

2171441

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO MECÂNICO

TÍTULO: FÁBRICA DE GELO

AUTOR: MARCOS MELLONE PARIS

PROF.: ALUÍSIO MARCONDES FILHO

1982

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais ao Eng^o Aluísio de Oliveira Marcondes que se preocupou não somente com a execução deste trabalho, mas também de transmitir aos seus orientados o desejo de formar profissionais consciêntes de suas responsabilidades e inculcar-lhes humildade suficiente para que, nesta vida que ora inicia, dediquem-se principalmente ao uso de bom senso e força de vontade, a fim de que não bloqueiem o desenvolvimento e progresso do engenheiro como ser humano.

SUMÁRIO

É de vontade do homem, regido pela lei do Mínimo esforço, tentar controlar o meio ambiente de todas as formas que for possível introduzindo nele dispositivos capazes de, por vezes, alterá-los substancialmente apenas que permite um maior conforto durante a sua permanência neste local.

Isto pode se processar da maneira mais diversificada que se possa imaginar, apenas orientando o homem o objetivo fixado e nada mais, objetivo está alcançando, por sua vez, em detrimento de outras condições naturais.

A fábrica de gelo que ~~hora~~ se espõe é mais uma tentativa de aumentar as possibilidades do homem de controlar as imposições da natureza que para ele se apresentam. Mais um dispositivo que, aproveitando-se de leis naturais, consegue transformar água em gelo para servi-lo em locais distintos.

Esta fábrica de gelo terá principalmente função comercial, executando uma produção relativamente alta com utilização, em bares, hotéis e etc... Este trabalho, sendo uma exploração do problema, mas traz um estudo detalhado que proporcionaria um melhor Lay-Out à máquina, porém procura atender ao propósito de lançar mais um item diferente de fabricação de gelo, campo está fascinante tanto em termos profissionais como no tocante ao desenvolvimento de estudos complementares.

I N D I C E

I - INTRODUÇÃO	Pag.
I.1 - Escolha do processo.....	2
II - O SISTEMA E SUAS PARTES	
II.1 - O sistema de refrigeração.....	5
II.2 - Água para formação do gelo.....	6
II.3 - Circuito para remoção do gelo.....	7
II.4 - Controle elétricos.....	8
II.5 - Armazenamento de gelo.....	8
II.6 - Itens de segurança e higiene.....	9
III - DIAGRAMA DE BLOCOS	
IV - CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA E SELEÇÃO da U.C	
V - DIMENSIONAMENTO DO EVAPORADOR	
V.1 - Teoria.....	16
V.1.A- Perfil de temperatura.....	16
V.2 - Raio crítico.....	17
V.3 - Dimensionamento do pino.....	20
V.4 - Verificação e convergência.....	22
VI - ACESSÓRIOS	
VII - REVERSÃO DO CICLO	
VIII- DIMENSIONAMENTO DA TABULAÇÃO	
VIII.1 - Dimensionamento da serpentina...	29
VIII.2 - Isolamento da canalização.....	29
VIII.2.1-Nomenclatura- Definições.....	30

VIII.2.2 - Dimensionamento da linha.....	30
VIII.2.3- Linhas de líquido.....	31
após o T.L	
VIII.2.4 - Linha de sucção.....	31
VIII.2.5 - Isolamento das linhas.....	33
VIII.2.6 - Evaporador - Ar(isolamento).....	34

IX - SELEÇÃO DA BOMBA

INTRODUÇÃO

Como em qualquer ponto em que se situa-se a preocupação de aperfeiçoamento de tecnologia, a fabricação de gelo procura atender às solicitações de conforto, praticidade ou até mesmo bom aspecto visual. Para tanto, em nossos dias é preciso colocar estes referidos pontos em termos de viabilidade econômica e conseqüente economia de energia. Em outras palavras, ~~pode~~ para tornar o produto comercializável, é necessário que o mercado responda satisfatoriamente a este investimento, assimilando-se, o que neste caso é quase afirmação visto suas inúmeras aplicações. O gelo é necessário onde precisa existir controle de mantimentos (restaurante, supermercados, bares, hotéis), preservação de mantimentos ou produtos (florista produtos do mar), fins médicos, pesca, construções civis etc.

Vê-se que existem várias aplicações e portanto é perfeitamente lógico que exista também vários métodos de fabricação assim vários formatos de gelo. Assim, o gelo pode ser confeccionado em formato de cubo, de placas, em floco ou até mesmo moído. Depende a escolha de sua aplicação porque, por exemplo, torna-se lógico que para uma peixaria a melhor disposição do gelo será aquela que uma vez depositado sobre o peixe não corte seu corpo e o gelo em floco se apresenta como boa alternativa.

Da mesma forma que o gelo moído pode não ser bem visto num copo com Whisky.

A título de citação podem ser lembrados alguns processos de fabricação de gelo.

1 - GELO EM FLOCOS:

Como referido, este é muito útil quando se trata de produtos do mar, uma vez que o gelo assim disponível pode tomar forma do copo onde estiver colocado evitando, por conseguinte, partes ou arestas cortantes, danificando o elemento resfriado. O gelo de forma descrita pode ser obtido a partir deste processo: o evaporador é constituído de um tambor parcialmente imerso em água no qual circula amonia. Este tambor possui movimento rotatório, de tal sorte que a placa de gelo que vai se formando na sua superfície gradativamente vai se expondo ao ar livre que, antes de adentrar novamente na água, uma lamina raspadora que apenas roça está mesma superfície já proporcionada ao gelo a configuração desejada.

2 - GELO EM BLOCO:

Este é um método patenteado e utilizado pela SULZER, de origem Suíça. Trata-se de um cilindro encamisado na qual escoa o gás refrigerante e cujo fundo é basculante.

O gelo é formado a partir da água que preenche todo o interior do recipiente e atingindo certo peso, o próprio bloco de gelo encarrega-se de acionar um dispositivo que reverte o ciclo de refrigeração e bascula o fundo do recipiente simultaneamente a fim de que seja extraído e utilizado. A operação recomeça com o fechamento do fundo e enchimento de água.

3- GELO EM CUBO:

Este é um sistema interessante que associa resfriamento de água subsequente uso de resistência elétrica. O evaporador é constituído de uma placa de metal bom condutor apoiado numa serpentina que circula o gás refrigerante e ambos estão incluídas segundo uma horizontal.

Uma vez que a placa de gelo atingir a espessura desejada, o ciclo é revertido provocando conseqüentemente o desprendimento do gelo da placa que, por gravidade e escorregamento, vai ter uma grelha qual circula corrente elétrica. Este por aquecimento, forma cubos de gelo que estão armazenados em lugar próprio.

4- EVAPORADOR DE CELAS MULTIPLAS:

Permitem a feitura do gelo do mais variado formato e que, por conseqüente, possuem fins puramente ornamentais

O gelo assim formado é desprendido aquecendo-se por um tempo curto as cavidades onde ele se encontra. Nenhuma operação adicional é requerida.

Convem lembrar que o gelo, uma vez formado e armazenado passará a trocar calor com o ambiente. A título de informação, o formato de gelo que se apresentaria ideal é aquele que tem contorno de um ovo, pois possui menor superfície exposta e maior de gelo formado no seu interior.

Com isso exposto pode-se perceber que a existência de evaporadores diferentes pode-se tornar infinitamente grande, constituindo um problema particular para cada um deles. Objetivando particularizar o estudo e sua aplicação, o evaporador que será utilizado é uma serpentina que contém pinos soldados em sua superfície nos quais se não formados cubos de gelo.

A viabilidade de execução deste projeto traduz-se numa produção alta de gelo que adviria do estudo da serpentina e que a princípio, será de produção elevada, pois é o principal intento, já que a situação do produto final será em bares, hotéis, etc...

Pensando nestes outros eventuais pontos como por exemplo a capacidade de gelo, o presente trabalho tomará seu rumo e doravante tratará do mesmo já que o assunto permite a escolha de um dos processos de sua gama de possibilidades.

A industria do gelo está hoje bastante desenvolvida nos países tidos como mais industrializados, saindo dele a grande maioria dos projetos deste setor. Porém, no Brasil esta atividade parece estar tomando impulso, visto que ultimamente a sociedade está investindo mais nela própria, que se traduz em conforto; e onde há conforto, há um controle.

Fisicamente podemos constatar o crescimento sensível do número de bares e hotéis só na cidade de São Paulo e que implica num significativo aumento dos consumidores / em potencial destes produtos.

II - O SISTEMA E SUAS PARTES

II.1 - O SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO:

Quando se fala em sistema de refrigeração refere-se a equipamentos como compressor, condensador, evaporador, válvula de expansão e acessórios.

Com relação ao compressor, este pode ser semi-hermético ou aberto. Existem unidades no mercado, chamados "Unidades Condensadoras", que se constituem do conjunto de compressor, condensador, tanque receptor de líquido, válvula de expansão e sistema de resfriamento auxiliar e que podem atender eventualmente às condições exigidas e a elas dar-se-ão preferência normalmente pelas suas características dimensionais.

No caso de uso de compressor semi-hermético, este traz a vantagem de possuir reduzida manutenção, o que se traduz em menor custo operacional, além de oferecer dimensões reduzidas comparadas ao pacote global, o que facilita o arranjo físico do sistema com maior versatilidade. O condensador poderá ser resfriado a água ou a ar dependendo basicamente da disponibilidade destes dois elementos. Assim se tivermos a unidade de refrigeração imersa num ambiente onde a circulação do ar é deficitária ou se este ambiente estiver sobrecarregado de equipamentos/ e obstruções é bem provável que o condensador não trabalhará em regime satisfatório. Por outro lado, um condensador resfriado a água levará em conta a disponibilidade da mesma e o custo advém desta operação.

