	0,38	59,20	0,093	0,028	0,49	14,31
	<0,15 >0,009	87,71	0,38	66,23	0,204	0,035	0,52	3,95
	<0,009	11,75	6,52	50,02	4,547	0,438	6,30	6,30
	Cabeça Analisada		1,03	64,40	0,681	0,078	1,45	4,19
	Cabeça Calculada		1,10	64,29	0,713	0,082	1,20	4,28
PIC - 25 - SO	>0,15	3,89	0,29	67,90	0,140	0,028	0,32	2,02
	<0,15 >0,009	90,14	0,17	68,99	0,154	0,025	0,27	0,52
	<0,009	5,97	9,56	42,60	7,142	0,546	9,88	7,08
	Cabeça Analisada		0,72	67,30	0,566	0,055	0,98	0,88
	Cabeça Calculada		0,73	67,38	0,571	0,056	0,84	0,97
PIC - 26 - SO	>0,15	9,32	0,21	64,20	0,018	0,019	0,25	7,85
	<0,15 >0,009	82,85	0,16	66,64	0,028	0,021	0,35	4,10
	<0,009	7,83	7,58	48,51	1,300	0,420	8,99	8,39
	Cabeça Analisada		0,77	65,00	0,146	0,055	1,02	5,08
	Cabeça Calculada		0,74	64,99	0,127	0,052	1,02	4,78

Observação:

OF - Over flow do classificador.

Corte do ciclosizer em 0,009, 0,011e 0,016 mm, dependendo das características do minério, principalmente da umidade.

Anexo 7 - Tabela dos resultados dos testes de mesagem, sem os finos da fração <0,15 mm, das Minas do Galinheiro(GAL), Sapeçado (SAP) e Pico (PIC).

Sapecado (SAP) e Pico (PIC):										
Descrição da amostra	Peneira	% Retida simples	Análise Química						RC SiO2	RM
	(mm)		Al2O3	Fe	Mn	P	PPC	SiO2	SiO2 Conc/SiO2 Alim	
SF - GAL - 01 - RSIB	<6,35 >1,00	53,98	0,36	67,56	0,011	0,011	0,18	2,93		
	<1,00 > 0,15	46,02	0,33	40,35	0,011	0,011	0,16	41,54		
	Conc. da mes.	24,90	0,21	53,25	0,010	0,011	0,18	23,38	0,56	54,11
	SF total	100,00	0,35	55,04	0,011	0,011	0,17	20,70		
	SF conc.	78,88	0,31	63,04	0,011	0,011	0,18	9,39	0,45	78,88
SF - GAL - 02 - SIB	<6,35 >1,00	59,95	0,46	67,90	0,010	0,020	0,42	2,30		
	<1,00 > 0,15	40,05	0,38	46,90	0,010	0,010	0,47	32,38		
	Conc. da mes.	29,04	0,14	59,55	0,010	0,011	0,23	14,54	0,45	72,51
	SF total	100,00	0,43	59,49	0,010	0,016	0,44	14,35		
	SF conc.	88,99	0,36	65,18	0,010	0,017	0,36	6,29	0,44	88,99
SF - GAL - 03 - MO	<6,35 >1,00	78,42	0,91	67,79	0,010	0,030	1,34	0,71		
	<1,00 > 0,15	21,58	0,80	65,89	0,010	0,042	1,69	3,09		
	Conc. da mes.	16,83	0,70	67,78	0,010	0,039	1,30	1,19	0,39	77,99
	SF total	100,00	0,89	67,38	0,010	0,033	1,42	1,22		
	SF conc.	95,25	0,87	67,79	0,010	0,032	1,34	0,79	0,65	95,25
SF - GAL - 04 - HO	<6,35 >1,00	76,09	1,68	65,61	0,016	0,077	2,31	1,17		
	<1,00 > 0,15	23,91	2,15	59,89	0,037	0,109	2,80	8,71		
	Conc. da mes.	21,33	1,78	62,63	0,043	0,098	2,47	5,77	0,66	89,21
	SF total	100,00	1,79	64,25	0,021	0,084	2,43	2,97		
	SF conc.	97,42	1,70	64,96	0,022	0,081	2,35	2,18	0,73	97,42
SF - GAL - 05 - MO	<6,35 >1,00	66,87	0,69	68,40	0,018	0,027	1,04	0,11		
	<1,00 > 0,15	24,97	0,52	68,60	0,018	0,025	0,75	0,35		
	SF total	91,84	0,67	68,41	0,020	0,028	0,99	0,19		
SF - GAL - 06 - MO	<6,35 >1,00	69,72	0,59	68,00	0,010	0,071	0,93	0,43		
	<1,00 > 0,15	20,04	0,91	66,90	0,010	0,073	1,04	1,38		
	SF total	89,76	0,66	67,71	0,010	0,071	0,99	0,77		
SF - GAL - 07 - HO	<6,35 >1,00	77,50	1,31	66,74	0,011	0,077	1,85	1,31		
	<1,00 > 0,15	22,50	2,58	60,03	0,011	0,173	4,21	6,98		
	Conc. da mes.	18,43	1,64	62,66	0,012	0,127	2,63	5,65	0,81	81,91
	SF total	100,00	1,60	65,23	0,011	0,098	2,38	2,58		
	SF conc.	95,93	1,37	65,96	0,011	0,086	2,00	2,14	0,83	95,93
SF - SAP - 01 - RSIB	<6,35 >1,00	72,10	0,78	67,30	0,010	0,013	1,47	1,40		
	<1,00 > 0,15	27,90	0,54	42,90	0,010	0,012	0,48	36,80		
	Conc. da mes.	12,39	0,33	69,20	0,018	0,018	0,19	0,71	0,02	44,41
	SF total	100,00	0,76	58,83	0,010	0,013	1,06	13,74		
	SF Conc.	84,49	0,71	67,58	0,011	0,014	1,28	1,30	0,09	84,49
SF - SAP - 02 - MO	<6,35 >1,00	84,19	0,80	68,27	0,015	0,011	0,49	0,87		
	<1,00 > 0,15	15,81	0,83	63,65	0,020	0,011	0,53	7,45		
	Conc. da mes.	11,23	0,38	68,20	0,014	0,019	0,32	1,95	0,26	71,03
	SF total	100,00	0,86	67,21	0,017	0,012	0,54	2,28		
	SF Conc.	95,42	0,75	68,26	0,015	0,012	0,47	0,99	0,44	95,42
SF - SAP - 03 - MO	<6,35 >1,00	54,67	0,71	68,40	0,010	0,020	1,03	0,28		
	<1,00 > 0,15	22,65	0,64	67,70	0,010	0,026	1,13	1,11		
	SF total	77,32	0,70	68,20	0,010	0,023	1,11	0,50		
SF - SAP - 04 - SO	<6,35 >1,00	54,07	0,69	68,50	0,010	0,037	0,64	0,56		
	<1,00 > 0,15	45,93	0,41	64,00	0,013	0,044	0,56	7,63		
	Conc. da mes.	36,76	0,16	68,10	0,015	0,034	0,48	1,76	0,23	80,03
	SF total	100,00	0,56	66,49	0,011	0,039	0,59	3,72		
	SF Conc.	90,83	0,48	68,34	0,012	0,036	0,58	1,05	0,28	90,83
SF - SAP - 05 - SO	<6,35 >1,00	66,63	1,87	66,85	0,021	0,015	1,14	1,38		
	<1,00 > 0,15	33,37	1,74	60,45	0,019	0,014	1,06	10,89		
	Conc. da mes.	28,71	0,97	66,90	0,020	0,023	0,62	2,44	0,22	86,04
	SF total	100,00	1,87	64,53	0,021	0,015	1,15	4,76		
	SF Conc.	95,34	1,60	66,87	0,021	0,017	0,98	1,70	0,36	95,34
SF - SAP - 06 - HO	<6,35 >1,00	82,41	0,56	68,80	0,010	0,020	0,64	0,41		
	<1,00 > 0,15	17,59	1,62	64,50	0,010	0,044	2,05	3,98		
	Conc. da mes.	14,40	0,68	67,90	0,013	0,031	1,11	0,93	0,23	81,86
	SF total	100,00	0,85	67,81	0,011	0,026	0,99	1,18		
	SF Conc.	96,81	0,58	68,67	0,010	0,022	0,71	0,49	0,41	96,81
SF - SAP - 07 - RSIB	<6,35 >1,00	72,61	1,59	65,60	1,727	0,025	1,28	0,57		
	<1,00 > 0,15	27,39	2,26	58,10	1,567	0,020	1,72	10,21		
	Conc. da mes.	21,63	0,97	65,40	0,853	0,023	0,70	3,69	0,36	78,97
	SF total	100,00	1,77	63,21	1,596	0,024	1,39	3,80		
	SF Conc.	94,24	1,45	65,55	1,526	0,025	1,15	1,29	0,34	94,24
SF - SAP - 08 - SO	<6,35 >1,00	75,61	1,55	67,10	0,044	0,022	0,89	1,13		
	<1,00 > 0,15	24,39	2,90	60,90	0,055	0,028	1,83	7,55		
	Conc. da mes.	20,04	1,35	66,40	0,099	0,028	0,84	2,94	0,39	82,16
	SF total	100,00	1,88	65,33	0,048	0,025	1,14	3,04		
	SF Conc.	95,65	1,51	66,95	0,056	0,023	0,88	1,51	0,50	95,65
SF - SAP - 09 - RSIB	<6,35 >1,00	66,61	0,23	68,90	0,017	0,011	0,17	0,89		
	<1,00 > 0,15	33,39	0,24	58,40	0,023	0,012	0,26	15,65		
	Conc. da mes.	29,08	0,45	63,00	0,030	0,022	0,22	9,14	0,58	87,09
	SF total	100,00	0,25	64,38	0,022	0,012	0,23	7,27		
	SF Conc.	95,69	0,30	67,11	0,021	0,014	0,19	3,40	0,47	95,69
SF - SAP - 10 - MO	<6,35 >1,00	70,66	1,01	66,60	0,028	0,062	2,41	1,23		
	<1,00 > 0,15	29,34	1,55	60,80	0,031	0,102	3,56	7,35		
	Conc. da mes.	21,55	0,62	67,80	0,021	0,051	1,35	1,23	0,17	73,45
	SF total	100,00	1,23	64,71	0,029	0,077	2,81	3,15		
	SF Conc.	92,21	0,92	66,88	0,026	0,059	2,16	1,23	0,39	92,21

