

A EVOLUÇÃO DO DESEMPENHO DAS SOLEIRAS DOS  
FORNOS-POÇO DA COSIPA (1)

Nelson Gouveia (2)

Jaxwell F. Nascimento (3)

R E S U M O

Visando um melhor desempenho operacional das soleiras dos Fornos Poço são mostradas as condições das mesmas quando era utilizada a moí<sup>h</sup>na de coque como forração, a opção para a utilização de "dunito" e os trabalhos efetuados para a obtenção do domínio operacional.

- 
- (1) Contribuição Técnica à COLAM para ser apresentada no Seminário sobre Laminação de Planos e Não-Planos - Setembro de 1983 - Volta Redonda (RJ).
- (2) Técnico Fornos-Poço da Gerência de Chapas Grossas da COSIPA.
- (3) Supervisor da Gerência de Chapas Grossas da COSIPA.

## INTRODUÇÃO

Um bom desempenho da forração da soleira de um Forno-Poço, tem sido ao longo do tempo um dos principais objetivos operacionais, sendo o tempo de limpeza e o intervalo médio entre limpezas em um mesmo forno os fatores que podem limitar a produção.

O domínio desta técnica operacional está intimamente ligada a produtividade, ao consumo de refratário, ao consumo de combustível, ao consumo de material empregado na forração da soleira e a disponibilidade do forno, face as exigências da produção, bem como a uma menor exigência dos componentes mecânicos e elétricos das Pontes Rolantes e carros transportadores de caçambas de cinza.

Inúmeros incrementos operacionais foram introduzidos, visando obter este domínio, além de uma maior produtividade, como será descrito a seguir.

## HISTÓRICO DA CONDIÇÃO ANTERIOR - JANEIRO A MAIO/79

Até maio/79 e principalmente no período acima mencionado eram constantes as paradas dos fornos por problemas da soleira - compactação, principalmente por constantes entupimentos dos cinzeiros dos fornos (local destinado ao escoamento do material da soleira) o que exigia uma parada excessivamente longa do forno para a sua normalização ou mesmo o apagamento do forno, fato este decorrente de não se conseguir a desobstrução dos cinzeiros. O tempo de limpeza médio por forno se situava em torno de 5 horas.

Esta situação acarretava, além da parada do forno, um sério comprometimento das Pontes Rolantes, por demais exigidas nesta operação, face a condição mencionada, além do comprometimento do refratário da soleira do forno, principalmente, constantemente trocado, em função do agregamento da camada e da utilização de marleteles.

Como todos os fornos apresentavam necessidades constantes de limpeza, com a ocorrência frequente de limpezas extra programadas, a unidade de Fornos-Poço era evidentemente um potencial "gargalo" da produção.

### CONSEQUÊNCIAS

- a) Tempo excessivo de limpeza de soleira.
- b) Consumo excessivo de dunito.
- c) Consumo excessivo de combustível.
- d) Maior quantidade de limpezas.
- e) Menor disponibilidade dos fornos.
- f) Menor disponibilidade das PR's para outros serviços.
- g) Utilização frequente da mão-de-obra de refratário para normalização do forno (quebra de carepa solidificada e posterior reparo).
- h) Comprometimento dos recuperadores cerâmicos dos fornos antigos.
- i) Geração de carga fria e constantes atrasos no tempo de trânsito das corridas.
- j) Entupimentos constantes dos cinzeiros.
- l) Frequências constantes de limpezas extra programadas (quadro I).
- m) Retirada do forno de operação.
- n) Paradas constantes das PR's por problemas mecânicos e elétricos (queima de motores, quebra de eixos, comprometimento das vigas, etc.).

### CAUSAS

- a) Falta de controle da atmosfera do forno.
- b) Falta de uma programação básica para limpeza das soleiras.
- c) Falta de domínio operacional (conhecimento) sobre as variáveis que influenciariam no comportamento da soleira (causa e efeito).
- d) Falta de domínio sobre o comportamento do dunito e moinha.
- e) Ausência de controle documental sobre os tempos de limpeza, tempos de execução por turma.
- f) Anormalidades de manutenção, principalmente instrumental e envolvimento do pessoal para detecção e acionamento para a correção do desvio.
- g) Equipamentos em condições deficientes (ferramental de limpeza, mecânicos, refratários, etc.).
- h) Ausência de padrões operacionais diversos.
- i) A não definição do material empregado na utilização da forração.
- j) Ferramental inadequado para limpeza de soleira.

### MEDIDAS TOMADAS

- a) Elaboração de uma programação básica para limpezas da soleira (1ª fase) - quadro II.
- b) Elaboração dos padrões de operação.
- c) Melhoria nas condições dos equipamentos de maneira geral.
- d) Utilização de moinha de coque e de dunito para definir o material mais adequado.
- e) Envolvimento do pessoal para correções dos desvios.

### COMENTÁRIOS

Face as medidas inicialmente tomadas, os resultados obtidos, como eram esperados, verificou-se muito mais em função de se estabelecer uma disciplina e padronização nas operações e nas turmas, do que basicamente em uma melhora acentuada no comportamento da forração da soleira. No entanto, este passo inicial era indispensável.

### 2º PERÍODO - JUNHO/79 a MARÇO/80

Durante este período, já se verificou algum progresso com a soleira do forno, no entanto, a melhora verificada não atendia substancialmente as exigências necessárias.

Ao final da descrição deste período, tecemos algumas alusões aos resultados (discretos) alcançados.

