

## AMOSTRAGEM SHELL MOULD DE FIM DE SOPRO (1)

Celso Dias Barão (2)

Marco Aurélio Almada Faria (3)

João Valadão Filho (4)

Geraldo das Neves Silva (5)

José Moacir Maia Portes dos Santos (6)

- 
- (1) - Contribuição técnica a ser apresentada no IX Simpósio COAÇO-COREF, novembro de 1979, Porto Alegre RS.
- (2) - Membro da ABM, engº. metalúrgico da Unidade de Metalurgia da Aciaria e Laminação de Placas da Usiminas, Ipatinga MG.
- (3) - Membro da ABM, assistente técnico da Unidade de Pesquisa do Aço do Centro de Pesquisas da Usiminas, Ipatinga MG.
- (4) - Membro da ABM, bacharel em química da Divisão de Laboratórios de Análises da Usiminas, Ipatinga MG.
- (5) - Membro da ABM, técnico espectrometrista da Divisão de Laboratórios de Análises da Usiminas, Ipatinga MG.
- (6) - Membro da ABM, engº. metalúrgico da Seção de Convertedores da Aciaria I da Usiminas, Ipatinga MG.

## R E S U M O

É apresentada a técnica de amostragem de fim de sopro através do vazamento de metal fundido da concha em molde de areia "Shell-Mould" sobre placa de aço, desenvolvido e em operação na Usiminas.

São apresentados dados comparativos em termos de rapidez, precisão e custo em relação aos métodos convencionais de vazamento do aço líquido em coquilha de ferro fundido e imersão diretamente no banho (amostra tipo pirulito).

É constatada a viabilidade de utilização desta técnica, principalmente se a superfície de análise for preparada com auxílio de fresadeira.

## 1- INTRODUÇÃO

As adições de ferro-ligas na panela, para acerto da composição química do aço LD, são baseadas nos resultados de análise do metal no final de sopro.

A confiabilidade desses resultados depende fundamentalmente da qualidade da amostra e da precisão da análise. Em primeiro lugar a amostra deve ser representativa do banho em estudo. A realização da amostragem deve ser fácil e rápida, com taxa de aprovação a mais alta possível.

Para análise a amostra deve ser homogênea, reprodutiva, de fácil preparação e servir bem para análise por via úmida, ou por método físico (espectrometria de emissão ou de fluorescência de raios-x).

O tempo decorrido entre a retirada da amostra e o recebimento do resultado da análise deve ser o menor possível, pois o tempo gasto nas operações de retirada da amostra do banho, manuseio, preparação, análise e envio da resposta afetam significativamente a produtividade da aciaria.

A amostragem através do vazamento do aço líquido em coquilha apresenta bons resultados, porém é demasiadamente longo o tempo de preparação devido principalmente à necessidade de corte das amostras. Por outro lado a amostragem de imersão fornece excelentes resultados, não necessitando de corte, mas é de preço muito elevado.

Devido a esses pontos foi desenvolvido na Usiminas um tipo de amostragem de aço fim de sopro através do vazamento do metal líquido em molde de areia "Shell-Mould" sobre base de aço polida, o que permite a eliminação do corte das amostras. Este método é de baixo custo sendo os moldes fabricados na própria usina, com boa representatividade e reprodutibilidade de análise, atendendo perfeitamente às necessidades para controle do processo.

## 2- DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Amostragem com concha.

Para verificação da influência da amostragem com concha, principalmente no teor de carbono, foram realizados testes preliminares utilizando coquilhas convencionais de ferro fundido, tubo de vidro a vácuo e pontas de imersão.

Uma quantidade inadequada ou variável do alumínio de acalmação das amostras, ou mesmo sua má distribuição causam sérios problemas na análise espectrométrica, em especial na determinação do carbono, devido a proximidade das raias dos dois elementos. (4)

Em vista disso procurou-se manter o controle do teor de alumínio total o mais próximo possível de 0,25%, o correspondente a um desvio mínimo da análise espectrométrica do carbono (4), com a introdução de 11,5 cm (5,6 g), de fio de alumínio de diâmetro 5/16" na concha de amostragem.