Descrição da amostra	Peneira (mm)	% Retida simples	Análise Química						RC SiO2		RM
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂	SiO ₂ Conc/SiO ₂ Alim		
SF - SAP - 11 - HO	<6,35 >1,00	68,84	2,17	65,30	0,043	0,075	3,99	0,29			
	<1,00 > 0,15	23,27	3,20	60,80	0,063	0,122	6,58	2,52			
	SF total	92,11	2,48	64,13	0,047	0,088	4,68	0,83			
SF - SAP - 12 - MO	<6,35 >1,00	64,57	0,39	69,00	0,028	0,011	0,48	0,67			
	<1,00 > 0,15	35,43	0,34	65,30	0,042	0,011	0,55	5,85		1,10	87,69
	Conc. da mes.	31,07	0,25	64,80	0,015	0,018	0,30	6,44			
	SF total	100,00	0,41	67,22	0,034	0,012	0,56	3,08		0,83	95,64
	SF Conc.	95,64	0,34	67,64	0,024	0,013	0,42	2,54			
SF - SAP - 13 - HO	<6,35 >1,00	71,80	1,16	67,48	0,015	0,049	2,18	0,22			
	<1,00 > 0,15	23,37	2,65	63,76	0,014	0,106	5,20	0,76			
	SF Total	95,17	1,59	66,42	0,015	0,065	3,05	0,36			
SF - SAP - 14 - SO	<6,35 >1,00	74,32	2,19	66,92	0,010	0,022	1,66	0,31			
	<1,00 > 0,15	25,68	1,36	66,54	0,012	0,025	1,64	1,94		1,24	48,21
	Conc. da mes.	12,38	0,88	67,05	0,016	0,028	0,91	2,40			
	SF total	100,00	2,00	66,77	0,011	0,023	1,69	0,76		0,81	86,70
	SF Conc.	86,70	2,01	66,94	0,011	0,023	1,55	0,61			
SF - SAP - 15 - RSIB	<6,35 >1,00	65,30	0,80	68,03	0,013	0,024	0,70	1,17			
	<1,00 > 0,15	34,70	0,71	61,67	0,016	0,014	1,02	10,35		1,30	48,16
	Conc. da mes.	16,71	0,44	59,99	0,017	0,015	0,74	13,48			
	SF total	100,00	0,79	65,53	0,014	0,020	0,84	4,74		0,78	82,01
	SF Conc.	82,01	0,72	66,39	0,014	0,022	0,71	3,68			
SF - SAP - 16 - SO	<6,35 >1,00	64,27	0,61	68,58	0,015	0,016	0,61	0,72			
	<1,00 > 0,15	35,73	0,61	65,58	0,017	0,027	0,92	4,84		1,26	71,76
	Conc. da mes.	25,64	0,40	65,10	0,017	0,022	0,69	6,11			
	SF total	100,00	0,65	67,35	0,016	0,020	0,73	2,35		0,96	89,91
	SF Conc.	89,91	0,55	67,59	0,015	0,018	0,63	2,26			
SF - SAP - 17 - HO	<6,35 >1,00	74,93	1,18	67,75	0,021	0,041	1,08	0,98			
	<1,00 > 0,15	25,07	1,28	63,75	0,021	0,055	1,54	6,06		0,59	78,78
	Conc. da mes.	19,75	0,98	65,99	0,023	0,046	1,22	3,60			
	SF total	100,00	1,23	66,74	0,021	0,045	1,20	2,22		0,69	94,68
	SF Conc.	94,68	1,14	67,38	0,022	0,042	1,11	1,53			
SF - SAP - 18 - RSIB	<6,35 >1,00	62,87	0,80	67,70	0,013	0,022	1,00	1,50			
	<1,00 > 0,15	37,13	0,96	56,11	0,019	0,028	1,65	17,35		1,36	77,92
	Conc. da mes.	28,93	0,59	52,52	0,012	0,033	1,11	23,52			
	SF total	100,00	0,87	63,35	0,015	0,025	1,27	7,43		1,14	91,80
	SF Conc.	91,80	0,73	62,92	0,013	0,025	1,04	8,44			
SF - SAP - 19 - SO	<6,35 >1,00	63,40	1,38	66,89	0,016	0,022	1,78	1,44			
	<1,00 > 0,15	36,60	1,04	62,50	0,014	0,023	1,49	8,39		1,18	73,36
	Conc. da mes.	26,85	0,73	61,95	0,018	0,029	1,12	9,89			
	SF total	100,00	1,28	65,31	0,016	0,023	1,66	3,93		1,01	90,25
	SF Conc.	90,25	1,18	65,42	0,017	0,024	1,58	3,95			
SF - SAP - 20 - HO	<6,35 >1,00	78,19	1,14	67,32	0,019	0,131	2,33	0,22			
	<1,00 > 0,15	21,81	0,56	64,95	0,021	0,291	5,46	0,56		1,05	78,77
	Conc. da mes.	17,18	1,80	65,00	0,038	0,203	3,96	0,59			
	SF total	100,00	1,00	66,78	0,020	0,168	3,04	0,30		0,97	95,37
	SF Conc.	95,37	1,26	66,90	0,022	0,144	2,62	0,29			
SF - PIC - 01 - SIB	<6,35 >1,00	44,08	0,43	64,90	0,010	0,013	0,26	5,97			
	<1,00 > 0,15	55,92	0,35	51,90	0,010	0,011	0,24	24,77		0,70	79,45
	Conc. da mes.	44,43	0,14	57,80	0,010	0,028	0,11	17,22			
	SF total	100,00	0,39	57,62	0,010	0,010	0,25	16,49		0,70	88,51
	SF conc.	88,51	0,28	61,32	0,010	0,020	0,18	11,52			
SF - PIC - 02 - RSIB	<6,35 >1,00	45,73	1,05	66,30	0,022	0,012	0,50	3,01			
	<1,00 > 0,15	54,27	0,47	65,20	0,010	0,010	0,28	5,51		0,68	78,40
	Conc. da mes.	42,55	0,22	67,10	0,012	0,010	0,33	3,72			
	SF total	100,00	0,74	65,73	0,020	0,010	0,38	4,37		0,77	88,28
	SF conc.	88,28	0,65	66,68	0,020	0,010	0,42	3,36			
SF - PIC - 03 - HO	<6,35 >1,00	84,60	0,33	68,85	0,240	0,035	0,53	0,41			
	<1,00 > 0,15	15,40	0,46	67,42	0,491	0,047	0,70	1,11		1,03	82,73
	Conc. da mes.	12,74	0,48	67,69	0,382	0,045	0,41	1,15			
	SF total	100,00	0,35	68,63	0,279	0,036	0,56	0,52		0,98	97,34
	SF conc.	97,34	0,35	68,70	0,259	0,036	0,51	0,50			
SF - PIC - 04 - MO	<6,35 >1,00	87,90	0,58	68,42	0,069	0,119	0,57	0,43			
	<1,00 > 0,15	12,10	0,71	67,97	0,059	0,177	0,70	0,59		0,71	77,85
	Conc. da mes.	9,42	0,42	68,75	0,067	0,081	0,33	0,42			
	SF total	100,00	0,60	68,37	0,068	0,126	0,58	0,45		0,95	97,32
	SF conc.	97,32	0,56	68,46	0,069	0,115	0,54	0,43			
SF - PIC - 05 - MO	<6,35 >1,00	66,58	0,29	68,96	0,131	0,028	0,31	0,44			
	<1,00 > 0,15	33,42	0,18	69,03	0,128	0,021	0,22	0,57		0,65	84,14
	Conc. da mes.	28,12	0,15	69,25	0,105	0,016	0,22	0,37			
	SF total	100,00	0,26	68,98	0,130	0,026	0,28	0,48		0,87	94,70
	SF conc.	94,70	0,25	69,05	0,123	0,025	0,28	0,42			
SF - PIC - 06 - SO	<6,35 >1,00	75,03	0,46	68,73	0,077	0,017	0,34	0,62			
	<1,00 > 0,15	24,97	0,29	68,90	0,075	0,016	0,32	0,59		0,78	81,98
	Conc. da mes.	20,47	0,23	69,17	0,061	0,013	0,26	0,46			
	SF total	100,00	0,42	68,77	0,077	0,017	0,34	0,61		0,96	95,50
	SF conc.	95,50	0,41	68,83	0,074	0,016	0,33	0,59			
SF - PIC - 07 - SO	<6,35 >1,00	69,53	0,40	68,76	0,071	0,013	0,32	0,60			
	<1,00 > 0,15	30,47	0,20	68,69	0,065	0,011	0,22	0,65		0,78	82,74
	Conc. da mes.	25,21	0,18	69,01	0,058	0,016	0,20	0,50			
	SF total	100,00	0,34	68,74	0,069	0,012	0,29	0,62		0,94	94,74
	SF conc.	94,74	0,34	68,83	0,067	0,014	0,28	0,58			