Com as medidas tomadas no 1º trimestre, verificou-se:

- 1) Com o estabelecimento de uma programação básica para limpeza das soleiras estabeleceu-se inicialmente um intervalo entre limpezas para cada forno da ordem de 10 dias. Nesta programação, com cópia para o controle da programação da produção, verificou-se uma melhor disciplina nas limpezas, procurando compatibilizar, se bem que de uma forma ainda embrionária, a limpeza com a disponibilidade do forno, minimizando a interferência na produção. Foi dado seguimento a adoção de novas medidas, visando obter um melhor desempenho da forração:

- a) Elaboração de controle documental sobre o tempo de limpeza do forno (diário, acumulado e por turma), por meio de metas previamente estabelecidas (tempo de limpeza, etc.), procurou-se estimular o desempenho das turmas em função do tempo de limpeza, estabelecer um parâmetro inicial para avaliação da forração.
- b) Elaboração de padrões operacionais diversos, de modo a se obter a padronização das turmas e das operações. Quadro III.
- c) Melhoria na condições dos equipamentos que ainda persistiam em apresentar situações de comprometimento nas operações.
- d) Melhoria no ferramental utilizado para as limpezas da soleira, visando propiciar melhores condições de trabalho aos operadores de Ponte e efetividade na execução das limpezas.
- e) Definição sobre o material empregado na forração. Após acompanhamentos efetuados, mostrou um melhor desempenho que a moinha de coque, além de custo menor.
- f) Estabelecimento de especificação química e granulométrica do dunito:  
 $\text{SiO}_2 + \text{MgO} \geq 75\%$  (garantindo refratariedade).  
10 - 40mm (para evitar compactação e ocorrências de "finos").
- g) Análise da camada da forração - laboratorial.  
Em função da compactação da camada, enviamos para análise uma amostra desta camada e constatou-se a existência de Fe 56%. Comumente a camada apresentava-se com característica metálica, impedindo praticamente a limpeza.
- h) Implantado um novo método para confecção das análises dos "fumos" (1ª fase).  
Verificamos, que apesar de termos como objetivo obter de 1 a 2% de O<sub>2</sub> nos fumos, prática esta bem antiga, a forma como as análises eram processadas, eram totalmente incompatíveis com este objetivo (1 a 2%). Como o controle da combustão era processada pelo método convencional (ORSAT) e ainda o é, teríamos que determinar por meio de um acompanhamento das análises efetuadas (durante o aquecimento de uma carga), a forma de se determinar a relação ar/combustível, de maneira a obtermos o teor de O<sub>2</sub> determinado constantemente.

- i) Elaborada uma programação semanal de limpezas de soleiras (quadro IV).  
Procurando aprimorar o objetivo traçado na programação anterior.
- j) Definição da altura adequada da forração da soleira (quadro V).  
Teve como objetivo básico a definição de uma altura de forração para melhor acomodação dos lingotes e minimizar a possibilidade de compactação em função da introdução da carepa por entre "grãos" de dunito bem como em função do baixo nível.
- l) Elaboração de um esquema de controle das limpezas por turma - 1ª fase.  
Teve por objetivo, além do envolvimento do pessoal, exercer uma vigilância mais efetiva no comportamento da forração e maior possibilidade na detectação e posterior correção dos desvios.
- m) Elaborado o padrão de reparos de emergência dos fornos - relação com soleira.  
Verificava-se que após os reparos efetuados nos fornos, principal<sup>mente</sup> refratário, exigindo o abaixamento da temperatura do forno ou mesmo apagamento, a soleira após o reaquecimento do forno apresentava-se compacta. Para estes reparos foi adotado um procedimen<sup>to</sup> pertinente a soleira para evitar a compactação.

#### RESULTADOS VERIFICADOS

- 1) Neste período ainda não se obteve resultados significativos.  
Verificou-se um tempo de limpeza médio menor que a condição anterior, bem como uma quantidade de limpeza ( $\bar{X}$  mês) menor.

#### 3º PERÍODO - ABRIL/80 a OUTUBRO/80

#### RESULTADOS VERIFICADOS

- 1) Redução de 15,2 limpezas na  $\bar{X}$  mês em relação ao período anterior.
- 2) Redução no tempo de limpeza ( $\bar{X}$  forno) de 5h para 3:56h (hora centesimal).
- 3) Redução no consumo de dunito: 1,309,6t em relação ao período original.
- 4) Redução no consumo de óleo: 74,5t durante o período em relação ao anterior.

- 5) Economia (em Cr\$/mil) obtida com a redução do consumo de óleo + + dunito — 10.493.
- 6) Redução nas horas/forno/parado — 260,7h.

Como foi verificado alguns resultados positivos ocorreram neste período. No entanto, outras medidas foram adotadas.

#### MEDIDAS ADOTADAS

- a) Maior controle com relação a especificação do dunito.  
No recebimento do material, se este não atendia a especificação em termos de composição química ou granulométrica, era recusado. Foi montado um esquema de análise laboratorial (amostra colhida da carreta), onde havia o timbre recusado ou aprovado.
- b) Aprimorado o controle da atmosfera do forno.  
Em conjunto com a equipe de analistas da GEU, foi traçado um esquema de análises x comportamento da soleira do forno, verificando em que pontos ocorriam os desvios (tendência ou não da forração se agregar).
- c) Definição do intervalo, para um mesmo forno, entre análises: 15 dias.  
Tendo em vista possíveis desajustes instrumentais, principalmente que pudessem alterar a relação ar/combustível, foi estabelecida a meta acima, para que pudéssemos ter um histórico do comportamento das soleiras e podermos posteriormente definirmos um intervalo mais confiável.
- d) Controle sobre as datas programadas e reais das análises.
- e) Elaboração de controle para avaliação da forração da soleira e seu intervalo entre limpezas.
- f) Elaboração de um curso denominado "Noções sobre Fornos-Poço", para toda a equipe, unidades de apoio (GEU/GMQ-Utilidades e Controle de Qualidade, respectivamente, de agosto a outubro/80).  
O objetivo básico do curso, além de noções teóricas gerais teve direcionamento nas operações que influenciam a soleira, bem como noções sobre a própria.  
Os resultados obtidos no curso foram comprovadamente significativos.

g) Análise do dunito utilizado - laboratorial.

Verificou-se o teor de agregação de materiais próprios do processo nos Fornos-Poço, bem como o PPC (perda por calcinação) e os resultados já mostravam um avanço.

h) Elaboração e revisão de padrões operacionais diversos sobre soleira e operações pertinentes.

