



## 8º SEMINÁRIO DE INSTRUMENTAÇÃO

### PROJETO E DESENVOLVIMENTO

#### DE PLANTA PILOTO

- . Glauco Rogério Cugler Fiorante <sup>1</sup>
- . Oswaldo Bonfanti <sup>2</sup>

#### RESUMO

A concepção de formação profissional na área da RPBC foi totalmente reformulada à partir de 1986. Anteriormente, ficava o treinamento de pessoal quase restrito ao Curso de Formação, muito teórico e compacto, suplementado pelo aprendizado prático em turno, com dificuldades de controle e uniformidade / por parte das chefias. Atualmente, pretende-se que o treinamento de formação da mão-de-obra operacional, fique constituído por:

- Curso de Formação (Teórico/Prático-Teórico) nas Unidades e,
  - Consolidação dos conhecimentos em cursos de aperfeiçoamento (reciclagens).
- Para tal, desenvolveu-se uma Planta Piloto, com o largo emprego de materiais e mão-de-obra disponíveis no âmbito da RPBC. Tratando-se de equipamentos miniaturizados, tiveram que ser desenvolvidos projetos e adaptações de caldeiraria (vaso e trocadores) e instrumentação (controle e medição).

#### ABSTRACT

Since 1986 the professional formation in the RPBC area was entirely reformulated. Prior, the personnel training was remain restrict to the Formation / Course, to much compact and theoretic, supplemented by practice apprenticeship in shift, with hardness control and uniformity by part of the managements. At this moment, we demanding training of operational labour, stay / composed by:

- Formation Course (Theoretical/Practical-Theoretical) in the Plants and,
  - Consolidation of knowledge in courses of improvement (recycles).
- For this, matured one Pilot Plant with the large use of materials and labour, available in the RPBC ambit. To attend greatly scale equipments, unrolled project and adaptation of pipe shop (vessels & exchangers) and instrumentation (measurement & control).

#### 1. OBJETIVOS

Será realizada na Planta Piloto, montada na RPBC trabalhos, objetivando:

- 1º) após a apresentação de cada assunto constante do Curso, fazer a demonstração do equipamento verdadeiro; 2º) evitar a dispersão da matéria e perda de tempo na deslocação necessária para cada Unidade de Processo e/ou Oficinas; 3º) facilidade de uso dos equipamentos a qualquer tempo, nem sempre / possível nas áreas operacionais e de manutenção; 4º) tentar evitar o cometimento de erros de operação nos equipamentos, com custos materiais e humanos

1 Técnico em Instrumentação e Eletrônica, Instrumentista de Sistemas do Setor de Instrumentação da Refinaria "P. Bernardes" - Cubatão - S. P.

2 Professor Assistente da Cadeira de Introdução à Engenharia do Petróleo e Petroquímica I (Universidade S. Cecília). Supervisor de Operação aposentado da Refinaria "P. Bernardes" - Cubatão - S. P.



e, 5ª) maior segurança dos instruendos por permitir livre manuseio dos e - quipamentos da Planta Piloto, sem os ruídos excessivos das oficinas e condições menos severas de pressão, temperatura, energia elétrica, etc.

As perguntas típicas que afloram neste ponto são: - O que é uma Planta Piloto? - Ela opera de forma segura? - Para que existe, afinal, uma Unidade como esta?

LOWENSTEINS (1), 1978, 1985 responde: a) resolver problemas de escala; b) obter informações e dados de processo; c) ganhar experiência de operação; d) testar mecanismos de reações químicas; e) gerar produtos dentro das especificações; f) obter dados sobre impactos no meio ambiente e métodos de redução da poluição; g) comprovar a confiabilidade/viabilidade do processo; h) melhorar as condições de processo/produtos, etc.

No tocante a Segurança, há os aspectos que requerem cuidados. PERCI - FUL & EDWARDS (2), 1967:

Dados Básicos	Dados Complementares
a) INFLAMABILIDADE	a) CONTAMINAÇÕES
b) TOXIDADE	b) ELETRICIDADE ESTATICA
c) LIMITE DE INFLAMABILIDADE	c) TOMADAS DE AMOSTRAS
d) DESCARTE DE SUB-PRODUTOS	d) ALIVIO DE PRESSÕES
e) TEMPERATURAS-LIMITE PARA ESTOCAGEM E MANUSEIO DE PRODUTOS.	e) PARADAS DE EMERGÊNCIA

