

IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO
APLICADO AO RECEBIMENTO DE CARVÕES NA COSIPA(1)

Ricardo Luís Franco Fernandes (2)
Ulysses Martins Moreira Filho (3)
Jorge Hideyassu Chinen (4)
João Tatenouti Konda (5)

R E S U M O

São apresentados os sistemas de controle utilizados para o recebimento de carvões na COSIPA, os quais são aplicados nas áreas de amostragem, preparação e análises de laboratório.

Podem ser observados também, os sistemas para tomada de ações baseadas em tendências, bem como o critério para avaliação de fornecedores.

-
- (1) Contribuição Técnica para ser apresentada no Seminário da COMIN/COMAP - Redução de Minério de Ferro e Matérias Primas, setembro de 1987 - Porto Alegre/RS.
 - (2) Assessor Técnico da Gerência de Metalurgia e Qualidade da COSIPA.
 - (3) Coordenador da Gerência de Metalurgia e Qualidade da COSIPA.
 - (4) Engenheiro de Compras da Gerência de Matérias Primas Importadas da COSIPA.
 - (5) Técnico de Desenvolvimento da Gerência de Metalurgia e Qualidade da COSIPA.

1 - INTRODUÇÃO

A função do controle da qualidade no recebimento de carvões na COSIPA, é assegurar a rápida tomada de ação, para que se receba carvões de acordo com as especificações contratadas. Para tanto, a adoção de mecanismos de controle, torna-se necessária.

Tais mecanismos, foram desenvolvidos há mais de 60 anos por Shewhart, com a introdução do controle estatístico da qualidade, cuja ferramenta básica para conhecimento e manutenção da qualidade, é a carta de controle, a qual, com o passar do tempo, mostrou ser o sistema mais eficaz.

2 - OBJETIVOS

Apresentar os sistemas de controle utilizados para o recebimento de carvões na COSIPA, os quais abrangem:

- . Amostragem, preparação e análise de laboratório.
- . Tomada de ações baseadas em tendências.
- . Critérios para avaliação de fornecedores.

3 - DESENVOLVIMENTO

3.1 - Características do Sistema de Manuseio de Carvão

O sistema de manuseio de carvão da COSIPA, conforme anexo 1, é constituído de 3 (três) segmentos: recebimento/empilhamento, desempilhamento/britagem e dosagem/mistura, denominados: sistemas A, B e C, respectivamente.

Cada um destes sistemas tem seu ponto de amostragem, cujas características estão especificadas no anexo 2.

3.2 - Sistema de Amostragem

O sistema de amostragem está baseado na norma ASTM-D-2234/76, cujo objetivo é estabelecer métodos que incluam procedimentos para a coleta de amostras brutas sob várias condições de amostragem, para finalidades gerais e específicas, ou seja:

- (a) Por tamanho e condições de preparação.
- (b) Por características específicas de amostragem.

No caso COSIPA, para recebimento de carvões são coletados, através do amostrador mecanizado do sistema A, 90 (noventa) incrementos de cada lote recebido.

Este amostrador possui uma balança integradora, a qual é programada através do peso manifestado no navio, na ocasião da atracação.

De posse desse número, realiza-se a divisão do mesmo por 90, sendo o resultado programado no amostrador, para que o mesmo realize cortes de fluxo, coletando incrementos de aproximadamente 10 Kg.

Cada incremento é numerado e identificado para que sejam compostas as amostras.

Até 1979, em todos os incrementos eram analisados cinzas, enxofre, matéria volátil, granulometria, FSI e umidade. De cada incremento retirava-se, após britagem e homogeneização, uma parte para compor a amostra geral para determinação das propriedades plásticas.

De 1979 a 1983, a composição das amostras passou a ser conforme abaixo, para as seguintes análises:

- Cinzas: deve ser determinada em cada conjunto de 3 incrementos de números consecutivos.
- Matéria volátil, enxofre, umidade e FSI: determinados em cada conjunto de 9 incrementos de números consecutivos.
- Granulometria - determinada nos incrementos de números 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90.

