

PROJETO DA RÊDE DE TUBULAÇÕES DE GÁS EM UMA USINA SIDERÚRGICA ⁽¹⁾

BORIS CERNE ⁽²⁾

RESUMO

Com base no fluxograma de uma usina siderúrgica, determinam-se a produção e o consumo de gás. Sugere-se uma sequência de cálculos para a rede de tubulações. Fazem-se recomendações a fim de aumentar a eficiência e evitar acidentes.

1. INTRODUÇÃO

O projeto das tubulações de gás para as usinas siderúrgicas é frequentemente deficiente. Nem sempre se pensa na possibilidade de isolar os trechos, um a um, ou juntos, a fim de serem êles limpos e consertados, ou nêles instalados orifícios, venturis, etc., sem prejudicar a produção. Não existe engenheiro de combustão que não tenha de atender pedidos de instalação de "mais um" queimador, secador, etc. Os diâmetros econômicos devem ser calculados para tôdas as possibilidades, mas a solução será só um compromisso. O sucesso da mesma dependerá do número de fatôres de influência, ordenados pelo grau de importância e considerados nos cálculos. É evidente que os projetos desta natureza exigem dezenas de anos de experiência, guardada com muito ciúme pelas grandes firmas construtoras de usinas siderúrgicas. Por exemplo, quem quereria justificar uma análise do conteúdo de iodo das lamas ainda úmidas, dos fundos dos gasômetros do gás de alto forno? O fato é que uma explosão de um gasômetro do gás de alto forno na Alemanha, foi atribuída à pequena porcentagem de iodo no gás de alto forno que se acumulava na lama do gasômetro e formava, provavelmente, o tri-iodeto de nitrogênio que é altamente explosivo. É óbvio que o projetista tem que considerar êste fato e projetar correspondentemente.

(1) Contribuição Técnica n.º 528. Apresentada ao XIX Congresso Anual da ABM; São Paulo, julho de 1964.

(2) Membro da ABM e Engenheiro Metalurgista da Cia. Aços Especiais Itabira «ACESITA», Acesita, MG.

2. FLUXOGRAMA DE UMA USINA SIDERÚRGICA

A fig. 1 mostra o fluxograma de uma usina siderúrgica para a produção de aços especiais. As perdas e retornos são médias bem razoáveis, atingidas e ultrapassadas nas siderúrgicas europeias e australianas. O gusa é produzido em um Alto Forno a carvão vegetal e em três Baixos Fornos Elétricos de Redução.

A tab. 1 mostra a produção de gases da usina. A tab. 2 mostra o consumo de calor para os diversos setores da usina. Os lingotes serão aquecidos elêtricamente. $12,2 \times 10^6$ Kcal devem ser aumentadas aproximadamente 25%, considerando o serviço descontínuo, paradas nos fins de semana, reparos, etc. Assim, para a produção de 45×10^6 Kcal, tivemos um consumo de 40×10^6 Kcal. Um excesso de aproximadamente 10%, é razoável e compensaria, por exemplo, as perdas decorrentes do vazamentos do "bleeder" do Alto Forno ou Alto Forno trabalhando mal, Theissen parado, pequenos consumos extras, etc.

3. MISTURA DE GASES

Os dois gases produzidos, gás de Alto Forno a carvão vegetal e gás de Baixo Forno Elétrico de Redução, podem ser usados:

1. Separadamente e em misturas variáveis.
2. Misturados na estação de mistura, com poder calorífico constante.

No primeiro caso, temos do ponto de vista tecnológico, melhor aquecimento, calor concentrado, possibilidade de rápido aquecimento, chamas violentas e curtas, mas também calor suave e chamas longas, com tôdas as possibilidades intermediárias. Nos fornos "poço" redondos em Salzgitter, Alemanha, por exemplo, foi possível regular as chamas continuamente, de aproximadamente 1 m de comprimento de máxima concentração de calor, até que elas desaparecessem em chamas suaves e compridas, do gás de Alto Forno. A vantagem de um aquecimento dêste tipo é óbvia, mas não necessária, para todos os fornos e todos os fins. vazamento do "bleeder" do Alto Forno, ou Alto Forno trabalhando mal, Theissen parado, pequenos consumos extras, etc.

No segundo caso, temos que determinar o poder calorífico da mistura de gás, conforme a disponibilidade dos gases da usina. Não se recomendam misturas de gases de poder calorífico acima de 1.500 Kcal/Nm³.

