

UTILIZAÇÃO DO COMPUTADOR NA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO DE
CONTROLE DE CAMPANHA DOS CONVERTEDORES LD DA USIMINAS⁽¹⁾

(2)

Carmindo Altoé Junior

Júlio Cesar de Vasconcelos Castro⁽³⁾

Jeet Singh Jabbal⁽⁴⁾

Antônio Rodrigues Maia⁽⁵⁾

Lair Geraldo dos Santos⁽⁶⁾

-
- (1) - Contribuição Técnica ao Simpósio COAÇO - COREEF; novembro de 1979; Porto Alegre, RS.
- (2) - Membro da ABM e ABC. Engenheiro Metalurgista da Unidade de Metalurgia de Aciaria e Laminação de Placas do Departamento de Metalurgia e Inspeção da USIMINAS - Ipatinga, MG.
- (3) - Membro da ABM e ABC. Engenheiro Metalurgista da Unidade de Pesquisa do Aço do Centro de Pesquisa da USIMINAS - Ipatinga, MG.
- (4) - Membro da ABM. Engenheiro Mecânico e Matemático da Unidade de Pesquisa Operacional do Departamento de Engenharia Industrial da USIMINAS - Ipatinga, MG.
- (5) - Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista da Divisão de Refratários do Departamento de Aciaria da USIMINAS - Ipatinga, MG.
- (6) - Membro da ABM. Técnico Metalurgista da Unidade de Metalurgia de Aciaria e Laminação de Placas do Departamento de Metalurgia e Inspeção da USIMINAS - Ipatinga, MG.

R E S U M O

São apresentadas as considerações básicas que conduziram à elaboração do Relatório de Controle de Campanha dos Conversores LD da USIMINAS, através da utilização do computador.

Faz-se uma breve revisão dos principais fatores metalúrgicos que afetam a vida do revestimento refratário, mostrando as vantagens de se utilizar histogramas de frequência na análise desses fatores.

Finalmente, apresenta-se as informações gerais sobre o sistema computacional desenvolvido para o processamento dos dados.

I. INTRODUÇÃO

A duração do revestimento refratário do convertedor LD depende não só da qualidade do material utilizado, projeto-perfil adotado e técnicas de reparo, mas também da prática operacional de refino.

O aumento da vida do revestimento implica, geralmente, não só na redução do consumo e custo de refratários por tonelada de aço, mas contribui para maximizar a disponibilidade do equipamento e melhorar o índice de funcionamento das instalações.

Dá-se grande importância aos fatores metalúrgicos e inúmeros estudos tem sido realizados com o objetivo de se determinar a influência qualitativa e quantitativa desses fatores sobre o número de corridas de um revestimento.

Neste trabalho são apresentados os resultados dos estudos desenvolvidos na USIMINAS no sentido de se estabelecer uma nova sistemática de controle de campanha, que permitisse uma análise mais apurada dos parâmetros operacionais que afetam a vida dos convertedores LD.

2. CONSIDERAÇÕES BÁSICAS

A necessidade de se estabelecer um controle de campanha mais atualizado que permitisse uma análise mais apurada dos parâmetros operacionais, que afetam a vida do revestimento dos convertedores, deu origem à introdução do uso do computador na efetivação desse controle. Desenvolveu-se então, um trabalho no sentido de se elaborar os relatórios de controle das campanhas dos convertedores através da utilização do computador, conseguindo-se reduzir o tempo de preparação do relatório e entrega à operação, com maior precisão de dados e apresentando uma análise mais expressiva das condições

operacionais.

3. FATORES QUE AFETAM A VIDA DO REVESTIMENTO REFRAATÁRIO

Das inúmeras causas relacionadas à duração do revestimento refratário do convertedor LD, são discutidos a seguir alguns dos principais fatores de desgaste.

Deve-se conduzir o refino de maneira a minimizar a dissolução de MgO do tijolo refratário pela escória. A diminuição da dissolução do MgO pelas escórias de fim de sopro, pode ser obtida pelo aumento de sua basicidade ou pela sua saturação em MgO através da adição de cal dolomítica.

A utilização de fluorita aumenta a capacidade de dissolução de MgO da escória e a sua eliminação pode contribuir grandemente para a diminuição do desgaste do refratário. A adição de fluorita acelera a formação de escórias e aumenta a sua fluidez; isto facilita a penetração de escória na porosidade aberta dos tijolos aumentando a velocidade de desgaste do revestimento.