## 2. OPERAÇÃO DA PLANTA PILOTO (ver Fluxograma 1)

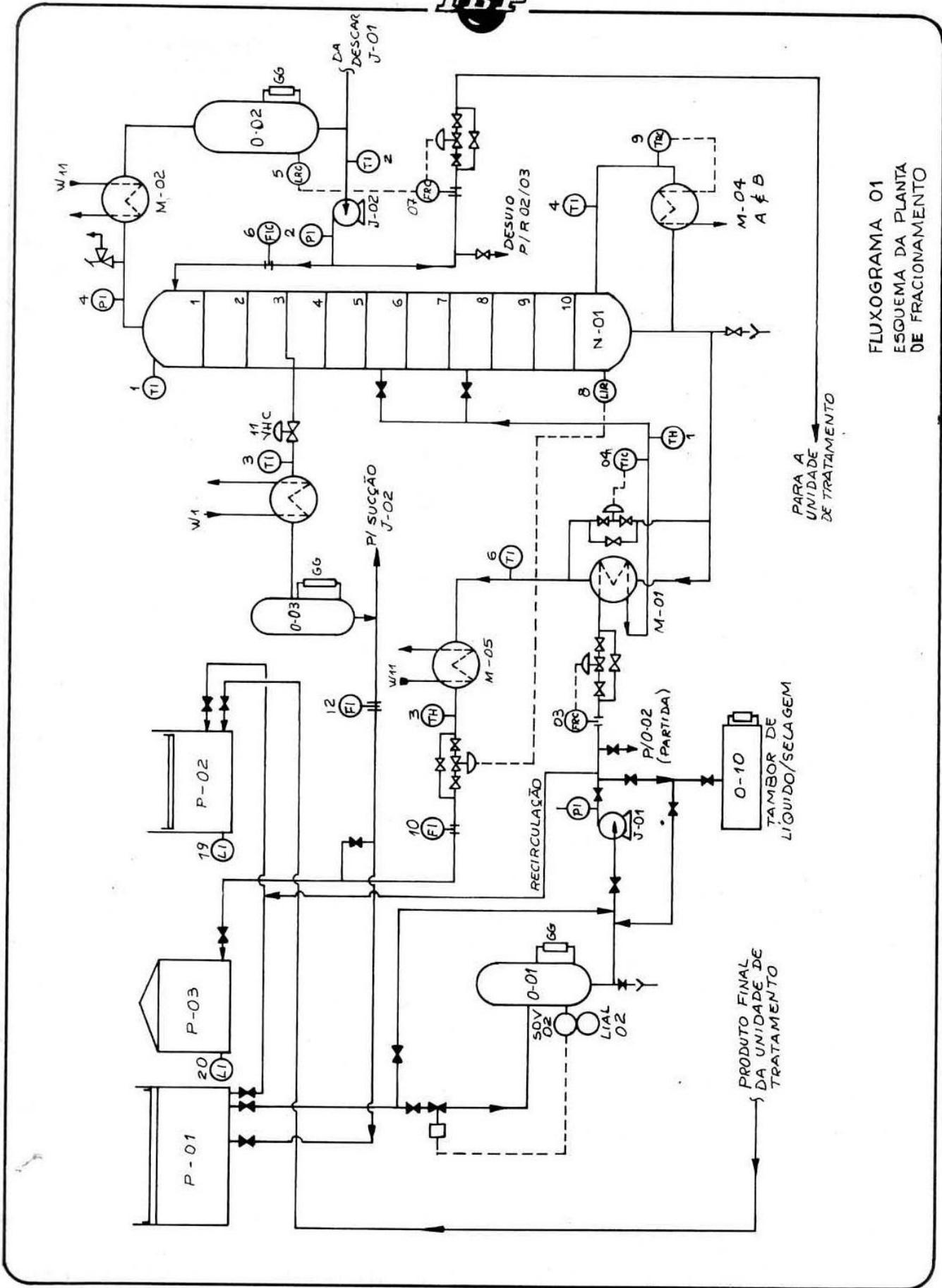
Do tanque P-01, a carga vai por gravidade ao vaso O-01, onde é mantido nível pela solenóide SOV-02. A bomba J-01 envia deste, a carga para a torre de fracionamento N-01, através do FRC-03 e pré-aquecedor M-01; a temperatura da carga é controlada pelo TIC-04, que desvia parte do produto de fundo, do trocador M-01 e é indicada no local, pelo TH-1.

O produto de fundo é revaporizado através dos M-04 A & B, com controle do TRC-09 nas resistências elétricas, enviando o produto de fundo de volta para a torre; o excesso de nível vai: parte para pré-aquecer a carga no M-01 e parte, desviada pela TCV-04 e com temperatura pelo TI-6, resfriando-se tudo no M-05, com água; após, há indicação local no TH-3 e a LCV-08 mantém o nível de fundo da N-01 e o produto é direcionado para o tanque P-03, por gravidade, sendo indicado no FI-10.

Do prato 3, há uma retirada de produto através da VHC-11, com indicação no TI-3 e após condensação no M-03, este produto é decantado no vaso O-03. Por gravidade e com indicação no TH-2 e FI-12, este corte é armazenado

O vaporizado de topo é condensado no M-02 e decantado no vaso O-02. Daí, indicado no TI-2, parte é bombeada pela J-02 e distribuída acima do prato 1 da N-01, como refluxo de topo e com vazão controlada pelo FIC-06. Esta vazão deve ser suficiente para controlar a temperatura de topo da torre, indicada pelo TI-1.

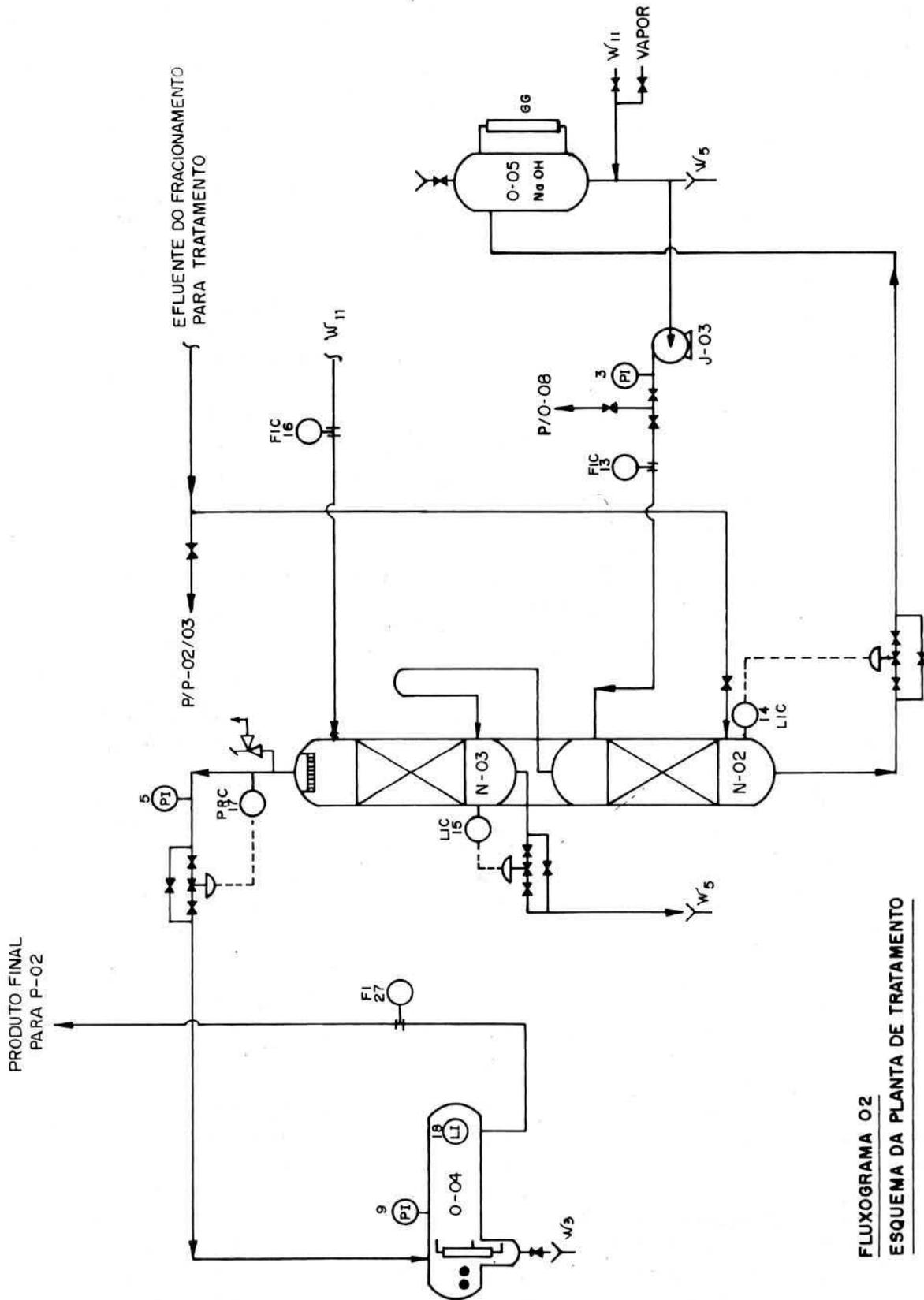
A parte restante do nível do vaso O-02 (ver Fluxograma 2), bombeada pela J-02 e controlada pelo FRC-07 em "cascata" com o LIR-05, é enviada para a torre de enchimento N-02 (secção inferior do conjunto de 2 torres: N-02/03)