As análises foram realizadas pelo "colomatic C" e os resultados das amostras de imersão foram considerados como representativos do teor de carbono do banho.

A análise estatística indica uma diferença entre os teores de carbono analisados nas amostras de imersão e convencionais, cuja dispersão é mostrada na figura 1, com as primeiras apresentando resultados ligeiramente superiores.

Isto se deve principalmente ao contato do aço com a atmosfera ao ser vazado da coquilha, o que provoca a queda do carbono, acentuando-se ainda mais caso haja fervura na concha.

Quando se utiliza o tubo de vidro a vácuo (pino), praticamente não existe essa queda (figura 2), devido a proteção que a escória exerce sobre o aço.

Não foi feita uma análise mais profunda com relação a representatividade das amostras, com amostragem em dois ou mais pontos do convertedor em relação a largura e profundidade do banho. Considerou-se apenas que as amostras de imersão eram representativas na composição química do aço, devido as informações bibliográficas e a não oxidação do aço durante a amos-

tragem, e foi feita uma comparação entre os seus resultados de análise.

## 2.2. Amostragem "Shell-Mould"

É realizada através do vazamento do aço líquido da concha em molde de areia "shell-mould" sobre base de aço polida, o que proporciona tempo de preparação da superfície para análise espectrométrica de 10 segundos com lixa de grão 40 (figura 3).

Mantem-se constante o resfriamento da amostra, feita em água corrente logo após o vazamento no molde.

Entre outras vantagens esse tipo de amostragem apresenta a facilidade de desmolde, devido ao alto grau de colapsibilidade do molde quando submetido a altas temperaturas.

## 2.3. Representatividade das amostras "shell-mould"

Com a finalidade de verificar a representatividade das amostras, foram realizadas comparações entre três amostragens diferentes:

- a) convencional - Amostragem com acalmação na concha e vazamento em coquilha de ferro fundido e posterior resfriamento em água corrente.
- b) shell-mould - Com acalmação na concha.
- c) imersão tipo pirulito - Amostragem diretamente no banho.

Todas as amostras foram analisadas em um mesmo espectrômetro de emissão ótica, sendo comparado os resultados para carbono, manganês, fósforo e enxofre. Na tabela I são apresentadas a média e o desvio padrão das diferenças entre as análises das amostras correspondentes de uma mesma concha pelos métodos convencional e shell-mould. Na tabela II são apresentadas a média e o desvio padrão das diferenças entre as análises das amostras correspondentes de uma mesma corrida, pelos métodos de imersão e shell-mould. Como podemos observar os valores das amostras shell-mould se apresentam um pouco inferiores aos das amostras de imersão, principalmente carbono. Em relação às amostras convencionais os resultados se apresentam satisfatórios.

TABELA I

Diferenças entre resultados de análises das amostras convencional menos shell-mould de uma mesma concha em 37 corridas.

ELEMENTO	MÉDIA%	DESVIO PADRÃO
Carbono	0,0016	0,0077
Manganês	-0,0090	0,0101
Fósforo	0,0010	0,0014
Enxofre	0,0015	0,0017

TABELA II

Diferenças entre resultados de análises das amostras imersão menos shell-mould em 75 corridas.

ELEMENTO	MÉDIA %	DESVIO PADRÃO
Carbono	0,0114	0,0094
Manganês	0,0097	0,0122
Fósforo	0,0006	0,0013
Enxofre	0,0004	0,0015

Como as curvas de calibração do espectrômetro foram confeccionadas para amostras convencionais, é esperada uma variação quando utilizadas para outros tipos de amostras, e dado ao fato do carbono ser o elemento mais problemático foi feita uma comparação entre as amostras shell-mould e de imersão de mesmas corridas, analisadas pelo Leco (figura 4).

Observamos por essa figura que os resultados continuam com a mesma tendência, "shell-mould" menor que imersão, porém em média a diferença de análise é bem menor, 0,0067 contra 0,0114.

Os valores de análise por espectrometro apresentados anteriormente são médias de três análises na superfície das amostras, superfícies estas preparadas com lixa no caso de shell-mould e imersão; e corte da amostra convencional com disco e posterior lixamento. Foram utilizadas' lixas de alumina grão 40.