A amostra final, permaneceu inalterada conforme descrito acima, para determinação das propriedades plásticas, petrográficas, enxofre e seus tipos.

A partir de 1984, até o presente momento, aplicou-se a norma MIL-STD-414 para se avaliar o lote recebido em relação as especificações. Nesta norma são estipulados os níveis de qualidade desejados em função da curva característica de operações e o número de amostras a serem analisados.

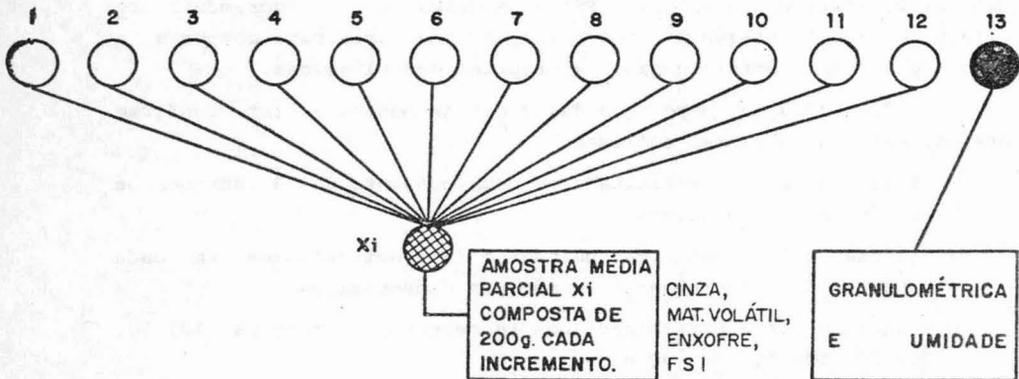
A diferença básica entre a ASTM-D-2234 e a MIL-STD-414 é que na primeira são apenas especificados o número de incrementos e a massa mínima de cada incremento, enquanto que a segunda, tomando como base a ASTM em questão, propicia ao consumidor que o lote que está sendo adquirido atende as especificações com um determinado nível de qualidade.

No laboratório cada amostra é composta de 12 incrementos como se gue:

Amostra	Incremento
A	1 a 12
B	14 a 25
C	27 a 38
D	40 a 51
E	53 a 64
F	66 a 77
G	79 a 90

Os incrementos múltiplos de 13 são separados para análise granulométrica e umidade, individualmente.

Esquemáticamente tem-se:



x_1
 x_2
 x_3
 x_4
 x_5
 x_6
 x_7

SÃO COMPOSTOS 7 (SETE) CONJUNTOS x_i DE 12 INCREMENTOS COLETADOS DURANTE O DESCARREGAMENTO DE UM NAVIO.

AMOSTRA MÉDIA DO NAVIO
(Propriedades plásticas, petrográficas, enxofre e seus tipos.)

COMPARAÇÃO DE CERTIFICADOS.

3.3 - Sistema de Preparação e Análise

O sistema de preparação de amostras, bem como a determinação da análise imediata (cinza, matéria volátil, umidade), análises químicas, físicas, físico-químicas e petrográficas são feitas de acordo com a edição mais recente da ASTM.

3.4 - Comparação dos Resultados

Basicamente, a alteração introduzida foi na composição das amostras, anteriormente 27 para 7, acarretando maiores cuidados no sistema de preparação, pois os de amostragem e análise permaneceram inalterados.

A tabela 1 mostra os resultados entre estes dois métodos de composição de amostras, em que foi elaborado para os carvões alto, médio e baixo voláteis e o carvão nacional.

TIPO DE CARVÃO	MÉTODO ANTERIOR			MÉTODO ATUAL			ERRO		$t_{d, n-1}$		GRAU DE SIGNIF.
	n1	\bar{x}_1	$\sqrt{1}$	n2	\bar{x}_2	$\sqrt{2}$	$\frac{\Delta}{(x_1-x_2)}$	E (%)	CALC.	CRÍTICO	
NAC	27	18,58	0,326	7	18,64	0,224	(0,06)	(0,32)	0,45	2,67	\bar{A}
AV	27	15,37	0,596	7	15,33	0,542	0,04	1,0	0,16	2,67	\bar{A}
MV	27	10,07	0,238	7	10,15	0,247	(0,08)	(0,79)	0,80	2,67	\bar{A}
BV	27	4,51	0,320	7	4,53	0,355	(0,02)	(0,44)	0,12	2,67	\bar{A}
BV	27	7,20	0,219	7	7,26	0,115	(0,06)	(0,83)	0,68	2,67	\bar{A}

Tabela 1 - Resultados entre os dois métodos de composição de amostras.