Uma técnica controlada de sopragem e a utilização de cal dolomítica, permitem uma adequada formação de escória, sem a necessidade de adição de fluorita.

A incidência de temperaturas excessivamente altas no final do sopro é prejudicial, devido ao aumento da agressividade da escória e a possibilidade de comprometimento do desempenho do refratário.

Por sua vez, o resopro, não só aumenta o tempo de permanência de escória altamente agressiva em contacto com o revestimento refratário, como também o nível de oxidação do banho e da escória, aumentando o seu ataque.

A utilização de modelos estáticos ou dinâmicos permitem um adequado controle do processo otimizando o acerto de fim de sopro e influenciando diretamente no tempo de corrida. Isto implica

em diminuição no índice de ressopragem, assim como do índice de resfriamento, operações indesejáveis e prejudiciais ao bom desempenho do revestimento refratário.

O aumento do teor de ferro das escórias de final de sopro, apesar de aumentar a dissolução da cal, provoca uma sensível oxidação do carbono precipitado entre os grãos de MgO, na face de trabalho, degradando o revestimento refratário.

A basicidade tem ação favorável à durabilidade do revestimento pois o aumento de cal dissolvida na escória, diminui sua agressividade química, prejudicando as condições de solubilidade do MgO na escória.

A SiO₂ formada logo no início do sopro é responsável pela agressividade da escória. Um aumento do teor de Si do gusa, aumenta o volume de escória formada e portanto sua ação sobre o revestimento.

Como já foi dito, o refino deve ser conduzido de maneira a ser mínima a dissolução de MgO do tijolo refratário pela escória. O teor de MgO da escória é considerado um dos fatores mais importantes no controle do desgaste do revestimento, sendo de um modo geral 6 a 8 % a concentração de saturação de MgO nas escórias do processo LD. Ou seja, operando-se com MgO na faixa de saturação, consegue-se conter a dissolução do MgO do tijolo na escória, por se tornarem equivalentes as atividades do óxido no tijolo e escória.

Finalmente, a projeção de massa a quente é uma técnica que vem sendo utilizada no mundo inteiro no sentido de se aumentar a vida do revestimento dos convertedores LD ou seja, à medida que o revestimento original de tijolos vai se desgastando, projeta-se através de lança apropriada, massa refratária nas paredes do forno, impedindo-se que a espessura do revestimento atinja situações críticas que conduziriam a seu afastamento de operação.

4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram levantados os dados referentes a temperatura e Carbono fim de sopro médio, Silício médio do gusa, proporção de corridas ressoopradas, basicidade média, teor médio de FeT da escória, tempo médio de corrida e consumo específico médio de dolomita e fluorita, de 27 revestimentos dos convertedores da Aciaria nº 2 e 31 revestimentos da Aciaria nº 1. Com esses dados fêz-se uma análise de regressão linear múltipla, procurando-se determinar a influência desses fatores sobre o número de corridas dos revestimentos.

Para o caso da Aciaria nº 2, o consumo específico de dolomita e o teor de Silício do gusa mostraram correlação significativa com o número de corridas dos convertedores, apresentando respectivamente influência positiva e negativa. Na análise dos dados da Aciaria nº 1, somente o consumo específico de fluorita apresentou correlação significativa com a vida do forno, apresentando influência negativa.

A análise de variáveis, como teor de Silício do gusa, basicidade, Teor de FeT da escória, temperatura de fim de sopro, etc, a partir de seus valores médios, não apresentou resultados coerentes, pois sua influência negativa sobre a vida do revestimento está muito mais relacionada às grandes variações sofridas por essas variáveis do que ao valor médio por elas assumido.

Baseando-se nisto, a duração do revestimento, com relação aos parâmetros operacionais, não deve ser analisada através de valores médios. Deve-se observar a faixa de variação desses valores e principalmente a frequência com que ocorrem valores considerados extremamente prejudiciais ao revestimento refratário.

5. DESENVOLVIMENTO DA NOVA SISTEMÁTICA DE CONTROLE DE CAMPANHA

Até recentemente, o relatório de campanha dos conver^{te}dores da USIMINAS fornecia valores médios dos parâmetros operacionais, que vinham sendo relacionados com a duração do revestimento. A necessidade de se obter campanhas com maior número de corridas, praticamente exigia uma análise mais profunda dos valores operacionais, uma vez que poderiam comprometer a vida do refratário, supondo que fosse adequado ao processo.