Descrição da amostra	Peneira (mm)	% Retida simples	Análise Química						RC SiO2		RM
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂	SiO ₂ Conc/SiO ₂ Alim		
SF - PIC - 08 - SO	<6,35 >1,00	68,45	0,26	68,95	0,105	0,026	0,29	0,50			
	<1,00 > 0,15	31,55	0,23	68,66	0,085	0,027	0,24	0,98	0,73		72,58
	Conc. da mes.	22,90	0,18	68,71	0,069	0,010	0,19	0,72			
	SF total	100,00	0,25	68,86	0,099	0,026	0,27	0,65	0,85		91,35
	SF conc.	91,35	0,24	68,89	0,096	0,022	0,26	0,55			
SF - PIC - 09 - HO	<6,35 >1,00	75,32	0,60	68,39	0,011	0,033	0,66	0,80			
	<1,00 > 0,15	24,68	0,86	67,27	0,013	0,051	0,99	1,71	0,65		74,55
	Conc. da mes.	18,40	0,66	68,08	0,012	0,041	0,82	1,11			
	SF total	100,00	0,67	68,12	0,011	0,038	0,74	1,02	0,84		93,72
	SF conc.	93,72	0,61	68,33	0,011	0,035	0,69	0,86			
SF - PIC - 10 - MO	<6,35 >1,00	71,11	0,76	67,47	0,034	0,074	1,26	1,46			
	<1,00 > 0,15	28,89	0,88	64,64	0,047	0,096	1,54	4,84	0,38		73,10
	Conc. da mes.	21,12	0,72	67,12	0,036	0,081	1,49	1,84			
	SF total	100,00	0,79	66,65	0,038	0,080	1,34	2,44	0,64		92,23
	SF conc.	92,23	0,75	67,39	0,035	0,075	1,31	1,55			
SF - PIC - 11 - SO	<6,35 >1,00	64,75	0,37	68,10	0,023	0,021	0,35	1,74			
	<1,00 > 0,15	35,25	0,26	64,99	0,019	0,019	0,28	6,49	0,45		75,69
	Conc. da mes.	26,68	0,24	67,53	0,015	0,015	0,29	2,91			
	SF total	100,00	0,33	67,00	0,021	0,020	0,32	3,41	0,61		91,43
	SF conc.	91,43	0,33	67,93	0,020	0,019	0,33	2,08			
SF - PIC - 12 - SO	<6,35 >1,00	73,27	0,32	68,52	0,013	0,018	0,38	1,26			
	<1,00 > 0,15	26,73	0,26	63,23	0,016	0,020	0,39	8,88	0,31		81,00
	Conc. da mes.	21,65	0,21	67,75	0,011	0,012	0,28	2,71			
	SF total	100,00	0,30	67,11	0,014	0,019	0,38	3,30	0,48		94,92
	SF conc.	94,92	0,29	68,35	0,013	0,017	0,36	1,59			
SF - PIC - 13 - RSIB	<6,35 >1,00	67,86	0,23	65,17	0,019	0,016	0,81	5,17			
	<1,00 > 0,15	32,14	0,40	57,14	0,043	0,015	0,47	17,21	0,64		83,95
	Conc. da mes.	26,98	0,33	61,62	0,030	0,014	0,39	11,01			
	SF total	100,00	0,29	62,59	0,027	0,016	0,70	9,04	0,76		94,84
	SF conc.	94,84	0,26	64,16	0,022	0,016	0,69	6,83			
SF - PIC - 14 - MO	<6,35 >1,00	82,04	0,20	69,20	0,012	0,019	0,53	0,33			
	<1,00 > 0,15	17,96	0,24	68,69	0,019	0,026	0,50	1,06	0,68		79,62
	Conc. da mes.	14,30	0,22	69,03	0,016	0,022	0,41	0,72			
	SF total	100,00	0,21	69,11	0,013	0,020	0,53	0,46	0,84		96,34
	SF conc.	96,34	0,20	69,17	0,012	0,019	0,52	0,39			
SF - PIC - 15 - SO	<6,35 >1,00	38,72	0,26	69,07	0,015	0,018	0,31	0,40			
	<1,00 > 0,15	61,28	0,26	69,07	0,019	0,020	0,29	0,48	1,20		79,52
	Conc. da Mesagem	48,73	0,27	68,87	0,018	0,021	0,25	0,58			
	SF Total	100,00	0,26	69,07	0,017	0,019	0,30	0,45	1,11		87,45
	SF Concentrado	87,45	0,27	68,96	0,016	0,020	0,28	0,50			
SF - PIC - 16 - MO	<6,35 >1,00	80,27	0,27	69,17	0,022	0,023	0,36	0,43			
	<1,00 > 0,15	19,73	0,40	68,95	0,028	0,029	0,34	0,63	0,86		77,29
	Conc. da mes.	15,25	0,24	69,03	0,023	0,022	0,24	0,54			
	SF total	100,00	0,29	69,13	0,023	0,024	0,35	0,47	0,95		95,52
	SF conc.	95,52	0,26	69,15	0,022	0,023	0,34	0,44			
SF - PIC - 17 - HO	<6,35 >1,00	82,87	0,26	69,02	0,043	0,017	0,31	0,39			
	<1,00 > 0,15	17,13	0,26	68,75	0,054	0,019	0,31	0,73	0,71		80,68
	Conc. da mes.	13,82	0,24	69,02	0,047	0,017	0,19	0,52			
	SF total	100,00	0,26	68,97	0,045	0,017	0,31	0,45	0,91		96,69
	SF conc.	96,69	0,26	69,02	0,044	0,017	0,29	0,41			
SF - PIC - 18 - SO	<6,35 >1,00	61,75	0,34	68,44	0,021	0,021	0,59	1,19			
	<1,00 > 0,15	38,25	0,34	66,68	0,024	0,024	0,49	3,55	0,60		75,74
	Conc. da mes.	28,97	0,31	67,79	0,022	0,022	0,43	2,13			
	SF total	100,00	0,34	67,77	0,022	0,022	0,55	2,09	0,71		90,72
	SF conc.	90,72	0,33	68,23	0,022	0,021	0,54	1,49			
SF - PIC - 19 - SO	<6,35 >1,00	73,64	0,55	68,47	0,016	0,021	0,59	0,87			
	<1,00 > 0,15	26,36	0,43	68,30	0,022	0,022	0,46	1,41	0,86		89,57
	Conc. da mes.	23,61	0,39	68,57	0,015	0,022	0,33	1,22			
	SF total	100,00	0,52	68,43	0,018	0,021	0,56	1,02	0,94		97,25
	SF conc.	97,25	0,51	68,50	0,016	0,021	0,53	0,96			
SF - PIC - 20 - RSIB	<6,35 >1,00	75,51	0,43	66,79	0,010	0,020	0,35	3,55			
	<1,00 > 0,15	24,49	0,34	64,52	0,010	0,022	0,30	7,04	1,26		87,59
	Conc. da mes.	21,45	0,28	63,30	0,010	0,015	0,20	8,83			
	SF total	100,00	0,41	66,24	0,010	0,021	0,34	4,41	1,07		96,96
	SF conc.	96,96	0,39	66,02	0,010	0,019	0,32	4,72			
SF - PIC - 21 - SO	<6,35 >1,00	71,46	0,54	68,47	0,010	0,032	0,71	0,90			
	<1,00 > 0,15	28,54	0,48	67,35	0,013	0,038	0,80	2,41	0,63		91,45
	Conc. da mes.	26,10	0,40	68,15	0,012	0,030	0,53	1,51			
	SF total	100,00	0,53	68,15	0,011	0,034	0,74	1,33	0,80		97,56
	SF conc.	97,56	0,51	68,39	0,010	0,031	0,66	1,07			
SF - PIC - 22 - MO	<6,35 >1,00	80,88	0,28	69,14	0,023	0,025	0,34	0,43			
	<1,00 > 0,15	19,12	0,25	68,79	0,030	0,029	0,40	0,95	0,52		79,81
	Conc. da mes.	15,26	0,22	69,09	0,023	0,019	0,29	0,49			
	SF total	100,00	0,28	69,07	0,024	0,025	0,35	0,53	0,83		96,14
	SF conc.	96,14	0,27	69,13	0,023	0,024	0,33	0,44			
SF - PIC - 23 - SO	<6,35 >1,00	69,20	0,39	68,02	0,025	0,022	0,71	1,63			
	<1,00 > 0,15	30,80	0,37	65,21	0,041	0,025	0,66	5,65	0,42		75,36
	Conc. da mes.	23,21	0,31	67,74	0,029	0,020	0,43	2,38			
	SF total	100,00	0,38	67,15	0,030	0,023	0,70	2,87	0,63		92,41
	SF conc.	92,41	0,37	67,95	0,026	0,021	0,64	1,82			

