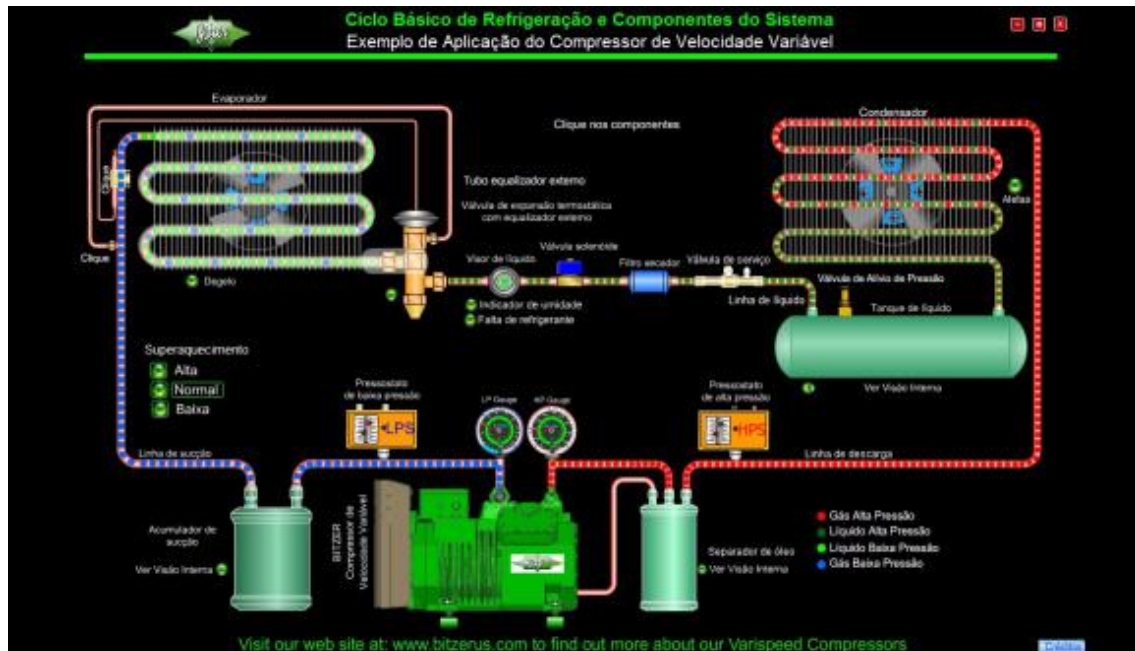


Projeto instalação de câmaras frias

www.jbpcursos.net



PROJETO – CÂMARA FRIA

DESENVOLVA O PROJETO FINAL CONFORME INSTRUÇÕES ABAIXO:

- 1- Um dono de supermercado deseja construir uma câmara fria de 8m x 4m x 3m para armazenagem de CARNE. A CARNE chega do distribuidor a uma temperatura de -10 graus Celsius e precisa ser conservado a uma temperatura de 20 graus negativo. A densidade do produto ou movimentação diária do frango é de 100 kg por metros quadrados.
- 2- Uma empresa deseja resfriar uma quantidade diária de 2000 kg de maçã. A Temperatura de entrada do produto de + 15 °C. A temperatura interna da câmara deve ser 2 graus Celsius. A cidade é Recife-PE. A densidade de iluminação é de 15W/m². O número de pessoas trabalhando na câmara é de 2 pessoas por um período de 6 horas. A temperatura externa do ar é de 32 graus Celsius e a UR é de 50% para o verão. Estime a carga térmica e selecione os componentes. Elabore um memorial descritivo simplificado. Represente a planta baixa da câmara e uma vista frontal mostrando a posição da unidade evaporadora e unidade condensadora.
- 3- Uma empresa deseja resfriar uma quantidade diária de 3000 kg de maçã. A Temperatura de entrada do produto de + 15 °C. A temperatura interna da câmara deve ser 2 graus Celsius. A cidade é Gravatá-PE. A densidade de iluminação é de 15W/m². O número de pessoas trabalhando na câmara é de 2 pessoas por um período de 6 horas. A temperatura externa do ar

é de 32 graus Celsius e a UR é de 50% para o verão. Estime a carga térmica e selecione os componentes. Elabore um memorial descritivo simplificado. Represente a planta baixa da câmara e uma vista frontal mostrando a posição da unidade evaporadora e unidade condensadora.