#### 2.4. Reprodutibilidade dos resultados de análise.

Foram realizados testes de reprodutibilidade de leitura para carbono, manganês, fósforo e enxofre em amostras convencionais, de imersão e shell-mould, analisadas pelo espectrometro. As amostras convencionais e de imersão foram as mesmas utilizadas no teste de representatividade,' enquanto que as amostras shell-mould fazem parte de um outro lote.

As amostras shell-mould foram analisadas primeiramente com superfícies lixadas e posteriormente com superfícies fresadas. A preparação das superfícies lixadas foi idêntica ao processo usual com lixa de alumina grão 40, enquanto que as fresadas foram preparadas em uma fresadeira de cabeçote vertical com ferramentas intercambiáveis de vídea, bastando-se 2 mm de espessura e, em seguida analisadas. As amostras foram lixadas, analisadas e em seguida fresadas 2 mm da superfície e novamente analisadas o mesmo número de vezes.

Na tabela III, são comparadas em cada amostragem a maior dispersão (maior valor de análise menos o menor valor) para os elementos C, Mn, P e S, para as amostras convencionais, imersão e shell-mould lixadas e fresadas.

Como podemos observar, para manganês e fósforo a amostra de imersão é a que reproduz melhor os resultados de análise, porém para carbono e enxofre que são os elementos que apresentam maiores problemas em análise instrumental a amostra shell-mould fresada apresentou melhores resultados.

#### 2.5. Custo de amostragem e rapidez de análise.

Apresentaremos a seguir o custo relativo dos diversos tipos de amostragens:

Técnica de Amostragem	Custo relativo	Aumento %
Convencional	1,000	-
Shell-mould	1,126	12,6
Imersão	19,122	1812

Não foi observada nenhuma diferença no índice de aproveitamento nos três tipos de amostragens.

Quanto a rapidez de resposta de análise, são apresentados a seguir os tempos médios das operações realizadas em cada processo, em segundos.

Tipo amostragem	Convencional Concha/coq.	Shell-mould lixada	Shell-mould Fresada	Imersão Lixada
Retirada amostra	35	35	35	25
Resfriamento	170	55	55	35
Preparo superf.	65	15	11	60
Análise	74	74	74	74
T o t a l	344	179	174	194

O tempo gasto com a retirada do aço do convertedor até o enchimento do molde é o mesmo para as amostras convencionais e shell-mould. Até o resfriamento houve uma melhor performance por parte das amostras shell-mould devido a maior facilidade de desmolde e menor massa. Quanto a preparação da superfície, as amostras shell-mould não estão sujeitas a corte, sendo necessário apenas o lixamento o que não ocorre com as amostras convencionais que devem ser cortadas.

Do tempo total não constam os tempos gastos com manuseio e transporte das amostras. No caso de amostra shell-mould fresada o tempo de desbaste da superfície de análise pela fresa sem aquecimento é em média de 8 segundos. É importante observar que o tempo de preparação de amostras lixadas, com desbaste de 2mm semelhante ao obtido pela fresadeira é superior a 5 minutos além de consumir uma lixa por amostra.



A preparação de amostras de imersão não foi feita com equipamentos adequados o que justifica o alto tempo gasto nessa operação.

### 3- CONCLUSÕES

A técnica concha/shell-mould com sistema de preparação por fresa - gem superficial a 2 mm da base é uma boa alternativa para amostragem de aço de fim de sopro, dados aos resultados conseguidos em termos de rapidez, precisão e custo de análise.

Com a entrada em operação desta técnica e a utilização de display' colocado na plataforma de operação, ligado diretamente com o espectro - metro eliminando os erros de comunicação, está sendo possível a utilização dos resultados da análise de fim de sopro para o vazamento da corri - da.