#### PERÍODO - NOVEMBRO/80 a MARÇO/81

#### RESULTADOS VERIFICADOS

- 1) Raramente ocorreram limpezas não programadas.
- 2) Não mais ocorreu entupimento de cinzeiros.
- 3) Redução no tempo ( $\bar{X}$ ) de limpeza: 3:56h para 3:04.
- 4) Redução no consumo de combustível: 106,4t no período.
- 5) Redução no consumo de dunito: 1.183,5t no período.
- 6) Economia verificada: (óleo + dunito) Cr\$/mil 10.997,8.
- 7) Redução no total de horas/forno/parado: 235,7.
- 8) Redução na quantidade de limpezas ( $\bar{X}$  mês): 2,7.

Como se verifica nos resultados obtidos, mostravam um avanço crescente em relação ao período original.

#### MEDIDAS ADOTADAS

- a) Elaboração de padrões operacionais diversos direcionados a soleira dos fornos.
- b) Avaliação do comportamental dos participantes do curso ministrado - indicadores de resultados.  
Durante o curso foram marcadas algumas metas referentes a soleiras entre outras.
- c) Elaboração de padrão específico à soleira, com a adoção do critério de "nivelamento" da forração.  
Foi verificado que o desnivelamento da forração provocado pelo enforramento das corridas acarretava sulcos que propiciavam a introdução de material decorrente dos processos nos Fornos-Poço por entre grãos de dunito, favorecendo a compactação da camada.



- d) Elaboração de controle das condições das soleiras para os operadores de ponte (avaliação), turno a turno (Quadro VI).

PERÍODO - ABRIL/81 a SETEMBRO/81

RESULTADOS VERIFICADOS

- 1) Não mais se verificaram limpezas extra programadas.
- 2) Durante as limpezas programadas foi verificado que o estado da forração permitia um intervalo maior.
- 3) Redução na quantidade de limpezas ( $\bar{X}$  mês): 33.2.
- 4) Redução no tempo de limpeza ( $\bar{X}$  forno): 4h para 2:58h.
- 5) Redução no consumo de dunito: 2.931t.
- 6) Redução no consumo de óleo: 191,5t.
- 7) Redução no total de horas/forno/parado: 480h.
- 8) Economia verificada (óleo + dunito): Cr\$/mil 24.450.

Como se verifica, os resultados obtidos neste período passaram a ser significativos, como se pode notar a redução na quantidade de limpezas e no tempo.

MEDIDAS TOMADAS

- 1) Implantada uma programação quinzenal de limpezas de soleira (Quadro VII).
- 2) Implantado o critério de revolvimento da forração a baixas temperaturas.  
Foi verificado uma melhor condição de não compactação da camada nesta temperatura.
- 3) Controle da soleira - designação de fornos por turma.  
Para podermos exercer um controle mais efetivo sobre todos os fornos.
- 4) Elaborados diversos padrões operacionais pertinentes a soleira.
- 5) Elaboração de um estudo com acompanhamento para definição de uma granulometria de dunito mais compatível - "finos" favoreciam a compactação.

- 6) Elaborada uma programação de fornos para suprir a produção. Em função de uma quantidade mais racional de fornos em operação, houve um favorecimento de controle do estado das soleiras.
- 7) Estabelecida a meta de 45 dias de intervalo ( $\bar{X}$ ).
- 8) Estabelecido o critério de adições intermediárias de dunito em função dos intervalos de limpezas.  
Teve como objetivo manter uma altura favorável e necessária da camada.

#### A PARTIR DE OUTUBRO/81

- 1) Treinamento a todos os operadores e envolvidos do novo controle a ser feito (adições intermediárias, critérios para definir ou não a necessidade de limpeza, dunito consumido, tempo sem limpeza, etc.). Estabelecimento de fichas individuais por forno.
- 2) Implantação de controle de limpeza por forno/turma com responsáveis aos níveis menores de função (verticalização).
- 3) Suspensa a programação quinzenal de limpeza.
- 4) Estabelecida meta de 60 dias (intervalo).
- 5) Estabelecido novo critério para definir intervalo entre as análises de "fumos".
- 6) Definição de granulometria adequada para o dunito.

NOTA: em outubro/81 foi obtido um intervalo de 60 dias em 50% dos fornos. Em novembro/81, 100%.

#### RESUMO DAS CAUSAS E MEDIDAS

##### CAUSAS

- a) Falta de controle da atmosfera do forno.
- b) Falta de definição do material a ser utilizado na forração da soleira.
- c) Ausência de controle documental sobre campanha da soleira e desempenho das turmas.
- d) Falta de treinamento sobre Fornos-Poço e especificamente sobre soleira.
- e) Anormalidades diversas de manutenção.

- f) Falta de domínio operacional.
- g) Definição e responsabilidade por turma + verticalização.

#### MEDIDAS

- a) Implantação do controle da atmosfera do forno em suas diversas fases.
- b) Domínio do comportamento da soleira com relação a combustíveis, óxidos, etc...
- c) Treinamento de pessoal.
- d) Envolvimento de todo grupo.
- e) Definição do material a ser utilizado.
- f) Instituição de documentação diversa, possibilitando avaliar, controlar o desempenho da soleira e das turmas.
- g) Definição e domínio das variáveis significativas que implicavam no desempenho da forração, possibilitando a obtenção de intervalos maiores de limpeza.

#### PERSPECTIVAS

- a) Maior disponibilidade de fornos.  
Torna-se evidente que com intervalos maiores entre limpezas, ocorre uma menor exigência dos fornos nas operações de limpeza, favorecendo em paralelo uma programação de fornos mais racional para atender uma determinada produção.
- b) Menor esforço dos componentes mecânicos e elétricos das pontes rolantes.  
Com um melhor comportamento das soleiras é evidente que o esforço exigido as pontes é o mínimo não ocorrendo, como se verificava anteriormente paradas regulares, um alto custo de manutenção e desafiando o escoamento da produção.
- c) Maior disponibilidade das pontes para outros serviços.
- d) Menor desgaste e consumo de refratários.  
Em se evitando a compactação da camada, não se verifica troca de refratário de soleira.
- e) Menor desgaste do ferramental utilizado nas limpezas.

f) Menor utilização de mão-de-obra refratária tão frequentemente exigida na condição original.

g) Menor consumo de combustível e de dunito.

Sem sombra de dúvida, o consumo destes 2 itens, como pode ser verificado nos gráficos seguintes, foi significativamente reduzido.

#### CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na área dos Fornos-Poço com relação a soleira dos fornos são bastante significativos.

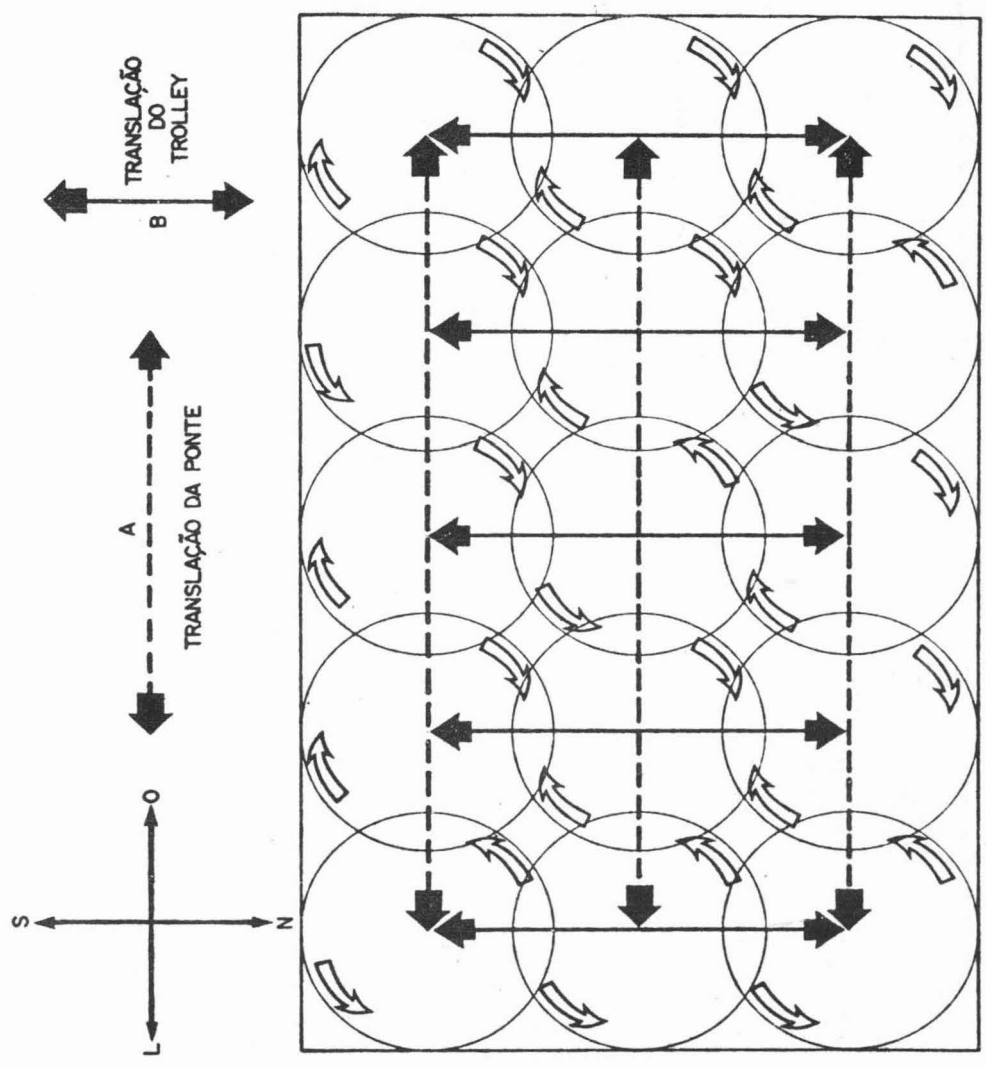
Devemos mencionar que o controle da combustão dos nossos fornos, ainda é pelo método convencional - ORSAT.

Com a introdução de analisadores de  $O_2$  (contínuo), favorecendo a combustão e portanto garantindo efetivamente uma atmosfera de forno mais controlada a tendência como se mostra é bastante promissora, otimizando ainda mais os índices até aqui alcançados.

Os gráficos mostrados referentes aos vários índices pertinentes à soleira comparam o desempenho nos anos de 1980 a 1982 com o ano de 1979 e a economia obtida no consumo de óleo combustível e dunito nos mesmos períodos.