Foi desenvolvido um método de controle dos principais fatores que afetam a vida do revestimento, especialmente os metalúrgicos, através de histogramas de frequência. Isto permite à operação, uma análise mais ampla e precisa das condições operacionais, e que se possa realmente atuar no sentido de ter-se uma operação dos fornos, que contribua para o aumento da vida do revestimento refratário.

O relatório de campanha apresenta controle de:

- consumo e custo específico de refratário
- vida dos furos de corrida
- consumo e número de projeções
- consumo e número de reparos na boca e sola
- consumo de fundentes: dolomita calcinada e crua, fluorita e cal
- banhos de dolomita (coating)
- distribuição da projeção durante a campanha
- variáveis operacionais; valores médios e frequências.

São controladas através de histogramas de frequência, as seguintes variáveis operacionais:

- temperatura máxima de sopro
- Si do gusa
- ferro total da escória
- carbono fim de sopro
- tempo de corrida
- basicidade
- MgO da escória

A seguir, mostra-se a forma básica de apresentação do relatório de controle de campanha.

RESUMO DE CAMPANHA

CONVERTEDOR Nº -----

REVESTIMENTO Nº -----

PERÍODO DE OPERAÇÃO -----

Nº DE CORRIDAS -----

TONELAGEM TRABALHADA -----

TONELAGEM MÉDIA POR CORRIDA -----

1) PESO DO REV. DE DESGASTE ----- Kg

(SOLA 2 E 3, PAREDES, FURO ORIGINAL E MASSA P/ASSENT.)

2) PESO DO REV. + REPAROS + PROJEÇÕES ----- Kg

(ITEM 1 + REPAROS NA SOLA. TROCA DE FURO E PROJEÇÃO)

3) PESO DO REV. + REPAROS NO PERMANENTE ----- Kg

(ITEM 2 + REPARO NO PERMANENTE)

1) CONSUMO UNITÁRIO

1) Kg / T AÇO = CRB / T. AÇO =

2) Kg / T AÇO = CRB / T. AÇO =

3) Kg / T AÇO = CRB / T. AÇO =

II) VIDA DOS FUROS.

Furos	Origin.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	
Vida																						

III) PROJEÇÕES.

TIPO	QUANTIDADE Kg	Nº DE PROJEÇÕES	Kg / PROJEÇÃO	Kg / T. AÇO
A				
B				
TOTAL				

IV) REPAROS.

INTERVALO DE PROJEÇÃO =

LOCAL	TIPO DE MATERIAL	QUANTIDADE Kg	Nº DE REPAROS	Kg / REPARO	Kg / T. AÇO
SOLA	A				
BOCA	B				
TOTAL					

V) A D I Ç Õ E S .

	DOL. CALC.	DOL. CRUA	FLUORITA	CAL
	CORR. PERC.	CORR. PERC.	CORR. PERC.	CORR. PERC.
CORR. C / ADIÇÃO				
TOTAL MAT. Kg				
Kg / CORR. ADIÇÃO				
Kg / TON.				
BANHOS DE DOLOMITA = CORR. (PERC.)				
ADIÇÃO DE DOLOMITA ANTES DO CARREGAMENTO = CORR. (PERC.)				

