

# CERTIFICAÇÃO ABNT NBR ISO 3082 – AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DE AMOSTRA DE MINÉRIO DE FERRO. USIMINAS: SUPERAÇÃO E PIONEIRISMO\*

Alexandre Medeiros Silva<sup>1</sup>  
Irani Fernandes Silva<sup>2</sup>

Iran Brandão de Abreu Junior<sup>3</sup>

Patrícia Torres Ambrósio<sup>4</sup>  
Mauro Vivaldino Fernandes<sup>5</sup>

## Resumo

A qualidade na amostragem e preparação de amostras, dos minérios de ferro utilizados no processo de Redução da Usiminas é uma realidade desde a década de 60. Reforçando esse compromisso com a qualidade e com a excelência no controle interno dos processos, foi desenvolvido um projeto por equipe multidisciplinar que objetivou o estabelecimento de padrões de trabalho alinhados às Diretrizes da Qualidade da Usiminas e com base na da Norma ABNT NBR ISO 3082:2011 - Minérios de Ferro - Procedimentos de Amostragem e Preparação de Amostra. O presente trabalho aborda as melhorias e adaptações realizadas no sistema de amostragem e preparação de amostras na Usiminas, que resultaram na certificação da referida norma, reforçando a competitividade e a credibilidade da Usiminas.

**Palavras-chave:** Minérios de Ferro; ISO 3082; Qualidade; Amostragem e Preparação de Amostras.

## CERTIFICATION ABNT NBR ISO 3082 - SAMPLING AND PREPARATION OF IRON ORE SAMPLES. USIMINAS: OVERCOMING AND PIONEERING

### Abstract

The quality during sampling and sample preparation of iron ores for Usiminas' reduction process is a reality since the 60's decade. To reinforce the commitment with quality and excellence in processes controls, a multidisciplinary team developed a project to establish work procedures aligned with Usiminas' quality guidelines and based on ABNT NBR ISO 3082:2011 (Iron Ores – Sampling and sample preparation procedures). This paper discusses the improvements and adaptations made at the sampling and sample preparation process at Usiminas which resulted on the ABNT NBR ISO 3082:2011 certification, reinforcing the competitiveness and credibility of Usiminas.

**Keywords:** Iron Ores; ISO 3082; Quality; Sampling and Sample Preparation.

<sup>1</sup> Engenheiro de Produção, Engenharia Industrial, Usiminas, Ipatinga, Minas Gerais - Brasil.

<sup>2</sup> Técnico em Química, Gerência Geral de Redução, Usiminas, Ipatinga, Minas Gerais – Brasil.

<sup>3</sup> Engenheiro de Produção, CQE/ASQ, Analista de Qualidade Sênior, Garantia da Qualidade, Usiminas, Ipatinga, Minas Gerais - Brasil.

<sup>4</sup> Engenheira de Minas, Gerência Técnica de Redução, Usiminas, Ipatinga, Minas Gerais - Brasil.

<sup>5</sup> Engenheiro Metalurgista, M. Sc., Gerência Técnica de Redução, Usiminas, Ipatinga, Minas Gerais - Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de amostragem, por definição, consiste na retirada de quantidades “moduladas” de material (incrementos) de um todo que se deseja amostrar (população), para a composição da amostra primária ou global, de tal forma que esta seja representativa em relação à população da qual foi extraída. Qualquer desvio deste requisito básico pode resultar em uma perda inaceitável de exatidão e precisão.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

A norma que trata da base teórica, dos princípios básicos de amostragem e preparação de amostra para minérios de ferro é a ABNT NBR ISO 3082 (determina sua composição química, teor de umidade, distribuição granulométrica e outras propriedades físicas e metalúrgicas do lote). Foi elaborada no Comitê Brasileiro de Minérios de Ferro (ABNT/CB-41), pela Comissão de Estudo de Amostragem (CE-41:000.01). Os métodos são aplicáveis a todos os minérios de ferro, tanto naturais quanto processados (por exemplo, concentrados e aglomerados, como pelotas ou sínteres).

O aço Usiminas está presente onde o conhecimento e as inovações ditam o futuro. Por isso, a empresa investe na modernização de suas unidades e em produtos de conteúdo tecnológico diferenciado, sempre em sintonia com tendências mundiais.

