



ISSN: 1696-8352 - BRASIL – FEBRERO 2017

## **ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DA GERAÇÃO DE FINOS DURANTE O PERCURSO DAS CARGAS METÁLICAS DA ÁREA DE REDUÇÃO DA SIDERURGIA APERAM NO MUNICÍPIO DE TIMÓTEO NO ESTADO DE MINAS GERAIS: DESTAQUE PARA O PENEIRAMENTO**

**Adriano Jose de Barros<sup>1</sup>**

Universidade Estadual de Minas Gerais UEMG–Minas Gerais, Brasil

**Kelly Cristina Ferreira<sup>2</sup>**

Universidade Estadual de Minas Gerais UEMG - Minas Gerais, Brasil

**Angélica Teixeira Lucas<sup>3</sup>**

Universidade Estadual de Minas Gerais UEMG–Minas Gerais, Brasil

**Priscila Drosghic Araújo Mercês<sup>4</sup>**

Universidade Estadual de Minas Gerais UEMG–Minas Gerais, Brasil

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Adriano Jose de Barros, Kelly Cristina Ferreira, Angélica Teixeira Lucas y Priscila Drosghic Araújo Mercês (2017): "Estudo de caso: análise da geração de finos durante o percurso das cargas metálicas da área de redução da siderurgia aperam no município de timóteo no estado de minas gerais: destaque para o peneiramento", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Brasil, (febrero 2017). En línea:

<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/17/peneiramento.html>

### **RESUMO**

O alto-forno, reator metalúrgico responsável pelo processo de fabricação do ferro gusa, localizado na área da redução, possui como parte da composição de sua carga, as cargas metálicas, sendo caracterizado como objeto da pesquisa a pelota e o minério de ferro. O manuseio e transporte dessas cargas metálicas podem interferir nos custos do processo, aumentando o desperdício e problemas ambientais, como a poluição. A classificação das cargas metálicas é feita através do peneiramento localizado no *Stock House* da empresa Aperam South América. Um dos grandes problemas observados neste processo de classificação é a eficiência do peneiramento, que é a qualidade do processo. Este estudo objetivou analisar e descrever a qualidade do sistema de manuseio/transporte e peneiramento das cargas metálicas no processo em questão. Também se analisou a granulometria dos finos oriundos destas peneiras visando verificar se há desperdício proveniente destas, buscando assim, estabelecer as diretrizes baseadas nos parâmetros que devem ser observados no processo incluindo a eficiência, características e taxa de alimentação das peneiras que classificam as matérias primas descritas. Logo, a pesquisa culminou com 41 (quarenta e uma) amostras que apresentaram baixo percentual de finos, sendo que estas foram coletadas para demonstrar possíveis perdas no processo metalúrgico estando relacionadas ao transporte e manuseio do minério comprometendo a qualidade do processo. Em contrapartida, a pesquisa constatou um resultado discrepante de uma das amostras realizadas na pilha de finos de pelota com minério 1, portanto, é plausível de que este resultado seja derivado de uma falha mecânica ou falha no processo.

Palavras-chave: Redução, Cargas metálicas, Manuseio e Transporte, Peneiramento.

### **ABSTRACT**

<sup>1</sup>Mestre em Educação e Desenvolvimento Local, professor de Geoprocessamento UEMG, E-mail: [adrianojosebarros@yahoo.com.br](mailto:adrianojosebarros@yahoo.com.br).

<sup>2</sup> Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas/professora, UEMG. E-mail: [kellyengmetal@gmail.com](mailto:kellyengmetal@gmail.com)

<sup>3</sup> Graduação em Engenharia de Minas, Universidade do Estado de Minas Gerais. E-mail: [angel.tlucaa@gmail.com](mailto:angel.tlucaa@gmail.com)

<sup>4</sup> Graduação em Engenharia de Minas, Universidade do Estado de Minas Gerais. E-mail: [prii\\_drosghic@hotmail.com](mailto:prii_drosghic@hotmail.com)

The blast furnace, the metallurgical reactor responsible for the pig iron manufacturing process, located in the area of the reduction, has metallic charges as part of the composition of its cargo, being characterized as the object of research pellet and ore and iron. Handling and transporting these metal loads can interfere with process costs, increasing waste and environmental problems such as pollution. The classification of metallic loads is done through the screening located at Stock House of the company Aperam South America. One of the great problems observed in this classification process is the screening efficiency, which is the quality of the process. This study aimed to analyze and describe the quality of the handling/transportation and sieving system of metal loads in the process in question. Also the granulometry of the fines from these sieves to verify if there is waste coming from these, seeking thus to establish the guidelines based on the parameters that must be observed in the process including the efficiency, characteristics and feeding rate of the sieves that classify the described raw materials. Therefore, the research culminated in 41 (forty one) samples that presented low percentage of fines, and these were collected to demonstrate possible losses in the metallurgical process, being related to the transportation and handling of the ore compromising the quality of the process. In contrast, the research found a discrepant result of one of the samples made in the pile of pellet fines with ore 1, so it is plausible that this result is derived from a mechanical failure or process failure.

Keywords: Reduction, Metal Loads, Handling and Transport, Screening.

## 1 INTRODUÇÃO

Baseado no Informativo Estatístico do Setor Metalúrgico (2015), em 2014, a produção mundial de aço bruto totalizou 1,640 bilhão de toneladas em 2014, o Brasil produziu em torno de 33,897 Mt, se estabelecendo na 9ª posição do ranking mundial.

As siderúrgicas geram diferentes tipos e grandes quantidades de resíduos sólidos. A enorme quantidade destes resíduos sólidos gerados é inegável. Os resíduos nos processos industriais são definidos como sobra no processo produtivo, matérias primas e insumos que não foram consumidos na formação do produto e que significam custos e perda de lucro da indústria, logo tecnologias e processos vêm sendo utilizados para diminuir estas perdas evitando assim o desperdício de material.

De acordo com Soares e Sikilero (2010), atualmente a enorme competitividade no mundo empresarial obriga as organizações a promoverem melhoras no seu processo produtivo para consequente aumento de sua competitividade. Contudo, para obter sucesso na melhoria dos processos produtivos, é necessário identificar possíveis desperdícios para poder eliminá-los. Segundo Ohno (1997), desperdícios se referem a todos os elementos da produção que só aumentam os custos sem agregar valor. Baseado nisso, pode-se afirmar que neste cenário, visando à garantia de competitividade as empresas de siderurgia tendem a aumentar a reciclagem de resíduos, aspirando à sustentabilidade da empresa e redução de custos.

O minério de ferro granulado e as pelotas antes de serem carregados nos caminhões, vagões de trem ou navios para se destinarem aos seus consumidores, sofrem diversas transferências que efetivamente influenciam em sua segregação, desde o momento da extração nas minas, passando pelas instalações de beneficiamento até chegar ao final do seu percurso, no caso desde estudo, o alto-forno. Essa segregação gera partículas finas com consequente desperdício que se perdem na maioria das vezes arrastadas pelo vento ao longo desse trajeto, o que acarreta em possível poluição ambiental, perda de material e na qualidade do processo.

Qualidade é a correção dos problemas e de suas causas ao longo de toda a série de fatores relacionados com marketing, projetos, engenharia, produção e manutenção, que exercem influência sobre a satisfação do usuário (FEIGENBAUM, 1994). O peneiramento é uma operação unitária de tratamento de minérios, utilizada para a separação do minério em uma ou

mais frações, com partículas de tamanhos distintos, estando estas limitadas uma de forma superior e outra inferiormente (LUZ; SAMPAIO; ALMEIDA, 2004). Um dos grandes problemas observados nesse processo de classificação é a eficiência do peneiramento, que é a qualidade do processo. No peneiramento industrial, considera-se a eficiência máxima igual a 95%, cujo fator de eficiência corresponde a 1,0. Assim, compreende-se que não há, na prática, peneira com 100% de eficiência (SAMPAIO; DA SILVA, 2007). Logo, o foco deste estudo é analisar a qualidade do processo de manuseio/transporte e peneiramento das cargas metálicas (minério de ferro e pelotas) utilizadas na área da redução da empresa Aperam South América, situada em Timóteo, MG, Brasil. Como objetivos específicos podem ser apontados: analisar se há desperdício proveniente do mau funcionamento do sistema de peneiramento e do trajeto das cargas metálicas do *Stock House* da Aperam South America; constatar a importância do gerenciamento de resíduos na siderurgia no setor de redução, baseada nos parâmetros que devem ser observados no processo, incluindo a eficiência, características e taxa de alimentação das peneiras que classificam as matérias primas - cargas metálicas; estabelecer as diretrizes para descobertas de falhas na qualidade do processo com a finalidade de evitar desperdícios.

