

INÍCIO DE OPERAÇÃO DO ALTO FORNO Nº 1 DA AÇOMINAS E SEUS PRIMEIROS 15 DIAS DE OPERAÇÃO (1)

Erênio de Castro Alves (2)  
Hideraldo Belini Soares de Mello (3)  
Geraldo de Oliveira Camelo (3)  
Márcio Teixeira Alves (4)

RESUMO

O trabalho apresenta os primeiros resultados e ocorrências operacionais do alto forno nº1 da Aço Minas Gerais S/A do início até o décimo quinto dia de operação.

O trabalho é descrito em duas fases distintas:

- operação até a 1ª corrida
- operação após a 1ª corrida até o 15º dia de operação.

Em cada fase é feita uma relação entre os resultados reais obtidos e o planejado.

- 
- (1) Contribuição Técnica para o Seminário COMIN/COMAP.
  - (2) Engenheiro Metalúrgico da Divisão de Metalurgia da Redução e Carboquímicos (AÇOMINAS)
  - (3) Técnico Metalúrgico da Divisão de Metalurgia da Redução e Carboquímicos (AÇOMINAS)
  - (4) Chefe de Seção do alto forno

## 1 - INTRODUÇÃO

Em cerimônia realizada no dia 25.07.86 presidida pelo então Presidente da República Exmo. Sr. José Sarney, entrou em operação o alto forno nº1 da AÇOMINAS completando assim a fase 2 da Usina Arthur Bernardes.

O alto forno nº1 da AÇOMINAS, é o primeiro alto forno brasileiro de grande porte a utilizar o sistema de carregamento Paul Wurth e o sistema de controle centralizado, através do equipamento fornecido pela Taylor denominado Mod III.

Para o início de operação foram executados vários planos, os quais foram seguidos, sendo ressaltados no trabalho o plano de início de operação e os dados reais obtidos.

2 - DESENVOLVIMENTO2.1 - Dados básicos

No quadro I são apresentados os dados gerais do alto forno nº1 da AÇOMINAS.

Quadro 1 - Dados gerais do AF-1 da AÇOMINAS

Item	Unidade	
Produção	t/d	5300
Volume interno	m <sup>3</sup>	2761
Volume útil	m <sup>3</sup>	2294
Ventaneiras	nº	28
Diâm.Cadinho	m	11,5
Furo de gusa	nº	3
Área de corrida	nº	2
Pressão do topo	Kg/cm <sup>2</sup>	2,0
Topo	Sistema	Paul Wurth Bell Less Top
Regeneradores	nº	3
	Tipo	Câmara combustão interna
Temperatura de ar quente	°C	1250

2.2 - Operação até o início da 1ª corrida

O início de operação do alto forno nº1 da AÇOMINAS se deu às 11:18h do dia 25.07.86.

Foi feito o pedido de 200 g/cm<sup>2</sup> de pressão de ar soprado, equivalendo a 940Nm<sup>3</sup>/min de volume de ar soprado, a uma temperatura de 703°C.

2.2.1 - Ocorrências operacionais até a 1ª corrida

Às 11:38h verificou-se que o coque já estava aceso e foi elevado o volume de sopro de 940 ~ 1200 Nm<sup>3</sup>/min. Estava previsto uma redução na temperatura do ar soprado de 700°C para 650°C após o acendimento do coque, porém, o alto forno aceitou bem os 700°C e esta temperatura foi mantida até a 1ª corrida.

Entre 12:30h e 13:00h foram abertos os furos de gusa n<sup>os</sup> 1,2 e 3 com o objetivo de eliminar a umidade do local e acompanhar a evolução do que estava acontecendo internamente no cadinho do alto forno.

Às 13:20h foi alterado volume de sopro de 1200 ~ 1250 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 14:20h foram retiradas as reduções das ventaneiras 7,14,21,28 com o objetivo de manter a velocidade do ar nas ventaneiras na faixa de 240 ~ 260 m/s.

Às 14:50h alterado volume de sopro de 1250 ~ 1300 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 16:32h alterado volume de sopro de 1300 ~ 1350 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 17:00h foi passado o gás para o gasômetro e fechados os bleeders do topo.