Descrição da amostra	Peneira	% Retida simples	Análise Química						RC SiO2		RM
	(mm)		Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂	SiO ₂ Conc/SiO ₂ Alim		
SF - PIC - 24 - MO	<6,35 >1,00	66,55	0,44	67,80	0,078	0,032	0,49	1,97			
	<1,00 > 0,15	33,45	0,40	63,94	0,091	0,031	0,53	7,38			
	Conc. da mes.	26,06	0,35	66,93	0,081	0,081	0,38	3,16	0,43	77,91	
	SF total	100,00	0,43	66,51	0,082	0,032	0,50	3,78			
	SF conc.	92,61	0,41	67,55	0,079	0,046	0,46	2,31	0,61	92,61	
SF - PIC - 25 - SO	<6,35 >1,00	73,12	0,40	69,01	0,068	0,031	0,18	0,54			
	<1,00 > 0,15	26,88	0,26	69,07	0,082	0,022	0,10	0,69			
	Conc. da mes.	22,96	0,22	69,20	0,060	0,018	0,16	0,63	0,91	85,42	
	SF total	100,00	0,37	69,02	0,072	0,029	0,16	0,58			
	SF conc.	96,08	0,36	69,05	0,066	0,028	0,18	0,56	0,97	96,08	
SF - PIC - 26 - SO	<6,35 >1,00	63,09	0,35	68,57	0,043	0,022	0,40	1,17			
	<1,00 > 0,15	36,91	0,26	66,30	0,018	0,020	0,32	4,36			
	Conc. da mes.	32,74	0,25	67,66	0,016	0,021	0,23	2,64	0,61	88,70	
	SF total	100,00	0,32	67,73	0,033	0,021	0,37	2,35			
	SF conc.	95,83	0,32	68,26	0,033	0,022	0,34	1,68	0,71	95,83	

Observações:

Relação de concentração de SiO₂ - SiO₂ alim. / SiO₂ conc.

RM - Recuperação mássica do concentrado da mensagem e sinter feed total.

Amostras GAL (05 e 06) e SAP (03, 11 e 13), sem testes de concentração por mensagem, pelo baixo teor de SiO₂.

Anexo 9 - Tabela dos resultados dos Testes de flotação da fração <0,15 mm, das Minas do Galinheiro (GAL), Sapecado (SAP) e Pico (PIC).