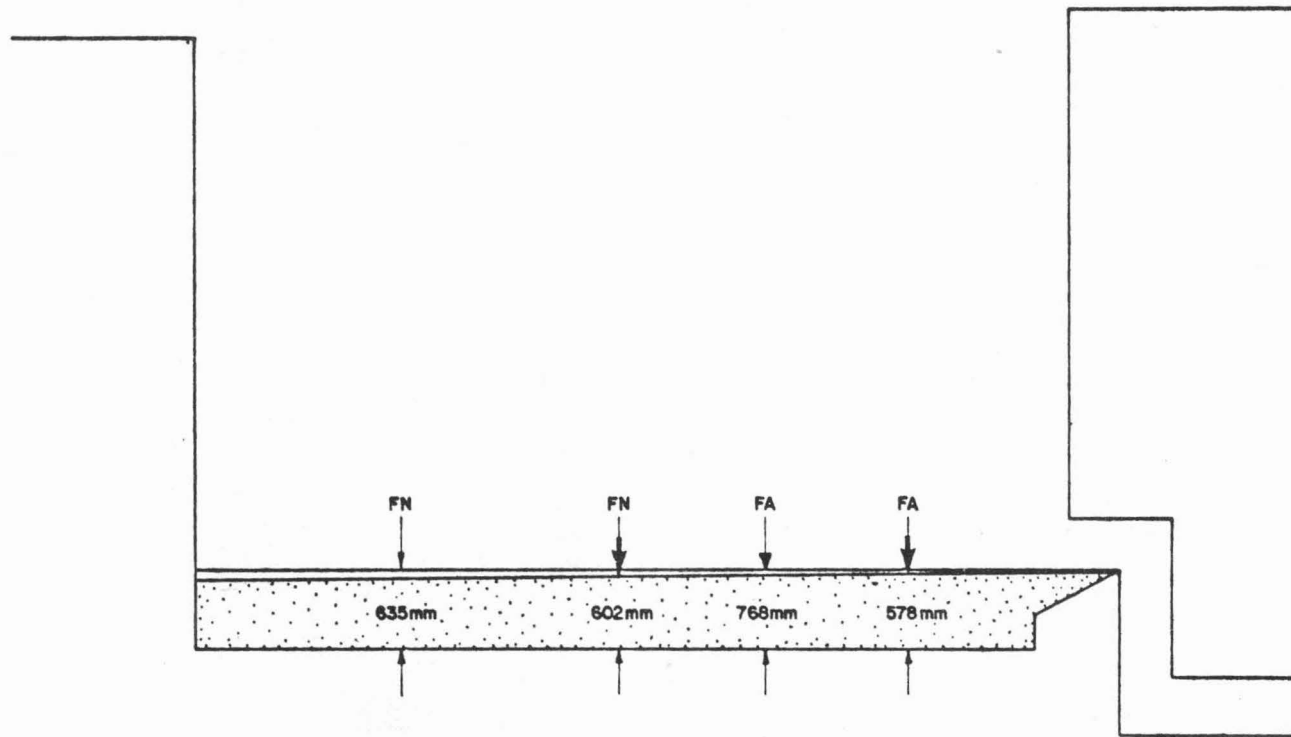


QUADRO III





QUADRO V



G.C.G.

QUADRO VI

SITUAÇÃO DA SOLEIRA - NIVELAMENTO

P.R. 204

DATA	FORNO	OPERADOR	TURNOS	SITUAÇÃO			OBSERVAÇÃO
				BOA	REG.	PÉS.	
23/07/80	28	CUBATÃO	A	X			FICOU MUITO BURACO (DESNÍVEL)
23/07/80	27	CUBATÃO	A	X			" " " " "
24/07/80	19	EDSON	D	X			DESNIVELADA
24/07/80	18	SIRIÃO	A	X			DESNIVELADA
25/07/80	17	CLÁUDIO	D		X		MUITO DUNITO BOLTO, MAS PORÉM C/ PEDRAS EM FORMA DE BLOCOS
25/07/80	21	" "	D		X		SOLEIRA NÍVEL BAIXO E DO LADO SUL DURA
25/07/80	24	" "	D		X		SOLEIRA NÍVEL BAIXO E DO LADO SUL ABRIGADO
26/07/80	18	VOLOQUIM	C	X			SOLEIRA NÍVEL BOM.
26/07/80	22	PASSION	C	X			O.K.
29/07/80	24	" "	C	X			O.K.
29/07/80	17	MANUEL	D			X	LADO SUL ESTÁ MUITO DURO
30/07/80	22	ROQUE	B			X	SOLEIRA TODA DURA
30/07/80	25	ROQUE	B	X			O.K.
30/07/80	28	ALTINO	D	X			O.K.
30/07/80	26	ALTINO	D	X			O.K.
30/07/80	24	MANUEL	D	X			SOLEIRA O.K.
30/07/80	19	MANUEL	D		X		SOLEIRA C/ PEDRAS

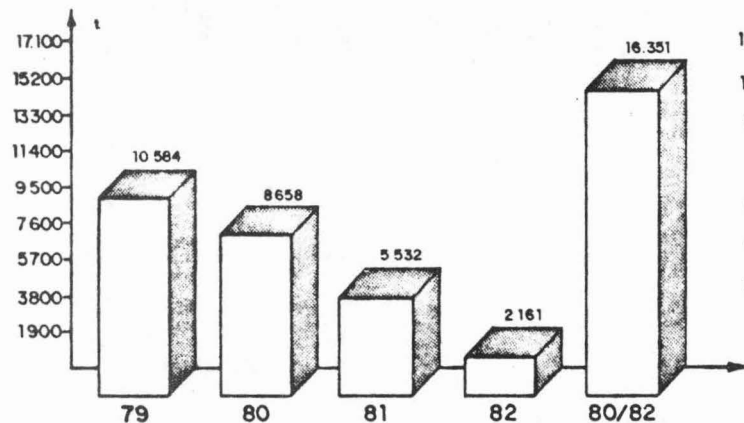
PASS O.K.