FLUXOGRAMA 01  
ESQUEMA DA PLANTA  
DE FRACIONAMENTO

PARA A UNIDADE DE TRATAMENTO

PRODUTO FINAL DA UNIDADE DE TRATAMENTO



**FLUXOGRAMA 02**  
**ESQUEMA DA PLANTA DE TRATAMENTO**



Nesta torre, a carga entra lateralmente, abaixo do leito de enchimento e sobe através do recheio. Oriunda do vaso O-05, uma solução de NaOH à 1,5% Bé, é bombeada pela J-03 e com vazão controlada pelo FIC-13, é injetada acima do leito da N-02; devido a sua maior densidade, esta solução desce em / contra-corrente com a carga que sobe e forma nível no fundo da torre. Com / controle do LIC-14 mantém-se este nível, direcionando-se o excesso de volta ao O-05.

Do topo da secção N-02, o produto agora isento de H<sub>2</sub>S e RSH, aflui externamente por um sifão de vidro e adentra lateralmente à torre N-03, abaixo de seu leito de enchimento. Pelo FIC-16, injeta-se água na parte superior do leito e esta, em contra-corrente com o produto que sobe, forma nível no fundo desta secção. Ali, o LIC-15 permite, através de sua válvula de controle, a descarga do excedente da água. O efluente tratado, atravessa um "demister" locado no topo da N-03 e com a pressão controlada pelo PRC-17, decanta na bota do vaso O-04. Este, com alarme de nível alto, permite a drenagem de alguma água se for arrastada e finalmente, o produto é enviado ao P-02 (produto tratado) por gravidade e com indicação no FI-27.

Existem alinhamentos que possibilitam: desviar a carga do tratamento (parcial ou total), transferir tanques, enviar líquido do O-03 para o O-02 e, fazer nível de PARTIDA no vaso O-02.

#### 2.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO DE VAPOR D'ÁGUA (ver Fluxograma 3)

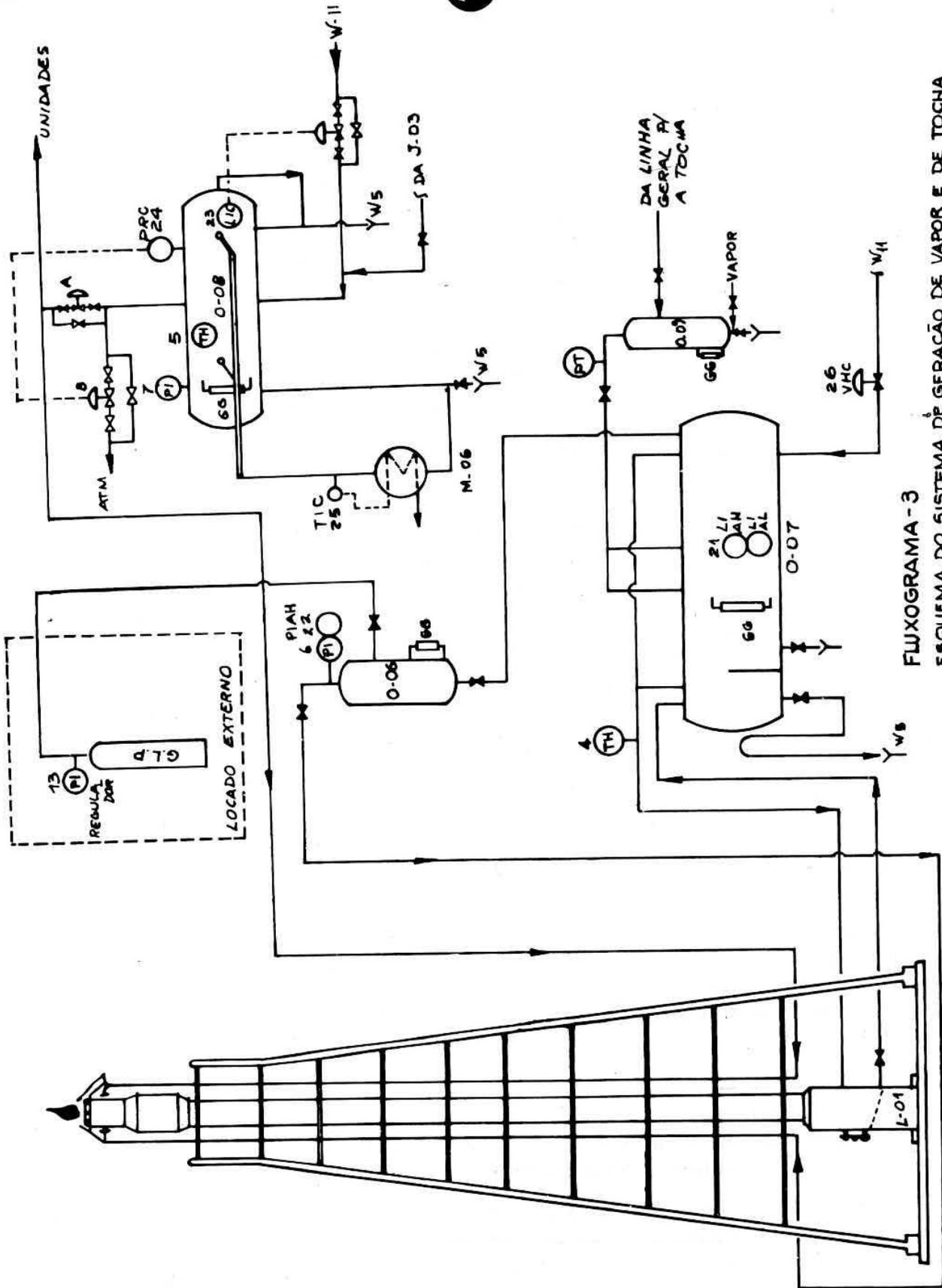
Este sistema tem as seguintes finalidades: 1ª) efetuar a purga dos equipamentos da Planta; 2ª) fazer a atomização dos gases queimados na Tocha e, 3ª) eventualmente, se necessário, pré-aquecer a carga para a torre N-01.