A análise dos resultados indica que não existe diferença significativa a nível de 95% de confiança, entre os dois métodos de comparação de amostras.

3.5 - Controle Estatístico de Processo - CEP

O objetivo do CEP é determinar a estimativa do "valor verdadeiro", considerando o uso da lei normal do erro, quando esta medida for analisada.

O controle estatístico de processo para o recebimento de carvões, difere do usual, que adota o valor absoluto. Para este caso, é utilizado o gráfico de controle das diferenças, calculada pelo intervalo de confiança.

O controle é efetuado em quatro partes, a saber:

- . Sistema A - Carregamentos Sequenciais
Conforme chegada dos navios (carregamentos).
- . Sistema A - Interno ao Laboratório

Consiste em determinar em cada lote de carvão recebido a diferença entre a média das 7 amostras e a média geral do lote, conforme descrito anteriormente. Para a cinza, esta variação deverá ser menor ou igual a 0,1%. Caso contrário, deverá ser verificada a não conformidade.

A tabela 2 mostra os resultados obtidos entre a média das 7 análises e a média geral do lote, para o teor de cinzas.

TIPO	CARVÃO	(1) \bar{x} PARCIAL	(2) \bar{x} LOTE	$\Delta(1 - 2)$
AV	CMOUN	5,76	5,85	(0,09)
MV	ROW35	6,97	7,00	(0,03)
MV	JENKJ	6,54	6,59	(0,05)
MV	ROW35	6,68	6,62	0,06
NAC	SANTA	16,70	16,74	(0,04)
BV	BUCNA	5,51	5,41	0,10
NAC	SANTA	17,13	17,20	(0,07)
BV	VIRGP	5,45	5,53	(0,08)
MV	RPHIL	6,24	6,32	(0,08)
AV	RACEF	7,23	7,31	(0,08)
MV	GERCR	9,07	9,15	(0,08)
AV	OLDBE	7,10	7,00	0,10

Tabela 2 - Resultados entre média de 7 incrementos e a média do lote.

. Sistema A - Comparação entre Resultado do Certificado e o de Recebimento

A questão crucial é: qual deve ser a amplitude da tolerância para o erro amostral? Matematicamente tem-se: $\mu = \bar{x} \pm$ um erro de amostragem, onde: μ = média da população e \bar{x} é média da amostra.

Deve-se construir um intervalo de confiança que englobe μ . É comum escolher um nível de confiança de 95%.

Para se obter este nível, escolhe-se o menor intervalo, sob a distribuição normal de \bar{x} , que inclua uma probabilidade de 95%. Obviamente, este é constituído da porção média da distribuição, deixando 2,5% de probabilidade excluídas em cada cauda. Podemos escrever: $PR (\bar{x} - 1,96 (\sigma_{\bar{x}} < \mu < \bar{x} + 1,96 (\sigma_{\bar{x}}) = 95\%$.

A tabela 3 foi construída, obedecendo esta equação para o teor de cinzas.

TIPO	FORNECEDOR	MINA	Δ
AV	Massey	Peerless Eagle	0,17
	Cape Breton	Devco	0,11
	Westmoreland	Hampton Ferrell	0,19
	Jno Mc Call	Race Fork	0,18
	United Coal	Splashdam	0,14
	I. Creek	C. Mountain	0,15
	Old Ben	Old Ben	0,21
BV	Pittcari	Beckley	0,12
	Westmoreland	Eccles #6	0,18
	Mc Intyre	Smoky River	0,13
	I. Creek	Virg. Pocahontas	0,21
	Westmoreland	Winding Gulf	0,13
	Consolidation	Buchanan	0,18
MV	Consolidation	Jenkinjones	0,17
	Fording	Fording River	0,14
	German Creek	German Creek	0,19
	Westmoreland	Quinwood	0,11
	Utah	Black Water	0,18
	B.C. Coal	Balmer	0,25
	Jno Mc Call	Permac Jewell	0,18
	Massey	Rob. Phillips	0,23
	Weglokoks	Row 35	0,17

Tabela 3 - Diferença máxima permitida entre recebimento e fornecedor.