Na Usiminas a qualidade utilizada para controle do processo é a qualidade medida no recebimento das matérias primas. Esses dados são utilizados para preparação de carga nas sinterizações e altos fornos, composição de mix de minérios, análise de viabilidade econômica individual das matérias primas, acompanhamento da qualidade especificada pelo fornecedor, notificação oficial aos fornecedores e estudos internos.

O objetivo deste trabalho é abordar as melhorias e adaptações realizadas no sistema de amostragem e preparação de amostras na Usiminas Ipatinga, que resultaram na certificação da Norma ISO 3082 - Minérios de Ferro - Procedimentos de Amostragem e Preparação de Amostra, reforçando a competitividade e a credibilidade da Usiminas.

## 2 DESENVOLVIMENTO

O grau de evolução alcançado pelas sinterizações e altos-fornos em todo mundo, por si só, é suficiente para evidenciar a necessidade de uma avaliação técnica cada vez mais rigorosa das matérias-primas que serão consumidas nestas instalações. Se a tendência mundial é de se carregar, no alto-forno, carga metálica mista constituída de sínter, minério granulado e pelota, fica bem caracterizada a importância de uma definição dos critérios adotados, para classificação destas matérias-primas.

A qualidade na amostragem e preparação de amostras, dos minérios de ferro utilizados no processo de Redução da Usiminas é uma realidade desde a década de 60. Reforçando esse compromisso com a qualidade e com a excelência no controle interno dos processos, foi desenvolvido um projeto, por equipe multidisciplinar, que

objetivou o estabelecimento de padrões de trabalho alinhados às Diretrizes da Qualidade da Usiminas e com base na da Norma ISO 3082.

Importante destacar a presteza, empenho e superação das equipes, e o compromisso da alta administração, facilmente verificado pelo tempo de realização do empreendimento. Entre a reunião de *kick-off* a recomendação para certificação (certificadora *TUV NORD GROUP*) percorreram somente 142 dias.

A divisão do gerenciamento técnico se deu pelo próprio conceito da norma, ou seja, duas grandes áreas de atuação foram criadas e imediatamente definidos respectivos responsáveis técnicos/especialistas: Amostragem; e Preparação de Amostras.

As grandes fases do projeto, foram pautadas em:

- elevação do nível de conhecimento, das equipes, na norma ABNT NBR ISO 3082:2011 e todas as demais (23) referências normativas, indispensáveis à aplicação e implementação da mesma;
- mapeamento dos sistemas de amostragem e preparação de amostras, amarrando para cada item, a conformidade ou não conformidade, gerando justificativas, planos de ação para adequação à norma, e ações de melhorias;
- realização de auditoria interna, objetivando verificação de aderência à norma, por uma equipe imparcial (Garantia da Qualidade e Pesquisa), gerando novos planos de contorno para não conformidades e observações.
- realização de reunião go/no go para auditoria externa;
- contratação de certificadora;
- realização da auditoria externa;

Reuniões semanais de *follow up* e relatórios administrativos, reportados aos principais *Stakeholders*, incluindo diretoria industrial, possibilitaram envolvimento na gestão dos vários níveis hierárquicos, acelerando e potencializando todo processo de deliberação sobre as decisões.

Na sequência serão abordadas as melhorias e adaptações realizadas no sistema de amostragem e preparação de amostras na Usiminas, subsequentes as principais determinações da norma ABNT NBR ISO 3082. Todos os procedimentos de qualidade e operacionais relacionados foram revisados conforme recomendações ABNT.

## 2.1 Amostragem

A Norma ABNT NBR ISO 3082:2011 define como requisito básico, para um esquema de amostragem correto, que todas as partes do minério no lote tenham a mesma oportunidade de serem selecionadas e tornarem-se parte de uma amostra parcial ou amostra global para análise (Gy; Pitard). Qualquer desvio deste requisito básico pode resultar em uma perda inaceitável de exatidão e precisão. Um esquema incorreto de amostragem não é confiável para fornecer amostras representativas.

O melhor local de amostragem para satisfazer este requisito é em um ponto de transferência entre correias transportadoras. Neste local, uma seção transversal completa do fluxo do minério pode ser adequadamente interceptada a intervalos regulares, permitindo a obtenção de amostras representativas.