Descrição da Amostra	Tipo de material	% Retida simples	Análise Química						RC SiO ₂	RC Al ₂ O ₃	RM
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂			
OF - GAL - 01 - RSIB	Alim. da deslam.	100,00	1,61	29,80	0,010	0,015	0,61	56,00	0,98	0,70	97,37
	Lama	2,67	22,74	21,90	0,038	0,195	10,11	32,67			
	Alim. da flot.	97,37	1,13	30,00	0,010	0,010	0,26	54,70			
	Concentrado	52,61	0,32	38,90	0,010	0,010	0,22	43,73	0,80	0,28	51,23
	Flotado 01	22,39	2,18	10,60	0,010	0,013	0,87	80,10			
	Flotado 02	25,00	1,15	10,30	0,085	0,011	0,49	82,20			
OF - GAL - 02 - SIB	Alim. da deslam.	100,00	0,65	44,40	0,010	0,016	0,47	34,87	1,03	0,62	98,00
	Lama	2,00	14,49	37,20	0,058	0,325	8,80	23,12			
	Alim. da flot.	98,00	0,40	44,60	0,010	0,010	0,22	35,88			
	Concentrado	53,47	0,25	68,90	0,010	0,014	0,33	1,07	0,03	0,63	52,40
	Flotado 01	28,99	0,53	14,50	0,010	0,010	0,38	76,70			
	Flotado 02	17,54	0,48	20,35	0,010	0,010	0,31	70,00			
OF - GAL - 03 - MO	Alim. da deslam.	100,00	0,93	67,60	0,010	0,047	1,77	0,83	0,77	0,49	93,51
	Lama	6,49	7,78	53,30	0,020	0,349	12,63	1,56			
	Alim. da flot.	93,51	0,46	68,50	0,010	0,028	0,83	0,64			
	Concentrado	96,37	0,46	68,90	0,010	0,030	0,95	0,14	0,22	1,00	90,11
	Flotado 01	1,97	0,62	49,30	0,010	0,022	0,83	27,33			
	Flotado 02	1,66	0,56	66,00	0,010	0,027	1,07	3,68			
OF - GAL - 04 - HO	Alim. da deslam.	100,00	1,93	63,50	0,022	0,113	3,37	2,80	1,24	0,62	84,21
	Lama	15,79	8,84	50,70	0,072	0,459	12,77	2,52			
	Alim. da flot.	84,21	1,20	65,30	0,011	0,058	1,49	3,47			
	Concentrado	93,26	1,03	67,40	0,013	0,055	1,69	0,30	0,09	0,86	78,53
	Flotado 01	5,46	1,54	30,00	0,017	0,040	1,64	53,20			
	Flotado 02	1,28	1,88	44,80	0,018	0,058	2,49	30,47			
OF - GAL - 05 - MO	Alim. da deslam.	100,00	0,75	68,10	0,044	0,046	1,29	0,58	0,91	0,47	93,98
	Lama	6,02	6,93	53,80	0,407	0,552	11,87	0,83			
	Alim. da flot.	93,98	0,35	69,00	0,015	0,017	0,44	0,53			
	Concentrado	94,76	0,35	69,40	0,015	0,016	0,47	0,12	0,23	1,00	89,06
	Flotado 01	3,05	0,47	61,20	0,019	0,020	0,69	11,62			
	Flotado 02	2,19	0,44	67,30	0,022	0,023	0,75	2,56			
OF - GAL - 06 - MO	Alim. da deslam.	100,00	0,72	67,50	0,010	0,058	1,49	3,47	0,64	0,67	92,41
	Lama	7,59	5,60	54,00	0,039	0,475	12,90	1,67			
	Alim. da flot.	92,41	0,48	67,20	0,010	0,040	0,87	2,23			
	Concentrado	96,80	0,41	68,70	0,010	0,037	0,87	0,58	0,26	0,85	89,45
	Flotado 01	2,08	0,71	27,50	0,010	0,024	0,92	59,00			
	Flotado 02	1,12	0,73	41,10	0,010	0,037	1,33	39,00			
OF - GAL - 07 - HO	Alim. da deslam.	100,00	3,46	54,00	0,010	0,223	5,34	13,11	1,31	0,47	76,63
	Lama	23,37	9,16	49,30	0,020	0,663	13,58	3,11			
	Alim. da flot.	76,63	1,62	54,90	0,010	0,119	2,52	17,19			
	Concentrado	86,08	1,72	61,10	0,010	0,140	2,82	7,84	0,46	1,06	65,96
	Flotado 01	9,12	1,51	15,60	0,010	0,038	1,09	75,00			
	Flotado 02	4,79	1,30	19,20	0,010	0,050	1,21	69,90			
OF - SAP - 01 - RSIB	Alim. da deslam.	100,00	2,06	53,90	0,013	0,014	1,03	19,10	0,93	0,29	94,99
	Lama	5,01	29,49	16,10	0,136	0,127	11,79	33,21			
	Alim. da flot.	94,99	0,59	57,10	0,010	0,010	0,27	17,81			
	Concentrado	61,18	0,30	69,07	0,011	0,010	0,18	0,52	0,03	0,51	58,12
	Flotado 01	24,66	1,00	27,48	0,010	0,010	0,53	59,20			
	Flotado 02	14,15	1,10	51,12	0,010	0,010	0,52	25,40			
OF - SAP - 02 - MO	Alim. da deslam.	100,00	0,75	64,20	0,018	0,019	0,58	6,52	1,00	0,56	97,70
	Lama	2,30	15,60	44,00	0,325	0,461	12,90	4,48			
	Alim. da flot.	97,70	0,42	64,80	0,010	0,010	0,40	6,50			
	Concentrado	86,32	0,44	69,10	0,010	0,010	0,35	0,28	0,04	1,05	84,34
	Flotado 01	10,14	0,33	29,50	0,010	0,010	0,34	57,40			
	Flotado 02	3,54	0,53	53,30	0,010	0,010	0,55	23,02			
OF - SAP - 03 - MO	Alim. da deslam.	100,00	0,54	68,40	0,010	0,022	0,94	0,46	0,98	0,67	96,44
	Lama	3,56	7,16	53,50	0,050	0,310	12,99	1,04			
	Alim. da flot.	96,44	0,36	69,10	0,010	0,013	0,57	0,45			
	Concentrado	96,69	0,30	69,40	0,010	0,012	0,55	0,24	0,53	0,83	93,25
	Flotado 01	1,69	0,88	60,60	0,010	0,013	0,97	11,48			
	Flotado 02	1,62	0,51	67,80	0,010	0,014	0,98	1,44			
OF - SAP - 04 - SO	Alim. da deslam.	100,00	0,43	67,90	0,010	0,019	0,45	1,76	0,93	0,44	98,38
	Lama	1,62	16,52	36,50	0,054	0,390	9,62	16,34			
	Alim. da flot.	98,38	0,19	68,60	0,010	0,015	0,20	1,63			
	Concentrado	96,69	0,20	69,60	0,010	0,019	0,17	0,22	0,13	1,05	95,12
	Flotado 01	2,73	0,98	28,80	0,010	0,018	0,44	57,50			
	Flotado 02	0,59	0,91	63,30	0,010	0,016	0,65	7,42			