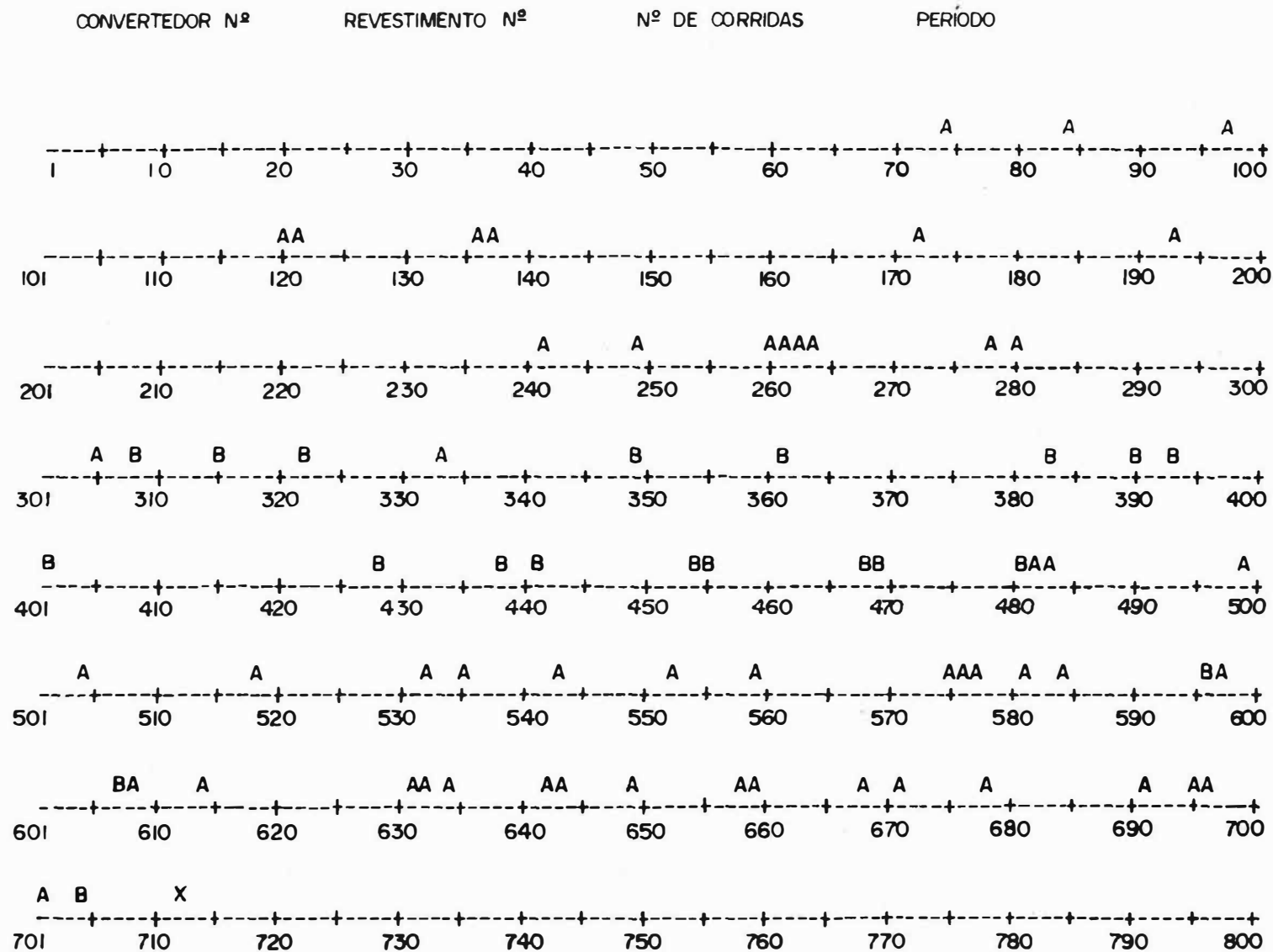
V I) C O N D I Ç Õ E S O P E R A C I O N A I S .

PERC. SUC.	TEMP. FS.	C.F.S.	Si GUSA	RESSOP	CaO	SiO ₂	BASIC.	FeO	FeT	MgO	TEMPO CORR.
OBSERVAÇÃO											
MOT. DE RESSOPRO - 1 - BAIXA TEMP = 2 - ALTO CARBONO = 3 - ESPERA LING. = 4 - OUTROS = (PERC.)											

V I I) M O T I V O D E E N C E R R A M E N T O .