O vaso O-08, isolado térmicamente, recebe pela parte inferior controlada pela LCV-23, água para que seja mantido o seu nível. Esta, é direcionada para o aquecedor M-06, onde há uma resistência atuada pelo TIC-25; a água, quase totalmente vaporizada, retorna ao O-08 onde é introduzida por 2 distribuidores. Há indicação de temperatura local (TH-5) e alarmes de nível alto-baixo. Do topo do vaso e controlado pelo PRC-17, o vapor produzido é distribuído p/aquelas necessidades já descritas. O sistema é "split range", sendo a PRCV-24 A responsável pelo controle para os consumos e a válvula B pelo excedente, que é ventado.

O vaso ainda pode receber, à juzante da LCV-23, uma injeção da solução de NaOH, quando necessário, para controlar o pH do sistema. Existem: dreno de superfície p/"abrandar" a água, além de drenos inferiores.

#### 2.2 SISTEMA DE TOCHA (ver Fluxograma 3)

Além das aberturas manuais, eventualmente necessárias, a Planta Piloto possui duas válvulas de alívio de segurança (topo das N-01/02 e N-03) e para tal, precisam de local seguro para a sua descarga. Assim, foi construído um sistema de Tocha, que constitui-se num vaso de decantação O-09, que ao receber todos os efluentes canalizados dos equipamentos, faz a drenagem dos hidrocarbonetos na fase líquida. Do seu topo, os hidrocarbonetos na fase gasosa, vão ter ao vaso de selagem O-07; para este, é mantida uma pequena vazão de água pela VHC-26 e por existir uma chicana interna, o nível de água do vaso cobre os tubos de entrada. Locado no O-07, há alarme de nível alto-baixo. A água que sobrenada a chicana interna, é drenada através de uma li



FLUXOGRAMA - 3  
ESQUEMA DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE VAPOR E DE TOCHA



na com sifão. Do topo deste vaso, o gas é canalizado para a Tocha L-01, onde é queimado na sua abertura de topo. Para tal, são mantidos 2 pilotos acesos com G.L.P., controlados do topo do vaso 0-06 (há alarme de pressão alta) que por sua vez recebe de um tambor locado externamente.

No topo do L-01, em redor do queimador, existem pequenos bicos injetores de vapor, para a boa atomização da chama. Por estar a Tocha em ambiente fechado, encimando seu tope, existe uma coifa com seu duto isolado termicamente.

### 3. PROJETOS

Os projetos iniciais demandaram 32 dias em termos de dimensionamento, cálculos e desenhos para o detalhamento mecânico. Veja na Figura 1, a distribuição dos instrumentos no painel da Sala de Controle e nas Figuras 3 e 4, alguns dos projetos de equipamentos da Planta Piloto.

#### 3.1 TRANSMISSORES DE VAZÃO

A medição e conseqüente controle da vazão de vários pontos do processo, por se tratar de valores consideravelmente baixos, implicaram na opção de utilizar-se de medidores de vazão por orifício integral em seus pontos mais representativos e importantes (carga das torres) e rotâmetros nos demais. Os dados de processo disponíveis, foram enviados aos fornecedores para cálculo dos instrumentos.

#### 3.2 TERMOPARES

A monitorização de pontos de temperatura da Planta Piloto é realizada por: a) 5 indicadores locais; b) 1 indicador digital de temperatura de 6 / pontos, selecionáveis por uma chave digital e, c) 3 controladores de temperatura.

Os indicadores locais foram adquiridos de fornecedor de termômetros bi metálicos para máquina de café, de dimensões compatíveis com a necessidade, tais como  $\varnothing$  de 60 mm e haste de 50 mm com rosca 1/4" NPT.

Os termopares foram redimensionados (Figura 2) pela instrumentação, baseados em um prototipo fornecido por firma especializada. Apresenta como características principais, o diâmetro de 1 mm, comprimento de 60 mm e conexão ao processo por anilha em conector de 1/4". Solicitou-se a compra de 10 unidades para a utilização em controle (3) e indicação (6), mais um de reserva.

#### 3.3 VÁLVULAS DE CONTROLE

Com o objetivo de utilização de equipamentos disponíveis na Refinaria, para a implantação da Planta Piloto, os elementos mais críticos no tocante a especificação adequada à Planta, foram as válvulas de controle.