Descrição da Amostra	Tipo de material	% Retida simples	Análise Química						RC SiO ₂	RC Al ₂ O ₃	RM
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂			
OF - SAP - 05 - SO	Alim. da deslam.	100,00	0,39	68,20	0,017	0,014	0,39	1,38	0,91	0,79	98,88
	Lama	1,12	12,78	44,80	0,680	0,320	9,47	9,94			
	Alim. da flot.	98,88	0,31	68,60	0,010	0,010	0,21	1,26			
	Concentrado	96,20	0,29	69,40	0,010	0,011	0,25	0,25	0,20	0,94	95,12
	Flotado 01	2,69	0,35	44,50	0,010	0,010	0,32	36,09			
OF - SAP - 06 - HO	Flotado 02	1,11	0,34	65,70	0,022	0,010	0,40	5,22	0,78	0,42	89,35
	Alim. da deslam.	100,00	2,48	63,30	0,021	0,048	2,23	4,03			
	Lama	10,65	14,22	42,70	0,109	0,280	12,26	10,42			
	Alim. da flot.	89,35	1,03	66,20	0,010	0,023	1,03	3,13	0,08	0,92	82,46
	Concentrado	92,29	0,95	68,30	0,010	0,026	1,04	0,24			
OF - SAP - 07 - RSIB	Flotado 01	6,03	2,15	33,00	0,010	0,020	1,35	49,80			
	Flotado 02	1,68	2,41	60,70	0,010	0,029	1,87	8,83	1,06	0,76	94,07
	Alim. da deslam.	100,00	2,21	60,90	0,748	0,033	1,69	7,97			
	Lama	5,93	20,51	32,80	6,114	0,241	11,99	11,09			
	Alim. da flot.	94,07	1,67	61,20	0,431	0,020	1,01	8,45	0,05	1,07	83,04
OF - SAP - 08 - SO	Concentrado	88,27	1,79	66,80	0,479	0,022	1,21	0,40			
	Flotado 01	11,73	1,17	18,00	0,121	0,010	0,71	71,54	1,11	0,66	95,07
	Alim. da deslam.	100,00	1,67	60,80	0,088	0,049	0,16	9,95			
	Lama	4,93	19,81	36,30	1,346	0,528	12,69	11,41			
	Alim. da flot.	95,07	1,11	60,60	0,045	0,022	0,77	11,01	0,94	0,91	89,04
OF - SAP - 09 - RSIB	Concentrado	93,66	1,01	61,20	0,033	0,021	0,76	10,40			
	Flotado 01	6,34	1,93	56,50	0,047	0,026	1,30	15,46	0,81	0,54	94,85
	Alim. da deslam.	100,00	0,70	47,30	0,110	0,011	0,59	30,67			
	Lama	5,15	15,70	38,80	2,231	0,272	10,50	13,62			
	Alim. da flot.	94,85	0,38	52,20	0,038	0,010	0,35	24,69	0,81	0,53	81,57
OF - SAP - 10 - MO	Concentrado	86,00	0,20	55,80	0,036	0,010	0,31	19,91			
	Flotado 01	14,00	1,26	31,90	0,034	0,010	0,69	52,23	0,90	0,47	79,62
	Alim. da deslam.	100,00	2,78	59,80	0,017	0,124	4,14	7,44			
	Lama	20,38	11,95	48,00	0,051	0,416	12,94	5,26			
	Alim. da flot.	79,62	1,31	63,00	0,012	0,060	1,96	6,70	1,10	0,95	74,74
OF - SAP - 11 - HO	Concentrado	93,87	1,25	62,60	0,011	0,058	1,96	7,35			
	Flotado 01	6,13	3,08	62,30	0,012	0,081	3,27	4,37	1,06	0,76	79,63
	Alim. da deslam.	100,00	2,99	63,80	0,035	0,097	4,97	0,80			
	Lama	20,37	8,96	54,30	0,048	0,258	11,92	0,93			
	Alim. da flot.	79,63	2,27	65,50	0,015	0,057	2,90	0,85	1,04	1,09	67,95
OF - SAP - 12 - MO	Concentrado	85,33	2,47	65,50	0,015	0,060	3,08	0,88			
	Flotado 01	14,67	1,94	66,10	0,011	0,049	2,42	1,18	1,15	0,62	93,85
	Alim. da deslam.	100,00	1,04	57,40	0,058	0,038	1,67	14,66			
	Lama	6,15	11,47	48,10	0,448	0,329	12,22	5,60			
	Alim. da flot.	93,85	0,64	57,40	0,017	0,016	0,72	16,81	0,70	1,00	83,57
OF - SAP - 13 - HO	Concentrado	89,04	0,64	60,90	0,016	0,016	0,78	11,77			
	Flotado 01	10,96	0,94	40,50	0,020	0,020	1,03	40,33	1,36	0,60	72,86
	Alim. da deslam.	100,00	2,59	64,30	0,014	0,100	4,04	0,87			
	Lama	27,14	7,24	56,30	0,023	0,235	10,55	0,80			
	Alim. da flot.	72,86	1,55	66,40	0,010	0,052	2,52	1,18	0,97	1,06	62,99
OF - SAP - 14 - SO	Concentrado	86,45	1,64	66,10	0,010	0,056	2,70	1,15			
	Flotado 01	13,55	1,12	66,50	0,010	0,040	1,89	1,68	0,84	0,56	95,80
	Alim. da deslam.	100,00	1,06	68,23	0,012	0,029	1,04	0,50			
	Lama	4,20	12,70	51,33	0,052	0,269	12,05	0,80			
	Alim. da flot.	95,80	0,59	69,00	0,012	0,016	0,53	0,42	0,62	0,97	91,12
OF - SAP - 15 - RSIB	Concentrado	95,12	0,57	69,13	0,013	0,017	0,61	0,26			
	Flotado 01	4,88	0,81	65,96	0,011	0,017	0,76	4,15	1,98	0,40	94,13
	Alim. da deslam.	100,00	1,54	63,12	0,016	0,032	1,13	6,96			
	Lama	5,87	14,74	38,70	0,108	0,167	11,35	17,16			
	Alim. da flot.	94,13	0,61	59,77	0,017	0,014	0,68	13,81	0,05	0,93	72,47
OF - SAP - 16 -SO	Concentrado	76,99	0,57	68,84	0,020	0,015	0,75	0,64			
	Flotado 01	23,01	1,01	29,85	0,012	0,012	0,65	56,31	0,39	0,46	94,13
	Alim. da deslam.	100,00	1,43	58,17	0,022	0,026	1,33	14,42			
	Lama	5,87	12,54	44,61	0,058	0,209	10,19	12,00			
	Alim. da flot.	94,13	0,66	65,12	0,015	0,019	0,59	5,69	0,25	0,58	80,44
OF - SAP - 17 - HO	Concentrado	85,46	0,38	68,55	0,017	0,018	0,56	1,43			
	Flotado 01	14,54	1,96	48,96	0,013	0,017	1,01	27,16	0,57	0,38	91,21
	Alim. da deslam.	100,00	2,45	64,80	0,014	0,050	1,50	2,73			
	Lama	8,79	18,72	45,50	0,032	0,229	18,96	14,85			
	Alim. da flot.	91,21	0,92	67,30	0,013	0,034	0,75	1,56	0,18	0,61	78,30
	Concentrado	85,85	0,56	68,90	0,013	0,033	0,69	0,28			
	Flotado 01	14,15	3,51	60,00	0,010	0,031	1,42	8,41			