A rota de descarga ferroviária na Usiminas Ipatinga, contempla cortador de fluxo automático, do tipo corta-fluxo e velocidade constante, localizado na segunda transferência entre correias transportadoras dos sistemas de descarga. Após o corte, o incremento é direcionado para uma torre de amostragem, composta por silos armazenadores dos incrementos, até que a descarga seja finalizada. Após, a

amostra passa por quatroquarteadores tipo *rifles*, que tem por objetivo reduzir a amostra, que será encaminhada ao laboratório.

A amostragem *in situ* de situações estacionárias (pilhas, vagões, navios, caminhões, etc) é permitida apenas para minérios com tamanho máximo nominal (tamanho de partícula expresso como o tamanho da menor abertura da peneira de ensaio (com abertura quadrada em conformidade com a série R20 ou R40/3 da ISO 565), de forma que não mais do que 5 % em massa do minério de ferro fique retido nesta peneira) menor do que 1 mm, desde que o dispositivo de amostragem, como uma lança ou um trado, penetre a profundidade total do concentrado no ponto selecionado de amostragem e a coluna completa do concentrado seja extraída.

A definição da ABNT NBR ISO 3082:2011, sobre situações estacionárias, delimitou o escopo aos recebimentos nos sistemas ferroviários, pois os recebimentos rodoviários, de minérios de ferro, da usina de Ipatinga são diretos nos pátios, não dispondo, atualmente, de um ponto de transferência entre correias transportadoras.

### 2.1.1 Fundamentos da amostragem

A minimização do vício na amostragem e preparação de amostra é de vital importância. Ao contrário da precisão, que pode ser melhorada pela coleta de mais incrementos ou pela repetição da medida, o vício não pode ser reduzido por réplicas de medidas. Conseqüentemente, recomenda-se considerar a minimização ou, preferencialmente, a eliminação de possíveis vícios como mais importante do que a melhoria da precisão. A ABNT explicita que a minimização da degradação do tamanho de partículas, das amostras utilizadas para determinação da distribuição granulométrica, é fundamental para reduzir o vício na distribuição granulométrica medida (essencial minimizar as quedas livres).

Os amostradores dos sistemas de amostragem dos viradores de vagões da usina de Ipatinga são posicionados nas respectivas segundas transferências, entre correias transportadoras, dos sistemas de descarga. Estes posicionamentos foram projetados visando reduzir caídas em queda livre antes da amostragem e, conseqüentemente, minimizando o vício na distribuição granulométrica. Foi procedimentado o percentual mínimo de trabalho dos *hoppers*, dos viradores de vagões, em 70%, por recomendação da certificadora, objetivando prevenir a degradação do tamanho de partículas.

Há uma preocupação, pertinente, quanto a evitar alterações no teor de umidade, perdas de poeira e contaminação de amostra, descritas pela ABNT. Assim, foram recuperadas as coberturas de ambos os sistemas de amostragem, objetivando preservação da umidade real, no ato do recebimento. Substituído todas as caixas de acondicionamento de amostras de polipropileno com tampa, para que não haja risco de contaminação da amostra e minimizar perda de umidade, por evaporação. Recomendado, e em andamento, implantação de um sistema de identificação automática das amostras, na torre de amostragem.

A massa do incremento,  $m_i$ , em quilogramas, a ser coletada por um amostrador tipo linear, do fluxo de minério no final da descarga de uma correia transportadora é dada (Equação 1):

$$m_i = \frac{ql1}{3,6vc} \quad (1)$$

onde:

$q$  é a taxa de fluxo do minério na correia transportadora, em toneladas por hora;

$vc$  é a velocidade de corte do amostrador, em metros por segundo;

$l1$  é a abertura de corte do amostrador, em metros.

A figura abaixo representa a composição da massa de um incremento coletado em um amostrador tipo corta-fluxo (Figura 1).

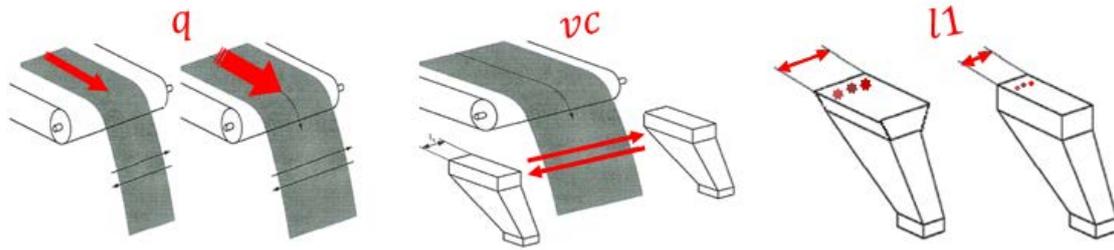


Figura 1. Esquema de composição da massa do incremento.