Partindo-se do projeto original de engenharia geral da Planta Piloto e das especificações dinâmicas de processamento, obtiveram-se dados teóricos de vazão, densidade, temperatura e pressão. À partir de uma previsão dimensional dos equipamentos, tais como cotas de torres, bombas, permutadores, / etc., calculou-se através de Equações Manométricas, a perda de carga estática nas tubulações, utilizando-se estes e os dados anteriores, para cálculo / estimativo dos CV's das válvulas de controle. (VIDE TABELA 1)

UA-01  
ENGEMATIC

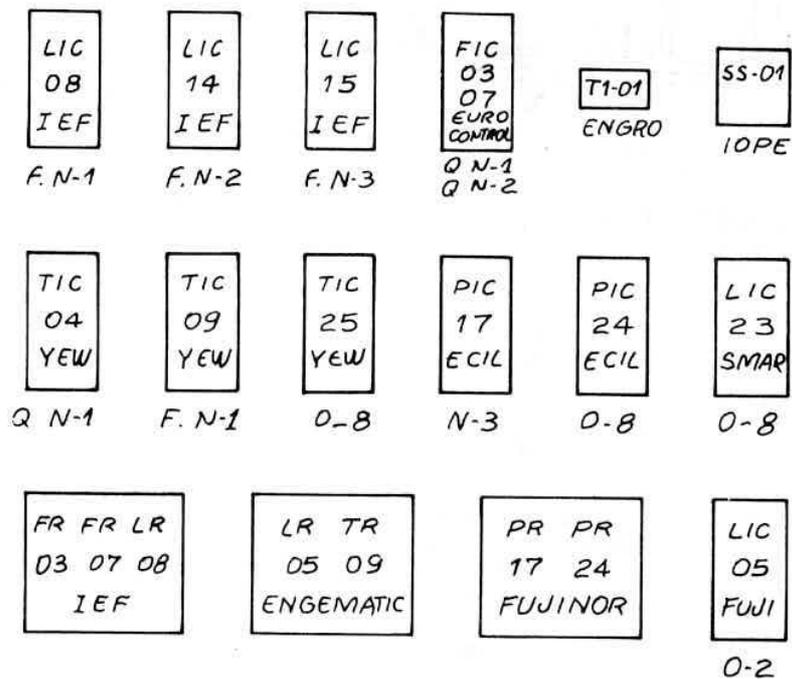


FIG. 1

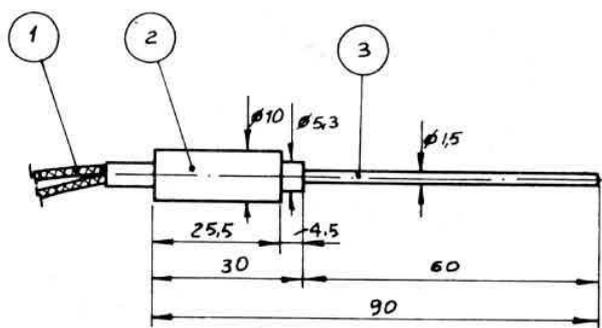
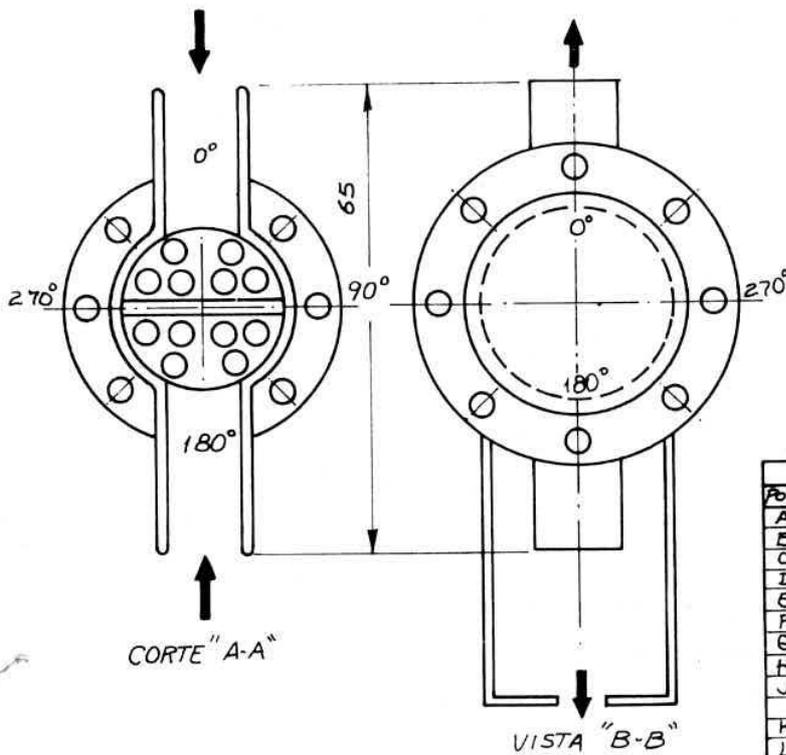
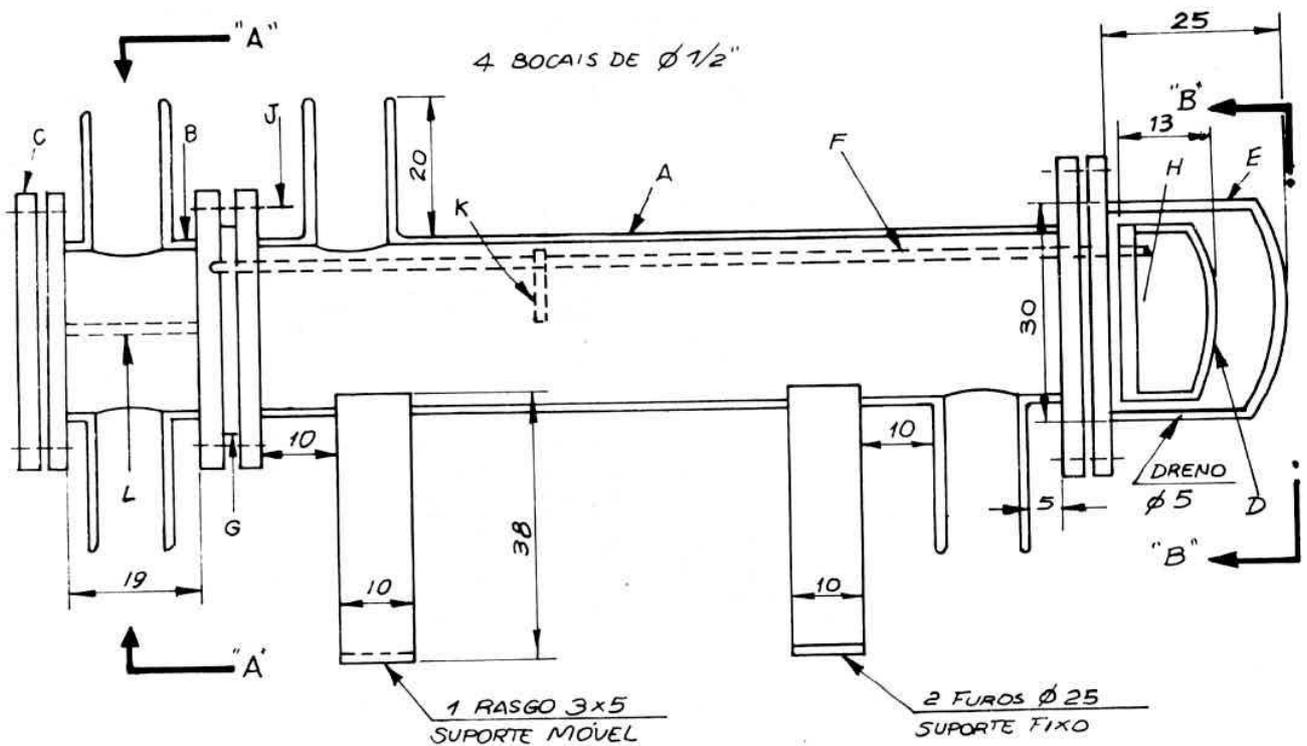