Pode ser necessária um tratamento prévio da água se esta substância for substancialmente, carregada de impurezas e ainda deve ser tomada a uma temperatura de entrada para a tomada digo proceder-se a estes estudos e obter dados palpáveis para tomada de decisão.

Por último, o evaporador é a parte que mais concentra_{rá} nossa atenção já que é devido a ele e suas condições de operação que teremos a garantia de gelo fabricado sob especificação. Com relação ao seu material, já que este estará em contato simultaneamente com a água e com gás re_{frigerante} deverá ser resistente à corrosão, não tóxicos não porosos boa transmissibilidade de calor, todas as passagens do referido gás deverão ser livre de óxidos e elementos corrosivos. A sua seção transversal deverá se manter a mais uniforme possível para que evite a velocidade do gás muito baixa a fim de que não haja separação ou acúmulo de óleo.

Para o evaporador devem ser levados em conta a produção desejada de gelo, fatores de construção e manutenção e por fim, durabilidade desta unidade. Uma fábrica de gelo é tida como equipamento durável tanto quanto uma tele_{visão}, que se resume em aproximadamente quinze anos.

II.2 - ÁGUA PARA FORMAÇÃO DE GELO:

O gelo formado, por ter variadas utilizações, pode re_{querer} um aspecto que dependerá fundamentalmente do seu uso posterior. Sendo assim, além de formato adotado, a capacidade também pode ser controlada. A água que está supre ao fabricante de gelo raramente é pura. É constituída de vários elementos como compostos de sódio, cálcio ferro e usualmente estão alojados nos interstícios das moléculas de H₂O. Ao congelar, a água remanescente torna-se mais concentrada porque apenas H₂O converte-se efetivamente em gelo. É cercado este item que está o controle que deverá ou não ser efetuado.

Reciclando a água rem-nescente ou não apenas agitando -^a consegue-se diminuir a concentração destas impurezas/ ao redor do gelo que está sendo formado e com isto consegue-se o gelo claro, de aspecto agradável à vista, pois a falta de ir "molhando" a face do gelo enquanto o mesmo está sendo feito, além de evitar a sobrefusão pela parada total do movimento relativo da água, ainda diminui este congelamento de impurezas. Dependendo do tipo de processo, o evaporador deverá ser periodicamente limpo, uma vez que sais de cálcio e magnésio poderão aderir ao mesmo dificultando a transmissibilidade de calor. Além dos problemas naturais da concentração de elementos químicos se a água contiver partículas bacteriológicas acima do limite desejável, deve-se-à proceder a um tratamento prévio para evitar doenças e disfunções orgânicas. Com isso, torna-se obvio que todo e qualquer material que entra em contato com a água deve ser isento de toxicidade/ não corrosivo, durável, livre de imperfeição, e sem odor e portanto de fácil acesso para provável limpeza.

II.3 - CIRCUITO PARA REMOÇÃO DO GELO:

Primeiramente, é bom lembrar que o gelo é abrasivo e este fato deve ser considerado principalmente ao momento em que o acionamento de remoção é posto em funcionamento.

No particular caso basta prover superfícies limpas e perfeitamente lisas que este item não apresentará qualquer incômodo. Para o processo adotado, o melhor esquema para remoção do produto final será inicialmente, reverter o ciclo de refrigeração por um curto espaço de tempo a fim de que o gelo desprenda-se facilmente dos pinos. Um tempo elevado nesta reversão acusaria problemas aos com-

ponentes do circuito. Daí por diante, o gelo feito é escoado de maneira apropriada até o local de armazenamento aguardando utilização.

II.4 - CONTROLES ELÉTRICOS:

Compõem-se de temporizadores, válvulas solenóides, válvulas controladoras de nível que dependem do processo de sua utilização.

II.5 - ARMAZENAMENTO DE GELO:

Este espaço é destinado a guardar produção horária de gelo enquanto não é consumido. Daí surgem alguns problemas porque o gelo, uma vez neste reservatório, passa a trocar calor com meio ambiente que é o ar a temperatura externa e pode eventualmente recongelar um cubo sobre outro. Este item pode ser evitado prevendo refrigeração / conviniênte no local. Isto pode ser alcançado com um isolamento de 1¹/₂" a 3" colocada nos lados e no tampo. No fundo coloca-se uma espessura de 2" a 4" dependendo da umidade e temperatura do ar externo. Além disso, é aconselhável a instalação de um ádreno no fundo do reservatório para a retirada eventual presença de água no gelo armazenado. Deve-se prever um meio de se ter acesso ao gelo, uma vez estocado. Seja qual for este meio deve-se lembrar três itens importantes:

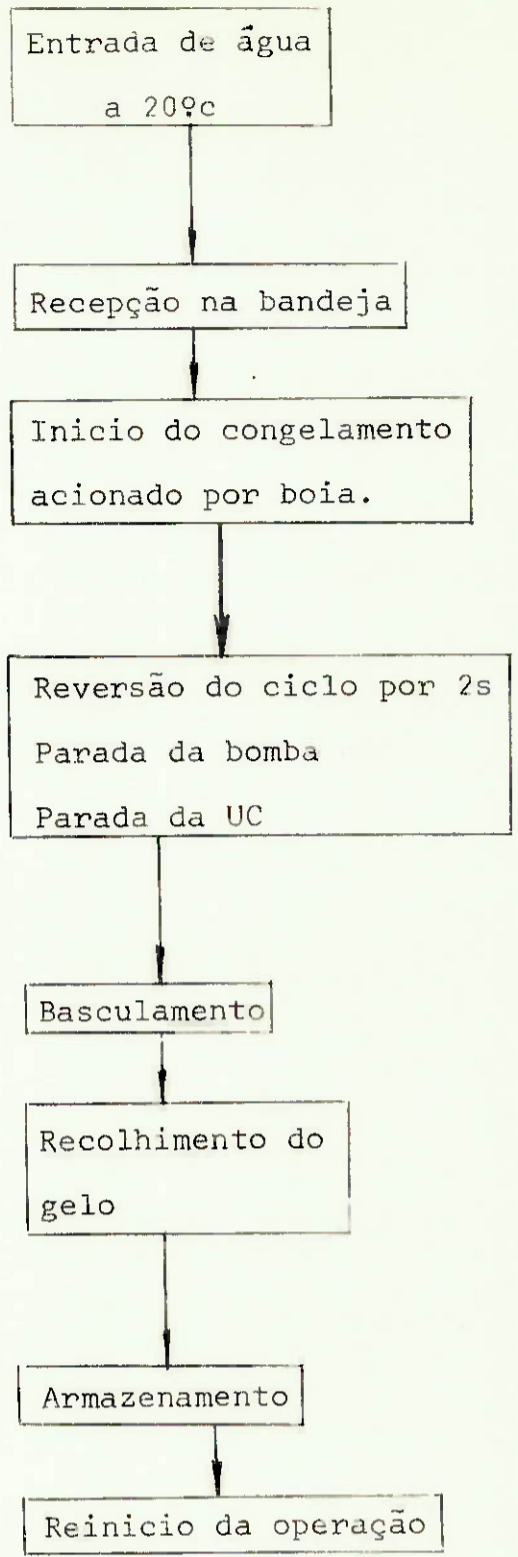
- 1 - Manter o ambiente de estocagem livre da contaminação por parte do ar exterior.
- 2 - Ser fácil acesso para a manutenção e limpeza.
- 3 - Ter seu custo compatível.

A contaminação referida é ^{devida} dividida às partículas suspensas no ar, ^{que} ao entrar em contato com a superfície umida do cubo de gelo adere prontamente à sua superfície. O volume deste reservatório pode ser estimado tendo-se em conta valores práticos de produção e consumo, prevendo uma carga crítica de utilização.

II.6 - ITENS DE SEGURANÇA E HIGIENE

O mais importante item da higiene é segurança é, sem dúvida alguma, a água de alimentação que deve ser pré-examinada; ^{de} desejar-se um gelo claro e porventura a água contiver sólidos dissolvidos com uma, porcentagem / superior a 440ppm, muito provavelmente um tratamento de desmineralização deva ser executado. Isto claro, para não citar itens ~~co~~ a presença de bactérias causadoras de ~~tipo~~, colerá ou disenteria. Neste caso particular, a água que a rede fornece já é suficiente para este fim. Uma instalação fabricadora de gelo produz invariavelmente vibração e ruído e em certos lugares a sua instalação ^{de} tornar-se inviável como em alguns pavilhões de hospitais. Se for instalado, por exemplo uma cozinha este fato pouco será notado. Assim itens especiais deverão ser adicionados ao projeto se este requerer situações incomuns. É conveniente ainda que o dreno seja isolado para evitar a fusão do gelo e conseqüente parada de produtos porque aí também dever-se-á proceder troca de calor com o ambiente, assim como as paredes isoladas.

III - DIAGRAMA DE BLOCOS



IV- CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA E SELEÇÃO DA U.C

Para fins de utilização comercial e produção adequada para um estudo de viabilização, vamos adotar uma carga de $D = 30 \text{ Kg/h}$

Com isso podemos proceder ao cálculo da carga térmica.