### 2.1.1.1 Taxa de Fluxo

A ABNT requer que os incrementos sejam coletados com massa praticamente uniforme para amostragem base massa ou com massa proporcional à taxa do fluxo do minério no momento da amostragem para amostragem base tempo (através de incrementos, de fluxos em queda livre ou de correias transportadoras, em intervalos regulares de tempo). Os incrementos devem ser coletados nos intervalos determinados em (h) durante todo o período de manuseio do lote.

O procedimento interno de qualidade, referente à operação da torre de amostragem da Usiminas, cita que após inspeções e limpezas, o operador deve realizar *setups* dos sistemas, entre eles ajustar o cronômetro para a frequência de cortes em automático, no computador de processos, para todos os minérios/pelotas. O ajuste está relacionado ao tamanho do lote (massa em toneladas); fluxo de descarga, em toneladas por hora (a balança integradora envia sinal para variação da velocidade dos alimentadores do *hopper*, a fim de manter a massa constante); e, o número de incrementos necessários (demonstrado no item 2.1.1.4 deste artigo). O sistema, automático, possui monitoramento *on line*, com avisos de paradas e intertravamentos com os funcionamentos dos sistemas de descarga. Previsto implantação de intertravamento de rotas, sem passar pela amostragem, somente com liberação da supervisão, acionando automaticamente a equipe técnica.

### 2.1.1.2 Abertura de Corte do Amostrador

A abertura do cortador deve atender, no mínimo, ao maior entre os seguintes critérios; três vezes o tamanho máximo nominal do minério, ou 30 mm para amostragem primária e 10 mm para os estágios subsequentes.

Durante a etapa de mapeamento dos sistemas de amostragem, comparando aos critérios definidos pela ABNT NBR ISO 3082, foi identificada a necessidade de se determinar o tamanho máximo nominal de cada material/fornecedor de acordo com a Norma ABNT NBR ISO 0565, e verificar a necessidade de mudança na abertura das cangalhas. O resultado, possibilitou a definição de 3 aberturas-padrão de cangalhas (conjunto articulado de facas do cortador de amostra), sendo procedimentado para todos os minérios finos a abertura deve ser de 30mm, para granulados de 110mm e de 60mm para pelotas.

As facas do cortador de amostra devem ser paralelas para amostradores de movimento retilíneo e radiais para cortadores rotativos, e essas condições devem ser mantidas durante a vida útil das facas. Critérios gerais de projeto para cortadores

primários são citados na norma, no item 7.5.3. A fim de garantir a conformidade da abertura e paralelismo das cangalhas, foi adquirido um conjunto novo, por sistema e, por abertura definida. Sendo que, todas as auditorias (semestrais) internas serão reavaliadas a necessidade de novas trocas. As cangalhas foram identificadas em alto-relevo quanto a sua abertura. Uma equipe de engenharia, atualmente, estuda um projeto de identificação e monitoramento *on line* e *full time*, relacionando com respectivo material em descarga.

### 2.1.1.3 Velocidade de Corte do Amostrador

Uma seção transversal completa do fluxo de minério deve ser coletada na amostragem de um fluxo em movimento. A velocidade do cortador de amostra não pode exceder 0,6 m/s, a não ser que a abertura do cortador seja proporcionalmente aumentada. Para cortadores onde a abertura efetiva ( $l1$ ) é maior do que três vezes o tamanho máximo nominal ( $d$ ), a velocidade máxima de corte admitida ( $vc$ ) pode ser aumentada de acordo com a seguinte equação (Equação 2), sujeita ao máximo de 1,5 m/s:

$$vc = 0,3 \left( 1 + \frac{l1}{3d} \right) \quad (2)$$

A Usiminas possui dois viradores de vagões para o recebimento de minérios, cada qual dotado de um sistema de amostragem.