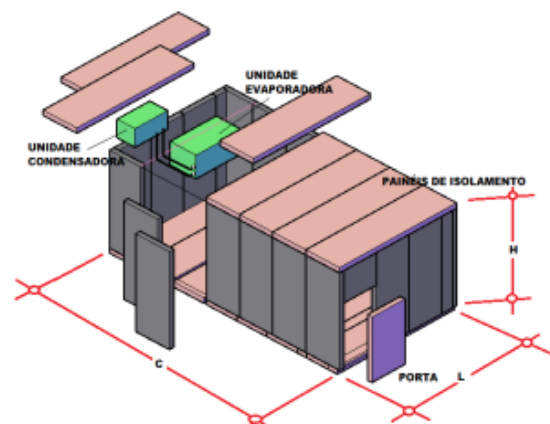
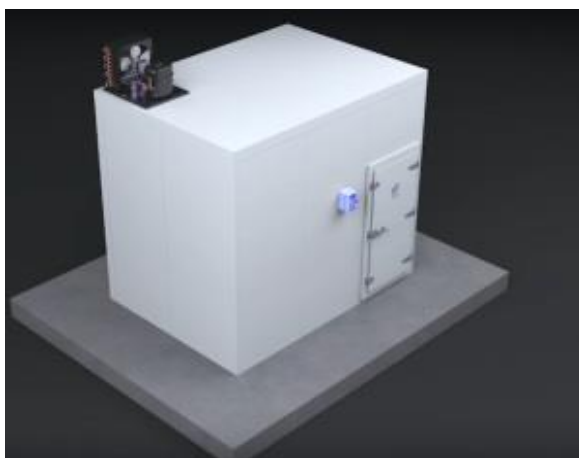
4- Um dono de supermercado localizado em Limoeiro-PE, deseja construir uma câmara fria de 5m x 3m x 3m para armazenagem de frango congelado. O frango chega do distribuidor a uma temperatura de -15 graus Celsius e precisa ser conservado a uma temperatura de -20 graus Celsius. A densidade do produto ou movimentação diária do frango é de 100 kg por metros quadrados. Estime a carga térmica e selecione os componentes. Considere 2 pessoas na câmara durante 6 horas por dia e uma densidade de iluminação de 15W por metros quadrados. Elabore um memorial descritivo simplificado. Represente a planta baixa da câmara e uma vista frontal mostrando a posição da unidade evaporadora e unidade condensadora.