Sem cuidados muito especiais, os gases com poder calorífico, acima deste valor, podem criar dificuldades em fornos de aquecimento, recuperadores e regeneradores. É verdade que no caso de uma mistura constante, necessita-se só da metade dos instrumentos para regulagem e controle e uma tubulação simples. Não se devem esquecer as dificuldades que aparecem quando falta um dos gases. Neste caso, todos os controles deixam de funcionar, com exceção dos controles que se baseiam na análise dos gases queimados.

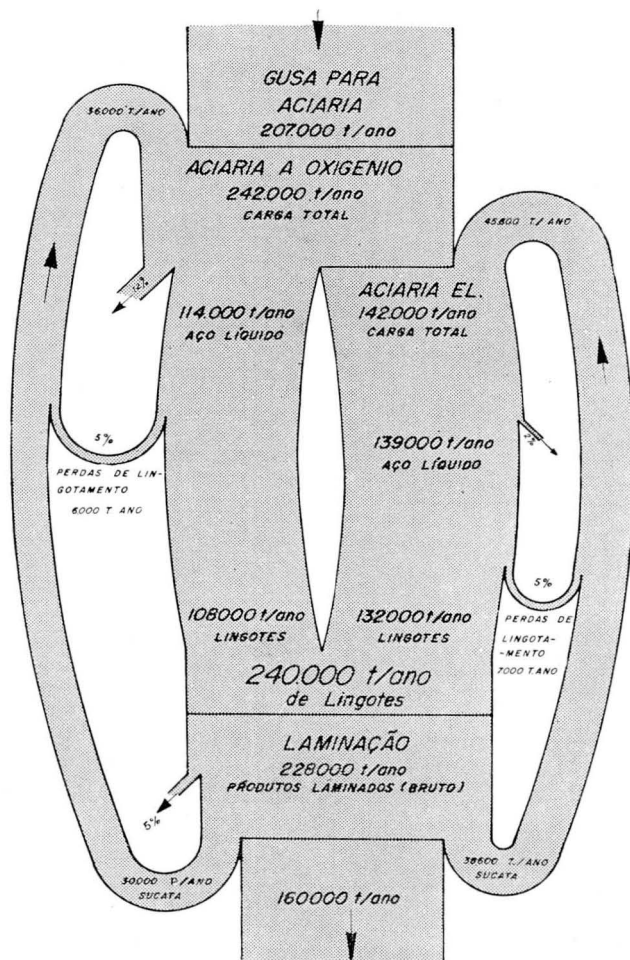


Fig. 1 — Fluxograma esquemático de uma usina siderúrgica.

	GUSA		G Á S						
	ton		Nm ³ .10 ⁶			Kcal	Kcal.10 ⁶		
	/dia	/ano	/t	/h	/dia	Nm ³	/h	/dia	
Alto Forno	Teor.	208	76 000	2,750					
	Real	200	73 000	2,475	20,8	500	830	17,3	415
3 Fornos de Red.Elé.	Teor.	441		0,715					
	Real	400	144 000	0,715	12,0	286	2 310	27,5	660
T O T A L		600	217 000					45	1 075

Tab. 1 - PRODUÇÃO DE GÁS.

	t/ano		Kcal. t .10 ³	Kcal ano . 10 ⁶	Kcal h . 10 ⁶
	BRUTO	(-20%) LIQUIDO			
Tarugos 120-150	40 000	32 000	460	14 700	1,68
Tarugos de 100	20 000	16 000	460	7 350	0,84
Tarugos de 63	20 000	16 000	460	7 350	2,52
Platinas + Chapas	20 000	16 000	3 000	48 000	5,48
Ferro Redondo	20 000	16 000	920	14 700	1,68
Perfilados			Laminados Diretamente		
SUB TOTAL	240 000	192 000		106 800	12,20
SUB TOTAL + 25%					15,25
Alto Forno .					5,8
Forno de Cal					5,0
Sinterização					0,7
Aciaria					7,0
Trat. Térmico					5,85
Fundição					0,5
SUB TOTAL					24,85
TOTAL					40,10

Tab. 2 - CONSUMO DE CALOR.

Ao se projetar a tubulação, deve-se pensar no caso de faltar gás com maior poder calorífico. Isto pode significar que seria necessário fornecer, digo, 50% a mais de gás, para os fornos, a fim de manter a produção. Isto exige uma reconsideração dos cálculos dos diâmetros dos tubos, venturios, orifícios, instrumentos, ventiladores, recuperadores, queimadores e chaminés, a fim de evitar a compra de "instrumentos monstros" que, além das condições normais, satisfizessem, também, às condições extraordinárias.