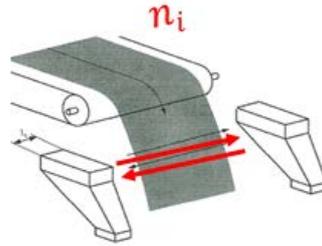
Foram aferidas as velocidades de deslocamentos dos cortadores de fluxos de ambos os sistemas de descarga e, posteriormente comparadas aos cálculos de projeto. A velocidade atual é, de aproximadamente, 0,304 m/s e 0,310 m/s, respectivamente, para os sistemas 1 e 2. Está em curso um estudo de engenharia para verificar as adaptações necessárias para se implementar um sistema com inversor de frequência para velocidade dos amostradores. O grande desafio é manter a velocidade estável durante toda a travessia do fluxo de material. A ABNT cita que o cortador de amostra deve deslocar-se através do fluxo de minério a uma velocidade constante, considerando desde a entrada da primeira extremidade do cortador até a saída da última extremidade do cortador do fluxo de minério.

### 2.1.1.4 Número de Incrementos Primários

O número mínimo de incrementos ( $n_i$ ) primários deve ser determinado, preferencialmente, usando a equação (Equação 3), e conforme esquema representado figura abaixo, para cada vez que o corte atravessar o fluxo conta-se um incremento (Figura 2):

$$n_i = \left( \frac{2\sigma_w}{\beta_s} \right)^2 \quad (3)$$

Para isso o valor de variação da qualidade,  $\sigma_w$  (citada no item 2.2.2 deste artigo, e conforme ABNT NBR ISO 3084) deve ser conhecido, e ser calculado para a precisão de amostragem desejada,  $\beta_s$  (citada no item 2.2.3 deste artigo, e conforme ABNT NBR ISO 3085:2003).



**Figura 2.**Esquema de composição do número de cortes (incrementos).

A variação da qualidade,  $\sigma_w$ , é uma medida da heterogeneidade do lote e é o desvio-padrão das características de qualidade dos incrementos dentro dos estratos, para amostragem sistemática base massa. As características a serem selecionadas para a determinação da variação da qualidade incluem os teores de ferro, sílica, alumina, fósforo e umidade, e da percentagem de uma dada fração granulométrica. O valor de  $\sigma_w$  deve ser medido experimentalmente para cada produto ou tipo de minério de ferro, e para cada planta de manuseio, sob condições normais de operação, de acordo com a ABNT NBR ISO 3084 Minérios de Ferro - Métodos Experimentais para Avaliação da Variação da Qualidade.

Objetivando calcular o número de incrementos primários, a equipe Usiminas realizou um estudo conforme Norma ABNT NBR ISO 3084, citada pela ABNT NBR ISO 3082, a fim de, por métodos experimentais, avaliar a variação da qualidade de cada fornecedor/mina (ver item 4.2.2). Importante ressaltar que o resultado possibilitou proceder, em 40 cortes, o número de amostras para todos os fornecedores de minérios. Segundo a ABNT NBR ISO 3082 (item 5.4.2, tabela 8), o número de cortes, mínimo, deve ser de 25. A definição por proceder em 40 cortes, está ligada à massa mínima a ser encaminhada ao laboratório, suficiente para os procedimentos de preparação de amostras. O primeiro incremento é coletado aleatoriamente, dentro do primeiro intervalo de tempo, a partir do início de operação de descarga. Incrementos subsequentes são coletados em intervalos de tempo fixos (ver item 2.1.1.1).

## 2.2 Preparação de Amostras

No laboratório é realizada toda a etapa de preparação da amostra, que consiste na homogeneização e divisão da amostra, e análise propriamente dita. Assim, é possível o conhecimento das qualidades físicas, químicas e metalúrgicas dos minérios de ferro adquiridos. Propiciando à área operacional obter maior assertividade nos planejamentos e ações de contorno de processos, reduzindo significativamente os custos.

A correta preparação da amostra resulta em subamostras que são representativas da amostra total. É realizada em várias etapas, cada uma consistindo em uma série de operações: secagem (se necessário), cominuição, homogeneização e divisão. Essa etapa deve ser realizada de tal maneira que impeça a contaminação ou introdução de materiais estranhos nela e que não ocorram alterações nas características de qualidade da amostra.