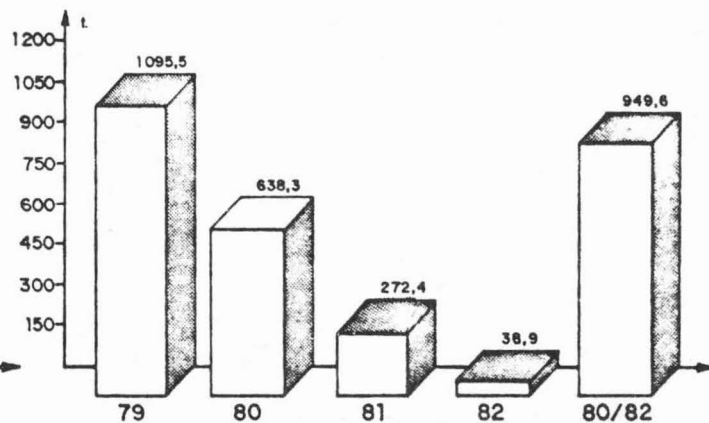
QUADRO VIII - EVOLUÇÃO DO DESEMPENHO DAS SOLEIRAS DOS FORNOS - POÇO DA COSIPA

PERÍODO		1 979	1 980	1 981	1 982	1 980 a 1 982
ITENS						
CONSUMO DE DUNITO (t)	$\bar{X}$ MENSAL	882	721,5	461	180,1	454,2
	TOTAL DO ANO	10 584	8 658	5 532	2 161	16 351
	REDUÇÃO NA $\bar{X}$ DO MÊS	-	160,5	321	701,9	427,8
	REDUÇÃO NO PERÍODO	-	1 926	5 052	8 423	15 401
CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL (t)	$\bar{X}$ MENSAL POR LIMPEZA	1,7	1,3	1,0	0,8	1,0
	TOTAL DO ANO	1 095,5	638,3	272,4	38,9	949,6
	REDUÇÃO NA $\bar{X}$ P/LIMPEZA	-	0,4	0,7	0,9	0,67
	REDUÇÃO NO PERÍODO	-	457,2	823,1	1 056,6	2 336,9
QUANTIDADE DE LIMPEZAS (Q)	$\bar{X}$ MENSAL	53,7	30,9	22,5	4,42	22,5
	TOTAL DO ANO	644,4	491	270	53	814
	REDUÇÃO NA $\bar{X}$ MENSAL	-	12,8	31,2	49,6	31,2
	REDUÇÃO NO PERÍODO	-	153,4	374,4	595,4	1 123,2
TEMPO DE LIMPEZA (hs)	$\bar{X}$ LIMPEZA	4,32	3,29	2,43	1,74	2,85
	TOTAL DO ANO	2 783,31	1 614,54	656,10	92,22	2 362,86
	REDUÇÃO NA $\bar{X}$ LIMPEZA	-	1,03	1,89	2,58	1,83
	REDUÇÃO NO PERÍODO	-	1 169,27	2 127,1	2 691,59	5 988,57

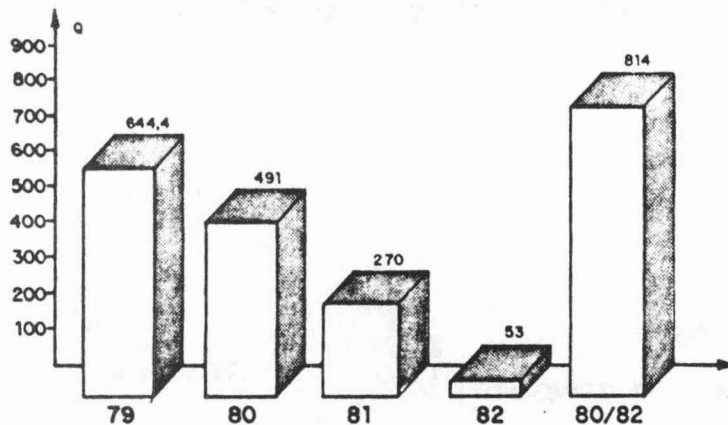
QUADRO IX- CONSUMO DE DUNITO



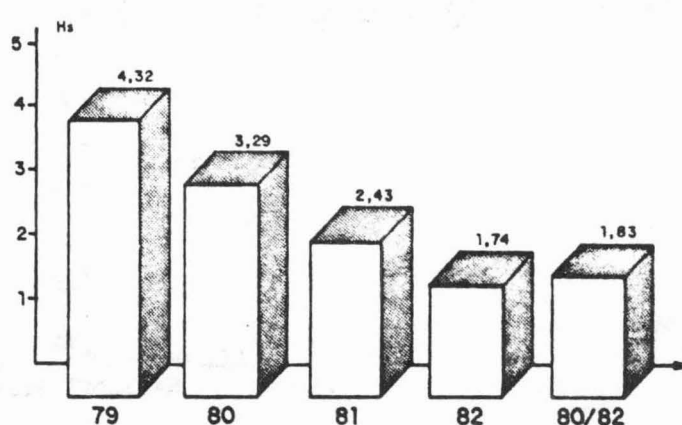
QUADRO X- CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL



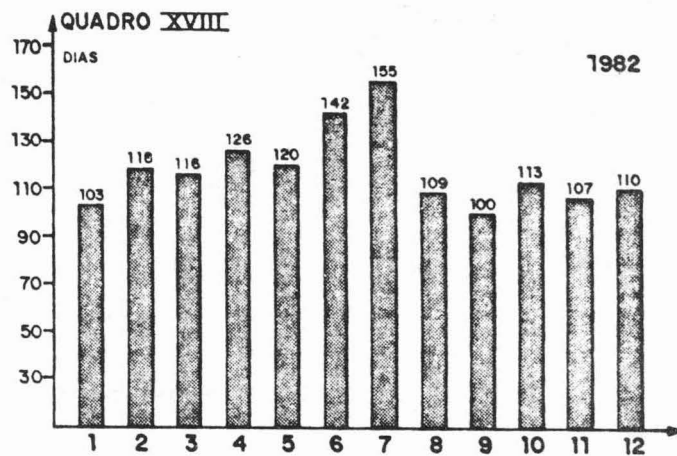
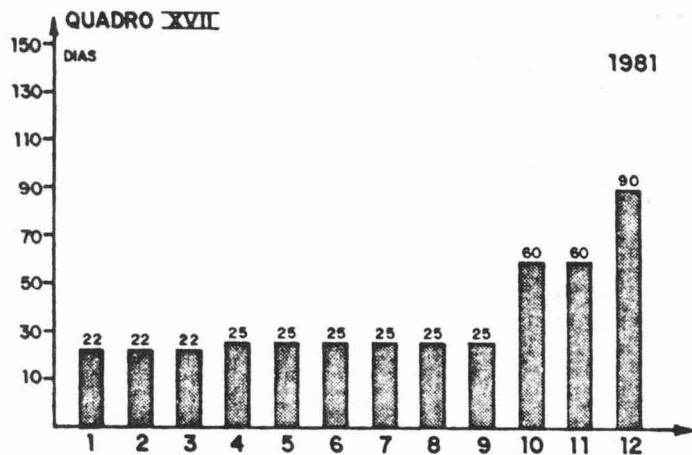
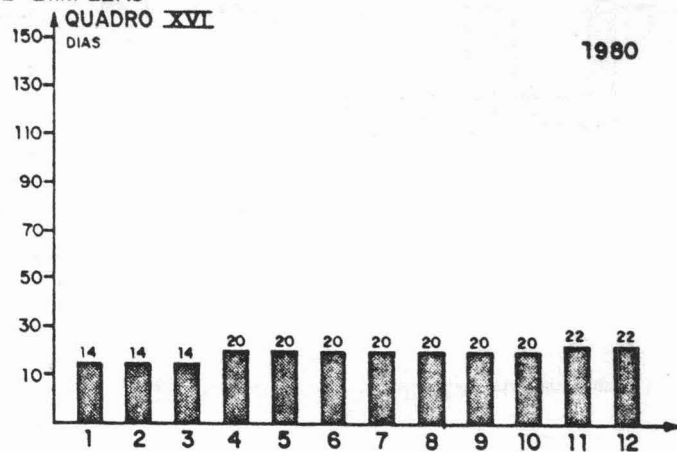
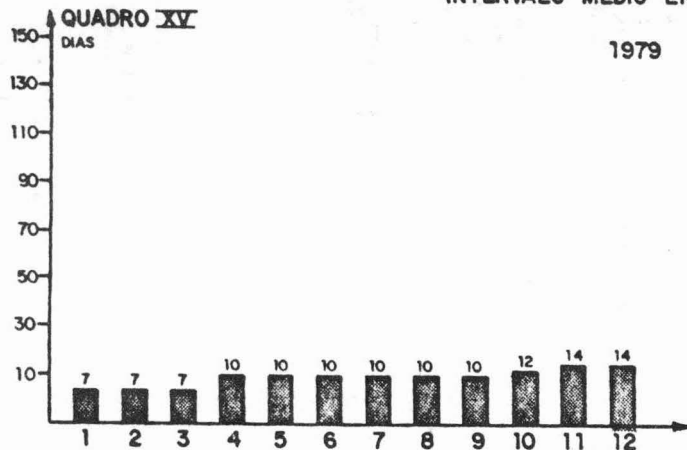
QUADRO XI- QUANTIDADE DE LIMPEZAS