FIG. 2

- ① CABO DE EXTENSÃO TIPO J : 0,75 mm<sup>2</sup> x 3 m
- ② CAMISA DE AÇO INOX 310
- ③ TERMOPAR DE ISOLAÇÃO MINERAL TIPO J

MEDIDAS EM MM



CONJUNTO DO PRÉ-AQUECEDOR DE CARGA M-01

DESENHOS DE REFERÊNCIA		
POS.	DISCRIMINAÇÃO	DES. N.º
A	CORPO	14/2-3
B	CARRETEL	14/2-3
C	TAMPA DO CARRETEL	14/4-3
D	TAMPA FLUTUANTE	14/4-5
E	CABECOTE	14/6-7
F	FEIXE TUBULAR	14/6-7
G	ESPELHO FIXO	14/6-7
H	ESPELHO FLUTUANTE	
J	CENTRO DA FURACÃO DI PARAFUSOS 3/32"	
K	CHICANA DO FEIXE TUBULAR	14/6-7
L	CHICANA DO CARRETEL	14/2-3

MEDIDAS EM mm

FIG. 3

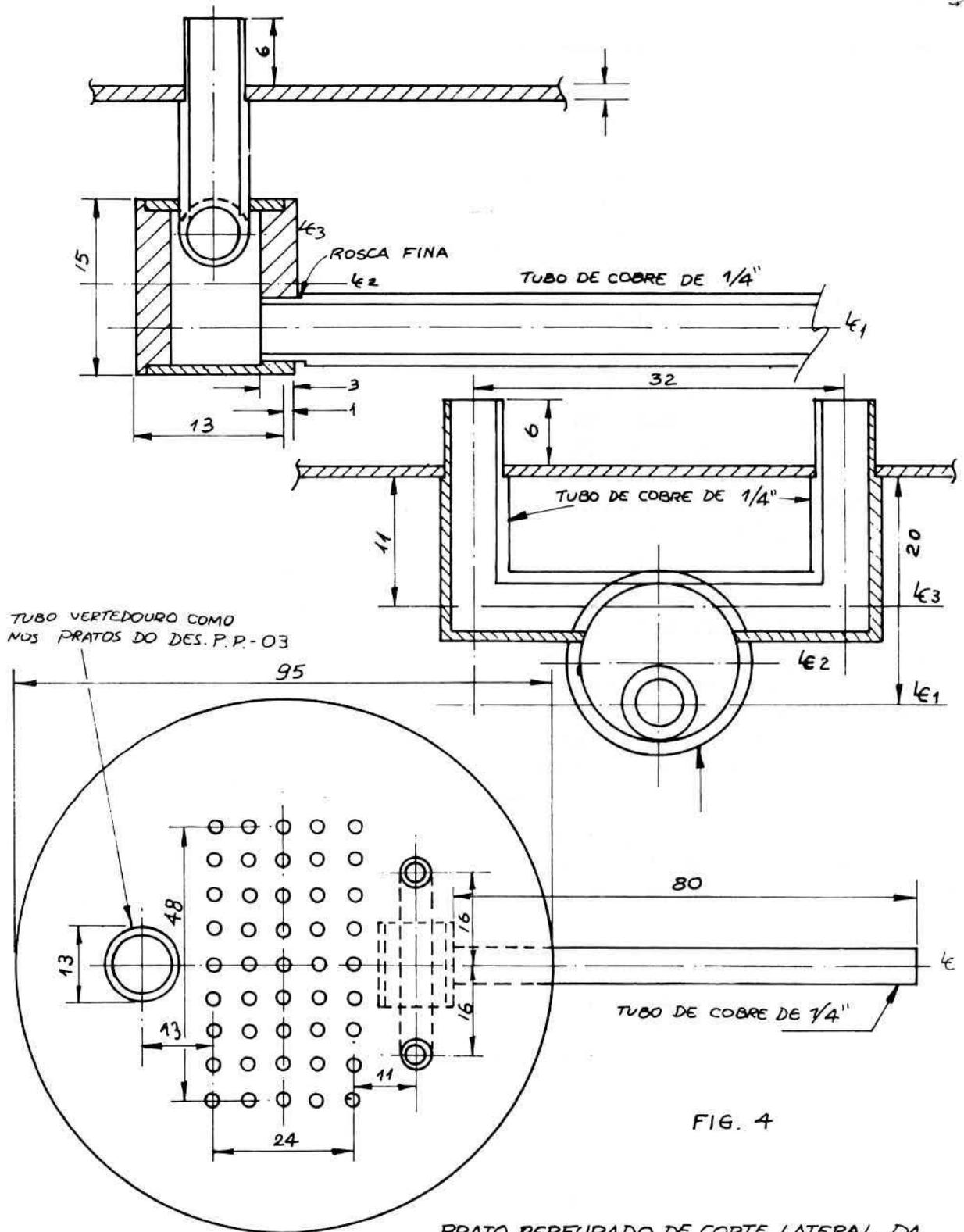


FIG. 4

PRATO PERFURADO DE CORTE LATERAL DA TORRE DE FRACIONAMENTO  
MEDIDAS EM MM



T A B E L A 1

Malha de controle		Q	P	C V	
		l/h	gf/cm <sup>2</sup>	Cálculo	Arredondado
FV-03	Ref	3,75	100	0,0383	0,04
FV-06	V	1,8	55	0,02443	0,025 Rotâm
FV-07	AZ	1,8	20	0,04051	0,04
FV-13	V	0,5	20	0,01388	0,01 Rotâm
LV-14	AZ	0,5	250	0,03977	0,04
LV-15	Hiter	0,4	300	0,00284	0,003
PV-17	Valtek	1,8	270	0,01103	0,01
LV-23	Ref	1,1	250	0,0031	0,003
PV-24	Ref	0,9	---	---	(vapor)
SOV-02		3,75	40	0,0606	0,06(ON-OFF)
TV-04	AZ	1,1	---	---	---
LV-08	AZ	1,1	90	0,01260	0,01

Observando-se os resultados, concluiu-se não dispormos de válvulas com CV's tão baixos, orientando-nos para duas alternativas, por tratarem-se de valores de referência de baixa confiabilidade: o pedido de Demonstração de Operação das válvulas de menor CV (PV-17 e LV-15) e a adaptação de válvulas disponíveis.