Às 17:55h alterado volume de sopro de 1350 ~ 1400 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 18:00h, retiradas as reduções das ventaneiras 4,8,11,18 para manter a velocidade do ar nas ventaneiras na faixa de 240 ~ 260 m/s.

Às 19:20h, alterado volume de sopro de 1400 ~ 1450 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 20:50h alterado volume de sopro de 1450 ~ 1500 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 22:30h alterado volume de sopro de 1500 ~ 1550 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 00:00h alterado volume de sopro de 1550 ~ 1600 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 02:30h alterado volume de sopro de 1600 ~ 1680 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 03:00h alterado volume de sopro de 1680 ~ 1900 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 03:50h alterado volume de sopro de 1900 ~ 2000 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 04:00h, retiradas as reduções das ventaneiras 2, 16, 23 e 26 para manter a velocidade do ar nas ventaneiras na faixa de 240 ~ 260 m/s.

Às 05:00h alterado volume de sopro de 2000 ~ 2100 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 06:00h foram retiradas as reduções restantes das ventaneiras para manter a velocidade do ar nas ventaneiras na faixa de 240 ~ 260 m/s e alterado volume de sopro de 2100 ~ 2200 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 07:30h foram fechados os furos de gusa 1, 2 e 3 por medida de segurança para evitar o entupimento dos mesmos com a escória.

Às 08:30h alterado volume de sopro de 2200 ~ 2400 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 09:00h alterado volume de sopro de 2400 ~ 2600 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 12:10h foi iniciada a 1ª corrida no furo de gusa nº1. Esta corrida terminou às 13:10h com esta análise:

Si	S	M <sub>n</sub>	P	C	temp.do gusa
6,09	0,008	1,21	0,262	3,04	1415°C

A figura 2 mostra os valores reais obtidos

no volume de sopro, temperatura do ar soprado, cargas carregadas, horário da passagem do gás e horário da 1ª corrida. Comparando-se os resultados reais da figura 2, com o planejado da figura 1, pode-se observar que o volume de sopro, cargas carregadas e horário da passagem do gás estiveram bem próximos.

Com relação a 1ª corrida houve um atraso de 1 hora em relação ao planejado ocasionado pelo entupimento do furo de gusa na perfuração, o que ocasionou o atraso na abertura do mesmo.

### 2.3 - Operação após a 1ª corrida até o 15º dia

Até a primeira corrida, a operação transcorreu normalmente, porém, às 12:30h com um engaiolamento da carga começaram os problemas que iriam se suceder no transcorrer dos próximos dias e que somados às vezes em que foi necessário manter o volume de sopro reduzido devido a problemas para o pleno escoamento do gusa produzido impossibilitaram o cumprimento do plano de elevação do volume de sopro, minério/coque, temperatura de sopro e produção.

Abaixo listaremos os problemas ocorridos dia a dia após a 1ª corrida até o 15º dia de operação que ocasionaram reduções no volume de sopro.

#### 2.3.1 - Ocorrências operacionais

##### Dia 26/07/86

Às 12:30h foi reduzido o volume de sopro de 2600 ~ 2200 Nm<sup>3</sup>/min, devido engaiolamento de carga.

O volume de sopro voltou a se normalizar às 18:25h em 2600 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 20:20h foi reduzido volume de sopro de 2600 ~ 2000 Nm<sup>3</sup>/min devido problema no sistema de carregamento, após a solução do problema, o volume de sopro voltou a ser elevado atingindo 2500 Nm<sup>3</sup>/min no final do dia.

##### Dia 27/07/86

O volume de sopro foi elevado até 3000 Nm<sup>3</sup>/min, próximo do planejado 3100 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 09:30h foi reduzido volume de sopro de 3000 ~ 2600 Nm<sup>3</sup>/min devido problema na correia C1, tendo necessidade de nova redução para 2200 Nm<sup>3</sup>/min às 12:00h devido dificuldade

de fechamento do furo de gusa nº2.

O volume de sopro foi normalizado às 15:00 h em 3000 Nm<sup>3</sup>/min.