### 4- BIBLIOGRAFIA

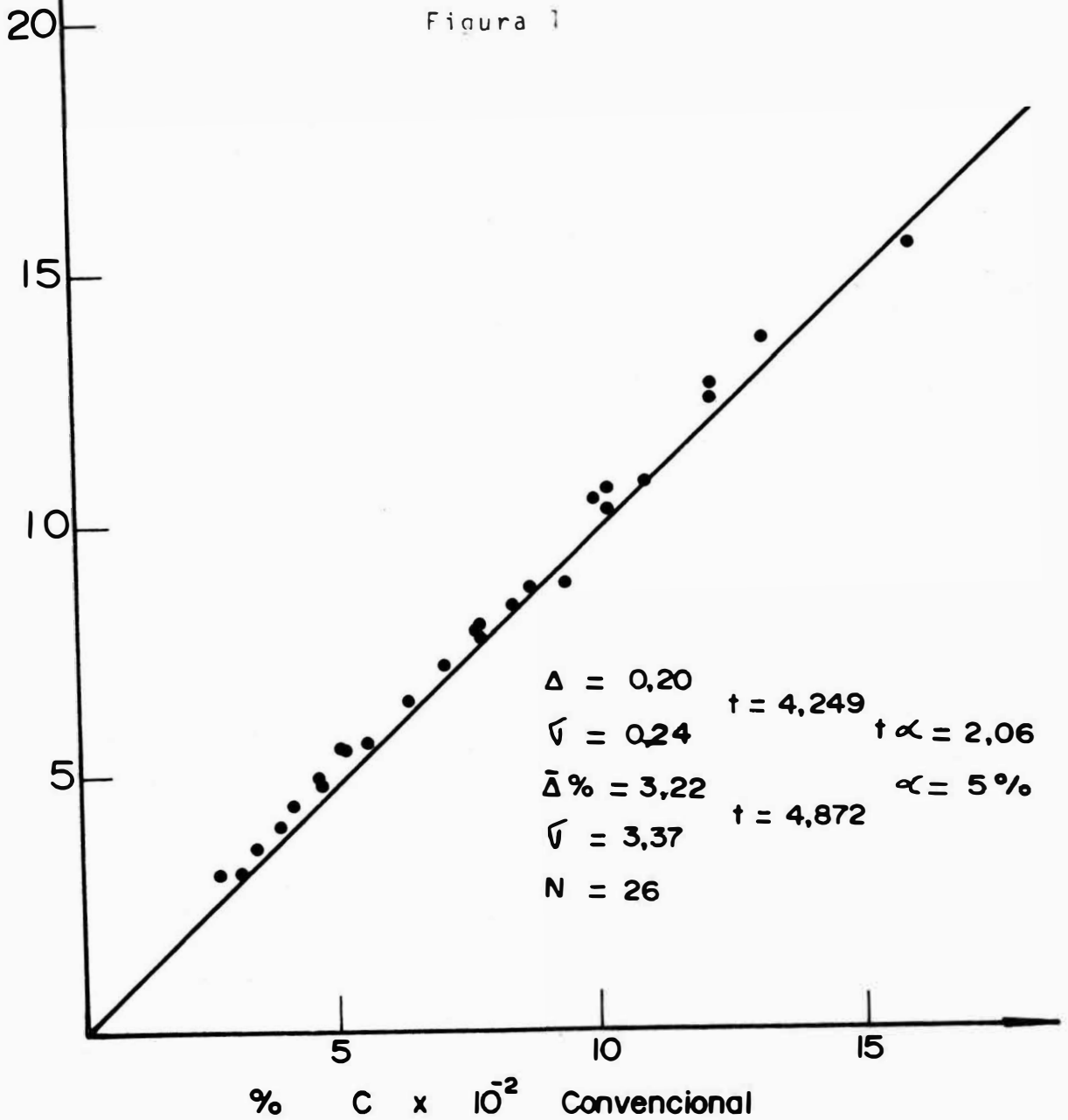
- 1) FARIA, M.A.A. - Técnica de amostragem em shell-mould para análise de fim de sopro - USIMINAS - Relatório interno - Agosto de 1978.
- 2) VALADÃO FILHO, J.; SILVA, G.N.- Estudo sobre a viabilidade de análise de amostras fim de sopro com superfícies fresadas - USIMINAS - Relatório interno - Abril/1979.
- 3) BARÃO, C.D. - Amostragem de aço fim de sopro - VII Simpósio da Aciaria - USIMINAS - Novembro/77.
- 4) COUTINHO, C.A.; MUNDIM, M.J.; PIMENTA, J.L.R.; PINTO, S.P.- Amostra - gem de aço líquido para determinação do carbono de fim de sopro por espectrometria de emissão - USIMINAS -Relatório interno - Junho/1972.
- 5) PINTO, S.P.;COUTINHO, C.A.; SILVA,G.N.; FIGUEIREDO,N.- Aplicação da espectrometria de emissão e por raios-x na aciaria - USIMINAS - Relatório interno - Maio/1971.