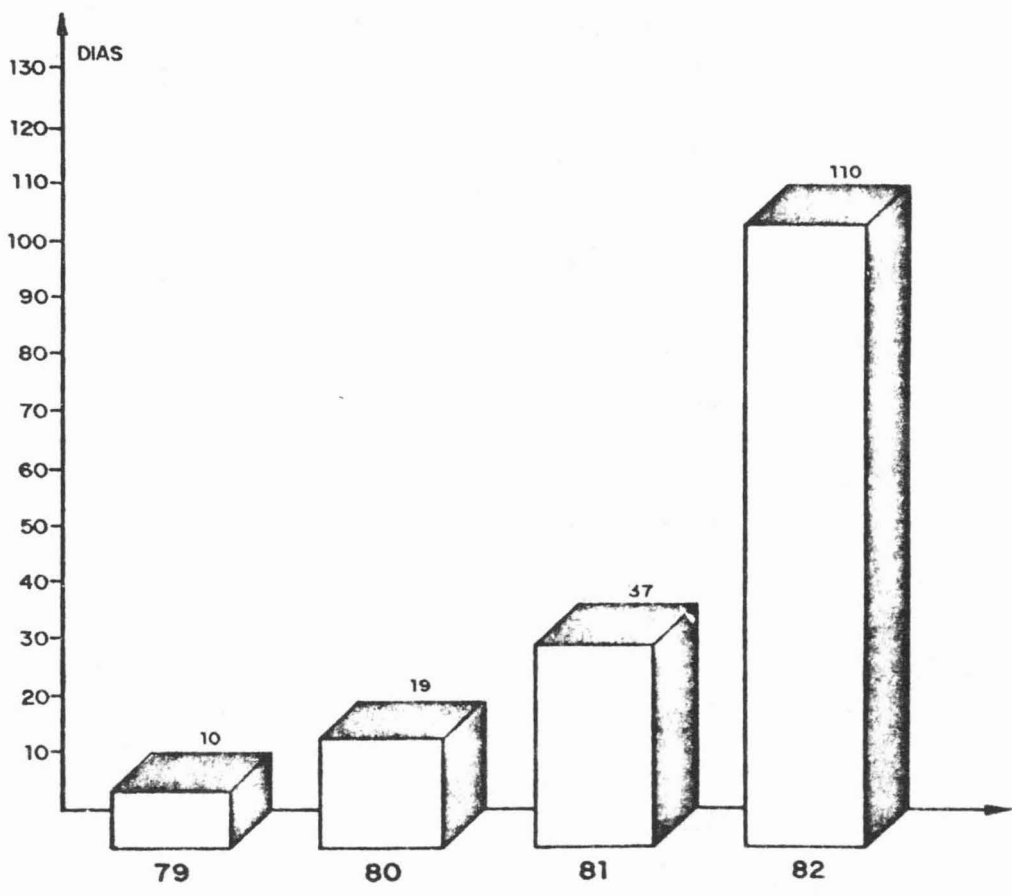
QUADRO XII- TEMPO  $\bar{x}$  PARA LIMPEZA (Hs centecimais)