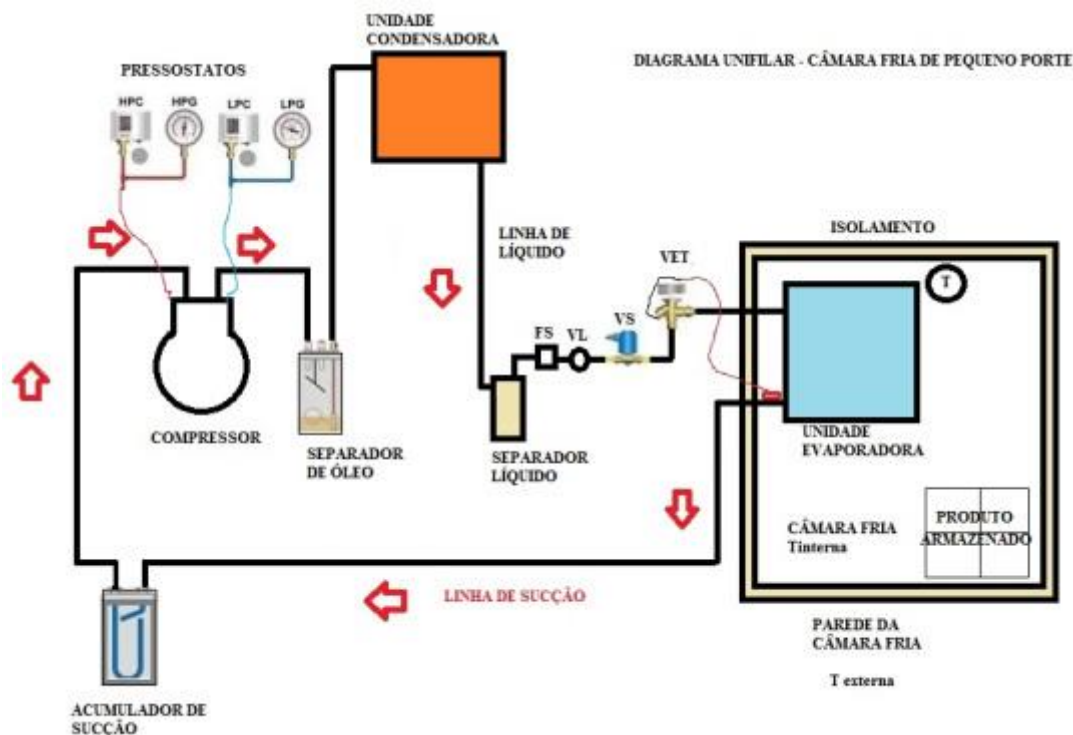
SOLUÇÃO PASSO A PASSO

- a) - Determine qual a capacidade de armazenamento da câmara
- b) - Determine qual a espessura e o tipo de isolamento
- c) - Calcule quantos painéis de isolamento são necessários.
- d) - Determine a temperatura interna da câmara e as temperaturas de evaporação e condensação do sistema.
- e) - Determine a capacidade exigida do equipamento de refrigeração utilizando a planilha de carga térmica. Considere que o degelo da câmara é elétrico.

CARGA TÉRMICA ESTIMADA

- 1- Selecione a unidade evaporadora a ser usada no projeto.
- 2- Selecione a unidade condensadora a ser usada no projeto.
- 3- Selecione a Válvula de expansão termostática
- 4- Determine os diâmetros das linhas de líquido da condensadora para a evaporadora (alta pressão) e da evaporadora para o compressor (baixa pressão).
- 5- Desenhe o diagrama de instalação da câmara fria com todos os acessórios da instalação: Condensadora, evaporadora, filtro secador; visor de líquido; válvula solenoide; válvula de expansão; separador de líquido; acumulador de sucção; termostato; pressostato.





EXEMPLO:

Um dono de supermercado deseja construir uma câmara fria de 8m x 4m x 3m para armazenagem de frango congelado. O frango chega do distribuidor a uma temperatura de -10 graus Celsius e precisa ser conservado a uma temperatura de 20 graus negativo. A densidade do produto ou movimentação diária do frango é de 100 kg por metros quadrados.

1- Determine qual a capacidade de armazenamento da câmara

R. A área da câmara é de 32 metros quadrados ($8m \times 4m = 32m^2$). Se a densidade tabelada é de 100 kg por metros quadrados tem-se uma regra de três simples para determinar a quantidade de frango estocada:

$$100 \text{ kg} = 1 \text{ metro quadrado}$$

$$x \text{ kg} = 32 \text{ metros quadrados}$$

$$x = 32 \cdot 100 = 3200 \text{ kg}$$

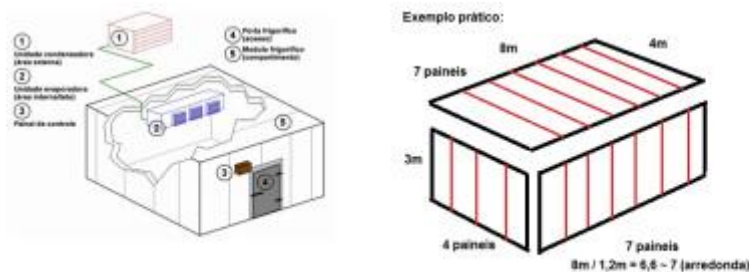
2- Determine qual a espessura e o tipo de isolamento.