Aguardando-se a chegada da primeira opção, partiu-se para a retirada / de 8 válvulas miniaturas "shut-off" de segurança dos fornos de uma Unidade desativada. Estas apresentavam atuador pneumático com diafragma de Ø 120 mm, altura do corpo de 100 mm e mola de ação direta. Apenas o corpo e o obturador "ON-OFF" não poderiam ser utilizados. Retirou-se o corpo (Figura 5) e o obturador de válvulas de bloqueio manual tipo globo e, baseando-se na sua / resposta de vazão, redimensionou-se o obturador e o castelo, com base no / curso atual da válvula (2 mm para 9 PSI no diafragma) e diâmetro da sede / de 5 mm, confeccionando-se os mesmos no Setor de Mecânica-Tornearia.

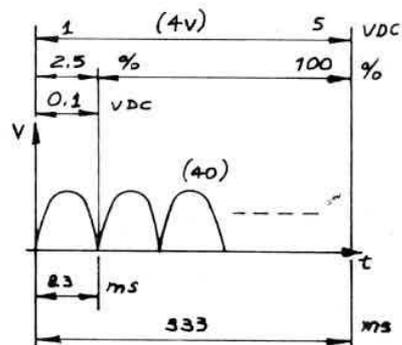
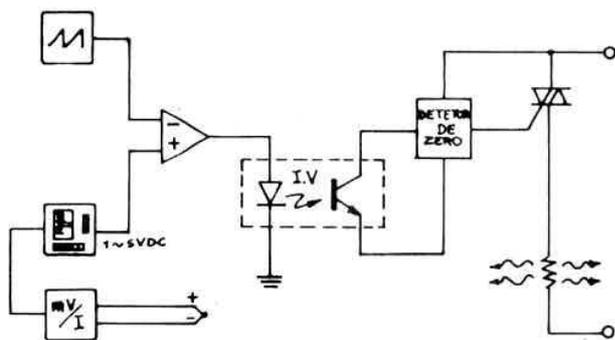
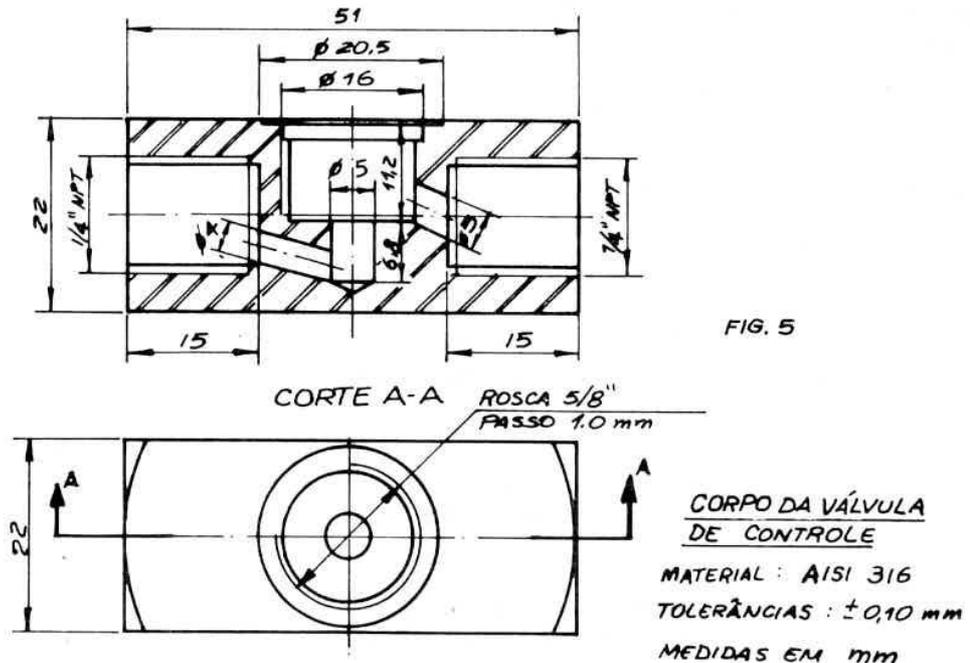
A constante K da mola de Range foi medida pelo Setor de Inspeção de Equipamentos. Solicitou-se a firma especializada a confecção de molas de  $K = 3,0 \text{ kgf/cm}$ . As válvulas foram montadas em conectores tipo união, em dimensões padrão.

### 3.4 CONTROLE PWM

Devido a indisponibilidade de obter-se vapor em quantidade suficiente para o aquecimento de fundo da torre N-01, a alternativa mais viável operacional e econômica, foi realizar aquele aquecimento através de resistência elétrica. A utilização deste mesmo artifício na geração de vapor, implicou num projeto específico no controle de temperatura, com relação ao elemento final. Sendo a variável manipulada a potência na resistência elétrica, a corrente alternada deve ser proporcional à saída do controlador (1 a 5 V). Partiu-se do princípio de controle por largura de pulso, conforme o diagrama / de blocos da Figura 6.