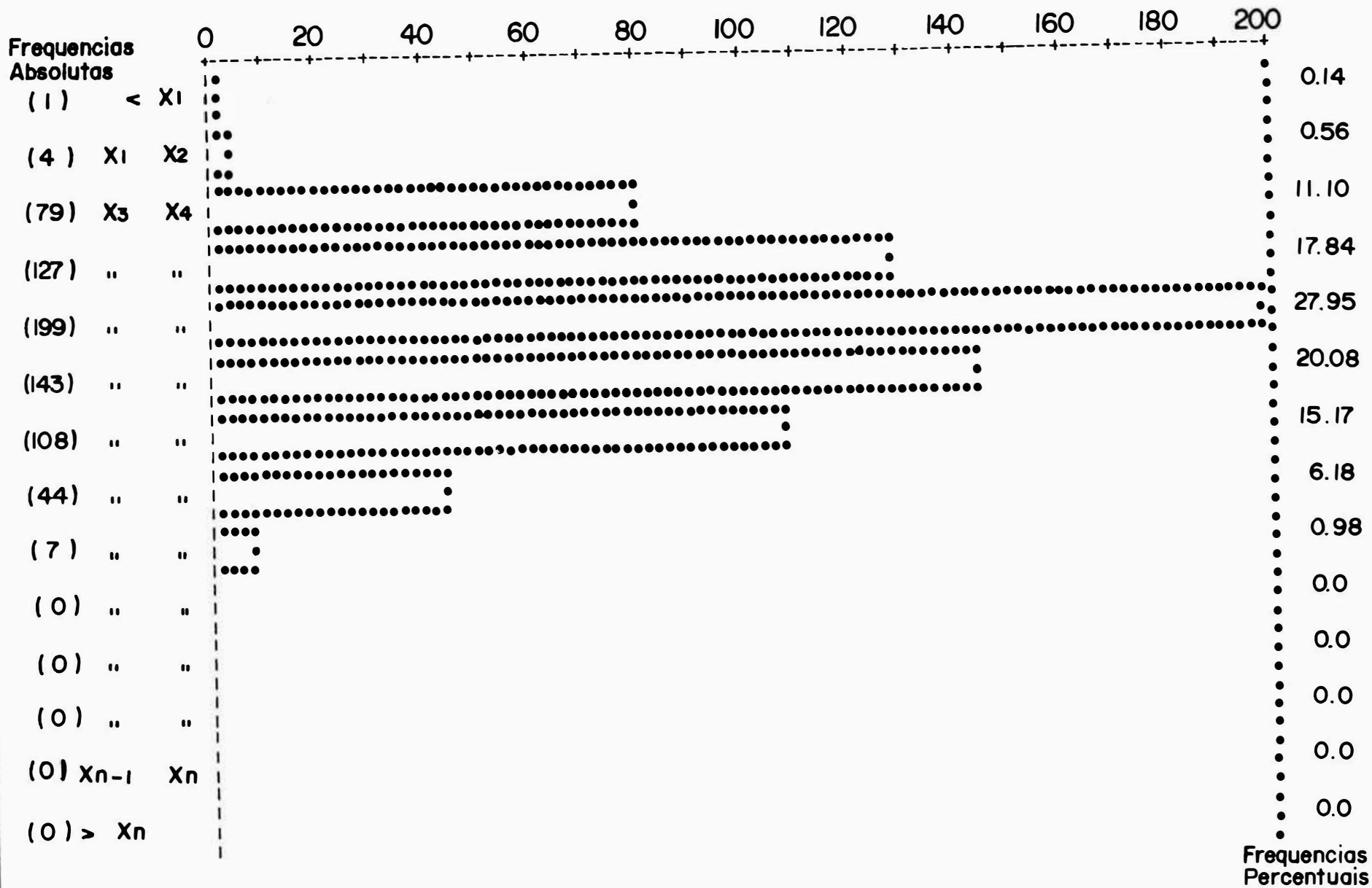
DESGASTE GERAL
OUTROS.

APRESENTAÇÃO GRÁFICA DA DISTRIBUIÇÃO DA PROJEÇÃO.



(X) FIM DE CAMPANHA

* ANÁLISE ESTATÍSTICA DE TEMPERATURA MÁXIMA DE SOPRO.



* ANÁLISE ESTATÍSTICA DE FeT.