Para CONGELADOS deve-se utilizar o isolante POLIURETANO (PUR) com 6 polegadas de espessura. Lembre-se que $6 \times 25,4\text{mm} = 152,4\text{mm}$ ou 15cm de paredes.

A pesquisa acima deve ser feita na internet.

3- Calcule quantos painéis de isolamento são necessários.

Lembre-se que cada painel de PUR para encaixar tem uma largura de 1,20 metros. Você precisa calcular os encaixes necessários para construção das 4 paredes, do teto e do piso.



Considerando os 4 lados, o piso e o teto temos 14 painéis de 4m de comprimento, 14 painéis de 3m de comprimento e 8 painéis de 3m de comprimento.

4- Determine a temperatura interna da câmara e as temperaturas de evaporação e condensação do sistema.

Para congelados – utilizamos temperatura de -20 graus Celsius para o interior da câmara. A temperatura do fluido R404a atravessando o evaporador é de -25 graus Celsius. Já a temperatura de condensação do fluido atravessando o condensador pode ser estimada em aproximadamente 38 graus Celsius. Considere Delta T aproximado de 6 graus entre o fluido e o interior da câmara fria. Lembre-se que a Temperatura do ar externo no verão está sendo assumida como sendo 32 graus Celsius.

5- Determine a capacidade exigida do equipamento de refrigeração utilizando a planilha de carga térmica. “ Ver internet”

Considere que o degelo da câmara é elétrico.

Procurar na internet passo a passo para calcular a carga térmica da câmara fria.

Há muitas planilhas disponíveis para realização do cálculo na internet. Veja alguns exemplos:

PLANILHA FRIGOFACIL.

PLANILHA SIMPLIFICADA DE CAMARA FRIA.

A planilha trabalha com algumas medidas pré-definidas. Mas permite que se calcule a carga térmica aproximada preenchendo o produto (congelados) e a movimentação diária de 3200 kg. Estima-se que essa câmara tenha uma carga térmica aproximada de 3.300 kcal/h. (**kcal/h** significa quilocalorias por hora. Uma quilocaloria equivale a 1.000 calorias. Uma caloria é definida como sendo o calor trocado quando a massa de um grama de água passa de 14,5°C para 15,5°C) . Utilize essa informação para selecionar as unidades evaporadoras e condensadoras.

6- Selecione a unidade evaporadora utilizando-se dos catálogos disponíveis na internet.

(Lembrando que não existe carga térmica exata. Exemplo: Para uma carga de 3300 kcal/h. Usa-se um valor mais próximo de 3580kcal/h).

Nomenclatura dos Modelos

Evaporador: BM (Brasil Médio Perli)

Abas por Polegada / Degelo:

- A = 7 / degelo natural ou ar
- E = 6 / degelo elétrico**
- L = 4 / degelo elétrico
- G = 5 / degelo a gás
- F = 4 / degelo a gás

Voltagem:

- B = 208-230/150/60
- C = 208-230/50/60
- E = 380/55/60

Capacidade para Di = 6°C. Multiplicar por 20 gr capacidade aprox. em Kcal/h

Temperatura de evaporação do R404A

2 - MODELOS BME/BML - 60Hz (Para 50 Hz multiplicar por 0,87)

Modelo	Capacidade nominal (Kcal/h)						Temperatura de evaporação (°C)		Voltagem	Frequência
	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C	-5°C	-30°C		
BME 100	1000	800	600	400	200	100	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 150	1500	1200	900	600	300	150	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 200	2000	1600	1200	800	400	200	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 250	2500	2000	1500	1000	500	250	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 300	3000	2400	1800	1200	600	300	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 350	3500	2800	2100	1400	700	350	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 400	4000	3200	2400	1600	800	400	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 450	4500	3600	2700	1800	900	450	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 500	5000	4000	3000	2000	1000	500	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 550	5500	4400	3300	2200	1100	550	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 600	6000	4800	3600	2400	1200	600	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 650	6500	5200	3900	2600	1300	650	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 700	7000	5600	4200	2800	1400	700	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 750	7500	6000	4500	3000	1500	750	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 800	8000	6400	4800	3200	1600	800	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 850	8500	6800	5100	3400	1700	850	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 900	9000	7200	5400	3600	1800	900	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 950	9500	7600	5700	3800	1900	950	-5	-30	208-230/150/60	60
BME 1000	10000	8000	6000	4000	2000	1000	-5	-30	208-230/150/60	60