1) PRODUTO

$$Q' = D(c(t_i - t_c) + c'(t_c - t_f) + L)$$

com

$c =$ calor específico da água ($1 \text{ Cal/Kg}^\circ\text{C}$)

$c' =$ calor específico do gelo ($0,5 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$)

$T_i =$ temperatura inicial da água (20°C)

$T_c =$ Temperatura no início do congelamento da água (0°C)

$T_f =$ temperatura final do gelo (-13°C)

$L =$ calor latente da fusão de água (80 Kcal/kg)

Então:

$$Q' = 30(1 \times (20 - 0) + 80 + 0,5(0 + 13))$$

$$Q' = \underline{3,195 \text{ Kcal/kg}}$$

2 - PENETRAÇÃO

Admitindo uma caixa de 0,5mx0,2m, isolada com 1"/2" de cortiça sua equivalente e área lateral de $A_l=0,65m^2$, teremos:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{7} + \frac{1,5 \times 2,54 \times 10^{-2}}{0,0372} + \frac{1}{7}$$

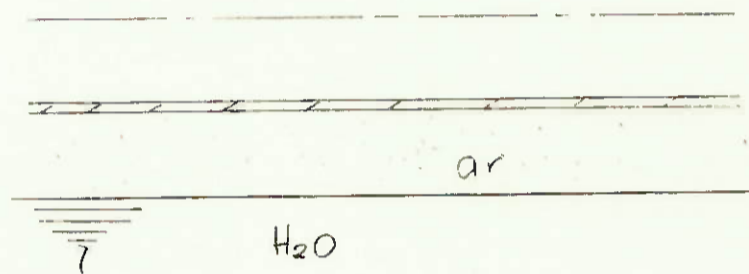
$$U = 0,76 \text{ Kcal/hm}^2\text{°C}$$

e admitindo também o ar no interior da caixa a 0°C, vem / que:

$$Q' = 0,65 \times 0,76 \times (35 - 0)$$

$$Q' = 17,4 \text{ Kcal/h}$$

3 - AR NOVO



Temperatura média de película

$$T_f = \frac{T_a + T_b}{2} = \frac{-13 - 15}{2} = -14\text{°C}$$

$$A = 0,5 \times 0,5 = 0,25$$

AR - H₂O

AR - H₂O

$$\frac{Q}{A} = U \Delta T = U(35+13) = 48U$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{7} \quad \frac{Q}{A} = 48 \times 7 \quad Q = 48 \times 0,25 \times 7$$

$$Q_1 = 84,0 \text{ Kcal/h}$$

AR - REFRIGERANTE

$$\frac{Q_A}{A} = U \Delta T = U(35+14) = 49U$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi k l} + \frac{1}{h_e}}$$

Com: $h_e = 7 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}^\circ\text{C}$

$$\text{esp} = 0,91'' \text{ e } \emptyset = 1\frac{1}{4}''$$

$$k = 333,2 \text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$$

$$h_i = 0,023 \frac{K}{D} Re_j^{0,8} Pr^{0,4} \quad \text{Segundo Kreith e}$$

$$K = 0,063 \text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$$

$$D = 1,278''$$

$$Pr = 0,4$$

$$W = 0,0221 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{VD}{W} = \frac{1,4 \times 1,278 \times 2,54 \times 10^{-2}}{0,221 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 2,06 \times 10^5$$

$$h_i = \frac{0,023 \times 0,10 \times (2,06 \times 10^5)^{0,8} \times (0,4)^{0,4}}{1,278 \times 2,54 \times 10^{-2}}$$

$$h_i = 87,43 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1,66 + 1,66 \ln(1,66/1,278)}{87,43 \times 1,278} + \frac{1}{27 \times 333,2 \times 2} + \frac{1}{7}$$

$$U = 6,96 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$$

Então:

$$Q/A = 49 \times 6,96 \quad Q_A = 49 \times 6,96 \times 0,25 \quad Q_A = 85,26 \text{ Kcal/h}$$

$Q_b = 10,5 \text{ Kcal/h}$ Parte superior vide adiante em isolamento.

$$Q' = Q_1 + Q_A + Q_B = 84 + 85,26 + 10,5$$

$$Q' = 179,8 \text{ Kcal/h}$$

4 - CARGA TÉRMICA TOTAL

$$Q'T = 3195,0 + 17,4 + 179,8$$

$$Q_t = 3.392,2$$

Com 20% de folga teremos achado a carga térmica total.

$$Q_t = 4,070,6 \text{ Kcal/h}$$

Faremos a seguir obtenção dos pontos do ciclo em que questão para definirmos o gráfico p-xh e selecionaremos a unidade condensadora a partir destes dados.

5 - DADOS DO GRÁFICO

$$\text{Pot} = \frac{m \cdot (h_2 - h_1)}{632 N_M} \quad (\text{CV})$$

$$Q' = m \cdot (h_1 - h_4) \text{ com } T_e = -15^\circ\text{C}$$

Vamos assumir um superaquecimento do gás à entrada do compressor de 5°C

$$h_1 = 148,5 \text{ Kcal/Kg}$$

$$P_1 = 3,02 \text{ Kg/cm}^2 = P_4$$

$$S_1 = 1,19 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

Com a temperatura de condensação $T_3 = 45^\circ\text{C}$

$$h_3 = 114,2 \text{ Kcal/Kg} = h_4$$

Para tirarmos a vazão em massa

$$Q' = m'(h_1 - h_4)$$

$$4.070,6 = m'(148,5 - 114,2)$$

$$m' = 118,7 \text{ Kg/h}$$

No ponto 2':

$$s_1 = s_2' = 1,19 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$\text{Para } t_3 = 45^\circ\text{C} \text{ ----- } p_3 = 17,3 \text{ Kg/cm}^2 \text{ abs}$$

$$P_3 = P_2 = P_2'$$

Com p_2' e s_2' consigo o estado 2'

$$h_2' = 159,8 \text{ Kcal/Kg}$$

Assumindo um rendimento indicado de compressão $n_i = 80\%$

$$n_i = \frac{h_2 - h_1}{h_2' - h_1} \quad h_2 = 161,6 \text{ Kcal/Kg}$$

$$h_2 - h_1$$

$$\text{Pot} = m(h_2 - h_1)$$

$$\frac{\text{Pot}}{N_M 632} \quad \text{Podemos admitir um rendimento mecânico de } 75\%$$

6 - POTÊNCIA REQUERIDA

$$\text{Pot} = \frac{118,7(161,6 - 148,5)}{0,75 \times 632} \quad \text{Pot} = 3,3 \text{ HP}$$

Eficácia do ciclo:

$$E = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{148,5 - 114,2}{161,6 - 148,5} \quad E = 2,6$$

Para esta potência poderemos escolher agora uma unidade condensadora.

7 - UNIDADE CONDENSADORA RESFRIADA A AR RÁDIO FRIGOR

Refrigerante: R-22

Tipo : U.C 659

Tipo compressor: V-S

Motor de acionamento: 4HP, 1720rpm, 60Hz, deslocamento = 13,48m³/h

Capacidade calorífica: 4,275Kcal/h

Temperatura de evaporação: Te = -15°C

8 - ESCOLHA DA VÁLVULA DE EXPANSÃO

Para tanto recorreremos ao catálogo de válvulas de expansão

DANFOOS

Entramos com:

Tipo TVNEX -4

Refrig: R-22

Tubo entrada: 3/8"

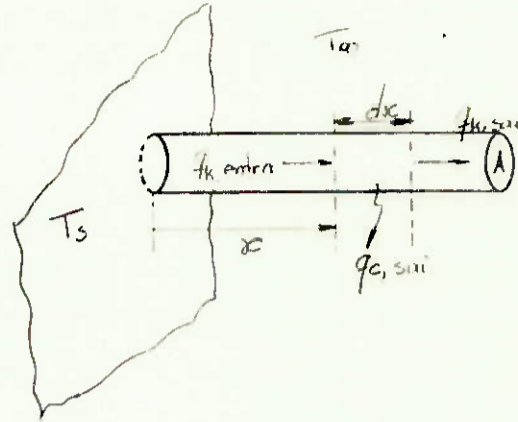
" Saída : 5/8"

V - DIMENSIONAMENTO DO EVAPORADOR

V.1 - TEORIA

V.1.A- PERFIL DA TEMPERATURA

Tatando-se o problema como se fosse uma aleta cilíndrica podemos abordá-lo com relatividade facilidade, desde que algumas hipoteses sejam assumidas.



- a) A aleta tem uma área da secção transversal uniforme.
- b) Condutibilidade térmica $R\acute{e}$ uniforme.
- c) $T=t(x)$ somente e para efeito de projeto será adotada λ uma temperatura média.
- d) Será adotado um valor médio para $U, U=(\Delta r, t)$.
- e) A espessura do gelo será adotada constante ao longo do pino.

Com essas hipoteses incorreremos num erro menor que 1% estaremos tratando com um problema de fluxo de calor unidimensional sob regime permanente.

Fluxo de calor por condução para elemento em x	=	Fluxo de calor por condução deixando o elemento em $(x+dx)$
	+	Fluxo de calor por convecção da superfície entre x e $(x+dx)$

o que nos traz:

$$-KA \frac{dT}{dx} = (-KA \frac{dT}{dx} + \frac{d(-KA \frac{dT}{dx})}{dx}) + hPDX(T - T_{\infty})$$

P= perimetro da aleta.