Descrição da Amostra	Tipo de material	% Retida simples	Análise Química						RC SiO ₂	RC Al ₂ O ₃	RM
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂			
OF - SAP - 18 - RSIB	Alim. da deslam.	100,00	1,33	57,10	0,012	0,039	1,43	15,96	0,94	0,48	94,35
	Lama	5,65	13,90	44,20	0,062	0,257	11,89	9,98			
	Alim. da flot.	94,35	0,64	58,60	0,011	0,027	0,75	15,05	0,05	0,73	70,64
	Concentrado	74,87	0,47	68,70	0,013	0,028	0,81	0,77			
	Flotado 01	25,13	1,13	28,40	0,010	0,022	0,72	57,70			
OF - SAP - 19 - SO	Alim. da deslam.	100,00	1,26	62,30	0,023	0,039	1,62	8,25	0,90	0,44	93,43
	Lama	6,57	11,05	50,00	0,137	0,246	13,97	3,37			
	Alim. da flot.	93,43	0,56	64,00	0,015	0,025	0,81	7,46	0,03	0,98	83,56
	Concentrado	89,44	0,55	68,80	0,015	0,025	0,84	0,24			
	Flotado 01	10,56	0,57	27,60	0,010	0,010	0,57	59,60			
OF - SAP - 20 - HO	Alim. da deslam.	100,00	0,48	66,30	0,021	0,191	3,91	0,48	1,15	2,04	87,58
	Lama	12,42	7,18	53,10	0,058	0,742	13,71	0,68			
	Alim. da flot.	87,58	0,98	67,50	0,010	0,102	1,99	0,55	1,11	0,53	38,81
	Concentrado	44,32	0,52	66,40	0,010	0,052	3,30	0,61			
	Flotado 01	55,68	1,57	67,80	0,013	0,167	1,03	0,18			
OF - PIC - 01 - SIB	Alim. da deslam.	100,00	1,40	39,60	0,010	0,019	0,67	40,89	1,00	0,50	97,36
	Lama	2,64	37,80	11,20	0,010	0,188	12,18	34,97			
	Alim. da flot.	97,36	0,70	40,60	0,010	0,010	0,32	40,82	0,74	0,40	73,12
	Concentrado	75,10	0,28	48,50	0,010	0,010	0,20	30,10			
	Flotado 01	24,90	1,72	20,70	0,010	0,010	0,72	67,50			
OF - PIC - 02 - RSIB	Alim. da deslam.	100,00	1,30	57,90	0,010	0,017	0,53	14,65	0,98	0,36	96,79
	Lama	3,21	33,71	8,90	0,045	0,214	11,23	42,16			
	Alim. da flot.	96,79	0,47	59,40	0,010	0,010	0,26	14,33	0,85	0,40	86,69
	Concentrado	89,56	0,19	60,90	0,010	0,010	1,16	12,21			
	Flotado 01	10,44	2,62	46,60	0,010	0,010	0,25	29,58			
OF - PIC - 03 - HO	Alim. da deslam.	100,00	1,09	65,80	0,450	0,109	1,12	2,07	0,61	0,43	94,46
	Lama	5,54	14,58	38,40	3,931	0,047	10,38	11,37			
	Alim. da flot.	94,46	0,47	67,80	0,184	0,056	0,46	1,26	0,40	0,66	91,05
	Concentrado	96,39	0,31	68,70	0,192	0,055	0,40	0,50			
	Flotado 01	3,61	6,28	44,60	0,312	0,164	3,06	22,82			
OF - PIC - 04 - MO	Alim. da deslam.	100,00	1,27	67,00	0,498	0,197	1,18	0,95	0,52	0,37	94,37
	Lama	5,63	13,09	31,90	7,058	1,899	13,07	9,93			
	Alim. da flot.	94,37	0,47	68,50	0,133	0,098	0,39	0,49	0,33	0,28	82,03
	Concentrado	86,93	0,13	69,40	0,102	0,038	0,27	0,16			
	Flotado 01	13,07	2,64	63,10	0,291	0,499	1,72	2,40			
OF - PIC - 05 - MO	Alim. da deslam.	100,00	1,11	66,10	0,989	0,106	1,31	0,93	0,39	0,15	91,45
	Lama	8,55	11,47	34,12	10,581	0,988	12,07	6,72			
	Alim. da flot.	91,45	0,17	69,10	0,189	0,027	0,26	0,36	0,47	0,59	86,17
	Concentrado	94,23	0,10	69,30	0,185	0,013	0,20	0,17			
	Flotado 01	5,77	1,62	63,60	0,736	0,103	1,40	3,46			
OF - PIC - 06 - SO	Alim. da deslam.	100,00	1,57	65,80	0,719	0,066	1,37	1,64	0,32	0,21	91,75
	Lama	8,25	16,08	31,40	7,982	0,556	12,09	14,21			
	Alim. da flot.	91,75	0,33	68,88	0,136	0,022	0,35	0,52	0,40	0,30	84,49
	Concentrado	92,08	0,10	69,40	0,108	0,010	0,26	0,21			
	Flotado 01	7,92	2,29	63,40	0,553	0,051	1,75	3,63			
OF - PIC - 07 - SO	Alim. da deslam.	100,00	1,72	65,50	0,441	0,047	1,21	2,13	0,37	0,26	92,11
	Lama	7,89	18,80	29,67	5,037	0,370	11,83	19,40			
	Alim. da flot.	92,11	0,45	68,60	0,062	0,019	0,35	0,79	0,41	0,31	89,31
	Concentrado	96,96	0,14	69,00	0,056	0,010	0,21	0,32			
	Flotado 01	3,04	8,39	48,70	0,139	0,052	4,32	15,49			
OF - PIC - 08 - SO	Alim. da deslam.	100,00	1,11	66,20	0,899	0,061	1,22	1,62	0,47	0,25	92,26
	Lama	7,74	12,30	31,50	9,596	0,631	12,04	11,58			
	Alim. da flot.	92,26	0,28	68,80	0,185	0,020	0,40	0,76	0,28	0,54	86,53
	Concentrado	93,79	0,15	69,10	0,167	0,019	0,29	0,21			
	Flotado 01	6,21	2,03	59,50	0,613	0,058	1,77	8,82			
OF - PIC - 09 - HO	Alim. da deslam.	100,00	1,82	65,30	0,025	0,060	1,40	2,91	0,77	0,43	92,78
	Lama	7,22	16,17	37,20	0,166	0,425	10,41	16,21			
	Alim. da flot.	92,78	0,78	67,00	0,013	0,035	0,81	2,25	0,20	0,53	78,84
	Concentrado	84,97	0,41	68,90	0,012	0,033	0,67	0,44			
	Flotado 01	15,03	2,81	59,00	0,014	0,044	1,49	10,38			
OF - PIC - 10 - MO	Alim. da deslam.	100,00	1,86	64,40	0,137	0,114	2,06	3,69	0,63	0,31	84,87
	Lama	15,13	9,46	48,70	0,594	0,403	7,92	9,22			
	Alim. da flot.	84,87	0,58	67,30	0,055	0,065	0,94	2,34	0,22	0,86	77,06
	Concentrado	90,80	0,50	68,50	0,059	0,069	0,99	0,52			
	Flotado 01	9,20	1,69	49,20	0,061	0,067	1,31	25,68			