No nosso caso, a mistura dos gases deveria fornecer 1.400 Kcal/Nm³. Consegue-se a regulação do poder calorífico por meio de um medidor regulador de poder calorífico dos gases misturados. Acentua-se que em uma estação de mistura de gases, poderiam surgir grandes explosões, caso não se tomassem as precauções necessárias, e grandes explosões poderiam ocorrer em fontes de abastecimento e pontos de consumo, devido a uma estação de mistura não operar como deveria.

Para uma regulação eficiente, existe também o problema da amostragem representativa, devido ao pequeno consumo de gás do medidor regulador e o comprimento da tubulação. O comprimento da tubulação para o instrumento regulador, dependerá da maneira e perfeição da mistura. Quanto mais perfeita e rápida for a mistura, tanto melhor será o comprimento da tubulação para a amostragem e regulação (caso dos controles hidráulicos).

4. FORNECIMENTO DE GÁS

O fornecimento de gás pode ser com baixa ou alta pressão. Uma se origina do Alto Forno e Theissen e a outra é elevada por um "booster". A tubulação do primeiro caso exige maiores diâmetros dos tubos, e, conseqüentemente, maior investimento. A tubulação do segundo caso é mais barata, mas pode se tornar mais cara com o decorrer do tempo.

5. PROCESSO DE CÁLCULO DA RÊDE DE TUBULAÇÃO

1. Estabelece-se o consumo da mistura de gás em todos os ramais, conforme a tab. 2.
2. Procura-se desenhar as linhas de suprimento mais curtas e mais convenientes. Para a primeira aproximação, pode-se escolher as velocidades de gás de 15 m/seg.
3. Calculam-se as velocidades exatas dos gases nos tubos.
4. Estabelecem-se os comprimentos equivalentes para curvas, derivações (fig. 2), etc.
5. Determina-se o número Reynold.

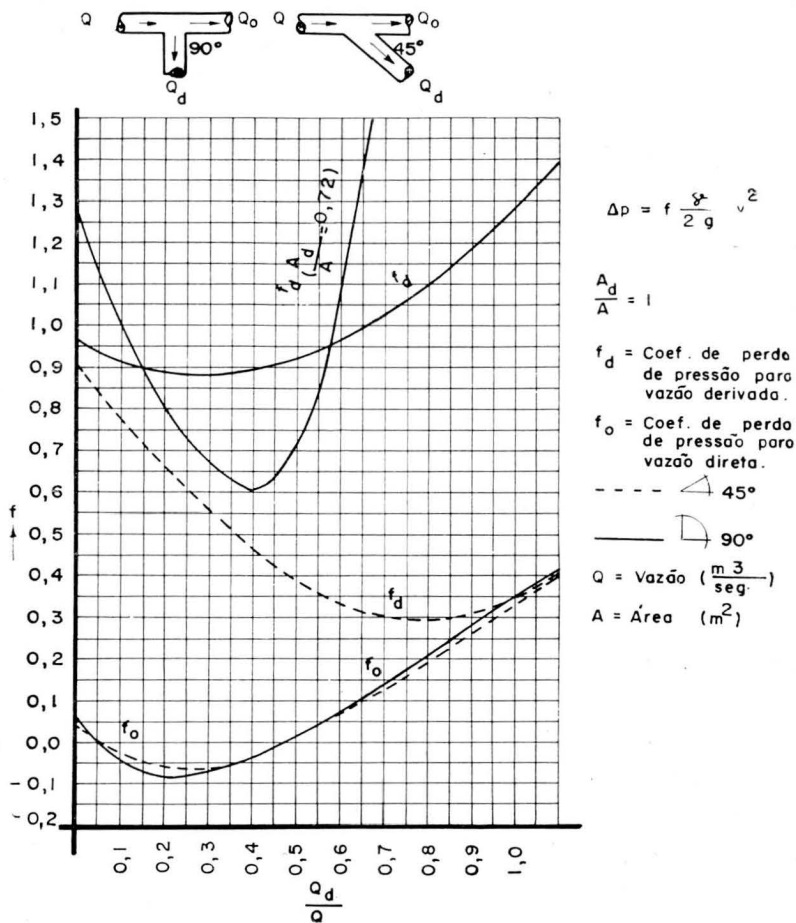


Fig. 2 — Coeficientes de perda de pressão para vazão derivada e para vazão direta.