A soluçãõ desta equaçãõ é:

$$T - T_{\infty} = C_1 e^{mx} + C_2 e^{-mx}$$

$$\text{com } m^2 = \frac{hp}{KA}$$

Condições de contorno:

$$1) x=0 \quad T=T_s$$

$$2) x=L \quad \frac{dT}{dx} = 0$$

Com isso obtem-se as duas constantes da equaçãõ e chega-se à distribuicãõ de temperaturas:

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_s - T_{\infty}} = \frac{e^{mx}}{1 + e^{2ml}} + \frac{e^{-mx}}{1 + e^{-2ml}}$$

Para achar os c fluxo de calor da aleta para o meio basta/ fazermos:

$$q_{\text{aleta}} = -KA \frac{dT}{dx} \Big|_{x=0}$$

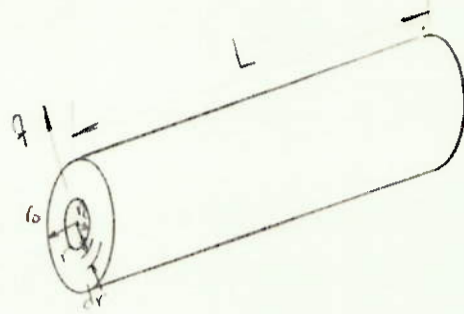
e obtemos:

$$q_{\text{Aleta}} = \sqrt{PhKA} (T_s - T_{\infty}) \frac{e^{ml} - e^{-ml}}{e^{ml} + e^{-ml}}$$

V.2 RAIO CRÍTICO

Uma vez achado o perfil de temperaturas, devemos verificar o sistema quanto ao efeito isolante do gelo.

consideremos um longo cilindro de raio interno r_i e raio externo r_o , de comprimento L . ^{su}Posto-se o fluxo de calor sempre na direção radial e expondo o cilindro a uma diferencial de temperatura $(T_i - T_o)$. Obteremos:



Área lateral : $\rightarrow A_r = 2\pi r L$

Para condução: $q_r = -KArdT/dr$

o que se dá:

$$q_r = -K2\pi r L \frac{dT}{dr}$$

Colocando as condições de contorno $\begin{cases} r=r_i \rightarrow T=T_i \\ r=r_o \rightarrow T=T_o \end{cases}$

Chegamos a solução da equação que é:

$$q = \frac{2\pi r L (T_i - T_o)}{\ln(r_o/r_i)}$$

Segundo a definição de resistência térmica:

$$R = \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi r L}$$

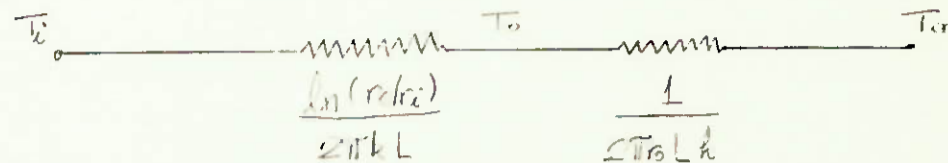
Considerando-se agora o fluxo de calor por convecção a partir da superfície externa do cilindro, com o sovedouro à temperatura T_{∞}

$$q = ALh(T_o - T_{\infty})$$

Novamente, usando o conceito de resistência térmica, vem que:

$$R = \frac{1}{2\pi r_o L h}$$

Assim o circuito térmico equivalente seria:



O fluxo total de calor é então uma combinação acertada / destas resistências.

$$q = \frac{2\pi L (T_i - T_\infty)}{\frac{\ln(r_o/r_i)}{K} + \frac{1}{R_{oh}}}$$

Com esta função de calor vamos achar qual seria o ponto desta que a maximizaria, isto é, qual a coordenada que proporcionaria maior perda possível de calor.

Para tanto:

$$\frac{dq}{dr_o} = \frac{-2\pi L (T_i - T_\infty) \left(\frac{1}{K r_o} - \frac{1}{h r_o^2} \right)}{\left(\frac{\ln(r_o/r_i) + 1}{K} + \frac{1}{r_o h} \right)^2} = 0$$

$$-2\pi L (T_i - T_\infty) \left(\frac{1}{K r_o} - \frac{1}{h r_o^2} \right) = 0$$

$$\frac{1}{K r_0} = \frac{1}{h r_0^2}$$

$$r_0 = \frac{K}{h}$$

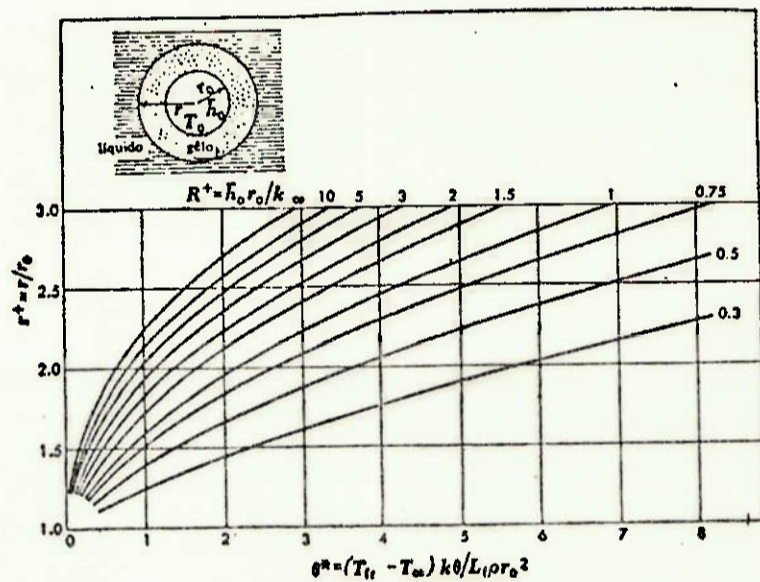
No nosso caso:

$$r = \frac{1,90}{14,31} \quad r = 13,3 \text{ cm}$$

Isto é, quando r_0 for igual ao valor acima estipulado o fluxo de calor será máximo. Isto por causa da combinação das funções no denominador da função de q . O resultado desta soma é uma curva de concavidade para cima, possuindo em consequência um ponto mínimo. Como esta função encontra-se no denominador, o seu significado se inverte, o que, para o presente caso é particularmente interessante, uma vez que se deseja na verdade a maior troca de calor possível para a formação do gelo.

3- DIMENSIONAMENTO DO PINO

Segundo London e Seban, podemos tratar o problema com o recurso de adimensionais apropriados.



Tfr= Temperatura do ponto de congelamento da água(0°C=32°F)

T[∞] a temperatura do sovedouro de calor média.

Lf = calor latente de fusão(80Kcal/Kg=143,6Btu/lb)

p = densidade do gelo(57,3Lb/ft³)

K = condutibilidade térmica do gelo(1,28Ft²hr°F/ft)

ho = coeficiente de pelicula entre a parede de metal e o gelo.

e = tempo de formação do gelo, em horas.

Após algumas iterações o cálculo convergiu. Será mostrado apenas a convergência.

$$\begin{aligned} e &= 0,25h & T_{fr} &= 32F & p &= 57,3Lbm/ft^3 \\ K_{\text{gelo}} &= 1,28BTu/ft.hr.^{\circ}F & T &= 5,14F(\text{assumido}) \\ \theta_+ &= \frac{(32-5,14) \times 1,28 \times 0,25}{143,6 \times 57,3 r_o^2} & \theta_+ &= \frac{1,04 \times 10^{-3}}{r_o^2} \end{aligned}$$

$$r_+ = \frac{9,49 \times r_o}{1,28} \quad R_t = 7,41 r_o$$

r/r _o	r _o (pé)	r _o (cm)	θ ₊	r(cm)
3	0,02	0,58	2,9	1,73
2,9	0,02	0,58	2,6	1,67
2,8	0,02	0,65	2,3	1,81
2,7	0,02	0,68	2,1	1,83
2,6	0,02	0,73	1,8	1,90

Escolhamos o caso assimilado. Vamos assinalar a possibilidade para θ=10min=0,167h

$$\theta = \frac{(-32 - 5,14) \times 1,28 \times 0,167}{143,6 \times 57,3 \times r_0^2}$$

$$\theta = \frac{6,98 \times 10^{-1}}{r_0^2}$$

r/r ₀	r ₀ (pé)	r ₀ (cm)	θ	r(cm)	x(cm)
3	0,02	0,47	2,9	1,42	2,5
2,9	0,02	0,47	2,6	1,37	
2,8	0,02	0,53	2,8	1,49	
2,7	0,02	0,56	2,1	1,50	

Por ter esta medida compatibilidade com as exigencias de projeto, foi esta^a escolhida.

Com volume de:

$$V = 2,5(1,37 - 0,47)^2 + \frac{4}{6} \times 1,37^3$$

$$V = 11,75 \text{ cm}^3 \quad m = 10,7 \text{ g}$$

Para 10 min, m = 5Kg

Com isto teremos 467 cubos de gelo sendo formado neste periodo de tempo. Com este volume poderiamos refazer a carga térmica no tocante à penetração, porem estaredundaria ainda em valor desprezível e por isso apenas as dimensões seriam alteradas oportunamente, deixando a referida carga superdimensionada.

V.4 - VERIFICAÇÃO E CONVERGÊNCIA

Para isso, calculemos o perfil de temperatura, tomando o valor médio para efeito de projeto.

$$m^2 = \frac{2h}{KR}$$

$$K_{cu} = 33,2 \text{ Kcal/hm}^2 \cdot \text{C}^\circ$$

$$R = 0,47 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Para inicio do processo:

$$h_1 = 15,1 \text{ Kcal/h.m}^2 \cdot \text{C}^\circ$$

Para o fim do processo: $l = l + r \ln(r/r_0)$

U ho K gelo

$$\frac{l=1}{U \ 15,1} + \frac{1,37 \times 10^{-2} \ln 2,9}{1,89} \quad U = 13,52 \text{ Kcal/hm}^2 \cdot \text{C}^\circ$$

Valor médio: $\bar{h} = 14,31 \text{ Kcal/h.m}^2 \cdot \text{C}^\circ$

$$\text{Portanto: } m^2 = \frac{2 \times 14,31}{333,2 \times 0,47 \times 10^{-2}}$$

$$m = 4,28 \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{T - T_\infty}{T_s - T_\infty} = \frac{e^{mx}}{1 + e^{2ml}} + \frac{e^{-mx}}{1 + e^{2ml}}$$

$$\frac{T - 273}{258 - 273} = \frac{e^{4,28x}}{1 + e^{2,48}} + \frac{e^{-4,28x}}{1 + e^{-2,48}}$$

$$\frac{T - 273}{-15} = \frac{e^{4,28x}}{2,24} + \frac{e^{-4,28x}}{1,81} \quad [^\circ\text{K}]$$

$$T = -15 \left(\frac{e^{4,28x}}{2,24} + \frac{e^{-4,28x}}{1,81} \right) \quad (\text{C}^\circ)$$

X(cm)	T(C)°
0	-14,98
0,5	-14,95
1,0	-14,93
1,5	-14,91

2,0	-14,90
2,5	-14,89

$$\bar{T} = -14,92^{\circ}\text{C} = 5,13^{\circ}\text{F}$$

Assumindo como desprezível o erro incorrido, dizemos que o método convergiu e o pino está dimensionado.