A metodologia utilizada se baseou inicialmente em levantamentos bibliográficos, com o intuito de se obter informações e mais conhecimentos a respeito do tema abordado. O estudo caracteriza-se por ser uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativo-quantitativo e caráter exploratório. Quanto aos procedimentos técnicos, além da pesquisa bibliográfica, pode ser classificado em pesquisa documental, experimental e estudo de caso.

Após esta sessão será apresentado o referencial teórico expondo uma breve apresentação da empresa, seguido da fundamentação teórica do tratamento de minérios aplicado à produção de aços, abordando com ênfase a área da redução. Posteriormente, será apresentado um estudo de caso, onde se descreve e analisa a qualidade do sistema de manuseio/transporte e peneiramento das cargas metálicas no processo em questão. Baseado nesta análise se desenvolverá a discussão dos resultados obtidos. Por fim, será apresentada a conclusão dos estudos e sugestões de futuros trabalhos.

## **Histórico da Empresa**

A Aperam South America é uma das seis indústrias que fazem parte do Grupo Aperam. A Empresa é a única produtora integrada de aços planos inoxidáveis e siliciosos da América Latina, com desempenho que a destaca entre os grandes produtores mundiais do setor. Além disso, ela detém alta tecnologia na produção de aços carbonos ligados. É líder em seu segmento no mercado brasileiro, com 90% de participação, e exporta para 57 países. Além disso, possui capacidade para a produção de 900 mil toneladas por ano de aço líquido e conta com um avançado Centro de Pesquisas, que desenvolve e testa produtos para diversas aplicações no mercado.

Segundo Aperam South America (2011), criada em 2011, como resultado do desmembramento do setor inox da ArcelorMittal, a Aperam surgiu como um *player* global em aços inoxidáveis, especiais elétricos e ligas de níquel. A empresa tem capacidade para produzir 2,5 milhões de toneladas por ano de aços planos inoxidáveis e apresenta uma capacidade única de produzir aços inoxidáveis e especiais, usando biomassa (carvão vegetal) de forma competitiva. Além

disso, a empresa é líder no mercado de produtos com alto valor agregado e conta com uma rede altamente integrada de distribuição, processamento e serviços.

Sua planta industrial está localizada no município de Timóteo, na região do Vale do Aço, no estado de Minas Gerais. Local onde rodovias e ferrovias ligam a usina aos principais centros consumidores de produtos siderúrgicos da América Latina e à pontos exportadores. A empresa mantém um escritório comercial em São Paulo, um de logística internacional no Rio de Janeiro, aliados a uma rede de distribuidores e centros de serviços espalhados pelo Brasil. A Figura 1 apresenta a área que compreende a localização da empresa Aperam South America.

Figura 1 - Mapa de Localização da empresa Aperam South America  
Área Geográfica da Pesquisa - Município de Timóteo-Minas Gerais



Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

## METODOLOGIA

Segundo Gil (2008) pode-se definir pesquisa como o processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos. A partir dessa conceituação, pode-se, portanto, definir pesquisa social como o processo que, utilizando a metodologia científica, permite a obtenção de novos conhecimentos no campo da realidade social. “A pesquisa social pode decorrer de razões de ordem intelectual, quando baseadas no desejo de conhecer pela simples satisfação para agir. Daí porque se pode falar em pesquisa pura e em pesquisa aplicada” (GIL, 2008, p. 26).

A pesquisa em questão tem como perfil o caráter aplicado e tem como viés do uso das práticas técnicas em conjunto com a teoria na literatura da mineração. Cervo e Bervian (2005), diz que na pesquisa aplicada, o investigador é movido pela necessidade de contribuir para fins práticos mais ou menos imediatos, buscando soluções para problemas concretos.

O estudo possui uma abordagem qualitativa-quantitativa, pois ela estabelece a análise de dados e também um estudo de caso tangível da qualidade das cargas metálicas, como as pelotas e os minérios de ferro provenientes do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Estas cargas metálicas são alocadas em pilhas e separadas em pátios. Assim, de acordo com Gil

(2008), a análise dos dados nas pesquisas experimentais e nos levantamentos é essencialmente quantitativa. O mesmo não ocorre, no entanto, com as pesquisas definidas como estudos de campo, estudos de caso, pesquisa-ação ou pesquisa participante. Nestas, os procedimentos analíticos são principalmente de natureza qualitativa. E, ao contrário do que ocorre nas pesquisas experimentais e levantamentos em que os procedimentos analíticos podem ser definidos previamente, não há fórmulas ou receitas predefinidas para orientar os pesquisadores. Assim, a análise dos dados na pesquisa qualitativa passa a depender muito da capacidade e do estilo do pesquisador.

A análise segue o caráter exploratório devido à interpretação de autores pertinentes ao tema, seguindo uma abordagem bibliográfica, pesquisa documental e experimental com questionamento acerca da qualidade do peneiramento, visto que o objetivo de estudo é evidenciar o problema, sugerir solução e com base na bibliografia e experimentos comprovar hipóteses de problemas encontrados na área em questão. Portanto, com base em Godoy (1995) quando estamos lidando com problemas pouco conhecidos e a pesquisa é de cunho exploratório, este tipo de investigação parece ser o mais adequado. Quando o estudo é de caráter descritivo e o que se busca é o entendimento do fenômeno como um todo, na sua complexidade, é possível que uma análise qualitativa seja a mais indicada. Ainda quando a nossa preocupação for à compreensão da teia de relações sociais e culturais que se estabelecem no interior das organizações, o trabalho qualitativo pode oferecer interessantes e relevantes dados. Nesse sentido, a opção pela metodologia qualitativa se faz após a definição do problema e do estabelecimento dos objetivos da pesquisa que se quer realizar.

A orientação da pesquisa tem uma abordagem técnica de natureza bibliográfica, pois pesquisa bibliográfica, segundo Gil (2008) é quando desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

Para complementação da parte teórica, foi realizado um estudo documental sobre os resultados das análises granulométrica baseado nos dizeres de Gil (2008), que afirma que a pesquisa documental se assemelha muito à pesquisa bibliográfica. A única diferença entre ambas está na natureza das fontes. Enquanto a pesquisa bibliográfica se utiliza fundamentalmente das contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto, a pesquisa documental vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa.

A segunda parte da pesquisa tem como fundamento o marco do desenvolvimento experimental técnico das amostras contidas nas pilhas, nas peneiras do *Stock House* e durante o trajeto do minério. O estudo experimental representa um importante marco na tese desenvolvida por Gil (2008) que afirma que de modo geral, o experimento representa o melhor exemplo de pesquisa científica.

A presença do estudo de caso no desdobramento da tese representa uma revisão dos processos estabelecidos durante o marco exploratório da pesquisa. Assim, Gil (2008) trata o estudo de caso como sendo caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados. De acordo

com Yin (2001, p. 32), “um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

Por fim, serão constatados desperdícios, levando em consideração questões de qualidade do peneiramento, demonstrando a importância de uma gestão de processo e qualidade aplicada adequadamente.

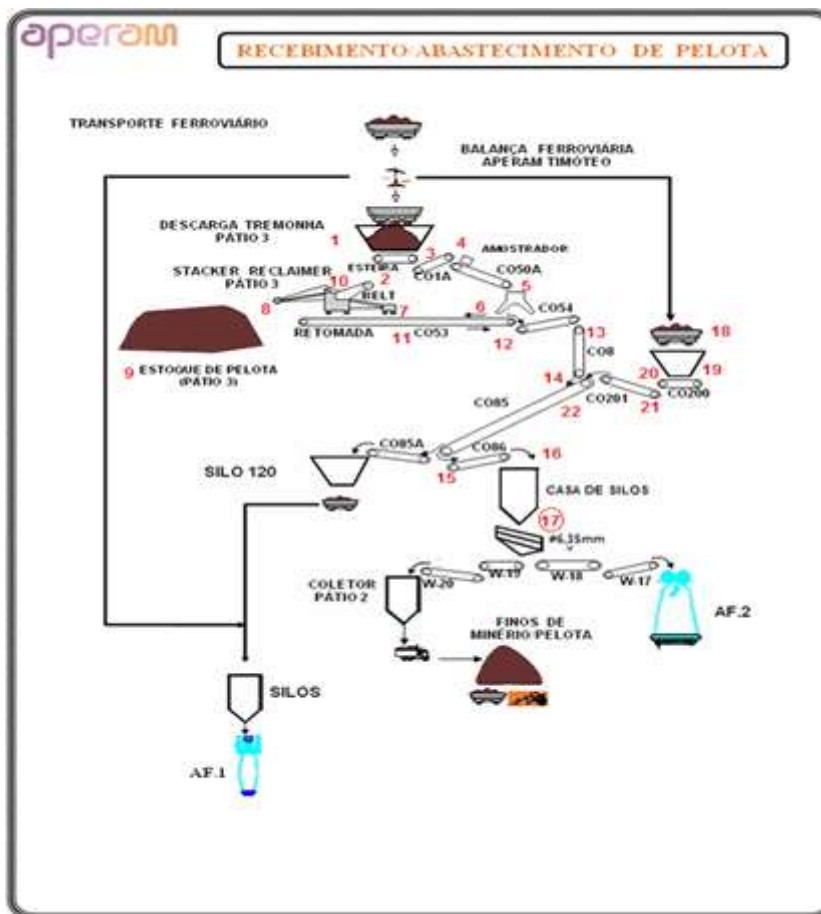
#### **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para desenvolver o estudo de análise do possível desperdício das cargas metálicas, é necessário realizar um levantamento da granulometria do material, desde a chegada nos pátios da empresa até o seu destino final, o alto-forno 2, dando ênfase no *overzise* e *undersize* do processo de peneiramento, operação unitária que classifica o material para alimentação deste. Também se faz necessário analisar a pilha a que este material está sendo destinado e os finos contidos no alto-forno 2 após o processo de formação do ferro-gusa.