## RELAÇÃO DAS FIGURAS E TABELAS

- Figura nº 1 - Comparação entre os teores de carbono das amostras de imersão e convencionais.
- Figura nº 2 - Comparação entre os teores de carbono das amostras de imersão e pino a vácuo.
- Figura nº 3 - Amostragem "shell-mould".
- Figura nº 4 - Comparação entre os resultados de análises pelo Leco de corridas amostradas com shell-mould e pontas de imersão.
- Tabela III - Diferenças entre o maior e o menor valor de análise de amostragem convencionais, imersão, shell-mould lixadas e shell-mould fresadas.

%  
C x 10<sup>-2</sup>  
Imersão

Figura 1



%  
C x 10<sup>-2</sup>  
Pino

20

Figura 2

15

10

5

$\Delta = 0,21$   $t = 2,311$   $\alpha = 2,5 \%$

$\sqrt{V} = 0,34$   $t \alpha = 2,51$

$\bar{\Delta} \% = 2,46$   $t \alpha = 2,14$

$\sqrt{V} = 4,81$   $t = 1,914$   $\alpha = 5 \%$

$N = 14$

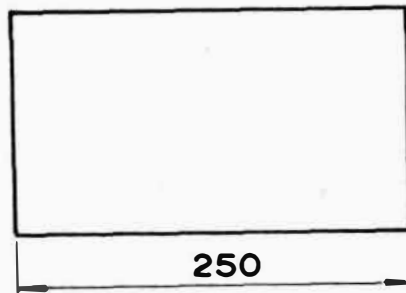
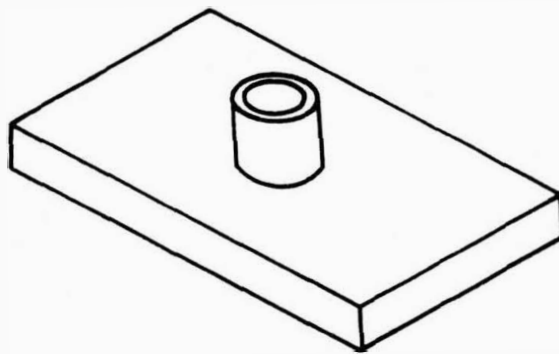
5  
C x 10<sup>-2</sup>