Com o objetivo de eliminar-se ruídos e sinais espúrios na rede elétrica, quando do acionamento do triac, uma vez que o valor de corrente também é alto, da ordem de 30 A, um circuito detetor de cruzamento de zero (3) foi

implantado para acionar o triac no momento correto. O acoplador ótico proporciona isolamento galvânico entre o circuito de controle e o de potência, demonstrando também a facilidade e eficiência de controle. O gerador dente-de-serra tem um período de 333 ms, o que cobre 40 semi-ciclos da rede. Tendo-se 4 V de 0 a 100% do sinal de controle, a resolução de 0,1 V por ciclo oferece uma equivalente de 2,5% no controle da potência. (Figura 7).



Observa-se com isto que as ações PID do controlador podem ser utilizadas com sua total eficiência (Esta foi a primeira malha a ser testada e a entrar em controle automático). O circuito conversor de largura de pulso / foi totalmente projetado, testado e montado em nosso Laboratório de Instrumentação Eletrônica, através de nossos técnicos. A instalação do circuito



PWM constou do mesmo ser implantado na placa de circuito impresso do conversor mV/I, aproveitando-se deste modo, de sua fonte simétrica interna e os terminais de conexão de sua caixa.

### 3.5 VISORES DE NÍVEL

Foram utilizados tubos de vidro de laboratório,  $\emptyset$  6 mm. Através de conectores de 1/4" OD, alargados com broca de 5/16", os tubos foram presos / aos vasos e vedados, através de "O" rings de borracha e teflon, ao invés / da anilha de metal.

### 3.6 SENSORES DE ALARME

O sistema anunciador de alarmes consta de 6 pontos de nível (3 altos e 3 baixos) e 1 de pressão alta (gas comb. da Tocha). Para a indicação de pressão, um pressostato foi dimensionado e solicitada a sua compra. Para / os pontos de nível, os sensores de posição constam de um conjunto emissor-receptor infravermelho, posicionados no ponto de alarme do visor de nível.

O circuito eletrônico desenvolvido foi instalado em uma caixa de plástico padronizada, locada próximo à Caixa de Passagem CP-01 da área.

## 4. MONTAGEM

Os equipamentos tais como tanques, intercambiadores, vasos e Tocha, a lém das bases, demandaram setenta dias para serem concluídos nas oficinas da RPBC.

As três mini-bombas foram adquiridas externamente, além das seções / de vidro das torres e de um condensador também de vidro, executados por vi draceiro, segundo nossos desenhos e instruções.

As duas salas onde foram instalados 1) a Sala de Controle com mini-laboratório e 2) a Planta Piloto em si, sofreram algumas adaptações: abertura de vão com vidro transparente na parede da S. de Controle; forro da sala da Unidade, de chapas de cimento amianto; insuflador de ar fresco no meio de cada uma das paredes e um exaustor em cada extremidade.

À seguir, foram montados os suportes aéreos de tubulações (PIPE RACK) e as bases nos seus locais, de acôrdo com o Arranjo Geral (PLOT PLANT) e / colocados todos os equipamentos; após, montou-se as tubulações de interligações, os suportes de instrumentos, as estações de controle, quando iniciou-se a pintura e identificação de todos os equipamentos.

## 5. TESTES OPERACIONAIS

Os testes operacionais foram antecidos da montagem das torres, que por serem de material frágil, aguardou-se o término das montagens.

### 5.1 TESTES HIDROSTÁTICOS

À medida que foram sendo efetuadas as montagens das seções da torre N-01, já foram sendo efetuados os testes hidrostáticos; após, feito o comprovante final de estanqueidade, por aplicação de pressão de ar. O mesmo / foi feito nas N-02 e N-03 e sua seção intermediária.

Finalmente, foram ligadas as tubulações por meio de conectores de material plástico termo-resistente.



## 5.2 TESTES DE "LOOPS"

Após as montagens e conexões da fiação do painel e campo, seguiu-se a os testes de alimentação dos instrumentos. Primeiro as fontes de alimentação do Painel de Alarme e dos instrumentos de painel (24 V dc) e após, a a alimentação dos transmissores, um a um.

Com os transmissores checados e zerados, seguiu-se o mesmo procedimento para todas as malhas: introdução de fluido/produto; verificação da resposta de 0 a 100%; o controle das malhas por by-pass das válvulas; o alinhamento das mesmas; controle manual e automático. As maiores dificuldades encontradas foram no tocante à resposta das válvulas de controle, ainda em fase de aperfeiçoamento. As malhas de controle de temperatura, cujo elemento final são resistências elétricas, entraram em automático sem oferecer / nenhum problema, devido a eficiência do circuito PWM desenvolvido.

## 6. POSSIBILIDADES FUTURAS

Na fase de projetos, foram previstas possibilidades e/ou necessidades futuras de modificações e ampliações: novo sistema de fracionamento (ou para o corte lateral ou para o produto de topo da torre N-01).

Previu a Superintendencia da RPBC, treinamentos para a área operacional, de instrumentação, reciclagens internas, prática de Segurança, além / da abertura comunitária para:

- a) grupos escolares do município;
- b) ginásios estaduais;
- c) Escola Técnica de Cubatão, ora em implantação pela USP e,
- d) cursos práticos para a Formação de Operadores na área de Refinação e Petroquímica, após curso teórico do SENAI (em fase de montagem).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ESTEVES, Alan da Silva. Segurança em Unidades Piloto de Processamento. Boletim Técnico da Petrobrás, Rio de Janeiro, 31: 60, jan./mar. 1988.
- (2) IDEM, IDEM, IDEM
- (3) Relés eletrônicos. Elektor Eletrônica, São Paulo, nº 10: 20, maio/1987.

## 8. AGRADECIMENTOS

Consignamos os nossos melhores agradecimentos às firmas:

- Valtek Sulamericana Indústria e Com. Ltda.
- Hiter Ind. e Com. de Controles Termo-Hidraulicos Ltda.
- Ecil S"A Produtos e Medição de Sistemas e Controle
- Equipe Equipamentos de utomação Ltda.

À equipe da DIMAN da RPBC, o nosso reconhecimento pela qualidade da mão-de-obra.

Por todo o apoio recebido, oferecemos nosso trabalho ao sistema PETROBRÁS.

-----ooOoo-----