6. Calcula-se o comprimento total.
7. Calcula-se a rugosidade relativa (diagrama Moody). Acentua-se que o depósito de poeira (sujeira) nas tubulações de gás, chega, algumas vèzes, até quase a fechar os tubos. Os depósitos velhos podem ser duros como concreto e para se fazer a limpeza, torna-se necessário usar marteletes a ar comprimido.
8. Determina-se o fator de perda de pressão.
9. Calcula-se a perda de pressão para o trecho.
10. Calculam-se, análogamente, todos os trechos.

TRECHO	DIM	1- 2	2-3-4	5-5A-6A	6- 6A	6A-8	1- 6	I	II
Comprimento	m	90	266	251	204	132	146		
Vazão	m ³ /seg	4,45	3,15	4,2	7,94	3,73	9,44	0,45	0,42
Velocidade	m/seg	5,66	3,25	5,34	8,8	4,15	10,3	8,8	8,2
Δ P	mmH ₂ O	11,87	10	14,5	30,5	4,8	21,2		

— L E G E N D A —	
200	PRESSÃO DE GÁS EM mm
••	VALVULA HIDRÁULICA
—	TUBULAÇÃO PRINCIPAL
!	FLANGE CEGO OU VALVULA OCULAR
(F)	FORNO

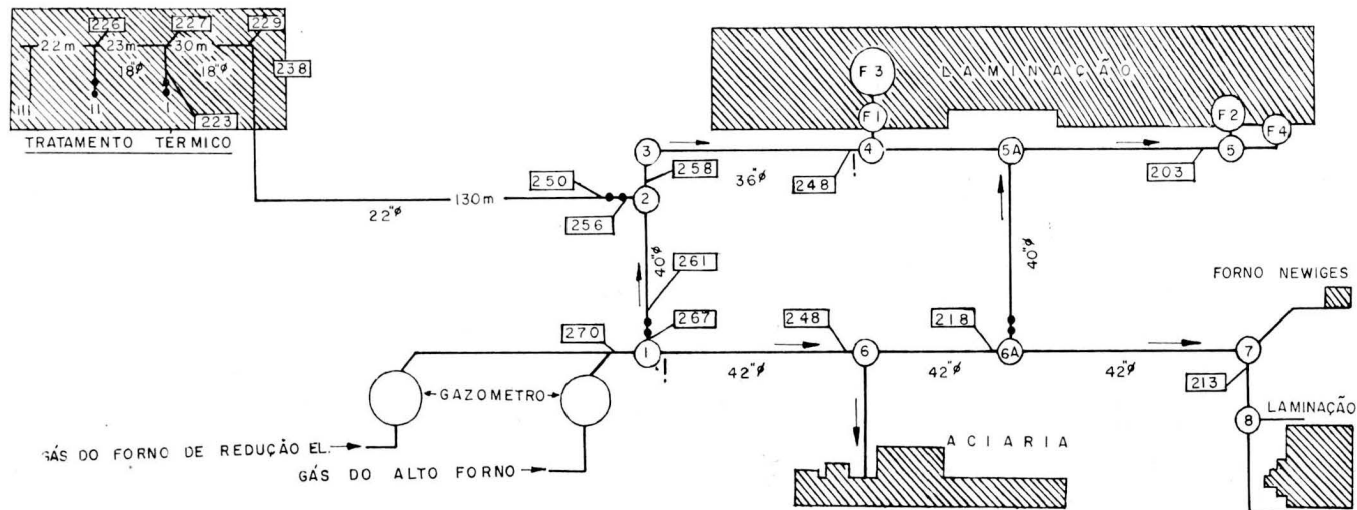


Fig. 3 — Planta baixa da rede das principais tubulações.

11. Caso as pressões nos ramais finais não satisfaçam às exigências para o suprimento dos fornos, escolhem-se maiores diâmetros e recalcula-se tudo de 3 a 10, até o estabelecimento de pressões satisfatórias aos ramais (diâmetros econômicos).

A fig. 3 mostra a planta baixa da rêde de tubulações. Nota-se que qualquer que seja o reparo depois de (1), a usina nunca será obrigada a parar.