10

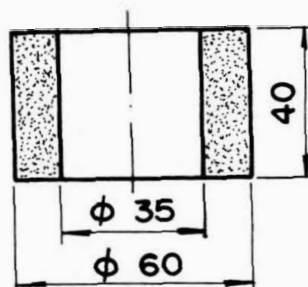
15

Imersão

Figura 3



1:5



1:2

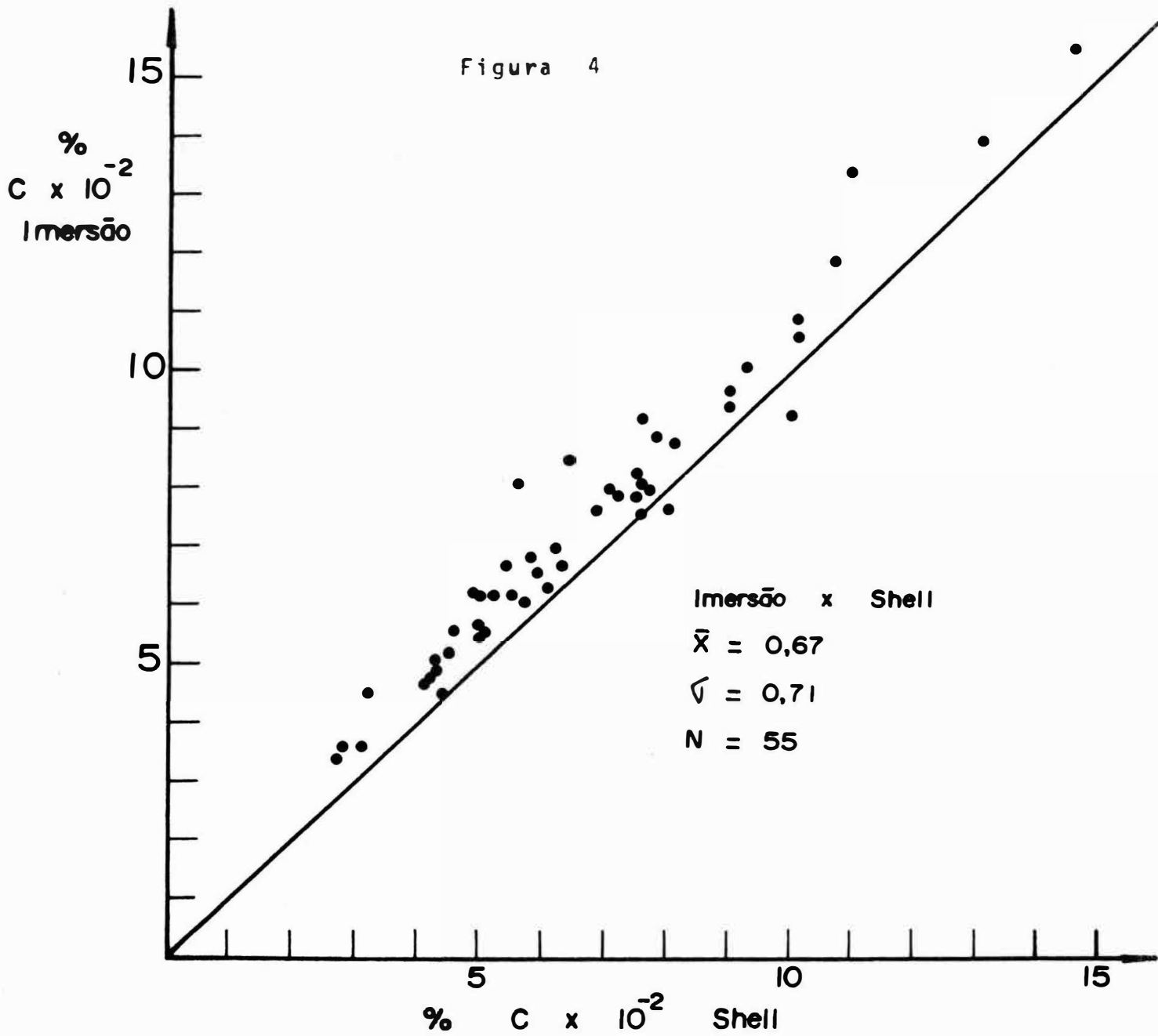


TABELA III

AMOSTRAGEM	ELEMENTOS	MÉDIA DAS DIFERENÇAS (%)	DESVIO PADRÃO	Nº DE DADOS
Imersão	Carbono	0,0060	0,0039	86
	Manganês	0,0036	0,0022	86
	Fósforo	0,00056	0,00057	86
	Enxofre	0,000120	0,00099	86
Convencional	Carbono	0,0043	0,0033	59
	Manganês	0,0047	0,0035	59
	Fósforo	0,00068	0,00063	59
	Enxofre	0,00125	0,00104	59
Shell mould Lixa	Carbono	0,0044	0,0026	104
	Manganês	0,0049	0,0048	104
	Fósforo	0,00080	0,0007	104
	Enxofre	0,00128	0,00080	104
Shell mould Fresca	Carbono	0,0036	0,0025	104
	Manganês	0,0048	0,0039	104
	Fósforo	0,00083	0,00084	104
	Enxofre	0,00075	0,00073	104