### 2.2.1 Homogeneização e Divisão da Amostra (ABNT NBR ISO 3082)

Os processos de homogeneização e divisão de amostras citados na ABNT NBR ISO 3082 (itens 10.1.4 e 10.1.5) são recomendações fundamentais para um melhor

desempenho de tratamento da amostra, para que não haja um efeito opostos ao desejado. Pois, dependendo da metodologia aplicada para este fim a segregação do material pode ser evidente, como exemplificado em nota pela norma.

Na referência da ABNT NBR ISO 3082 (item 10.1.5.2 A) há uma recomendação de como proceder para realização do ensaio de umidade, sendo preferencialmente recomendada a utilização de um divisor tipo carrossel. Que também é o mais recomendado, pela norma, para divisão da amostra.

A metodologia de homogeneização e divisão manual já era prática no laboratório da Usiminas. Objetivando melhorar a performance, neste processo, fundamental, para preparação de amostras, objetivando realizar ensaios químicos, físicos e metalúrgicos, foram adquiridos dois divisores tipo carrossel, de 180kg e 12kg.

### **2.2.2 Avaliação da Variação da Qualidade (ABNT NBR ISO 3084)**

A Usiminas, com o objetivo de definir a variação da qualidade para cada fornecedor/mina dos minérios de ferro (finos, granulados e pelotas), realizou um intenso trabalho de amostragem e preparação de amostras, específico para este objetivo. Um Lote de cada fornecedor/mina foi dividido em 10 pares de amostras, de 10 incrementos para cada amostra, todos realizados nos amostradores tipo corta fluxo, dos sistemas de recebimento ferroviário.

Os testes foram realizados seguindo o método 4 de investigação da norma para cada minério fornecedor/mina recebido. E as características de qualidade analisadas foram a umidade, o ferro total e a sílica. Foram coletadas 10 amostras de 10 incrementos cada, para serem analisadas em duplicata para se conhecer os dados variográficos, e assim determinar a variação da qualidade de cada minério recebido na usina de Ipatinga por composição ferroviária.

Com os resultados obtidos foi possível determinar as variações das qualidades, e concluir que para todos os fornecedores de minérios, atualmente utilizados pela Usiminas, são classificadas como variação pequena, pois todos resultaram em  $\sigma_w$  (máximo entre os parâmetros)  $<1,5$ . Segundo ABNT NBR ISO 3082, resultado de  $\sigma_w < 1,5$  são pequenos, entre 1,5 e 2 são médios e  $\sigma_w > 2$  são classificados como grande).

### **2.2.3 Verificação da Precisão de Amostragem (ABNT NBR ISO 3085)**

A precisão global,  $\beta_{SPM}$ , citada na Norma ISO 3082, corresponde ao dobro do desvio-padrão da amostragem e é utilizada para calcular o número mínimo de incrementos necessários na amostragem primária.

Com o objetivo de definir a precisão global,  $\beta_{SPM}$ , dos sistemas de amostragem e preparação de amostras, foi aplicada a metodologia pautada no item 6.2.4 da ABNT NBR ISO 3085. O desafio foi a realização da coleta de dados de dez lotes e preparação das amostras, de acordo com a ISO 3082, visando a obtenção dos resultados do teor de ferro total, sílica e umidade.

Como resultado, observou-se que a precisão da amostragem, preparação e medidas estavam dentro do controle estatístico, de acordo com a tabela 1 da norma (ABNT NBR ISO 3082 5.2).

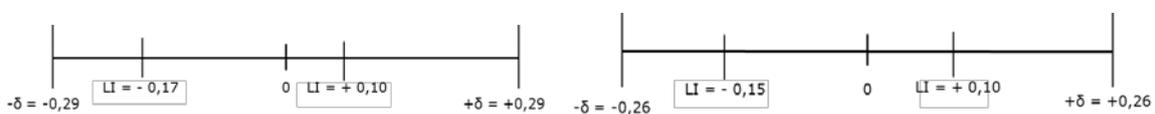
### **2.2.4 Verificação do Vício de Amostragem (ABNT NBR ISO 3086)**

Para a verificação do sistema, a amostragem em correia parada, realizada conforme a ABNT NBR ISO 3082 é o método de referência para coleta de amostras com o

qual procedimento de amostragem mecânica e manual podem ser comparados para se constatar que estes não são viciados, de acordo com os procedimentos especificados na ABNT NBR ISO 3086. A verificação revela quaisquer deficiências sérias no sistema de amostragem ou de preparação de amostra e pode evitar a necessidade de condução de testes de vício dispendiosos. Características de qualidade como o teor de ferro total, o teor de umidade, a distribuição granulométrica e as propriedades físicas, podem ser usadas para comparação.