VI - ACESSÓRIOS

Como o próprio nome já diz, estes acessórios não são de maneira absoluta vitais para o funcionamento da instalação em questão, porém com certeza melhoram os serviços de manutenção e facilitam sobremaneira os controles sobre o mesmo.

Para instalação ideal, que proporcionaria um perfeito controle sobre ela e a manutenção sem dificuldades, teríamos todos os tipos de acessórios. Para o nosso caso, particuçarizarmos e teremos o seguinte.

1) SEPARADOR DE ÓLEO (SO)

Cuja função é a de retirada o óleo que se mistura ao vapor na linha e proporcionaria, uma vez no evaporador, um efeito isolante

2) RECEPTOR DE LÍQUIDO (RL)

Que no nosso caso já está dimensionado pois faz parte da unidade condensadora. (Este dimensionado é efetuado através da massa/ de refrigeração que o sistema contém).

O tanque de líquido desempenha funções importantes dentro do ciclo, como, por exemplo, manter um selo de líquido entre o condensador e a válvula de expansão, ou seja impondo a condição de que na válvula de expansão apenas ingressará líquido.

No caso de a solicitação térmica do sistema variar, o receptor/ do líquido atua como se fosse um volante térmico, isto é, absorve as variações do ciclo e as devolve em forma de energia quando assim solicitado.

3) FILTRO

Geralmente o filtro já vem acoplado ao compressor, visto que a sua exigência é obrigatória por motivos óbvios.

Sujidades acumulados no compressor podem ocasionar parcial ou total avaria de seus elementos.

- 4) REGISTROS DE ALTA E BAIXA NO COMPRESSOR
- 5) VÁLVULAS DE DRENO NO RECEPTOR DE LIQUIDO
- 6) VÁLVULAS DE CARGA
- 7) VÁLVULAS DE RETIRADA DO FLUÍDO
- 8) VÁLVULAS PARA PURGA DE GASES INCONDENSÁVEIS

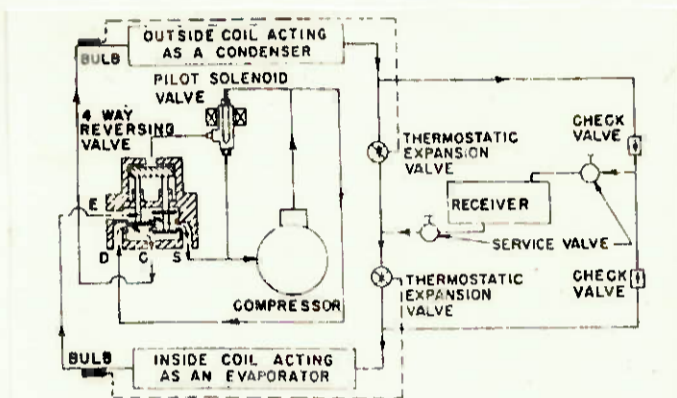
Uma unidade condensadora, quando adquirida, é composta de:

- 1) Base suporte
- 2) Compressor
- 3) Volante
- 4) Suporte para motor elétrico
- 5) Tanque receptor de liquido
- 6) condensador
- 7) esticador de correia
- 8) Hélice e polia de motor parafusados

VII - REVERSÃO DO CICLO

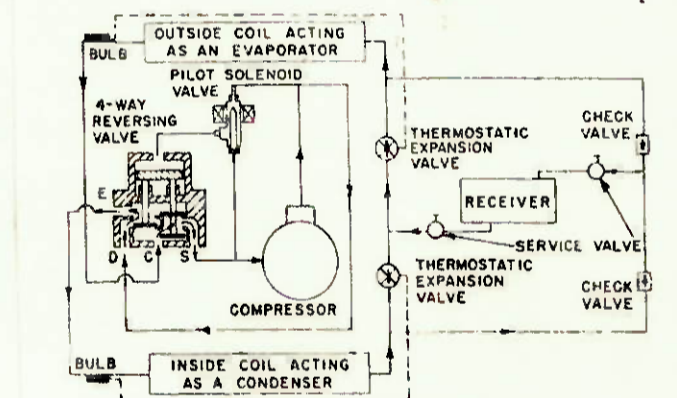
Gelo, uma vez formado, torna-se altamente abrasivo.

Isto é, quando for retirado de seu local de formação, acaba por possuir uma ação destruidora do material. Uma solução seria fragmentar o gelo em vários pedaços para que se possibilitasse um despreendimento. Porém isto descaracteriza a instrução do projeto. Uma solução viável e bastante utilizada é a chamada reversão de ciclos, isto é, tornando por um curto espaço de tempo o evaporador como um condensador e o condensador como evaporador, este ultimo irá receber superaquecimento do compressor. Ou seja por este espaço de tempo, o evaporador experimentará uma elevação da temperatura, o que implica numa elevação de temperatura também nos pinos, degelando internamente o gelo e possibilitando assim facilmente a sua retirada. Este sistema tem como alma uma válvula e vai esquematizando a seguir.



* Pilot solenoid valve is energized.

Fig. 24 Application of a Four Way Reversing Valve in a Refrigeration System—Shown in the Cooling Mode^a



* Pilot solenoid valve is de-energized.

Pode-se imaginar o que acontecerá ao compressor ^{pe} este tempo de reversão for prolongado. O compressor passará a receber / fluído diretamente do condensador e a descarregar para o evaporador. Porem do cokdensador virá liquido, que criaña altissima pressão no interior da camara de compressão pois o liquido é muito menos compressível que o gás. Este fenomeno provocará um desgaste acentuado e rápido aos elementos do compressor, ~~mo~~mente no que diz respeito às válvulas, devendo, portanto, ser bem controlado. Como o diagrama de blocos cita, a reversão ocorrerá por 2s.

VIII - DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO

VIII.1 - DIMENSIONAMENTO DA SERPENTINA

O diametro do pino é de 0,94,cm. Vamos escolher uma serpentina que seja adequada a esta situação, já que é necessário o que se garante um perfeito contato linear da mesma com a base / do pino para que as hipóteses assumidas sejam satisfeitas.

a) Vazão em massa

$$q = m' \Delta h$$

$$4,275 = m(1485-114) \quad m' = 124,6 \text{ Kg/h}$$

$$m' = \rho v A$$

$$\text{à entrada de evaporador: } v = 0,028 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$\text{para } d = 1\frac{1}{4}'' \quad A = 7,92 \times 10^{-4} \quad v = 1,2 \text{ m/s}$$

$$\text{Serpentina: } d = 1\frac{1}{4}''$$

A velocidade é a maneira de verificar se está compatível / com as condições de projeto.

b) comprimento necessário ao superaquecimento de gás

$$\text{Temp. de mistura } T_b = \frac{T_i + T_o}{2}$$

que são as temperaturas do gás no início e fim do trecho em / questão.

T_s = tempo de superfície

Balanco térmico:

$$q = h A_s (T_s - T_b) = m' \Delta h$$

$$\text{Do grafico } \Delta h = 1 \text{ Kcal/Kg} \quad q = 124,6 \text{ Kcal/h}$$

$$87,4361,4278 \times 2,54 \times 10^{-2} \times L(30+12,5) = 124,6$$

$$L = 33 \text{ cm}$$

Desde que assuma parede fina para a tubulação, isto é, o fluxo de calor por condução é desprezível.

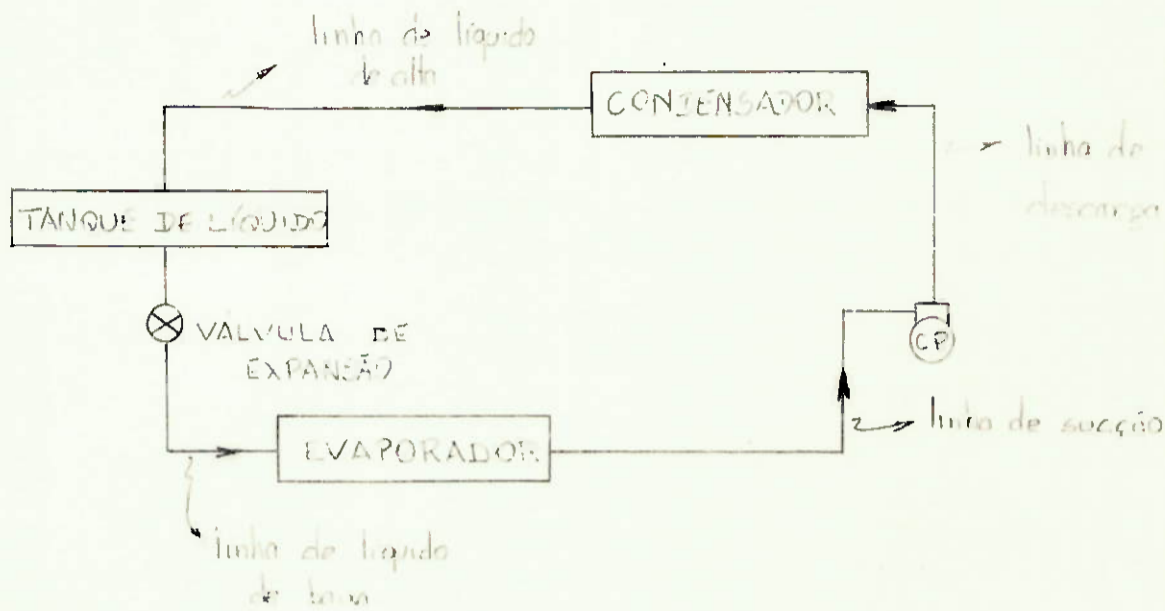
VIII.2 ISOLAMENTO DA CANALIZAÇÃO

Este item sugere o isolamento de algumas tubulações para melhorar

a eficiência térmica do ciclo uma vez que perdas para o ambiente ocorrerão.