Dia 28.07.86

Às 00:30h reduzido volume de sopro de 3000 ~ 2500 Nm<sup>3</sup>/min, chegando a atingir 2000 Nm<sup>3</sup>/min às 02:30h devido a vários problemas no sistema de carregamento.

Após a solução dos problemas o volume de sopro foi normalizado em 3000 Nm<sup>3</sup>/min às 07:55 h.

Dia 29.07.86

À 01:00h iniciado redução do volume de sopro atingindo 2600 Nm<sup>3</sup>/min, devido a problema no sistema de carregamento.

Após a solução do problema foi elevado o volume de sopro, normalizando em 3000 Nm<sup>3</sup>/min.

Às 14:25h foi elevado o volume de sopro de 3000 ~ 3100 Nm<sup>3</sup>/min.

Dia 30.07.86

O volume de sopro foi mantido em 3100 Nm<sup>3</sup>/min quando o planejado seria 3200 Nm<sup>3</sup>/min.

Dia 31.07.86

Elevado volume de sopro de 3100 ~ 3200 Nm<sup>3</sup>/min, quando o planejado do dia seria 3250 Nm<sup>3</sup>/min.

Dia 01.08.86

O volume de sopro foi mantido em 3200 Nm<sup>3</sup>/min, quando o planejado seria 3300 Nm<sup>3</sup>/min.

Dia 02.08.86

O volume de sopro foi mantido em 3200 Nm<sup>3</sup>/min, quando o planejado seria 3350 Nm<sup>3</sup>/min.

Dia 03.08.86

Reduzido volume de sopro de 3200 ~ 2600 Nm<sup>3</sup>/min devido engaiolamento da carga.

O volume de sopro estava sendo normalizado após o corte de gaiola, quando foi necessário nova redução de 2900 ~ 2300 Nm<sup>3</sup>/min devido arriamento da carga com abertura de bleeder, às 07:22h.

O volume de sopro foi normalizado em 3200 Nm<sup>3</sup>/min às 10:10h.

Dia 04.08.86

Às 20:20h reduzido volume de sopro de 3200 ~ 2600 Nm<sup>3</sup>/min devido problema no sistema de carregamento.

Quando estava normalizando o volume de sopro ocorreu nova redução para 2950 Nm<sup>3</sup>/min para controle térmico do forno.

Dia 05.08.86

O volume de sopro foi elevado até 3400 Nm<sup>3</sup>/min, para um planejado de 3500 Nm<sup>3</sup>/min.

Dia 06.08.86

Às 05:18h o volume de sopro foi elevado de 3400 ~ 3500 Nm<sup>3</sup>/min atingindo o planejado pela 1ª vez após a 1ª corrida.

Reduzido volume de sopro de 3500 ~ 2500 Nm<sup>3</sup>/min devido problema no sistema de carregamento.

O volume foi sendo normalizado após a solução dos problemas no sistema de carregamento, atingindo 3400 Nm<sup>3</sup>/min às 23:05h.

Dia 07.08.86

Reduzido volume de sopro de 3400 ~ 2900 Nm<sup>3</sup>/

min às 03:10h devido sobrecarga na correia 01 BC.

Após a solução do problema, estava-se normalizando o volume quando foi necessário nova redução de 3300 ~ 3000 Nm<sup>3</sup>/min devido problemas no damper da calha das tremonhas 1 e 2 de coque e nível de carga baixo.

O volume de sopro voltou a se normalizar em 3500 Nm<sup>3</sup>/min às 17:45h.

Às 22:50h reduzido volume de sopro de 3500 ~ 3000 Nm<sup>3</sup>/min devido retenção de escória.

Dia 08.08.86

Elevado volume de sopro de 3000 ~ 3300 Nm<sup>3</sup> / min às 06:10h.

Reduzido volume de sopro de 3300 ~ 2300 Nm<sup>3</sup> / min devido problema no sistema de carregamento às 15:25h, permanecendo até o fim do dia.

A figura 4 mostra os resultados reais para os primeiros quinze dias de operação do volume de sopro, temperatura de ar soprado, relação M/C e % de silício. Comparando-se com a figura 3 que mostra o planejado pode-se observar as seguintes variações nos parâmetros:

-- Volume de sopro

O volume de sopro não conseguiu atingir o previsto em nenhum dos quinze primeiros dias de operação. Os fatores que não permitiram alcançar o volume previsto, foram relacionados nas ocorrências operacionais.