Frequências Absolutas

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

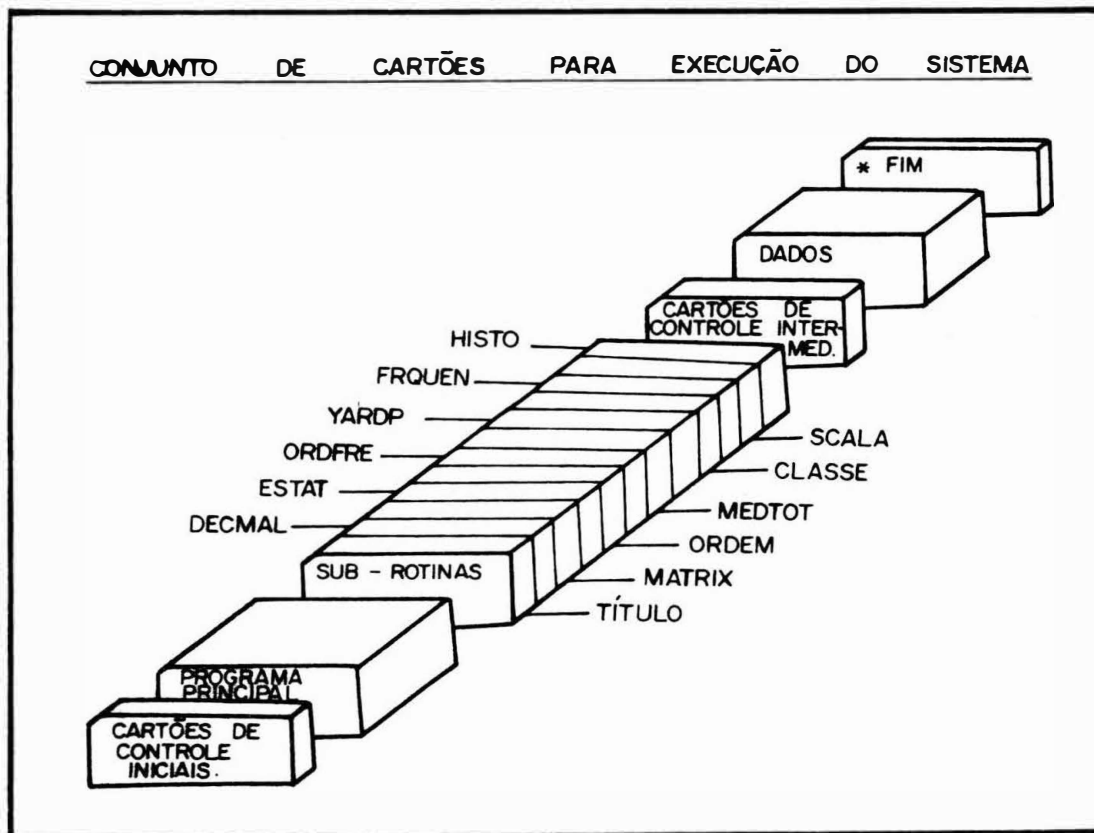


Frequências Percentuais

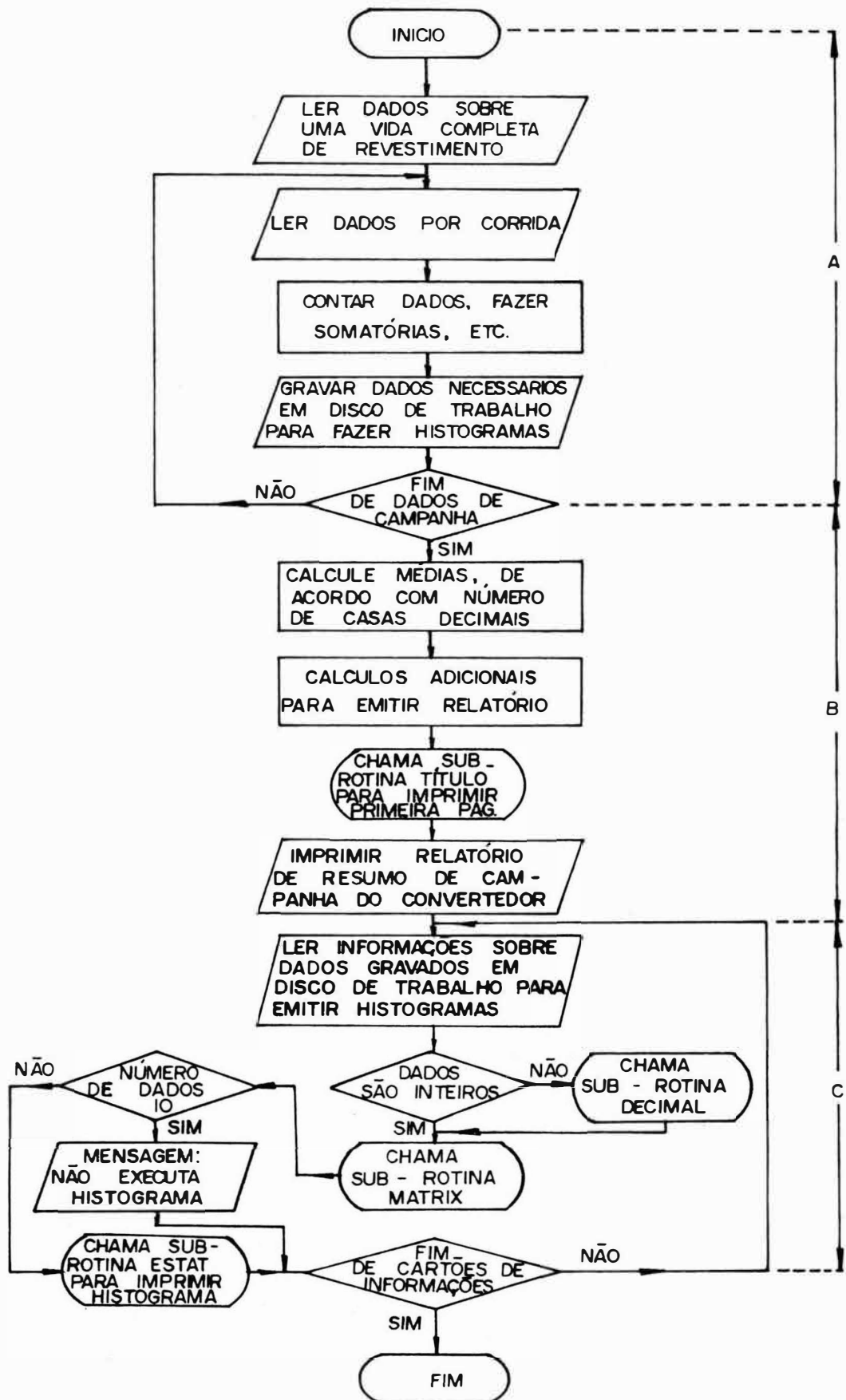
Consta também do relatório, o controle do material assentado no revestimento (tipo, quantidade, peso e preço) e o perfil de desgaste.

6. SISTEMA COMPUTACIONAL DESENVOLVIDO

Para se atingir os objetivos de mecanização do relatório de campanha dos convertedores é para se obter a apresentação das condições operacionais, através de distribuições de frequência, foi desenvolvido um programa de FORTRAN IV, consistindo de um programa principal e doze sub-rotinas. O programa utiliza 63 K de memória e gasta 1 minuto e 20 segundos de CPU para processamento. As figuras a seguir, mostram o seu "lay-out" geral e fluxograma.



FLUXOGRAMA GERAL DO PROGRAMA



7. CONCLUSÃO

A elaboração do relatório de controle de campanha dos convertedores da USIMINAS pelo computador, com as distribuições de frequência das condições operacionais, apresenta-se substancialmente importante, para se ter uma análise significativa dos fatores operacionais, que afetam a vida do revestimento dos convertedores LD. Essa análise permitirá atuar-se no sentido de se conseguir uma operação, que vise a obtenção de um melhor desempenho do revestimento refratário.

Finalmente, com relação à confecção propriamente dita, ou seja, preparação e disposição dos dados, espera-se ter-se redução de tempo e mão de obra, assim como, dados mais precisos e maior rapidez na liberação do relatório. Deve-se entretanto ressaltar, que a forma de sua apresentação vem sofrendo contínuas modificações, in introduzidas para o seu maior aperfeiçoamento.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - GALLO, M. et alii - Utilização do computador na elaboração dos relatórios de controle das campanhas dos convertedores. Usiminas - Interno, Nov. 1978.
- 2 - MUNDIM, M. J. - Refino LD. Trabalho a ser publicado.
- 3 - REFRATÁRIOS para convertedor LD. In: Curso de Refratários para Siderurgia/ABM, 1979. (Palestra).
- 4 - BRINCK, V. et alii - Refratários para convertedores LD. Meta-lurgia ABM 32 (226): 635-638, Set. 1976.
- 5 - MARR, R. J. et alii - Basic specialty products for maintenance of steelmaking furnace linings. In: VI Congresso ALAFAR, Salvador, Oct 1976. p. 41-48.
- 6 - JABBAL, J. S. - Sistema computacional para resumo e análise estatística das campanhas dos convertedores. Usiminas - Estudo UEO-1683, Abr. 1979.