A análise desta tabela nos indica, por exemplo: para o carvão MV Permac-Jewell, é admissível uma diferença de 0,18% para cinza entre o certificado emitido pelo laboratório neutro no porto de origem e a análise de recebimento na COSIPA.

• Comparação Entre o Resultado de Recebimento (Sistema A) e o Sistema B (Recuperação)

Consiste em analisar o carvão quando de sua utilização, já beneficiado. Para a cinza, a diferença admissível entre os sistemas deve ser menor ou igual a 0,1%. Se for maior, deve ser verificado todo o sistema para identificação do desvio e correção.

3.6 - Sistema de Tomada de Ação

O sistema de controle está baseado na observação da tendência das diferenças entre o sistema A e o certificado, utilizando-se o gráfico de controle (figura 4) do anexo 3 - gráfico Ø3 para um carvão arbitrário.

Plotada essa diferença no gráfico, lote a lote, são tomadas ações se:

- (a) Quando 1 (hum) ponto sair fora dos limites de controle (região superior), são verificados os procedimentos de amostragem, preparação e análises dos sistemas A e B, sendo verificada se a diferença entre ambos os sistemas está dentro do permitido. Caso contrário deve ser identificada e corrigida a não conformidade.
- (b) Quando 2 (dois) pontos consecutivos estão fora dos limites de controle (região superior), além dos procedimentos descritos acima, é solicitado do fornecedor a amostra testemunha para análise e confronto de resultados.
- (b) Quando 3 pontos consecutivos estão acima do limite superior de controle, além dos procedimentos citados acima, é requerida a presença do fornecedor, para discussão e solução do problema.
- (d) Pontos sequenciais alternados (dentro/fora) - executar item (b).

Neste sistema verifica-se também a existência de erros sistemáticos.

Para cada carvão são elaborados 4 (quatro) gráficos, sendo que atualmente as ações são tomadas para o teor de cinzas, pois o teor de enxofre somente é analisado no recebimento. Em relação ao teor de matéria volátil, o sistema é análogo, porém nos contratos vigentes, não há prêmios/multas para esse parâmetro.

O gráfico Ø1 indica as tendências dos carregamentos, o qual subsidiava análise do comportamento da qualidade do carvão.

Quanto aos gráficos O2 e O4 possibilitam ao controle, verificar os erros de amostragem, preparação e análise.

Para efeito contratual, somente são válidos os resultados emitidos pelo laboratório neutro no porto de origem.

3.7 - Sistema de Avaliação de Fornecedores

O sistema de avaliação de fornecedores está baseado nos padrões japoneses da JSM - Japanese Standard Mill.

Inicialmente é aplicado para cinzas, porém atualmente esta avaliação está sendo desenvolvida para matéria volátil, enxofre, FSI, fluidez e R_0 máx.

- Teste de significância - em relação as especificações.

Avaliação pelo teste de Significância $\left\{ \begin{array}{l} \text{A - valor médio menor ou igual a especificação garantida (EG)} \\ \text{B - valor médio acima mas próximo da EG} \\ \text{C - valor médio acima da EG} \end{array} \right.$

Obs.: Para se determinar B, toma-se o intervalo de confiança positivo, com valor de "t" determinado com (n - 1) graus de liberdade e 95% de certeza.

- Coefficiente de Variação (C_v) - Consistência

$$C_v = \frac{\text{desvio padrão}}{\text{média}} \times 100 (\%)$$

Critério: $\left\{ \begin{array}{l} \text{A - } C_v \text{ menor do que 2} \\ \text{B - } C_v \text{ entre 2 e 3} \\ \text{C - } C_v \text{ entre 3 e 5} \\ \text{D - } C_v \text{ maior do que 5} \end{array} \right.$

Para melhor análise deste sistema de avaliação, são selecionados 3 carvões com características diferentes, conforme tabela 4.