##### **4.1 Materiais**

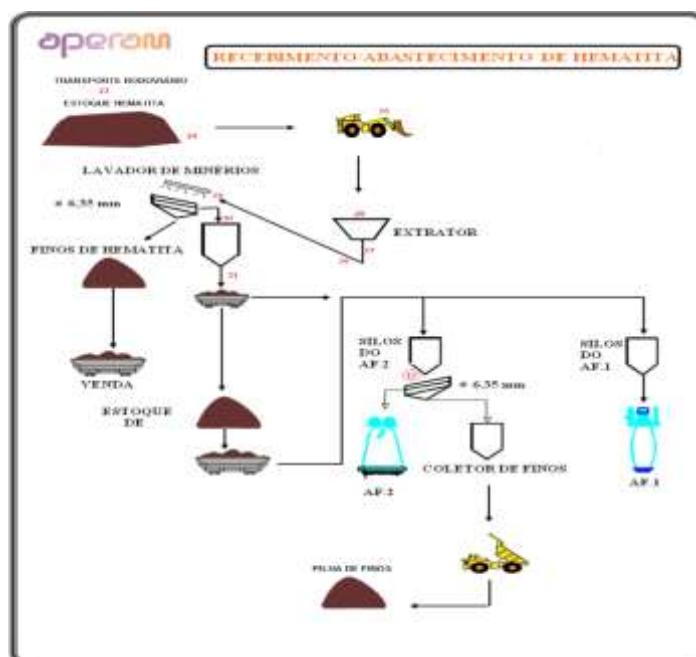
Os materiais utilizados neste trabalho serviram para auxiliar no cálculo de avaliação da eficiência da peneira e porcentagem de granulometria que teoricamente deveria estar sendo destinada ao alto-forno 2. Os materiais são compostos de amostras retiradas na empresa, sendo essas de minério 1, que se trata de um minério de ferro de hematita, granulado, com teor médio de 58% de Fe, proveniente da mina localizada no Quadrilátero Ferrífero-MG, que abastece o alto-forno 2 da Aperam South America. Também faz parte do material as amostras de pelotas utilizadas no alto-forno 2 que apresentam em média 63,6% de Fe. A seguir serão apresentados os fluxogramas de recebimento e abastecimento de pelota e hematita (Figuras 11 e 12).

Figura 2 - Fluxograma de recebimento e abastecimento de pelota



Fonte: Aperam South America (2016)

Figura 3 - Fluxograma de recebimento e abastecimento de hematita

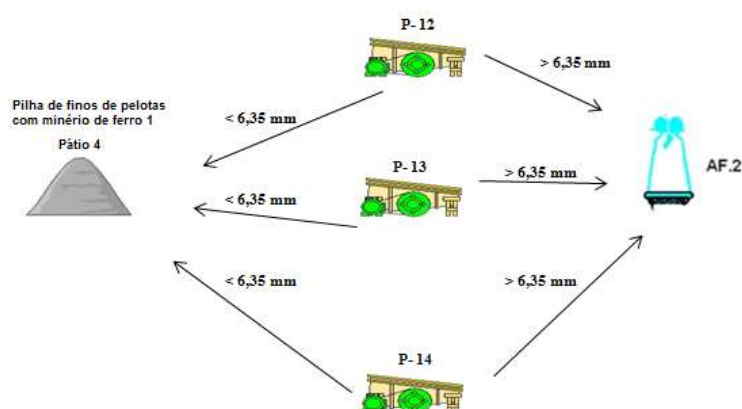


Fonte: Aperam South America (2016)

A seguir se encontra o fluxograma básico do *Stock House* (Figura 13) contendo as peneiras e a pilha que foi analisada, sendo identificadas P-12 como peneira de minério 1 e P-13 e P-14

como peneiras de pelota.

Figura 4 - Fluxograma do Stock House



Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Sabe-se que o alto-forno 2 também é abastecido pelo minério 2, referente ao minério de hematita granulado com teor de ferro de 66,28%, este por sua vez, não é peneirado no *Stock House* devido à sua baixa geração de finos, por isso não citado no fluxograma (Figura 13).

## 4.2 Método

Será realizado o cálculo de eficiência da peneira de acordo com a equação

Eficiência do peneiramento, Segundo Carrisso e Correia (2004):

$$E = \frac{P}{aA} \times 100,$$

Onde:

E = eficiência; P = passante (t/h); A = alimentação (t/h); a = percentagem de material na alimentação menor que a abertura considerada.

A eficiência de separação é expressa como uma razão entre a quantidade de material que passa por uma abertura e a quantidade na alimentação que deveria passar.

Um peneiramento é considerado comercialmente perfeito, quando a eficiência é de 95%. Assim, para este valor, o fator de eficiência é considerado igual a 1,00.

Há fatores que também interferem na eficiência do peneiramento que consequentemente acabam intervindo no dimensionamento da peneira como a quantidade de *decks*, fator de área efetiva, fator de umidade e fator de abertura.

### 4.2.1 Amostragem

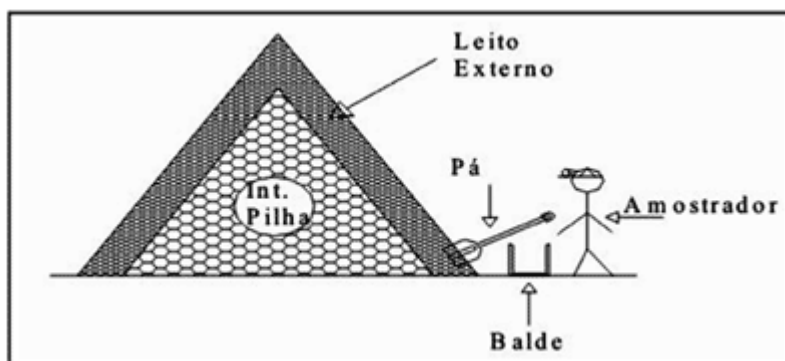
Foi realizada uma coleta de incrementos (amostragem) feita com uso de uma pá metálica fornecida pela empresa, sendo que cada amostra somou em torno de 8kg. Os incrementos foram coletados de forma alternada, visando uma amostra representativa de um todo. Nas



pilhas de alimentação dos minérios foram amostrados manualmente incrementos de cada lote (Figura 14), sendo posteriormente homogeneizados e quarteados para análise granulométrica. Essas pilhas são encontradas no pátio 1 e estão identificadas como pilha 3, correspondente ao minério 1 e pilha A correspondente ao minério 2. Já as pilhas de alimentação de pelota, são encontradas no pátio 3. Do mesmo modo realizaram-se amostragens na pilha de finos, ou seja, coletando partículas que se encontravam posicionadas nas porções mais superficiais desta. A pilha de finos citada anteriormente encontra-se no pátio 4.

Já no *Stock House*, coletou-se incrementos das tremonhas de finos (Figura 17) somente das peneiras em que o material fino é destinado à pilha de resíduos em estudo, muitas vezes citada como pilha de finos (Figura 18). Foram realizadas também amostras do *oversize* das peneiras das cargas metálicas, assim como amostras no chute do minério 2. Para a retirada das amostras do *oversize* e do chute utilizou-se uma pá específica de comprimento adequado ao fluxo do material visando maior representatividade (Figuras 15 e 16). As pelotas são coletadas pelo amostrador corta fluxo assim que desembarcam dos vagões, ou seja, antes da formação de sua pilha. Cada amostra foi colocada em sacos plásticos, identificada e enviada ao laboratório de matérias primas para posterior análise granulométrica.