VIII.2.1 NOMENCLATURA DEFINIÇÕES

A nomenclatura vai esquematizada a seguir.



VIII.2.2 DIMENSIONAMENTO DAS LINHAS

Para este dimensionamento podemos recorrer à equação da continuidade, desde que assumamos o valor da velocidade.

Este valor a ser assumido virá de dados práticos e tem como parâmetros de seleção e aspecto econômico no uso do tubo e o arraste do óleo, por exemplo.

Assim

$$m' = pva$$

$$\frac{D}{3600} = \frac{p \times v \times \pi \times d^2}{4}$$

Com

$$D = \text{descarga (Kg/h)}$$

d= diametro interno(cm)

p= densidade(kg/m³)

v= velocidade (m/s)

A será tomada como dada pelo catálogo vazão em massa:

D=124,6Kg/h

Como será usada uma unidade condensadora, dimensionaremos apenas a linha de sucção e a linha de liquido de alta após o T,L, já que estas servirão de adaptação ao evaporador.

VIII-2.3 LINHAS DE LIQUIDO DE ALTA APÓS O T.L

Tevap =-15°C Cap. $\frac{4.275}{300}$ = 1,425 TR no sistema
Tcond =45°C

Segundo DOSSAT, poderemos utilizar uma linha de 3/8" pois a mínima capacidade que ele relacionou é de 3,18 TR

Verificação da velocidade:

$Q' = m' \times v_e = 124,6 \times 0,7490$

$Q' = 93,31/h$

Linha de alta(liquido) $d = \frac{3}{8}"$

VIII -2.4 LINHA DE SUCCÃO

Cap.=1,425 TR

Te =-15°C

Tcd = 45°C

Segundo DOSSAT:

Correção para temperatura de cond.f=0,97

para d=7/8".....cap.1,19TR

comp.tubo reto.....3m
 2 joelhos de 90°(d=7/8").....0,732 m
 comp.equivalente.....4,46 m
 perda de $\Delta T = \frac{4,46}{50} \times \frac{(1,425)^{1,18}}{1,19} = 0,119^{\circ}\text{C}$ (desprezível)

Verificação da velocidade

$$m' = \rho v A$$

$$\frac{124,6}{3600} = \frac{1}{0,079} \times \frac{\sqrt[4]{(22.225 \times 10^{-3})^2}}{4}$$

$$3600 \quad 0,079 \quad 4$$

$v = 7,04 \text{ m/s}$ satisfazendo condições

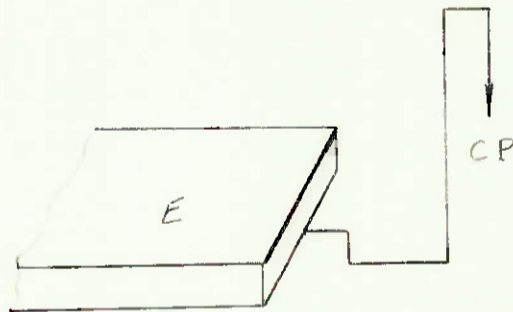
Assim:

Linha de sucção: d=7/8"

As velocidades altas garantem o retorno do óleo ao compressor mesmo quando este trabalhar com capacidade reduzida.

É aconselhável que haja um desnível entre a saída do evaporador e a entrada do compressor para que, durante as paradas, não haja a possibilidade de acontecer o ingresso de líquido no compressor, visto que, a válvula de expansão, não retendo 100% do líquido proveniente do tanque receptor de líquido, pode deixar que golpes do líquido atinjam o referido compressor na partida.

Esquemmatizando:



VIII -2.5- ISOLAMENTO DAS LINHAS

Para se evitar a perda de frio que redundaria em perda de energia no ciclo deve-se isolar a linha de sucção e a linha até o evaporador. Além deste fator, isto ainda ^é ~~teoria~~ o inconveniente, por estar a uma temperatura mais baixa que a do ambiente, do vapor do ar se condensar na superfície destes tubos e provocar o ^{um} ~~um~~ ^{decimento} da instalação.

Além do isolante, deve-se ^{impreg} ~~impreg~~ ^{ar} também o material com um impermeabilizante para se impedir a migração de vapor do lado mais quente ^{para} ~~que~~ o lado mais frio. Isto provocaria a deterioração do isolante visto com que a conseqüente formação do gelo, o volume do mesmo aumentaria e completaria a destruição.

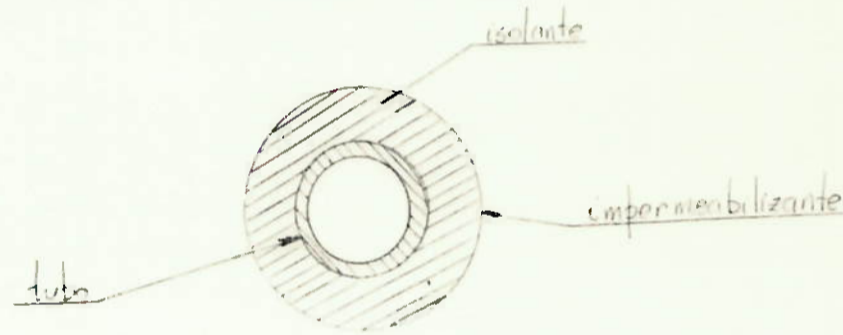
Neste caso apenas a linha de sucção deverá ser isolada no comprimento excedente já calculado, por que não haverá o trecho entre a valvula de expansão e evaporador.

Será indicado um isolante que eventualmente poderá ser substituído por outro de igual condutividade.

Espessura da cortiça:

dnom. tubo = 7/8" espessura da cortiça } $\approx 2,00$ " ou equivalente.

Esquema:



VIII-2.6 EVAPORADOR AR (ISOLAMENTO)

O evaporador, por certo, trocará calor com o meio ambiente, como já foi visto. A parede desta tubulação estará a uma temperatura negativa que provocará a condensação do vapor d'água existente no ar em sua superfície, e em seguida, congelamento.

Tendo em vista a economia desta energia que certamente será desperdiçada usaremos um material isolante que deverá ser posicionado na parte superior do evaporador, eliminando a parte deste fenômeno (cerca de 85%).

Imporemos a temperatura de orvalho na superfície do isolante com as seguintes condições atmosféricas:

$$\left. \begin{array}{l} T_e = 35^\circ\text{C} \\ \phi = 65\% \end{array} \right\} T_o = 29^\circ\text{C}$$

a) cálculo de fluxo de calor

$$\begin{array}{ll} \frac{Q}{A} = h_e \times (35 - 29) & \frac{Q}{A} = 42 \\ Q = 42 \times 0,25 & Q = 10,5 \text{ Kcal/h} \end{array}$$

b) cálculo da espessura isolante

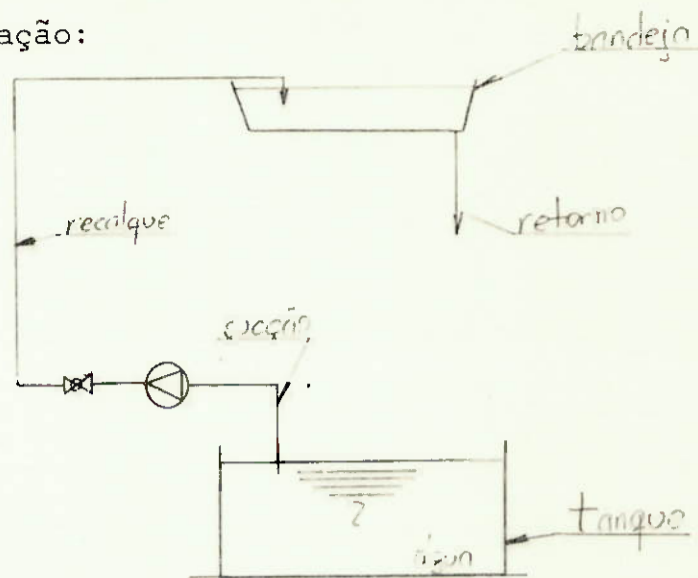
$$\begin{array}{l} \frac{Q}{A} = U \Delta T \\ \frac{1}{U} = \frac{\Delta x}{k} \end{array} \quad \begin{array}{l} \frac{10,5}{0,25} = \frac{k}{\Delta x} \times (29 - 15) \\ \Delta x = 3,9 \text{ cm} \\ \Delta x \approx 1\frac{1}{2}'' \end{array}$$

Utilizando-se da cortiça ou material equivalente, teremos:

$$\begin{array}{ll} \frac{10,5}{0,25} = \frac{0,372}{\Delta x} \times 44 & \Delta x = 3,9 \text{ cm} \\ & \Delta x \approx 1\frac{1}{2}'' \end{array}$$

IX - SELEÇÃO DA BOMBA

Esquema de Instalação:



Está bomba a ser dimensionada deverá apenas prever a recirculação de área do tanque inferior, mantendo o nível da bandeja constante e aproveitando a água já resfriada anteriormente, colocando o sistema a favor da segurança.

A bomba será selecionada segundo o catálogo HAUPT

1) VAZÃO:

Será estipulada em 30l/min, prevendo um enchimento da bandeja em um tempo máximo de 1,5 min. e velocidade de circulação constante.