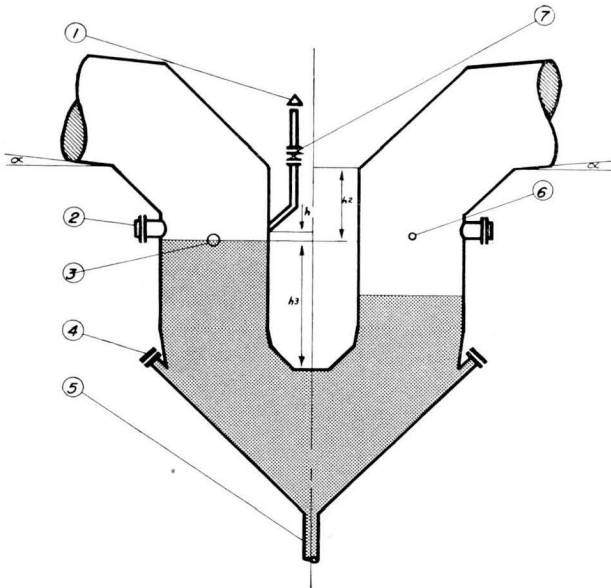


Fig. 4 — Representação esquemática de uma válvula hidráulica. Legendas: 1 — chapéu do "bleeder"; 2 — conexão para purgação; 3 — ladrão; 4 — conexão para lavagem; 5 — drêno; 6 — entrada de água; 7 — válvula.

6. CONDIÇÕES GERAIS

Qualquer tubo está sujeito a entupimentos, reparos, destruição de orifícios, etc., e, no final de sua vida, estará também sujeito a substituição. Isto pode ocasionar paradas totais de usinas ou partes das mesmas. Da experiência do projetista da rêde de tubulações, dependerá, até onde fôr possível, evitar as paradas dos setores da produção e, caso impossível, tornar pelo menos estas paradas mais curtas. Depois de construída a rêde de tubulações, cérebros eletrônicos poderão fazer pesquisas operacionais pelos métodos CPM (Critical Path Method), árvore de mínimo custo, Pert ou outros, a fim de determinar os mínimos tempos de para-

das específicas. Para uma rêde mal projetada, o cérebro eletrônico também achará o tempo mínimo de parada, mas acontece que êste tempo mínimo será muito maior do que no caso de uma rêde bem projetada. A rêde circular resolve a maioria dos problemas desta natureza.

7. ELEMENTOS DA RÊDE

Tubulações: devem ser inclinadas para perfeita drenagem e colocadas em lugar onde não podem ser rebentadas e onde se possa processar a limpeza e pintura com facilidade. Nos lugares mais altos, colocam-se as portas de visita e nas partes mais baixas, os coletores de lama e drenos, visando a facilidade da limpeza.

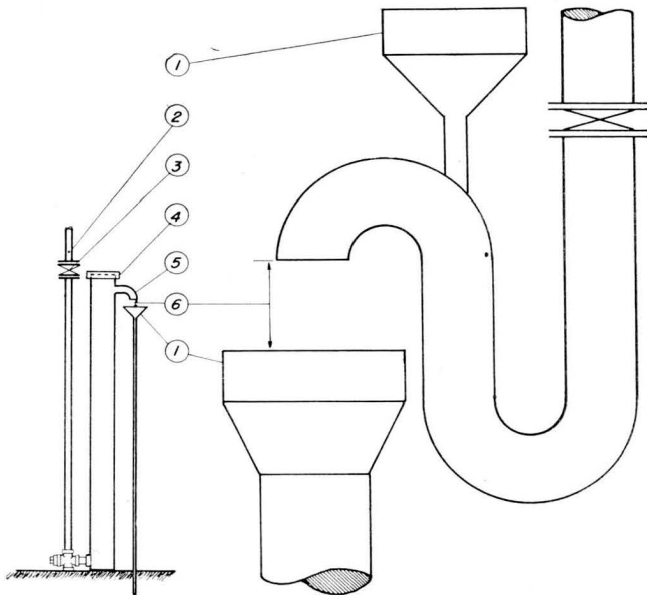


Fig. 5 — Representação esquemática da vedação dos drêns. Legenda: 1 — funil; 2 — registro de macho; 3 — válvula; 4 — tampa; 5 — ladrão; 6 — distância.

Juntas de expansão: são fornecidas pelas firmas especializadas e devem dar conta da expansão térmica (por causa das mudanças da temperatura ambiente), expansão devida à purgação das linhas de vapor, e possibilitar a introdução dos flanges cegos. As juntas de expansão são o ponto fraco das rêdes e não devem ser colocadas em pontos de difícil acesso (quando possível).