Figura 5 - Esquema utilizado na amostragem manual de pilhas de minério



Fonte: Grigorieff; Costa e Koppe (2002)

Figura 6 - Chute



Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Figura 7 - Amostragem do *Oversize* (*Stock House*)



Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Figura 8 - Processo de retirada das amostras na tremonha de finos do *Stock House*



Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Figura 9 - Processo de retirada das amostras na pilha de finos de pelota com finos de minério 1



Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

#### 4.2.2 Métodos utilizados no peneiramento para análise granulométrica

Foi escolhido um conjunto de peneiras, da marca Dialmática, de acordo com o objetivo da análise (Figura 19). O conjunto é composto pelas seguintes malhas: 38,1mm, 31,7mm, 25,4mm, 19,05mm, 15,9mm, 12,7mm, 9,52mm, 6,35mm, 4,76mm e panela. Ou seja, foram escolhidas malhas acima de 6,35mm para verificarmos o *oversize*, e abaixo para sabermos a porcentagem dos finos na panela (*undersize*). Após este procedimento será utilizada uma balança da marca *Sartorius* para pesar o conteúdo de cada peneira.

#### 4.2.3 Peneiramento

O procedimento da Aperam South America, resumidamente, consiste em acrescentar-se a amostra com o conjunto de peneiras montado. O esquema descrito permanece sob a ação do agitador mecânico, cerca de 10 minutos. Por fim, o conteúdo de cada peneira é pesado e o ensaio é lançado no sistema SIP para controle de processo.

Figura 10 - Conjunto de peneiras para análise granulométrica



Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 5.1 Análise do transporte e manuseio

Conforme informado no item materiais e métodos, para fazer o estudo de análise de desperdício foram utilizados os resultados das análises granulométricas referentes às amostragens realizadas e as informações coletadas na empresa durante o período de estágio e visita técnica das autoras da pesquisa. Os resultados das amostras foram enviados pelo

laboratório de matérias primas da Aperam South America.

Dando início às discussões, sabe-se que o minério sofre degradações em seu trajeto percorrido até o destino final. Abaixo seguem as tabelas (Tabela 1 e Tabela 2) contendo os possíveis pontos de degradação sofridos pelos minérios e pelotas que alimentam o alto-forno 2, estes pontos foram um dos propósitos do trabalho visando constatar as possíveis gerações de finos durante o percurso. Vale ressaltar que não foi calculado qual o ponto de maior degradação ou segregação dos minérios ou das pelotas, apenas foram apresentados o seu trajeto contendo os possíveis locais de degradação e/ou segregação dos mesmos.

Tabela 1 - Pontos de degradação da pelota

Pontos degradação		
Itens		Pelotas
1	Tremonha FD1A do pátio 3	x
2	Esteira FD1A	x
3	Esteira FD1A p/ CO-1 <sup>a</sup>	x
4	Calha Transf. CO-1A p/ CO-50 (amostrador corta fluxo)	x
5	Calha Transf. CO-50 p/ Silo	x
6	Silo p/ CO-53	x
7	Calha Transf. CO-53 p/ Tripper Stack Reclaimer	x
8	Tripper Stack Reclaimer p/ CO-Lança SR	x
9	CO-Lança SR p/ Estoque Pátio 3	x
10	Estoque Pátio 3 p/ Caçamba Lança SR	x
11	Lança SR p/ CO 53	x
12	Calha Tranf.CO-53 p/ CO-54	x
13	Calha Tranf. CO-54 p/ CO-81	x
14	Calha Tranf.CO-81 p/ CO-85	x
15	Calha Tranf.CO-85 p/ CO-86	x
16	Calha Tranf.CO-86 p/ Silo AF2	x
17	<b>Silo AF2 p/ peneira</b>	x
Tombos até a peneira		17

Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

As pelotas chegam via transporte ferroviário e são descarregadas dos vagões na Tremonha FD1A do pátio 3, sendo que a continuidade do percurso se encontra na Tabela 1, aos quais os números dos itens se referem às Figuras 11 e 12 que mostra o trajeto destas até a peneira do alto-forno 2, objeto de maior estudo do trabalho. A máquina retomadora, ao lançar e recuperar as pelotas no pátio utiliza-se do método Chevron visando uma maior homogeneização dos lotes.

Tabela 2 - Pontos de degradação dos minérios

Pontos degradação			
Itens		Minério 1	Minério 2

23	Descarga Caminhão	x	x
24	Juntar pá mecânica (formação pilha)	x	x
25	Recuperar com pá mecânica	x	x
26	Pá mecânica p/ extrator 3	x	x
27	Extrator 3 p/ CO-01	x	x
28	Calha Tranf.CO-01 p/ CO-04	x	x
29	CO-04 p/ Peneira Lavador	x	x
30	Peneira Lavador p/ Silo 12	x	x
31	Silo 12 p/ Vagão	x	x
18	Vagão p/ Extrator Extrator BE200	x	x
19	Extrator Extrator BE200 p/ Esteira	x	x
20	Esteira p/ CO-200	x	x
21	CO-200 p/ CO-201	x	x
22	Calha Tranf.CO-201 p/ CO-85	x	x
15	Calha Tranf.CO-85 p/ CO-86	x	x
16	Calha Tranf.CO-86 p/ Silo AF2	x	x
17	<b>Silo AF2 p/ peneira</b>	x	
Tombos até a peneira		17	16

Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Os minérios granulados chegam por transporte rodoviário. Pôde-se constatar como primeiro ponto de degradação a formação da pilha (descarga do caminhão), sendo depositada no pátio 1, onde se encontra o lavador de minério. É importante ressaltar sobre os tombos do minério que a altura da peneira de lavagem é exorbitante, o que possivelmente contribui para uma maior degradação do mesmo. Outro ponto importante é a grande distância percorrida por estes minérios, contribuindo para a geração de poeira e possível perda de material, constatados ao longo dos pontos demonstrados na Tabela 2, onde a numeração de cada item corresponde à Figura 12 que demonstra o trajeto todo desde a chegada até o ponto de estudo.

De acordo com dados fornecidos pela empresa, a pilha de minério 2 (pilha A), após sua formação em completo resulta em uma pilha de 4500 toneladas (em média). É utilizado no alto-forno 2 uma média de 232 toneladas/dia, porém é necessário alimentar 276 toneladas, visto que a lavagem do minério gera 16% de finos, ou seja, 44 toneladas. É importante lembrar que este minério não é peneirado antes de alimentar o alto-forno 2. As amostras coletadas do *oversize* correspondentes a este minério apresentaram finos aderentes, constatados no balanço de massa do alto-forno.

A pilha 3 que corresponde ao minério 1 é formada por 3000 toneladas. Sabe-se que é utilizada no alto-forno 2 uma média de 155 toneladas/dia, porém a lavagem deste minério gera um percentual de finos mais elevado que o minério 2 (22,5%), ou seja, para que chegue efetivamente o valor citado acima correspondente a alimentação deste no alto-forno 2, deve-se alimentar 200 toneladas observando uma geração de 45 toneladas de finos.

A peneira de lavagem utilizada para lavar os minérios também é classificadora, pois separa os finos do minério da parte grossa, finos estes considerados desperdícios para o sistema. Porém, cabe ressaltar que estes são devolvidos para as empresas mineradoras que os fornecem para a

Aperam.

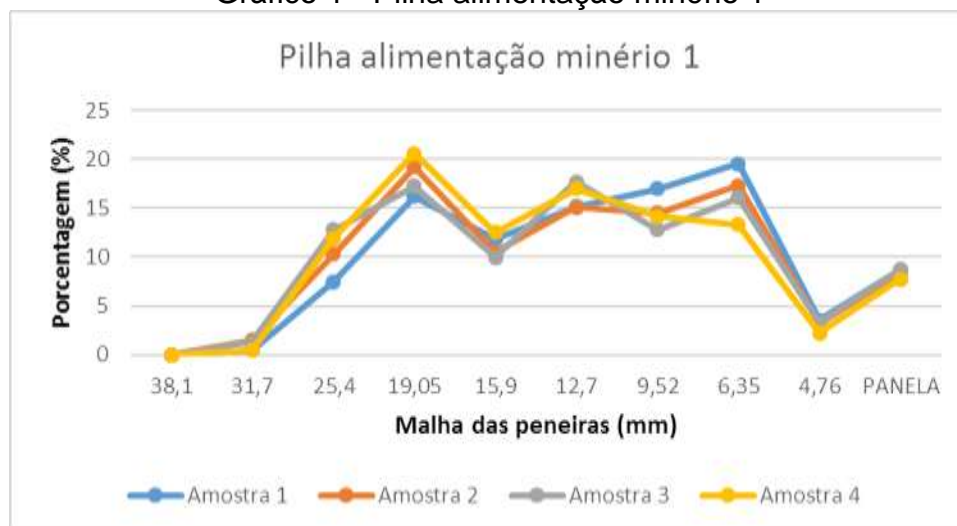
Nota-se nas Tabelas 1 e 2 que o último tombo dos minérios e da pelota referentes à peneira encontra-se em negrito, devido a ser o ponto chave do estudo. Sendo assim, o minério 1

totalizou em seu percurso estudado 17 tombos, já o minério 2 apresentou 16, devido ao fato de não ser submetido ao peneiramento no *Stock House*.