Carvão	Nº de Carreg.	Especificação Garantida (Tolerância)	Sistema A Análise de Recebimento			Avaliação	
			\bar{X}	σ_x	C_v	Teste Signif.	Coef. Variação
A	9	7,0 (0,5)	8,04	0,21	2,57	C	B
B	10	10,0 (0,5)	10,31	0,36	3,53	B	C
C	8	6,5 (0,5)	5,5	0,10	1,80	A	A

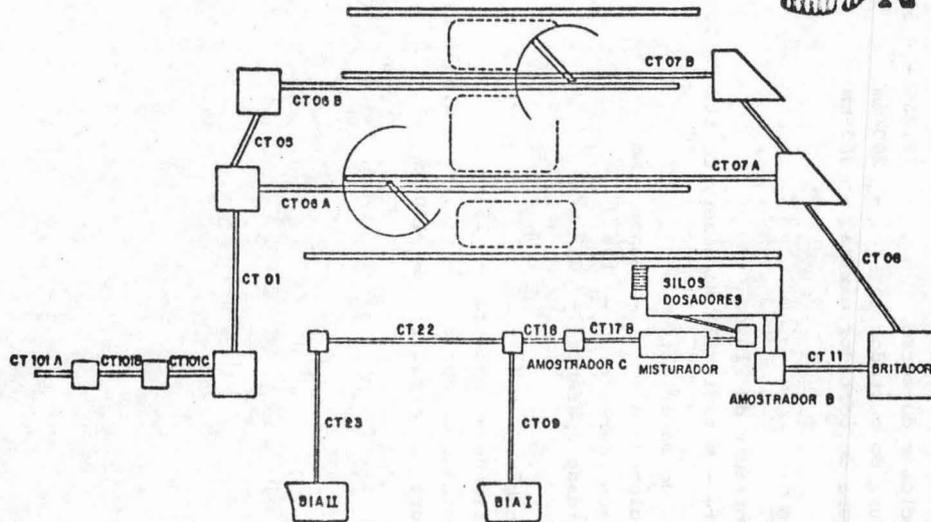
Tabela 4 - Avaliação de carvões

4 - CONCLUSÕES

A implantação do Controle Estatístico de Processo - CEP no recebimento de carvões, propicia rapidez na tomada de decisão sobre fatos e tendências, redução de custos laboratoriais, assegurando às áreas comercial e operacional, que os resultados da qualidade dos carvões recebidos sejam "fidedignos".

5 - BIBLIOGRAFIA

- . Statistical Quality Control - Grant - 1971.
- . Process Quality Control - OTT - 1972.
- . Guide to Quality Control - Ishikawa - 1984.
- . The Tex Report - March 1986, Vol. 18.
- . Statistical Quality Control And Its Application To The South African Coal Industry - Mr. P. Tasker - Seminar of Coal in South African - 1979.
- . Military Standard 414 - Superintendent of Documents, Washington-DC.



LAY - OUT (PREPARAÇÃO DE CARVÃO).

ANEXO 2Características dos AmostradoresSistema A

Tipo - Cortador de Fluxo

Fabricante - Mitsui Mike Machinery Co Ltd - Tokio/Japan

Especificação:

Quantidade de amostra	-	150 Kg (mãx.)
Velocidade do corte	-	(0,266 - 0,904) m/s
Largura do cortador	-	200 mm
Largura do cortador máxima	-	300 mm

Sistema B

Tipo - Cortador de Fluxo

Fabricante - Mitsui Mike Machinery Co Ltd - Tokio/Japan

Condições do material:

Granulometria	-	menor 3 mm
Umidade aderente	-	10%
Densidade aparente	-	0,7 t/m ³

Especificação:

Quantidade de amostra	-	25 Kg
Velocidade do corte	-	(0,196 - 0,647) m/s
Largura do cortador	-	100 mm