-- Minério/coque

Estava previsto atingir M/C=3,00 no dia 30/07, mas só foi possível no dia 02/08 devido as várias reduções que ocasionaram o atraso na elevação do minério/coque.

-- % Silício

Apesar das anormalidades de marcha do alto forno, a % de silício real esteve bem próxima da prevista.

-- Temperatura de sopro

A temperatura de sopro sempre esteve abaixo da prevista, com exceção dos dias 03,04 e 05/08, devido as várias reduções de volume de sopro com consequente redução de temperatura do ar soprado.

-- Produção

A meta de produção prevista para os primeiros quinze dias de operação 48036t não foi cumprida tendo o resultado alcançado 38.908,6 t com um índice de consecução de 80,75%.

O não cumprimento do plano se deveu as várias reduções de volume relacionadas nas ocorrências operacionais, volume de sopro reduzido devido dificuldade para o escoamento.

mento do gusa e demora na elevação do minério/coque.

No quadro II estão listados vários resultados operacionais do alto forno nº1 até o 15º dia operação.

### 3 - CONCLUSÃO

O início de operação do alto forno nº1 da AÇOMINAS ocorreu satisfatoriamente, visto que, não apresentou nenhum grande problema operacional e os valores obtidos para todos os parâmetros foram próximos dos valores estabelecidos no plano de início de operação.

Este sucesso se deveu a um planejamento minucioso e uma execução adequada desses planos.

QUADRO II - RESULTADOS OPERACIONAIS DOS QUINZE PRIMEIROS DIAS DE OPERAÇÃO

Parâmetros	25	26	27	28	29	30	31	01	02	03	04	05	06	07	08
Volume ar(Nm <sup>3</sup> /min)	1329	2242	2783	2810	3019	3127	3148	3240	3218	3115	3203	3139	3161	3212	2876
Temperatura ar(°C)	716	698	788	837	853	862	887	918	917	922	951	969	965	916	897
Pressão do ar(g/cm <sup>2</sup> )	530	826	1310	1380	1500	1530	1520	1660	1700	1870	1780	1850	1820	1810	1560
Permeabilidade(k)	4,12	4,51	3,49	3,41	3,60	3,48	3,39	3,82	4,02	4,97	4,38	4,86	4,75	4,70	4,52
Umidade ar(g/Nm <sup>3</sup> )	10,1	11,5	11,8	11,2	8,63	11,3	12,0	10,3	11,2	11,0	10,6	10,9	10,3	8,4	8,0
Temperatura do topo(°C)	46	184	312	290	330	355	321	298	274	256	236	227	245	223	207
Contra-pressão(Kg/cm <sup>2</sup> )	0,18	0,21	0,42	0,43	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,44	0,41	0,36
Nº de cargas	13	52	84	88	89	100	101	104	109	113	119	115	113	115	102
Produção(t/d)	-	1211,6	2029,6	2160	2272,9	2600,2	2741,5	2898,8	3133,6	3292,4	3482,2	3356,9	3316,0	3342	2971
Nº de corridas	-	4	5	7	7	6	6	8	9	9	8	9	10	10	7
Nº arriamentos	-	1	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Nº de engaiolamentos	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Si(X)	-	3,99	2,49	1,92	1,98	1,05	0,93	0,98	0,90	0,85	0,53	0,81	0,72	0,71	0,57
S (X)	-	0,020	0,022	0,028	0,020	0,021	0,024	0,021	0,017	0,018	0,027	0,022	0,029	0,025	0,023
Temperatura gusa	-	1399	1416	1451	1484	1484	1479	1495	1497	1487	1489	1508	1489	1494	1472
CaO/Sio <sub>2</sub> Escória	-	1,12	1,03	1,04	1,17	1,21	1,16	1,19	1,19	1,22	1,19	1,25	1,16	1,24	1,22
Coque- rate medio	-	687	656	652	627	615	589	574	557	549	547	548	546	551	545
Vol.gas rampa(Nm <sup>3</sup> /min)	1637	2777	3450	2888	3653	3872	3903	4004	3984	4268	3961	3683	3905	3954	3538
CO <sub>2</sub>	9,29	16,1	15,2	14,6	14,01	14,9	16,70	17,3	17,6	17,4	19,2	19,4	18,2	18,3	18,3
CO	28,33	24,6	25,3	25,9	26,40	26,44	2480	24,4	24,4	24,06	23,8	23,3	24,3	24,3	23,6
H <sub>2</sub>	6,00	1,6	1,2	1,6	1,1	0,96	0,99	1,2	1,1	1,1	0,94	0,90	1,6	1,4	1,0
Velocidade do ar nas VA's (m/s)	198	180	197	231	240	250	258	257	252	231	251	244	248	241	232
Velocidade gas de cu ba(m/s)	1,62	2,24	2,59	2,04	2,50	2,46	2,66	2,63	2,60	2,70	2,54	2,45	2,48	2,53	2,43
Temperatura de chama(°C)	2072	2030	2093	2146	2162	2154	2170	2202	2197	2164	2225	2237	2238	2210	2198