Válvulas e registros: representam um verdadeiro problema. As únicas válvulas, além do flange cego, que vedam 100%, são: válvula flange ocular e válvula hidráulica. Recomenda-se a numeração de todas as válvulas e registros. Um registro das mesmas, com todas as especificações, deveria permanecer no escritório. Cada válvula deveria ter uma placa de identificação e uma manutenção preventiva. Recomenda-se o uso de válvulas com flanges. A estandarização é importantíssima, principalmente nos países que importam o equipamento. As válvulas nunca devem estar sujeitas a influências de forças e momentos.

Para válvula hidráulica (ver fig. 4), recomenda-se:

- h_3 — no mínimo duas vezes maior que a máxima pressão média do gás (em mm H₂O), e nunca menor que o pico da maior pressão + 10%.
- h — deve dar conta das eventuais oscilações das pressões, para não tampar a saída do “bleeder” e deve ser o mínimo possível para não criar bôlsas de gás.
- h_2 — corresponde a uma pressão média.
- α — obriga, depois de uma explosão, a volta da água ao sifão.

Deve-se ter em vista que o gás poderá voltar pelo tubo de água, por falta de pressão hidráulica.

A vedação dos drenos é feita por água (ver fig. 5). A distância entre os ladrões e funil (h), não permite que o gás entre no esgôto, caso a água seque. Por ser $D > d$ é difícil, no caso de uma explosão, diminuir a coluna vedante, além do mínimo necessário. A limpeza deste engenho é fácil e as partes a substituir são estandarizadas. Quando se trata de drenos de grandes válvulas hidráulicas, em alturas acima de alguns metros, acontece que a velocidade da água e a pressão da mesma com a pressão do gás, consegue esvasiar a vedação de dreno. Isto causa grande perigo. Para se prevenir, sugere-se a instalação de um funil, conforme mostra a fig. 5B, item 1.

A tubulação para os drenos deve ser reta e não menor que 3/4" Φ .

Os suportes das tubulações não devem impedir o andamento do carrinho usado por pintores e devem ser calculados para resistir ao peso da tubulação cheia de água, com margem de segurança.

As *plataformas* são feitas de maneira tal que não permitem o acúmulo de poeira e água. O pêso que elas suportam durante os reparos é considerável. Recomenda-se a fixação de uma placa indicando o pêso máximo permitido.

Medidas de segurança. Os discos de segurança ou borboletas contrabalanceadas, são colocadas nos fins das retas que podem conduzir as ondas da explosão. As portas de visita para a colocação de diafrágmás plásticos, para o isolamento dos diversos trechos, em casos de emergência, só servem se colocadas em lugares de fácil acesso. Recomenda-se o uso de "bleeders" cônicos com contra-pêsos e cabo. Os mesmos facilitam as operações de purgação e são de construção simples e barata. Quando abertos, devem se tomar precauções para que o vento, trepidações, etc., não fechem os mesmos.

8. CONCLUSÃO

Não é possível projetar eficientemente uma rêde de tubulações para os gases produzidos e consumidos nas usinas siderúrgicas, sem considerar que os mesmos conduzem a água condensada e centenas de toneladas de "sujeira" que é, em parte, depositada no interior das tubulações, válvulas, orifícios, etc. Consequentemente, a limpeza dos gases é primordial.

O projeto deve eliminar, ou, pelo menos, diminuir a manutenção, de modo tal que as reduções da produção sejam mínimas, sem prejudicar a segurança dos operários.

AGRADECIMENTO

O autor agradece à Cia. Aços Especiais Itabira (ACESITA), pelas facilidades que lhe proporcionou, tornando possível a apresentação deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

1. GUMZ W. — *Kurzes Handbuch der Brennstoff-und Feuerungstechnik*; Springer Verlag, 1953.
2. JOHNSON and AUTH — *Fuels and Combustion Handbook*; MacGraw-Hill.
3. MINISTRY of POWER — *The efficient use fuel*; Her Majesty's Stationery, Office, London.
4. HEILIGENSTAEDT W. — *Waermetechnische Rechnungen*; Verlag Stahlisen, Duesseldorf, 1941.
5. ENERGIE und BETRIEBSWIRTSCHAFTSSTELLE DES VDEh, *Anhaltzahlen fuer die Waermewirtschaft in Eisenhuettenwerken*, Duesseldorf, 1957.

6. THE PACIFIC COAST GAS ASSOCIATION, *Gas Engineers Handbook*, San Francisco, California.
7. HANSEN M. — *Durchflussmessung*, VDEh, Duesseldorf.
8. *Fow Meassurement*, B. S. 1042:1943.
9. KRETZCHMER F. — *Taschenbuch der Durchflussmessung mit Blenden*, VDI, Duesseldorf, 1945.