INTERVALO MÉDIO ENTRE LIMPEZAS

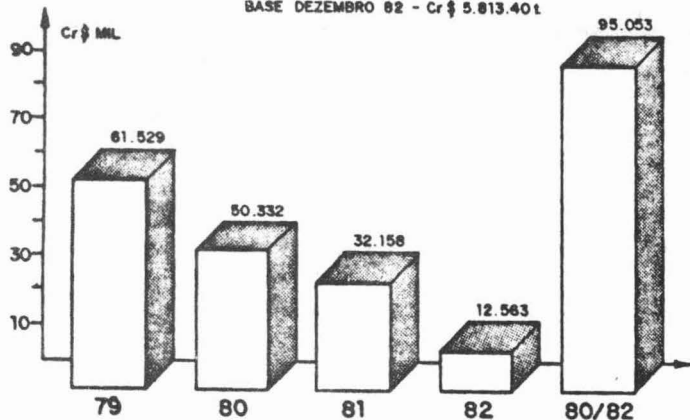


QUADRO XIX - INTERVALO x ENTRE LIMPEZAS



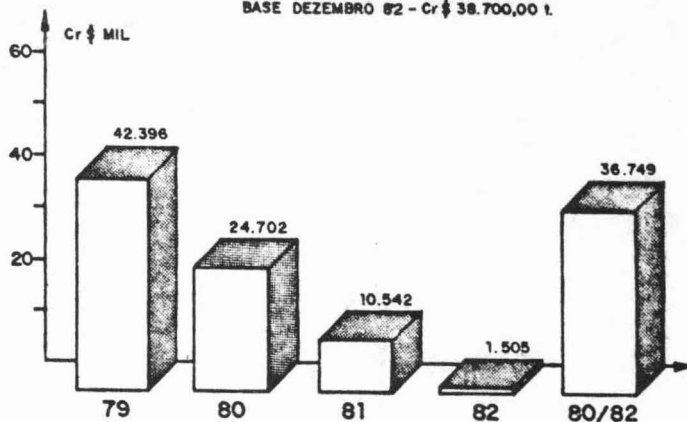
QUADRO XX - CONSUMO DE DUNITO

BASE DEZEMBRO 82 - Cr\$ 5.813.401

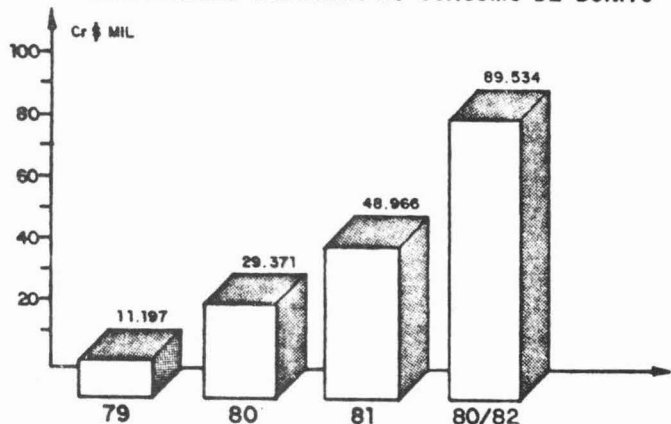


QUADRO XXII - CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

BASE DEZEMBRO 82 - Cr\$ 38.700,00 t.

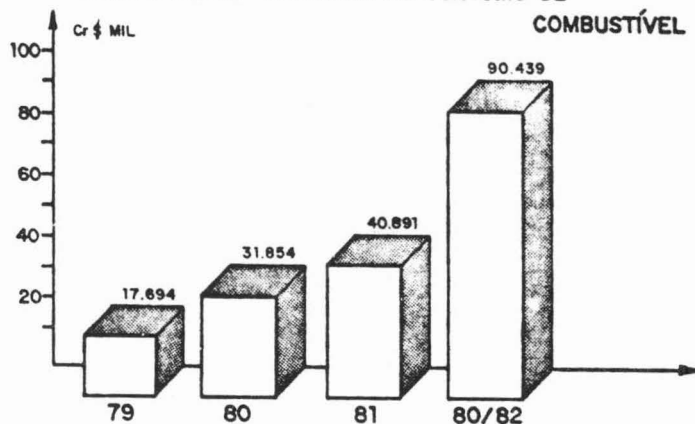


QUADRO XXIII - ECONOMIA NO CONSUMO DE DUNITO



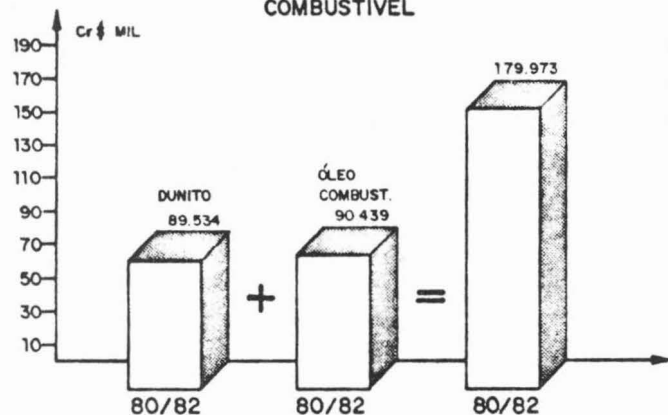
QUADRO XXIV - ECONOMIA NO CONSUMO DE

COMBUSTÍVEL

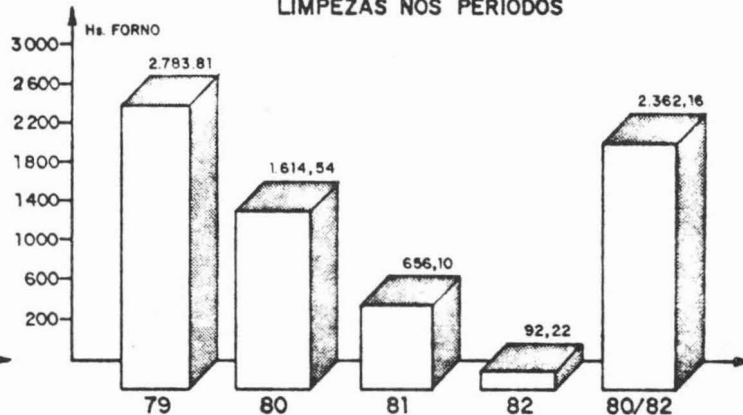




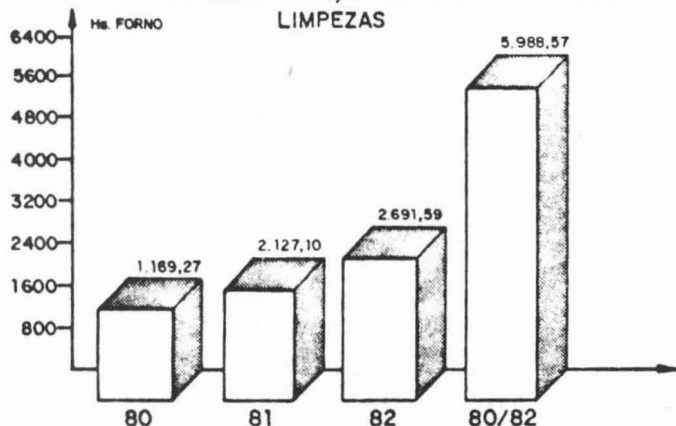
QUADRO XXV- ECONOMIA TOTAL - DUNITO + COMBUSTÍVEL



QUADRO XIII- HORAS FORNO DESTINADAS AS LIMPEZAS NOS PERÍODOS



QUADRO XIV- REDUÇÃO DE HORAS DESTINADAS AS LIMPEZAS



QUADRO XXI- ESTIMATIVA DA POSSIBILIDADE DE PRODUÇÃO FACE A REDUÇÃO NAS HORAS DESTINADAS AS LIMPEZAS