PLANO DAS PRIMEIRAS 24 HORAS DE OPERAÇÃO - AF1 AÇOMINAS

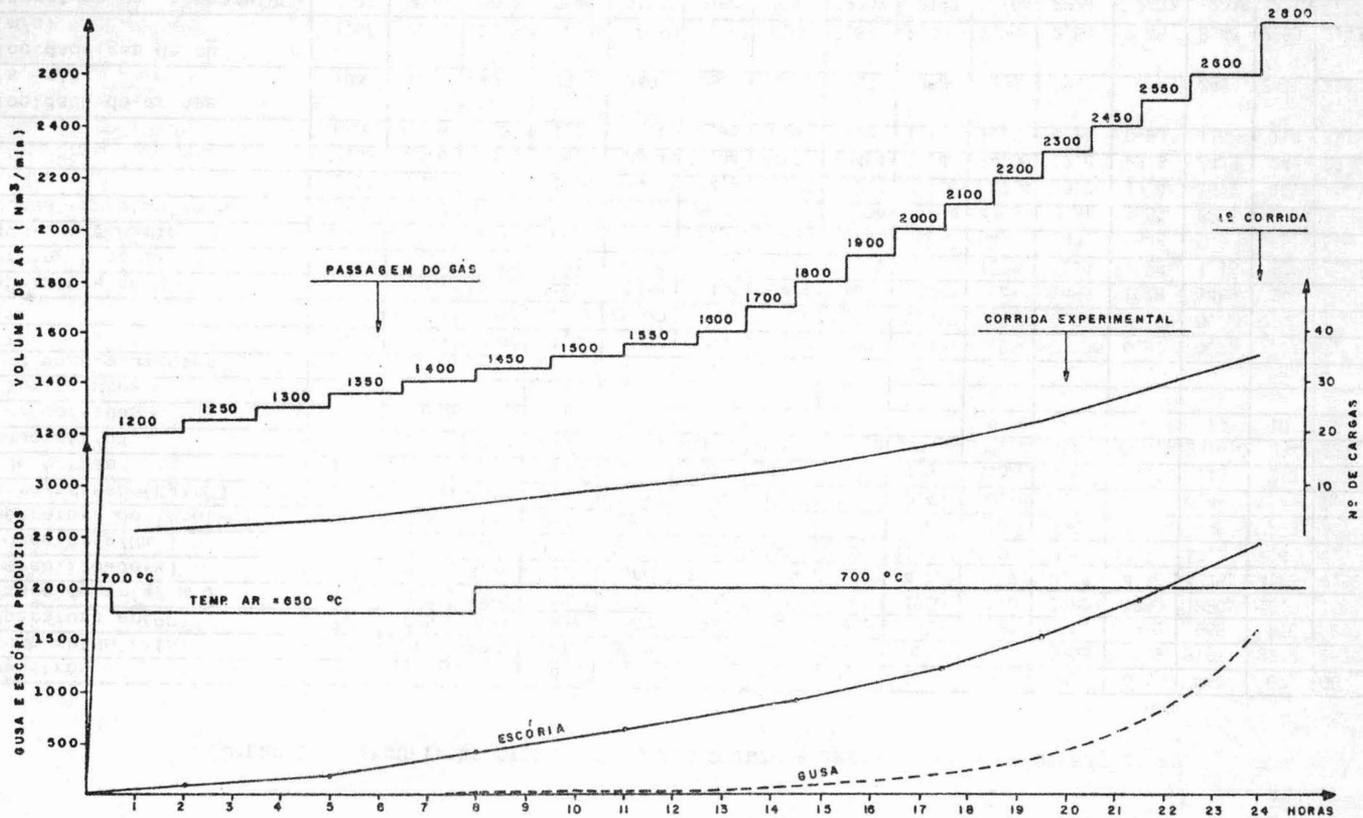
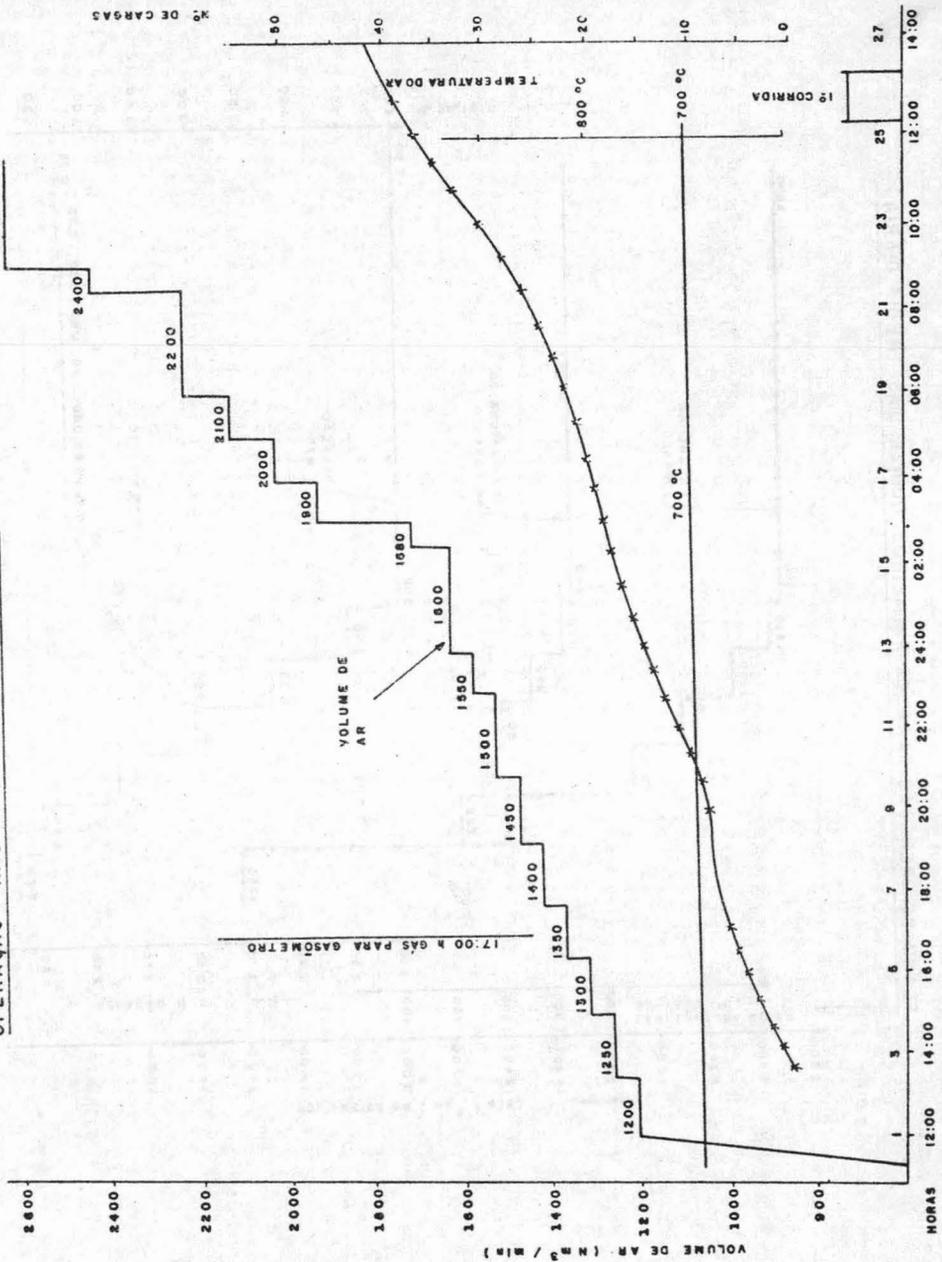