Esta geração de finos durante o transporte e manuseio dos minérios e das pelotas é considerada desperdício e aumento de gastos do processo, visto que é necessária uma alimentação maior do que a estimada para alcançar a alimentação desejada do alto-forno 2.

## 5.2 Análises granulométricas

Gráfico 1 - Pilha alimentação minério 1



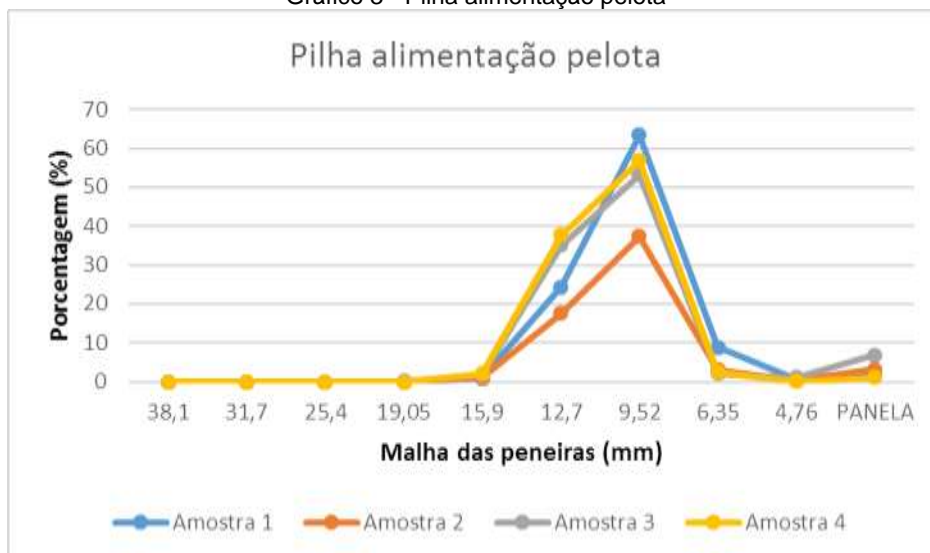
Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Gráfico 2 - Pilha alimentação minério 2



Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Gráfico 3 - Pilha alimentação pelota

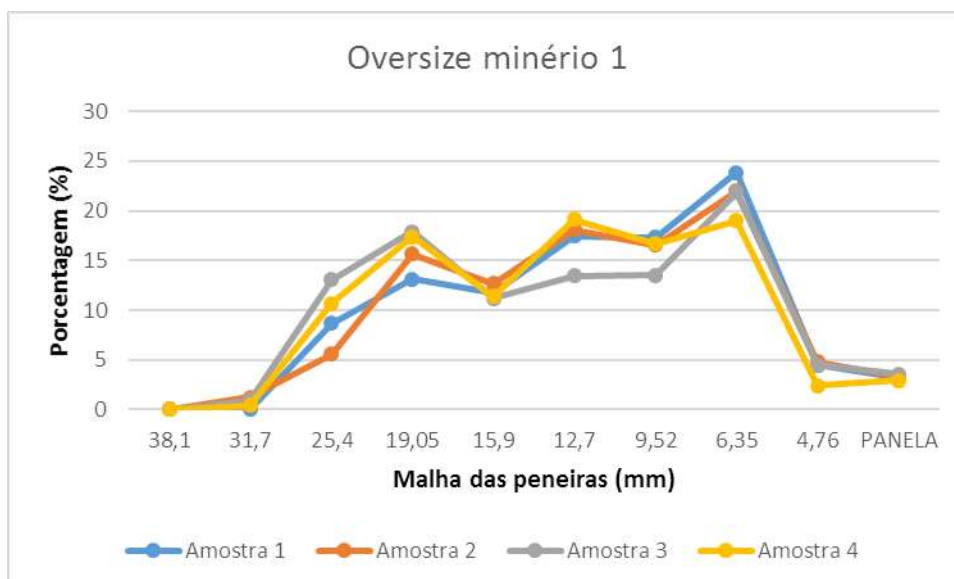


Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Foram coletadas quatro amostras da pilha de alimentação das cargas metálicas referentes às datas: 25 de maio, 2 de junho, 5 de agosto e 31 de agosto. O período de tempo foi espaçado para que fosse possível verificar as variações. É importante ressaltar nos Gráficos 1, 2 e 3 que o percentual de finos, 11,43, 3,70 e 3,81, respectivamente, é baixo comparado à quantidade constatada no passante da peneira, comprovando assim a degradação do minério durante o transporte e manuseio.

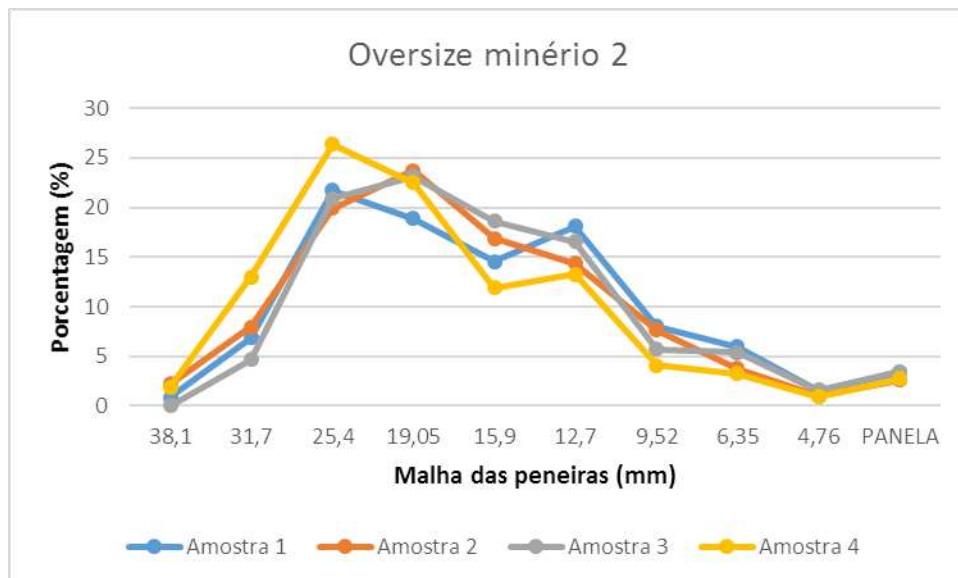
Nota-se também que o percentual de finos do minério 1 é mais elevado comparado às demais cargas metálicas, evidenciando-se assim um minério mais friável.

Gráfico 4 - Oversize minério 1



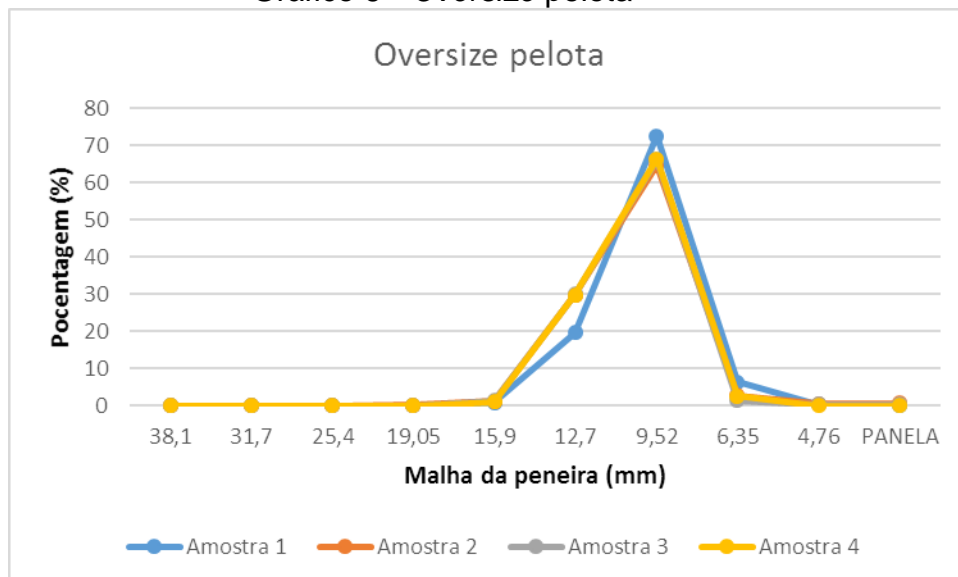
Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Gráfico 5 - Oversize minério 2



Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Gráfico 6 - Oversize pelota

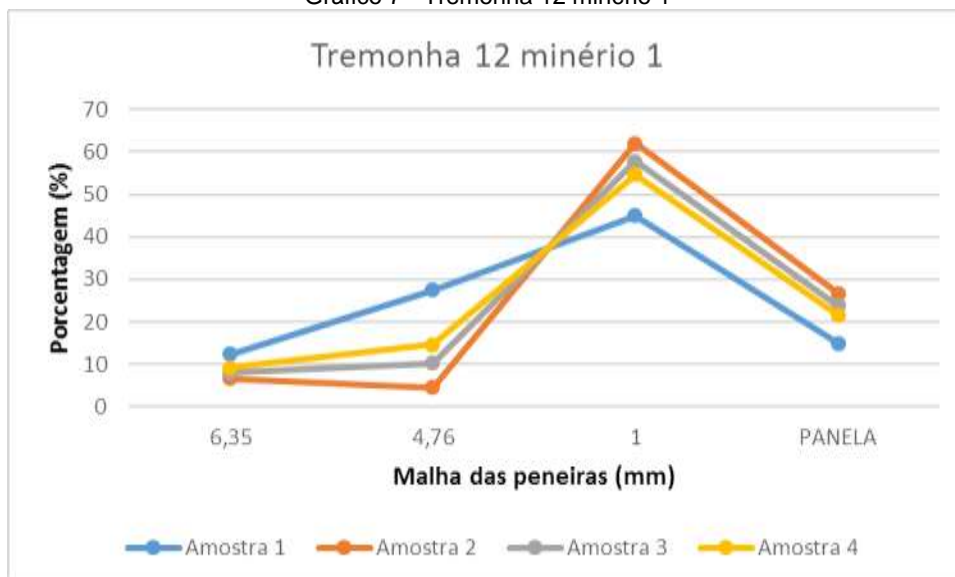


Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Constata-se de acordo com os Gráficos 4, 5 e 6 que as peneiras localizadas no *Stock House* da Aperam trabalham de forma eficiente devido à remoção dos finos do material que alimentou o alto-forno 2, sendo também comprovado pelo cálculo de eficiência da peneira. O percentual de finos resultou em 7,3, 4,28 e 0,67, referente aos minérios 1, 2 e pelota, respectivamente. De acordo com o Gráfico 4, as três primeiras amostragens apresentam um percentual de 7,98, ou seja, maior que 5% de finos, porém ainda um valor de referência baixo.



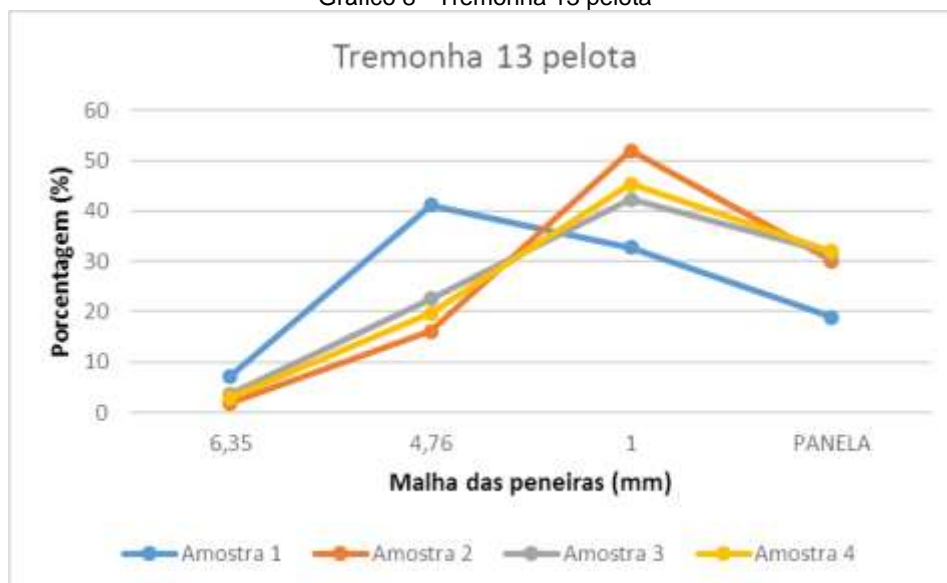
Gráfico 7 - Tremonha 12 minério 1



Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

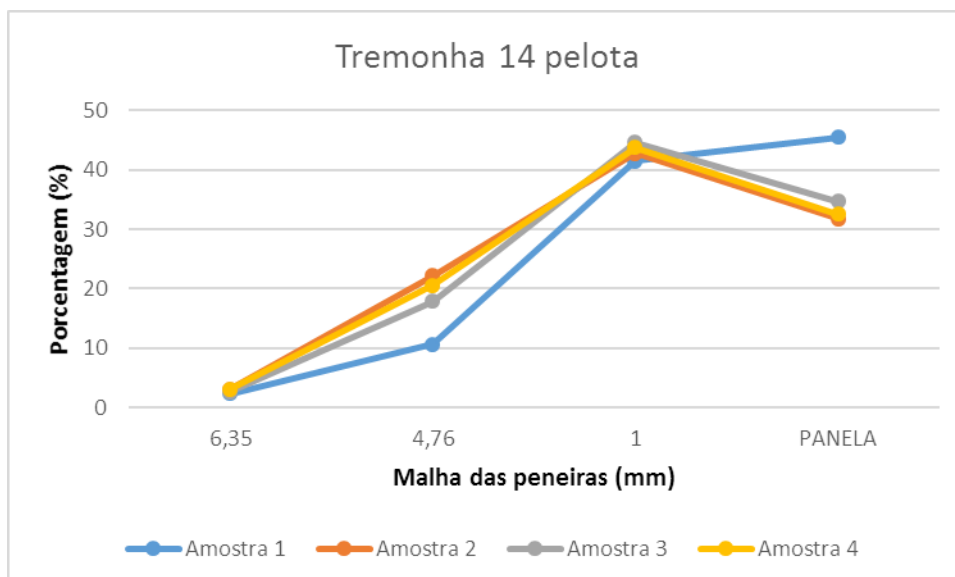
Observa-se no Gráfico 7 que não foi constatado desperdício de minério 1, pois o percentual da granulometria acima ou igual a 6,35mm é de 9,08, ou seja, é baixo. Isto também ocorreu com o material amostrado nas tremonhas das pelotas, que resultou em uma porcentagem 3,36. Esses materiais constituem o passante das peneiras.

Gráfico 8 - Tremonha 13 pelota



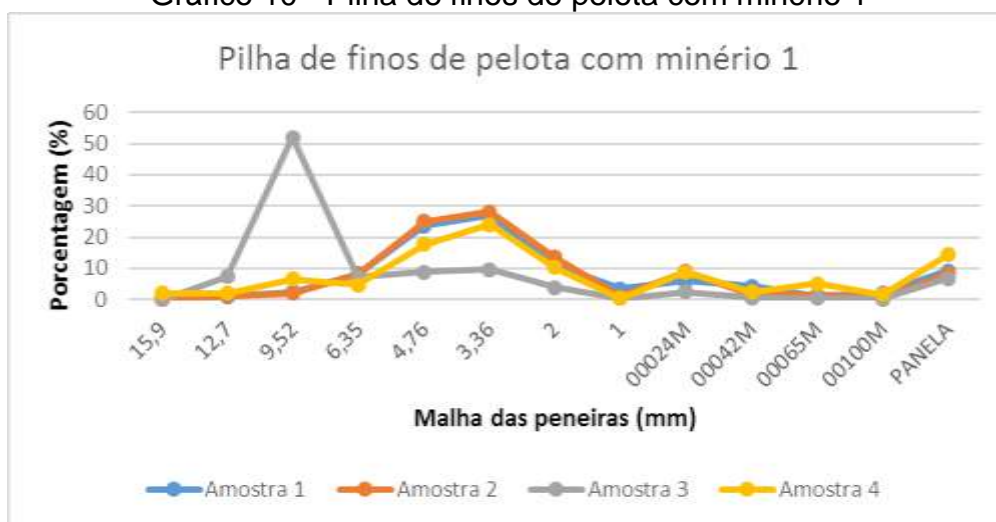
Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Gráfico 9 - Tremonha 14 pelota



Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Gráfico 10 - Pilha de finos de pelota com minério 1



Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Observa-se na amostra 3 que houve uma discrepância no resultado do material retido na malha de 9,52mm (51,94%).

As malhas das peneiras das cargas metálicas são constituídas de poliuretano. Essas sofrem desgaste com o tempo, podendo ocorrer alterações na mesma, com possibilidade de furo. Como esse desperdício não foi comprovado nas análises das tremonhas da amostra 3, esse valor bastante alterado pode ser resultado de um erro de amostragem. Este erro de amostragem pode ter ocorrido tanto na amostragem propriamente dita, como na preparação da amostra primária para obtenção da amostra final.