A Usiminas, implementou as recomendações da ABNT para observação de possíveis vícios no sistema. O desafio foi aplicar a norma, pois foi necessário amostrar um mínimo de 12 composições por sistema de descarga ferroviária (amostragem automática) e, em paralelo, as mesmas composições foram amostradas em correia parada, sob as recomendações citadas na norma ABNT NBR ISO 3082. Posteriormente aplicou-se a metodologia de comparação entre as amostras, sobre parâmetros da qualidade de teor de ferro total, granulometria e teor de umidade.

Os resultados obtidos pelo método a ser verificado (referido aqui como método B – amostra cortador de fluxo) foram comparados com os resultados obtidos por um método de referência (referido aqui como método A – correia parada), que é considerado o método que produz, na prática, resultados não viciados, do ponto de vista técnico e empírico. No caso de não haver diferença estatisticamente significativa entre os resultados obtidos pelos métodos B e A, o método B pode ser adotado como um método de rotina. Essa diferença é avaliada pela comparação do intervalo de 90% de confiança do vício real, médio com o do vício predeterminado,  $\sigma$ . Como conclusão, obteve-se que ambos os sistemas de amostragem (incluindo a preparação de amostras) não estavam viciados por apresentarem valores dentro dos limites inferiores e superiores de variação (Figura 3).



**Figura 3.** Intervalo entre LI e LS inteiramente contido no intervalo  $-\delta$  e  $+\delta$ .

### 2.2.5 Determinação do Teor de Umidade de um Lote (ABNT NBR ISO 3087)

O laboratório da Usiminas, previamente se baseava pela adoção da referida norma. No entanto, nas fases do projeto de elevação do nível de conhecimento e mapeamento dos sistemas de preparação de amostras, foi identificada a oportunidade de adequação total à norma.

Para isto foi modificado o número de ensaios aplicados (de 1 para 4 ensaios), e experimentos de índice de perda de massa, de cada minério. Objetivando otimizar do tempo de permanência dos mesmos na estufa, para secagem. Assim como, as divisões e pesos máximos e mínimos, aplicado para cada ensaio, de acordo com o tamanho nominal máximo de cada minério.

### 2.2.6 Peneiras de Ensaio (ABNT NBR ISO 565)

A Norma ISO 565 estabelece os tamanhos nominais das aberturas de tela de tecido metálico, chapa metálica perfurada e lâmina eletroformada como meio de peneiramento nas peneiras de ensaio. O tamanho nominal de partícula é expresso como o tamanho da menor abertura da peneira de ensaio (com abertura quadrada

em conformidade com a série R20 ou R40/3 da ISO 565), de forma que não mais do que 5 % em massa do minério de ferro fique retido nesta peneira.

Foi realizada a adequação da sequência de peneiras conforme a norma para determinação do tamanho máximo nominal e adequação de todas as análises feitas de rotina.

### 3 CONCLUSÃO

A adequação do sistema de amostragem e preparação de amostras na Usiminas em Ipatinga tratou-se de um projeto pioneiro que proporcionou a certificação na Norma ABNT NBR ISO 3082:2011. Todas as etapas, desde a coleta dos incrementos amostrais até as análises químicas e físicas, requereram elevado nível de detalhamento técnico, elevando o desafio de garantir confiabilidade em todo esse processo.

Fica claro que a confiabilidade nas análises das matérias primas de utilização na siderurgia é de extrema importância para a qualidade das cargas que serão consumidas pelas sinterizações e altos fornos. A assertividade na medição de qualidade das matérias primas resulta em estabilidade no processo, tomadas de decisões com segurança e melhor controle de custos. Demonstrado assim, a importância de implantação desse projeto.

Todo esse processo de adequação foi acompanhado de reuniões semanais de *report* e dois ciclos de auditorias internas até a certificação final pela empresa certificadora, *TÜV NORD GROUP*.