2) ALTURA MANOMÉTRICA:

Sabemos que:

Altura manométrica = altura geométrica + perdas de pressão

a) ALTURA GEOMÉTRICA:

Imposta para as condições do projeto $h=1,60m$

b) DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÕES:

Recalque:

adotando $v=1,75\text{m/s}$ com $Q=30\text{L/min.}$

$$\frac{30 \times 10^{-3}}{60} = \frac{\pi d^2}{4} \times 1,75\text{m/s}$$

$$\underline{\varnothing_{\text{rec.}} = 3/4''}$$

Sucção:

adotando $v=1,3\text{m/s}$ com $Q=30\text{L/min.}$

$$\frac{30 \times 10^{-3}}{60} = \frac{1,3 \times \pi d^2}{4}$$

$$\underline{\varnothing = 7/8''}$$

c) PERDA DE PRESSÃO

Diam.do tubo(recalque).....	3/4''
comp total da tubulação.....	3,0m
4 joelhos rosqueados de 90°.....	4 x 0,548m
1 válvula globo.....	3,44m
1 válvula de pé.....	14,0m
extensão total.....	22,6m
percentagem adicional pelo uso (10 anos) 3% a.a.....	6,78m
comprimento efetivo.....	29,4m
perda de carga por 100m de tubo.....	26,6m/100m

Portanto, com $Q=30\text{L/min.}$ $\varnothing d=3/4''$ teremos

$$\frac{26,6}{100} \times 29,4 = 7,82$$

d) ALTURA MANOMÉTRICA:

altura geométrica.....	1,60m
perda de pressão.....	7,82m
altura manométrica.....	9,42m

3) SELEÇÃO DE BOMBA:

Segundo o catálogo HAUPT:

Bomba HPT - 1

$f = 60\text{cps}$

$n = 1730\text{xpr}$

$Q = 30\text{L/min.}$

$h = 10\text{m}$

$P = 1/4 \text{ HP}$

4) MOTOR:

O motor a ser selecionado deverá ser de 10% a 15% maior que a potência requerida pela bomba. Para tanto, usaremos um motor / de potência $P = 1/3 \text{ HP}$

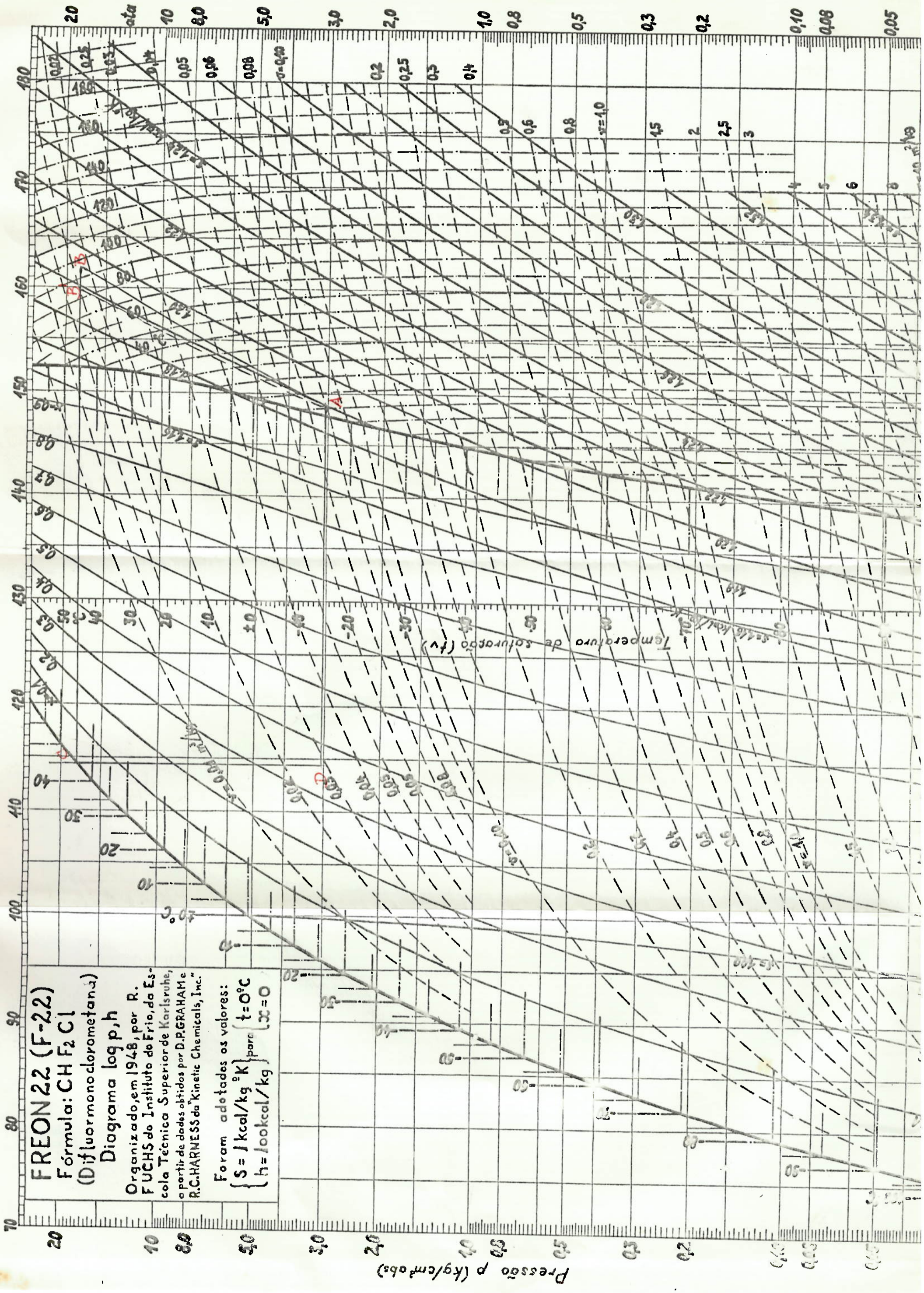
BIBLIOGRAFIA

- Kreith, Frank: "Princípios de Transmissão de calor",
Ed. Edgard Blucher Ltda, 1.973
- Holman, J.P: " Heat Transfer", Mc Graw Hill, 5ª edição, 1.981
- Pitts e Sisson: " Fenômenos de Transporte" Mc Graw Hill, 1.981
- Dossat, R.J : " Princípios de Refrigeração ", Companhia Editorial continental S.A, México, 14ª edição, 1.977
- Silva, R.B : " Manual de Termodinâmica e Transmissão de calor". Grêmio Politécnico, 6ª edição, 1.980
- Silva, R.B : "Tubulações", Grêmio Politécnico, 6ª edição ,
1.978.
- ASHRAE.

FREON 22 (F-22)
 Fórmula: CH₂Cl
 (Difluoromonoclorometano)

Diagrama log p, h
 Organizado, em 1948, por R. FUCHS do Instituto de Frio, da Escola Técnica Superior de Karlsruhe, a partir de dados obtidos por D.P. GRAHAM e R.C. HARNES da Kinetic Chemicals, Inc.

Foram adotados os valores:
 $S = 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{K}$ para $t = 0^\circ\text{C}$
 $h = 100 \text{ kcal/kg}$ para $x = 0$



g_1
[200 / 1. M]