Sabe-se que o erro de amostragem propriamente dito consiste em um conjunto de vários erros independentes, oriundos do processo de seleção da amostra primária, derivados da variação do material amostrado. Dentre as possibilidades de erro estão: erro de ponderação, integração, periodicidade, fundamental, segregação, delimitação e extração.

Pôde-se inferir também a possibilidade de erros de preparação, natural das operações de diminuição da granulometria, homogeneização e quarteamento que a amostra primária foi sujeitada, como por exemplo: perda de partículas referentes à amostra, contaminação da

amostra por outro material, mudança não intencional da característica relevante que foi medida na amostra final, erros não intencionais do operador (mistura de amostras) ou erros intencionais (ajuste de peso).

As Tabelas e seus respectivos Gráficos de Curva Granulométrica (dispersão) do Apêndice reforçam todos os resultados obtidos, ou seja, o percentual de passantes foi baixo, o que retoma o fato de que não houve desperdícios.

### 5.3 Resultado dos cálculos de eficiência das peneiras

Tabela 3 - Cálculo de eficiência das peneiras de pelota

Pelota							
Datas	Consumo com perda	Consumo sem perda	Geração de finos	P (t/h)	A (t/h)	a (%)	Eficiência (%)
25/05/2016	1323,139	1309,908	13,365	49,338	1323,27	99,427	90
06/06/2016	1220,556	1208,350	12,329	46,207	1220,68	98,747	92
05/08/2016	1047,723	1037,246	10,583	38,514	1047,83	99,116	89
31/08/2016	1146,578	1135,112	11,582	43,440	1146,69	99,911	91

Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Tabela 4 - Cálculo de eficiência da peneira de Minério 1

Minério 1							
Datas	Consumo com perda	Consumo sem perda	Geração de finos	P (t/h)	A (t/h)	a (%)	Eficiência (%)
25/05/2016	264,629	261,983	76,828	12,385	338,811	96,404	91
06/06/2016	244,143	241,702	70,880	11,328	312,582	97,726	89
05/08/2016	139,696	138,299	40,557	6,750	178,856	97,395	93
31/08/2016	152,879	151,350	44,384	7,448	195,734	97,147	94

Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

Acima seguem as Tabelas (3 e 4) referentes aos dados fornecidos pela empresa como base para o cálculo de eficiência das peneiras de acordo com a equação (1). A alimentação foi resultado da soma do valor do Consumo sem perda mais o valor da Geração de finos, dividido por 24 (vinte e quatro) horas, pois a fórmula pede que o valor seja dado em t/h. Posteriormente a este cálculo aplicou-se os valores encontrados na fórmula juntamente com os demais já fornecidos pela Aperam e, assim, encontrou-se os valores de eficiência das peneiras.

A partir dos valores encontrados de eficiência das peneiras pôde-se constatar que não houve desperdícios oriundos de falha mecânica.

Cabe ressaltar que não foi calculada a eficiência da peneira de Minério 2, pois como já mencionado anteriormente, este Minério não é peneirado no *Stock House*.

Tabela 5 - Balanço de massa do Minério 2

Minério 2			
Datas	Consumo com perda	Consumo sem perda	Geração de finos
25/05/2016	176,405	174,641	31,130
06/06/2016	162,727	161,100	28,717
05/08/2016	209,562	207,466	36,981
31/08/2016	229,321	227,028	40,468

Fonte: Pesquisa aplicada (2016)

O balanço de massa do alto-forno 2 (Tabela 5) referente ao minério 2, constata os finos aderentes. A quantidade de finos gerada é obtida através de uma amostragem feita pela empresa com o intuito de controlar esses finos para que não prejudique o funcionamento do alto-forno, ou seja, para que não haja riscos de perda de permeabilidade do mesmo, que é causada por estes finos. Nota-se também que a geração de finos do minério 1 é relativamente maior que a do minério 2, comprovando assim o fato do minério 1 ser um minério mais friável.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos foi possível verificar pontos de degradação do minério que gera desperdício de material, contribui para a geração de poeira e influencia diretamente nos ganhos e perdas da empresa. Também foi possível verificar a eficiência das peneiras de cargas metálicas que alimentam o alto-forno, constatando que não houve desperdício ou, quando houve, que pode ter ocorrido em função de algum erro amostral.

Considerou-se que essas análises devem ser realizadas frequentemente, pois influenciam diretamente nos custos da empresa, trazendo resultados sobre possíveis desperdícios de matérias-primas.

Este estudo contribuiu de forma a unir as teorias dos conteúdos aprendidos durante os cinco anos de graduação e as práticas aplicadas em uma empresa, além de ter associado dois cursos da Universidade Estadual de Minas Gerais, Engenharia de Minas e Engenharia Metalúrgica, mostrando o quanto os cursos de Engenharia estão demasiado correlacionados, abrindo um leque tanto para a atuação profissional dos graduandos destes cursos quanto para uma expansão nos conhecimentos.

O resultado encontrado foi satisfatório, porém, cabe frisar alguns aspectos que podem ser explorados para maior controle do desperdício das cargas metálicas que afetam diretamente no capital da empresa, como um estudo sobre o local onde mais ocorre a segregação do minério e todos os valores (porcentagens) de perdas estudados dados em valores reais, a fim de analisar-se em termos de capital se há ganhos ou perdas no processo. Outro trabalho futuro com possibilidade de implantação na empresa seria um plano de ação contendo um plano de gerenciamento dos resíduos obtidos neste processo e no processo de limpeza da área, visando utilizá-los para a correção de estradas, acessos à empresa e outras possíveis funções.

## REFERÊNCIAS

Adaptado de ARAÚJO, L. A. **Manual de siderurgia**. São Paulo: Editora Arte & Ciência, 1997, v.1., Cap. 8: Alto Forno. P. 195-258.

ALECRIM, 1982 apud MAZON, Ricardo. **Efeito do Tempo de Residência sobre a Recuperação Metálica da Flotação Colunar Reversa de Minério de Ferro**. Ouro Preto: Escola de Minas de Ouro Preto, 2006. p.4. (Dissertação, Mestrado, Tratamento de Minérios).

APERAM South America. Timóteo: Aperam no mundo. Disponível em: <<http://brasil.aperam.com/institucional/aperam/aperam-no-mundo/>>. Acessado em: 05 maio 2016.

AUGUSTO, K. S. **Identificação Automática do Grau de Maturação de Pelotas de Minério de Ferro**. PUC-RJ. Rio de Janeiro-RJ: 2012, p. 27.

AUGUSTO, K. S. **Identificação Automática do Grau de Maturação de Pelotas**

**de Minério de Ferro.** PUC-RJ. Rio de Janeiro-RJ: 2012, p. 29 e 31.

AUGUSTO, Karen Soares; LEY, Sabrinna Goulart Gaudie. **Prática nº 7: Peneiramento.** Rio de Janeiro: Karen Soares Augusto e Sabrinna Goulart Gaudie Ley, 7 p. Departamento de processos e operações industriais: Laboratório de Engenharia Química I. Disponível em: <<http://goo.gl/6VgSpL>>. Acesso em: 21 maio 2016.

BARBÊDO, Simone Angélica Del-ducca; TURRIONI, João Batista. Sistemas de gestão da qualidade no setor de serviços: um estudo de aplicabilidade em bibliotecas de ensino superior de uma cidade mineira. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, Itajubá, v. 1, n. 5, p.63-76, 15 dez. 2003. Disponível em: <<http://goo.gl/pjELh>>. Acesso em: 29 maio 2016.

CANTIDIO, Sandro. **Perspectiva Estratégica da Qualidade**, dezembro 2008. Disponível em: <<https://sandrocan.wordpress.com/tag/gestao-da-qualidade-do-processo/>>. Acesso em: 11 maio 2016.

CARRISSO, R. C. C., CORREIA, J. C. G. **Classificação e Peneiramento (parte 5):** Comunicação Técnica elaborada para a 4 Edição do Livro Tratamento de Minérios, CETEM, p 224-225, dez. 2004.

CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A., **Metodologia Científica**, 5. ed., São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2005. p. 9

CORREIA, J. C. G. et al. **Tratamento de Minérios: Classificação e Peneiramento**. 5. ed. Rio de Janeiro: 2010, p. 284

CHAVES, A. P.; FERREIRA, F. M. **Estocagem, homogeneização**. [S.l.: s.n.], 1996.

CHAVES, A. P.; FERREIRA, F. M. **Apostila Estocagem, Homogeneização**. [S.l.: s.n.], 1996 apud FORTES, F. F.; PEREIRA, C. A. Manuseio, estocagem e qualidade do minério de ferro, 2012, p. 118.