Descrição da Amostra	Tipo de material	% Retida simples	Análise Química						RC SiO ₂	RC Al ₂ O ₃	RM
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂			
OF - PIC - 11 - SO	Alim. da deslam.	100,00	1,27	63,60	0,080	0,047	0,95	6,11	0,88	0,23	93,61
	Lama	6,39	16,20	37,20	0,856	0,446	10,39	18,36			
	Alim. da flot.	93,61	0,29	65,30	0,027	0,021	1,00	5,38			
	Concentrado	88,24	0,19	69,20	0,027	0,020	0,32	0,46	0,09	0,66	82,60
	Flotado 01	11,76	1,18	38,60	0,030	0,022	0,97	42,83			
OF - PIC - 12 - SO	Alim. da deslam.	100,00	1,33	65,40	0,125	0,060	1,42	3,22	0,81	0,23	90,20
	Lama	9,80	11,42	44,40	1,026	0,477	9,86	12,49			
	Alim. da flot.	90,20	0,30	67,50	0,033	0,022	0,48	2,61			
	Concentrado	89,92	0,22	69,10	0,027	0,019	0,44	0,58	0,22	0,73	81,11
	Flotado 01	10,08	1,24	52,80	0,072	0,038	1,21	22,04			
OF - PIC - 13 - RSIB	Alim. da deslam.	100,00	0,43	53,60	0,011	0,023	0,46	22,51	0,97	0,93	98,94
	Lama	1,06	11,01	42,20	0,622	0,428	10,50	15,32			
	Alim. da flot.	98,94	0,40	54,20	0,010	0,018	0,42	21,83			
	Concentrado	68,95	0,26	67,60	0,010	0,019	0,40	2,69	0,12	0,65	68,22
	Flotado 01	31,05	0,65	24,70	0,010	0,015	0,41	63,93			
OF - PIC - 14 - MO	Alim. da deslam.	100,00	0,47	68,60	0,047	0,041	0,75	0,63	0,78	0,62	97,47
	Lama	2,53	7,33	51,80	0,826	0,562	9,55	6,77			
	Alim. da flot.	97,47	0,29	69,00	0,029	0,027	0,49	0,49			
	Concentrado	94,18	0,22	69,30	0,031	0,028	0,49	0,29	0,59	0,76	91,80
	Flotado 01	5,82	1,33	65,40	0,053	0,043	1,24	3,37			
OF - PIC - 15 - SO	Alim. da deslam.	100,00	0,64	68,00	0,086	0,048	0,67	0,90	0,60	0,28	94,34
	Lama	5,66	8,48	49,90	1,057	0,503	8,26	8,17			
	Alim. da flot.	94,34	0,18	69,10	0,030	0,022	0,24	0,54			
	Concentrado	91,06	0,15	69,30	0,027	0,020	0,32	0,26	0,48	0,83	85,91
	Flotado 01	8,94	0,55	66,90	0,052	0,032	0,63	2,87			
OF - PIC - 16 - MO	Alim. da deslam.	100,00	0,49	68,60	0,066	0,043	0,55	0,65	0,66	0,47	97,08
	Lama	2,92	9,60	48,40	0,937	0,618	8,04	8,89			
	Alim. da flot.	97,08	0,23	69,10	0,041	0,028	0,35	0,43			
	Concentrado	95,23	0,15	69,30	0,037	0,025	0,30	0,25	0,58	0,65	92,45
	Flotado 01	4,77	1,55	65,30	0,067	0,044	1,13	3,34			
OF - PIC - 17 - HO	Alim. da deslam.	100,00	0,50	68,20	0,128	0,037	0,62	0,89	0,66	0,32	95,79
	Lama	4,21	9,21	47,70	1,241	0,554	9,34	8,81			
	Alim. da flot.	95,79	0,16	69,00	0,048	0,020	0,29	0,59			
	Concentrado	95,23	0,12	69,30	0,044	0,018	0,23	0,22	0,37	0,75	91,22
	Flotado 01	4,77	0,89	63,10	0,071	0,029	0,74	7,75			
OF - PIC - 18 - SO	Alim. da deslam.	100,00	3,09	60,60	0,070	0,066	1,53	7,71	0,81	0,48	91,52
	Lama	8,48	19,96	28,90	0,542	0,369	10,79	23,86			
	Alim. da flot.	91,52	1,49	63,80	0,026	0,038	0,78	6,24			
	Concentrado	89,41	0,66	67,40	0,023	0,032	0,26	2,00	0,32	0,44	81,83
	Flotado 01	10,59	8,02	32,29	0,053	0,076	3,51	41,06			
OF - PIC - 19 - SO	Alim. da deslam.	100,00	1,30	65,40	0,145	0,058	1,10	3,36	0,69	0,19	93,22
	Lama	6,78	14,77	38,70	1,824	0,524	11,09	14,24			
	Alim. da flot.	93,22	0,25	67,70	0,022	0,023	0,20	2,33			
	Concentrado	89,95	0,26	69,30	0,021	0,024	0,27	0,48	0,21	1,04	83,85
	Flotado 01	10,05	0,64	54,50	0,036	0,034	0,53	20,77			
OF - PIC - 20 - RSIB	Alim. da deslam.	100,00	0,72	49,30	0,030	0,030	0,54	28,31	0,98	0,21	95,98
	Lama	4,02	13,59	36,40	0,657	0,342	9,02	22,93			
	Alim. da flot.	95,98	0,15	50,60	0,010	0,017	0,11	27,65			
	Concentrado	60,06	0,13	69,30	0,010	0,017	0,17	0,72	0,03	0,87	57,64
	Flotado 01	39,94	0,19	22,80	0,010	0,012	0,12	67,36			
OF - PIC - 21 - SO	Alim. da deslam.	100,00	1,87	64,50	0,060	0,071	1,58	3,81	0,72	0,23	89,41
	Lama	10,59	13,98	42,10	0,494	0,414	11,28	13,25			
	Alim. da flot.	89,41	0,43	67,20	0,010	0,029	0,45	2,73			
	Concentrado	88,66	0,26	69,20	0,012	0,025	0,48	0,48	0,18	0,60	79,27
	Flotado 01	11,34	1,58	52,50	0,020	0,042	1,21	21,87			
OF - PIC - 22 - MO	Alim. da deslam.	100,00	0,68	68,10	0,104	0,053	0,79	0,79	0,54	0,35	95,25
	Lama	4,75	8,32	48,20	2,023	0,477	8,10	8,92			
	Alim. da flot.	95,25	0,24	69,00	0,050	0,030	0,47	0,43			
	Concentrado	95,50	0,17	69,30	0,048	0,028	0,45	0,26	0,60	0,71	90,96
	Flotado 01	4,50	1,44	65,50	0,073	0,039	0,35	3,94			
OF - PIC - 23 - SO	Alim. da deslam.	100,00	1,33	65,10	0,150	0,071	1,34	3,36	0,82	0,35	92,52
	Lama	7,48	11,27	43,90	1,346	0,554	10,88	11,38			
	Alim. da flot.	92,52	0,46	67,10	0,055	0,032	0,56	2,77			
	Concentrado	86,77	0,27	69,00	0,042	0,027	0,35	0,49	0,18	0,59	80,28
	Flotado 01	13,23	1,71	55,80	0,140	0,060	1,58	16,69			

Descrição da Amostra	Tipo de material	% Retida simples	Análise Química						RC SiO ₂	RC Al ₂ O ₃	RM
			Al ₂ O ₃	Fe	Mn	P	PPC	SiO ₂			
OF - PIC - 24 - MO	Alim. da deslam.	100,00	1,03	64,40	0,681	0,078	1,45	4,19	0,92	0,36	91,29
	Lama	8,71	7,63	45,60	5,585	0,532	10,49	7,22			
	Alim. da flot.	91,29	0,37	66,40	0,166	0,031	0,50	3,85	0,09	0,59	71,14
	Concentrado	77,93	0,22	69,20	0,112	0,026	0,35	0,36			
	Flotado 01	22,07	0,97	56,30	0,330	0,049	1,00	16,74			
OF - PIC - 25 - SO	Alim. da deslam.	100,00	0,72	67,30	0,566	0,055	0,98	0,88	0,63	0,33	94,85
	Lama	5,15	11,24	36,90	9,217	0,675	12,29	8,37			
	Alim. da flot.	94,85	0,24	69,20	0,108	0,019	0,27	0,55	0,45	0,54	85,00
	Concentrado	89,62	0,13	69,50	0,072	0,016	0,25	0,25			
	Flotado 01	10,38	0,64	67,00	0,223	0,029	0,63	2,50			
OF - PIC - 26 - SO	Alim. da deslam.	100,00	0,77	65,00	0,146	0,055	1,02	5,08	0,89	0,23	92,73
	Lama	7,27	8,46	48,00	1,554	0,472	10,13	8,86			
	Alim. da flot.	92,73	0,18	66,20	0,025	0,020	0,25	4,54	0,08	0,78	84,35
	Concentrado	90,96	0,14	69,50	0,024	0,018	0,27	0,36			
	Flotado 01	9,04	0,53	34,60	0,019	0,018	0,48	49,74			

Observações:

Relação de concentração de SiQ - SiO₂ conc. / SiO₂ alim.

Relação de concentração de Al₂O₃ - Al₂O₃ conc. / Al₂O₃ alim.

RM - Recuperação mássica da deslamagem e flotação.

Flotado 1 e 2 - Rejeitos da flotação em bancada.