FIG. 2  
 OPERAÇÃO NAS PRIMEIRAS 24 HORAS



PLANO DE OPERAÇÃO PARA OS PRIMEIROS QUINZE DIAS (MÉDIA DIÁRIA)

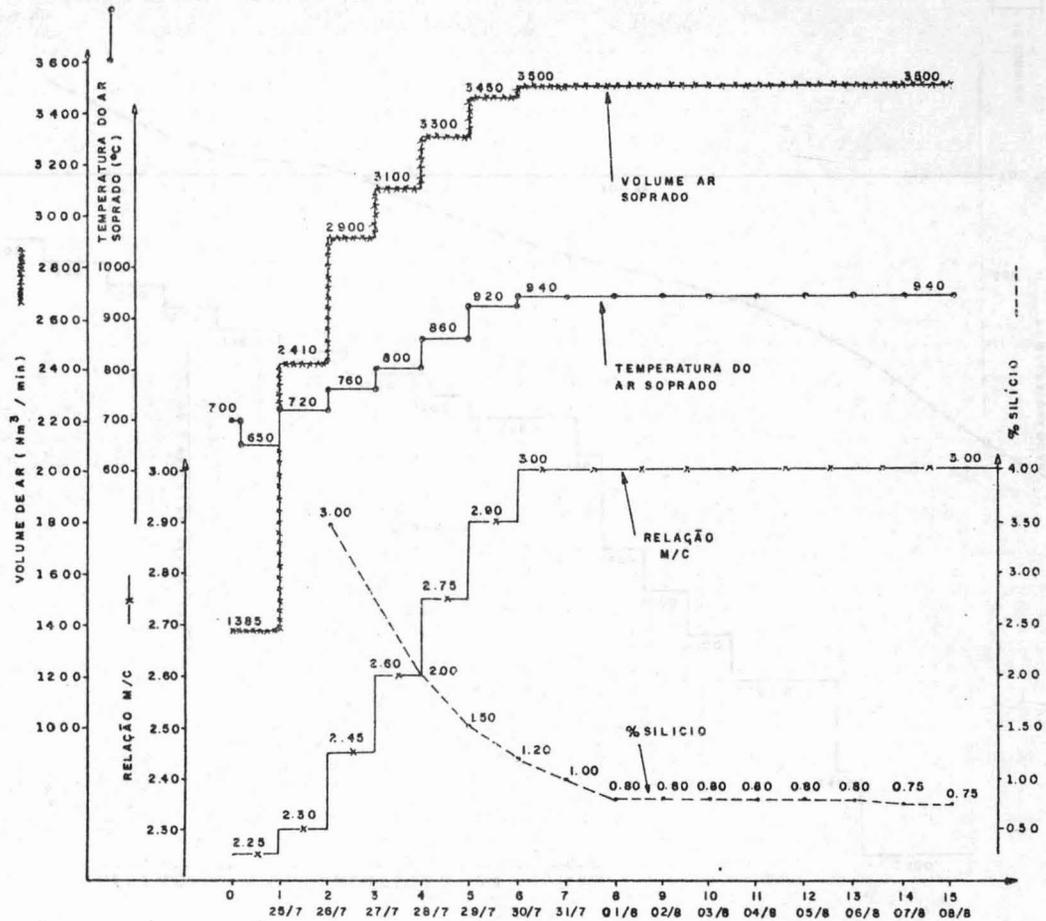


FIG.4

RESULTADOS OPERACIONAIS NOS PRIMEIROS QUINZE DIAS (MÉDIA DIÁRIA)