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

DIAS, A. C. **Monitoramento Térmico do Cadinho de alto-forno, predição de desgaste de refratário e identificação de modelo matemático**. Monografia de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto, MG, 2007. p. 6-7

DIAS, M. C. E. **Gerenciamento de Resíduos na Construção Civil**. Dissertação de Graduação do Curso Engenharia Civil com ênfase Ambiental da Universidade Anhembi Morumbi, SP, 2007. p. 1-2

FEIGENBAUM, Armand V. **Controle da qualidade total: gestão e sistemas**. Volume I, São Paulo: Makron Books, 1994.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008, p.50-51.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008, p.57-58.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008, p.175.

GODOY, A. S. **Introdução a pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. Revista de Administração de Empresas. São Paulo, v. 35, n. 2, p. 63, Mar./Abr. 1995B.

GOÉS, M. A. C.; LUZ, A. B.; POSSA, M. V. Capítulo 2: **Amostragem**. 4. ed. Rio de Janeiro: CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, 2004, p. 19-20.

GOÉS, M. A. C.; LUZ, A. B.; POSSA, M. V. **Tratamento de Minérios: Amostragem**. 5. ed. Rio de Janeiro: Adão Benvindo da Luz, João Alves Sampaio e Sílvia Cristina Alves França, 2010, p. 23

GONÇALVES, Hebert. **O que é qualidade?**, julho 2008. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/o-que-e-qualidade/23926/>>. Acesso em: 12 maio 2016.

GRIGORIEFF, Alexandre; COSTA, Joao Felipe C.I.; KOPPE, Jair. O problema de amostragem manual na indústria mineral. **Rem: Revista Escola de Minas**, [s.l.], v. 55, n. 3, p.229-233, set. 2002. Trimestral. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0370-44672002000300011>. Disponível em: <<http://goo.gl/A5AQkV>>. Acesso em: 27 maio 2016.

GUARANY, Carlos Alberto Lopes Biancchi dos et al. PRINCIPAIS MÉTODOS DE ESTOCAGEM DE MINÉRIO DE FERRO: UMA ABORDAGEM TEÓRICA. **Perspectivas Online: Revista científica**, Rio de Janeiro, p.42-55, 04 set. 2013. Trimestral. Artigo ISSN 1982-5501. Disponível em:

<[http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/exatas\\_e\\_engenharia/article/view/8](http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/exatas_e_engenharia/article/view/8)>. Acesso em: 23 maio 2016.

Informativo Estatístico – Setor Metalúrgico – M.M.E.- Secretaria de Minas e Metalurgia – Jan 2015, no. 29.

JACOBI, P. **Como será o mercado mundial de pellets sem a produção da Samarco?**, novembro 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/6onaU1>>. Acesso em: 18 maio 2016.

JULIÁ, Alexandre Font. **DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE SIMULAÇÃO PARA DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO PÁTIO-PORTO NA CADEIA DO MINÉRIO DE FERRO**. 2010. 167 f. TCC (Especialização) - Curso de Pós- Graduação em Engenharia de Sistemas Logísticos, Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/kAEoTn>>. Acesso em: 02 out. 2016.

LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. Introdução ao Tratamento de Minérios. In: LUZ, Adão Benvindo da; SAMPAIO, João Alves; FRANÇA, Sílvia Cristina Alves. **Tratamento de Minérios**. 5. ed. Rio de Janeiro: Adão B. da Luz, João Alves Sampaio e Sílvia Cristina A. França., 2010. Cap. 1. p. 1-20. Disponível em: <<http://goo.gl/HPqsu5>>. Acesso em: 20 maio 2016.

LUZ, Adão B., SAMPAIO, João A. e ALMEIDA, Salvador L.M. **Tratamento de Minérios**, Rio de Janeiro: CETEM, 2004.

LUZ, José Aurélio Medeiros da; CARVALHO, Simão Célio de. Modelamento matemático de peneiramento vibratório (Parte 1): dimensionamento clássico. **Rem: Revista Escola de Minas**, [s.l.], v. 58, n. 1, p.57-60, mar. 2005. Trimestral. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0370-44672005000100010>. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672005000100010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672005000100010)>. Acesso em: 15 maio 2016.

MACHADO, M.L.P; SOBRINHO, V. P. F. M; ARRIVABENE, L.F. **Siderurgia para não Siderurgistas**. p. 20-21, 2003.

MACHADO, M.L.P; SOBRINHO, V. P. F. M; ARRIVABENE, L.F. **Siderurgia para não Siderurgistas**. p. 22-23, 2003.

MARTINS, R.; BUENO, M. C. **Classificação das Falhas no Processo**, maio 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/rDbTHv>>. Acesso em: 15 maio 2016.

MOURÃO, M. B. **Fundamentos da Siderurgia**. ABM – Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. Curso EAD. p. 16, 2013.

MOURÃO, M. B. **Introdução a Siderurgia**. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2007.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora, p. 71, 1997.

OLIVEIRA, Vinícius de Moraes. **ESTUDO DA POROSIDADE DE PELOTAS DE MINÉRIO DE FERRO PARA ALTOS-FORNOS ATRAVÉS DE ADSORÇÃO FÍSICA**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Minas, Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/8CXiQS>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

PELZER, H. K. **Long Distance Conveyors: Economics and Operating Experience with the Sahara Phosphate Conveyor**. In: ARGALL, George O., Jr. Mineral Transportation 3. Proceedings of the third international symposium on transport and handling of minerals. Canadá: Miller Freeman Publications, 1979 apud FORTES, F. F.; PEREIRA, C. A. Manuseio, estocagem e qualidade do minério de ferro, 2012, p. 118-119

PRICE, W. L. **Storage and transportation of minerals**. In: HARTMAN, Howard L. SME Mining Engineering Handbook. 2. ed. vol.1. Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 1992.

REBOUÇAS, D. P. **Planejamento estratégico**. 24. ed. São Paulo: Atlas. p. 58, 2007.

REVISTA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, n.1, p. 63-76, dez. 2003.

SAMPAIO, J. A; DA SIVA, F. A. N. G. **Tratamento de minérios: Práticas Laboratoriais**. Rio de Janeiro: João Alves Sampaio e Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva, 2007.

SAMPAIO, J. A; FRANÇA, S. C. A; BRAGA, P. F. A. **Tratamento de minérios: Práticas Laboratoriais**. Rio de Janeiro, 2007. p. 70

SAMPAIO, João Alves; FRANÇA, Sílvia Cristina Alves; BRAGA, Paulo Fernando Almeida. **Tratamento de minérios: Práticas laboratoriais**. Rio de Janeiro: João Alves Sampaio, Sílvia Cristina Alves França e Paulo Fernando Almeida Braga, 2007, p. 13-14. Disponível em: <<https://goo.gl/QaWmjA>>. Acesso em: 22 set. 2016.

SCHEID, A. **Curso Básico de Aços**. Curitiba, 2010. p. 3. Disponível em: <<http://goo.gl/s5vxKF>>.

SILVA, Joselito Dásio da et al. Recuperação de nióbio contido no Under Flow do ciclone primeira classificação da planta Tailings. **Revista Minérios**, São Paulo, p.1-32, 13 maio 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/xoiFmp>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

SOARES, Renata El Tawil Morales; SIKILERO, Claudio Bastos. ANÁLISE DOS DESPERDÍCIOS NO PROCESSO PRODUTIVO: UM ESTUDO DE CASO DE UM FABRICANTE DE CHAPAS DE MDF. In: ENEGEP 2010, 30., 2010, São Carlos. **XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente**. São Carlos: Abepro, 2010. p. 1 - 13. Disponível em: <<http://goo.gl/0OuAEX>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

Tecnológica Online. Vale realiza testes com empilhadeira superdimensionada. Disponível em: <<https://goo.gl/6VQnNt>>. Acesso em: 29 set. 2016.

Trator JV Peças e Correias em Geral. Disponível em: <<http://tratorjv.com.br/?pag=Correias>>. Acesso em: 29 set. 2016.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Depto De Eng. Química e de Eng. De Alimentos. EQA 5313 – Turma 645 – Op. Unit. de Quantidade de Movimento. **SEPARAÇÃO SÓLIDO – SÓLIDO**. P.4. Disponível em: <<https://goo.gl/KArJNp>>. Acesso em: 18 maio 2016.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Depto De Eng. Química e de Eng. De Alimentos. EQA 5313 – Turma 645 – Op. Unit. de Quantidade de Movimento. **SEPARAÇÃO SÓLIDO – SÓLIDO**. P.8-10. Disponível em: <<https://goo.gl/KArJNp>>. Acesso em: 18 maio 2016.

YIN. R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed., Porto Alegre: Bookman, 2001. P. 32