ANEXO 3

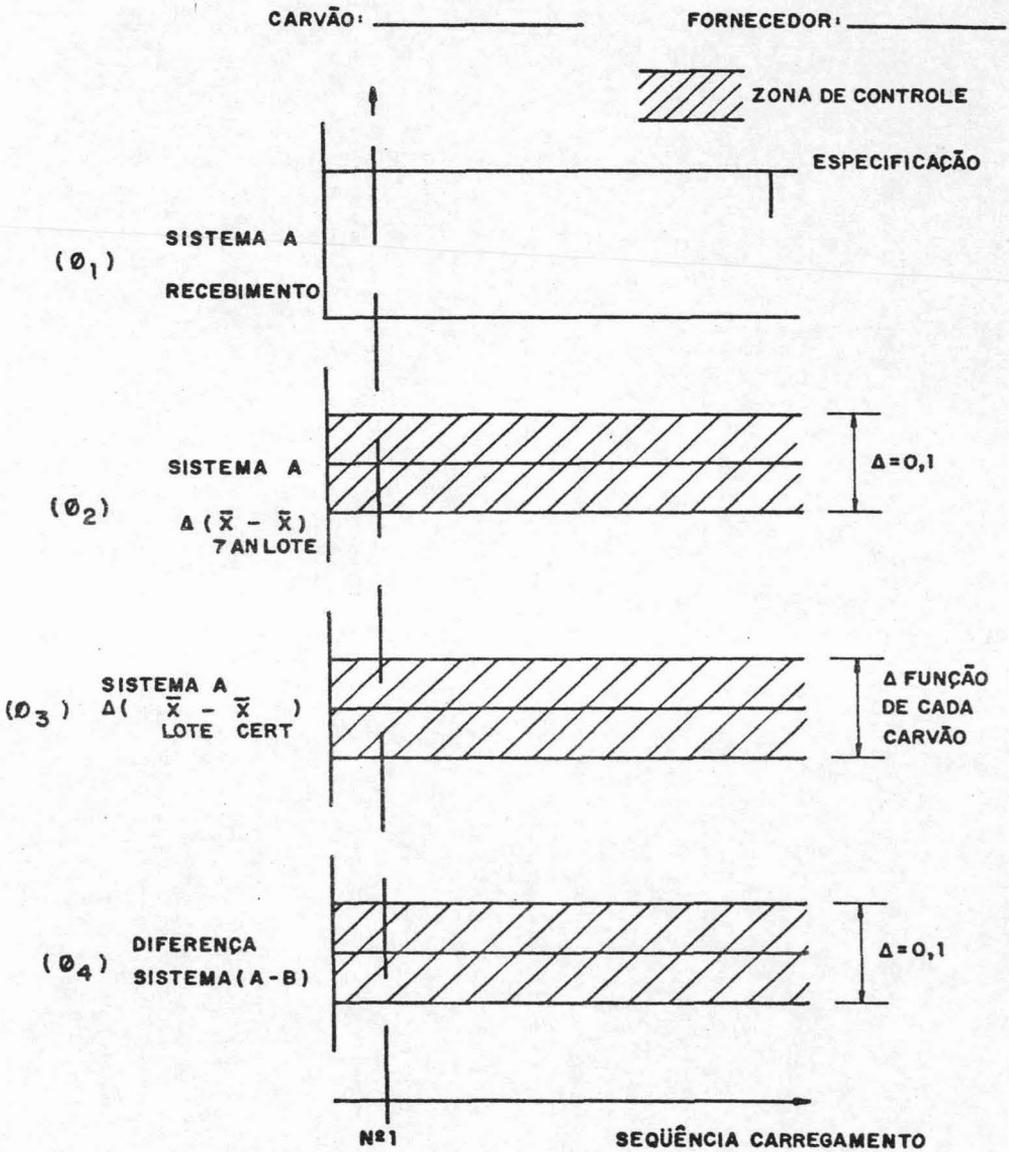


FIG. 04 - SISTEMA DE CONTROLE DO CARVÃO INDIVIDUAL.