PINO

Gráfico $g_1 \times r$ para $L = 50 \text{ cm}$

Como medida para g_1

$$g_1 = 0,0582 \text{ cm}^2/\text{s}$$

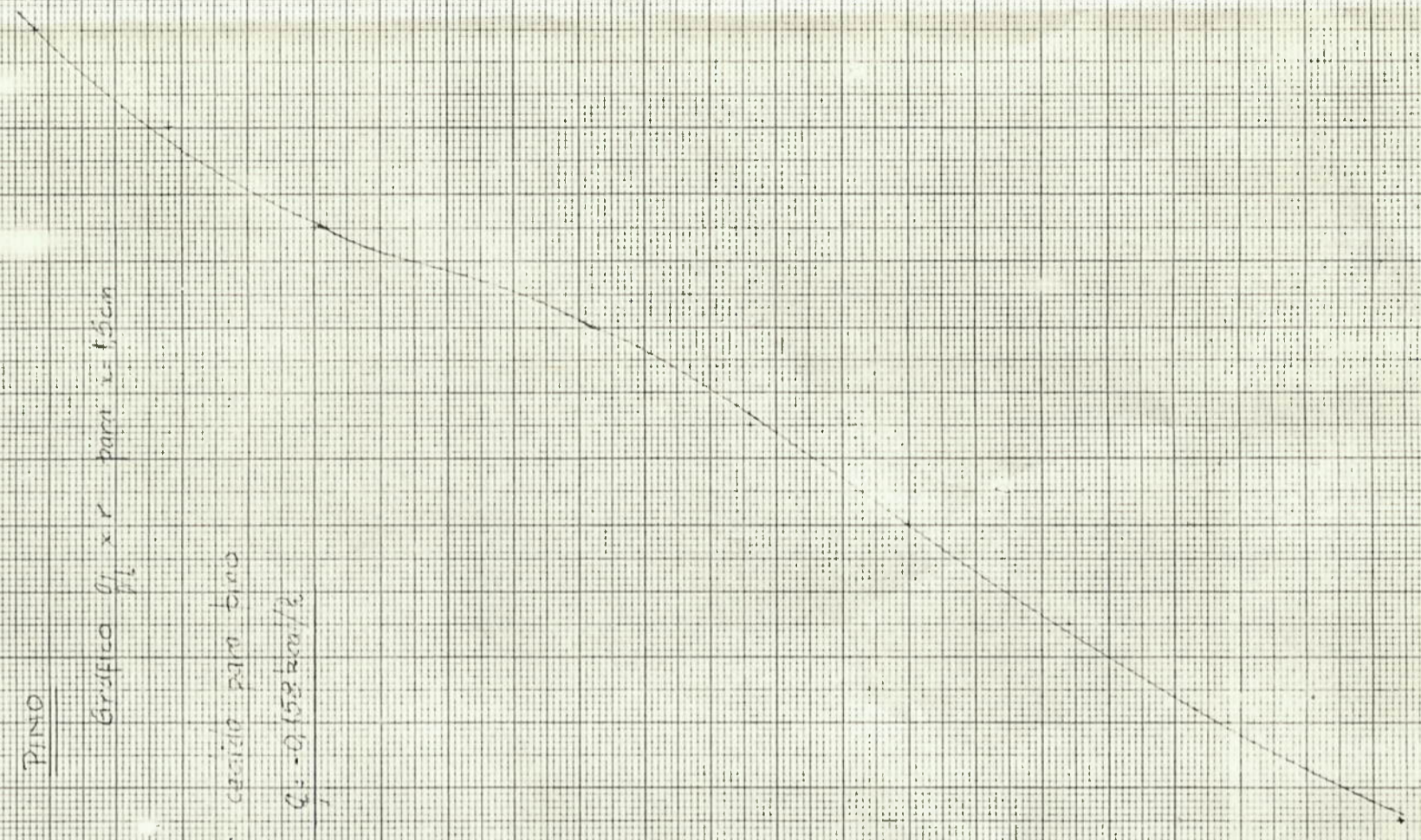
200

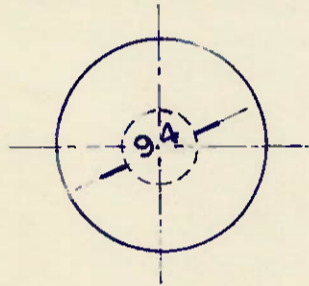
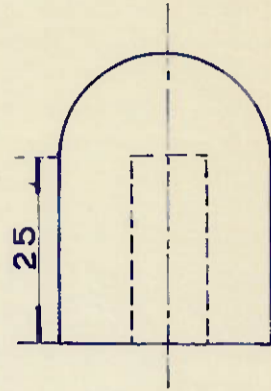
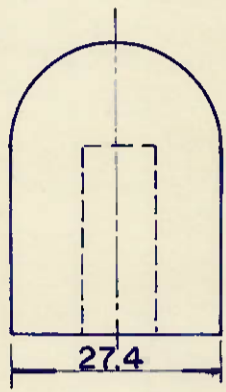
150

100

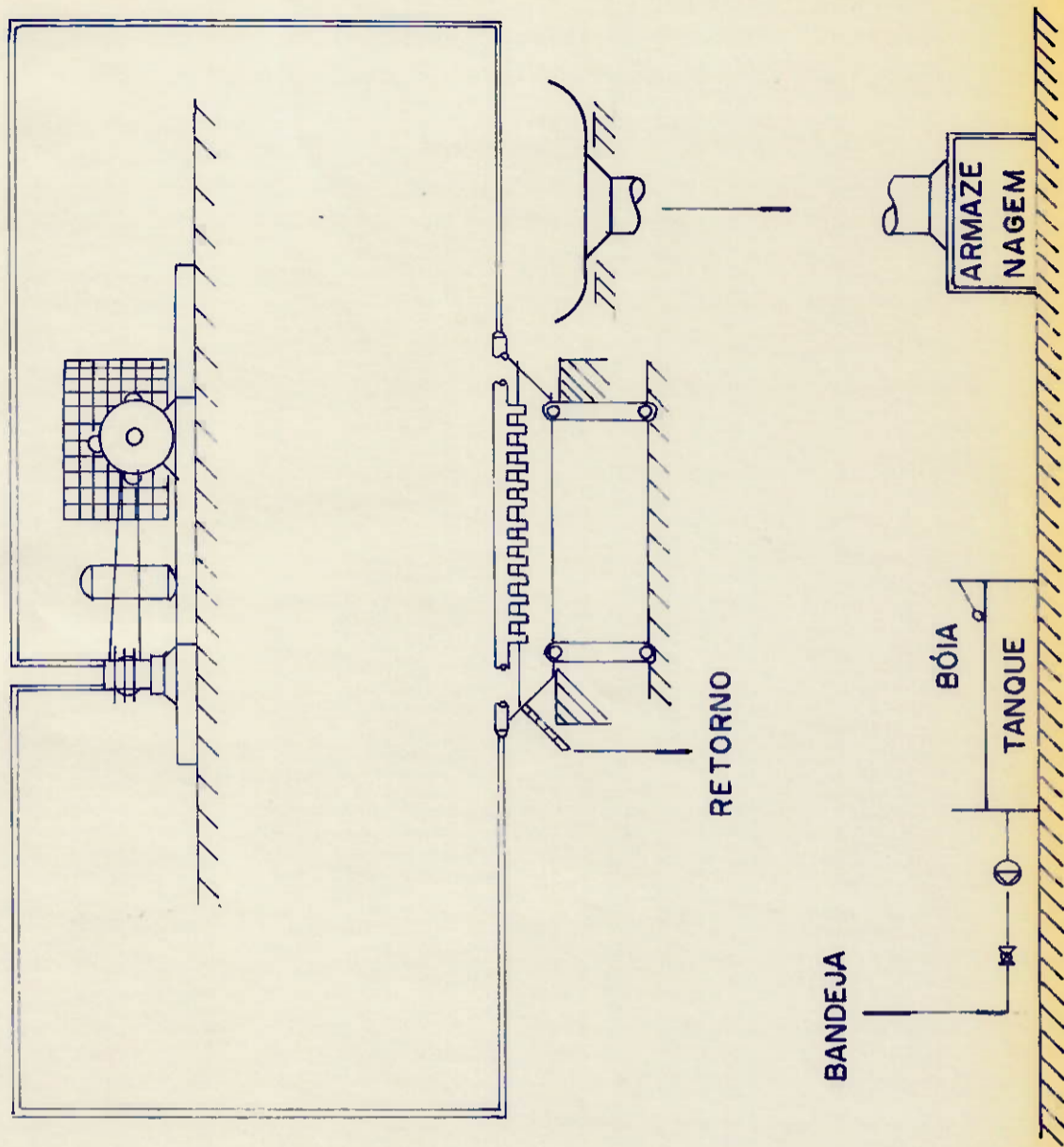
7

5

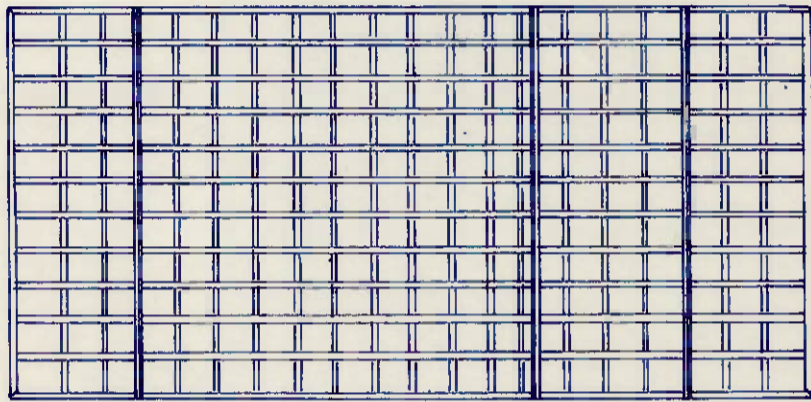
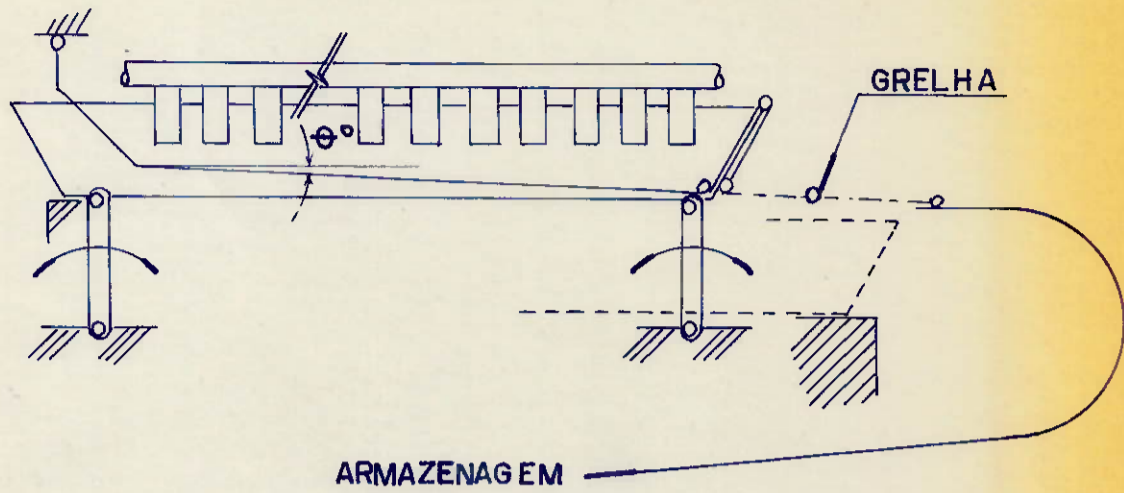




MARCOS M. PAPIS	PROJ. MECÂNICO	
PRODUTO FINAL		
E. P. U. S. P.	04-12-82	1:1



MARCOS M. PAPIS	PROJ. MECÂNICO	
ESQUEMA DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO		
E. P. U. S. P.	04-12-82	S/ESC.



GRELHA

MARCOS M. PAPIS	PROJ. MECÂNICO	
ESQUEMA DO SISTEMA DE BASCULAMENTO		
E. P. U. S. P.	04-12-82	1:10