Você deve encontrar também uma resistência elétrica de degelo para o modelo adotado no projeto.

4 - DADOS DOS MOTORES E RESISTÊNCIAS - BMA/BME/BML

Modelo	Potência		Corrente (A)		Resistência (BME, BML)		Quantidade	
	nominal	condensadora	nominal	condensadora	220V-50	220V-60	motor	resistência
BMA	100	100	4,0	4,0	11,5	8,0	1	0
BME	125	125	4,5	4,5	11,5	8,0	1	0
BML	150	150	5,0	5,0	11,5	8,0	1	0
BMA	200	200	6,0	6,0	11,5	8,0	1	0
BME	250	250	7,0	7,0	11,5	8,0	1	0
BML	300	300	8,0	8,0	11,5	8,0	1	0
BMA	350	350	9,0	9,0	11,5	8,0	1	0
BME	400	400	10,0	10,0	11,5	8,0	1	0
BML	450	450	11,0	11,0	11,5	8,0	1	0
BMA	500	500	12,0	12,0	11,5	8,0	1	0
BME	550	550	13,0	13,0	11,5	8,0	1	0
BML	600	600	14,0	14,0	11,5	8,0	1	0

Modelo	Potência nominal	Potência condensadora	Corrente nominal	Corrente condensadora	Resistência (BME, BML)	Quantidade
BMA	100	100	4,0	4,0	11,5	1
BME	125	125	4,5	4,5	11,5	1
BML	150	150	5,0	5,0	11,5	1
BMA	200	200	6,0	6,0	11,5	1
BME	250	250	7,0	7,0	11,5	1
BML	300	300	8,0	8,0	11,5	1
BMA	350	350	9,0	9,0	11,5	1
BME	400	400	10,0	10,0	11,5	1
BML	450	450	11,0	11,0	11,5	1
BMA	500	500	12,0	12,0	11,5	1
BME	550	550	13,0	13,0	11,5	1
BML	600	600	14,0	14,0	11,5	1



7- Selecione a unidade condensadora utilizando-se dos catálogos disponíveis na internet.

Você tem para R404A o modelo MHN040X6. Tem que entrar com a temperatura aproximada da evaporação, com a temperatura do ar externo de 32 graus Celsius e escolher uma capacidade aproximada de carga térmica em kcal/h. No caso usamos 3646.

COMPRESSORES HERMÉTICOS UNIDADE CONDENSADORA DE 1/2 A 6 HP

Dados de Desempenho - Média/Baixa Temperatura - R404A
Capacidade e Potência para 60Hz (Para 50 Hz multiplicar por 0,933)

Modelo	HP	Capacidade (kg/h)	Potência (kW)	Capacidade (kg/h)	Potência (kW)	Capacidade (kg/h)	Potência (kW)	Capacidade (kg/h)	Potência (kW)
MHN040X6	1/2	EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
MHN040X6	3/4	EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
MHN040X6	1	EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
MHN040X6	1 1/2	EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
MHN040X6	2	EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
MHN040X6	3	EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
MHN040X6	4	EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
MHN040X6	5	EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
MHN040X6	6	EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25
		EPIC	2	1200	0,25	1200	0,25	1200	0,25

Nota: As capacidades são baseadas nas seguintes condições:
- Temperatura de saturação a 18,3°C; Sub-resfriamento 3,3°C;
Q = Capacidade (kg/h)
P = Potência Consumida (kW)

8- Selecione a Válvula de expansão termostática

Você pode acessar um catálogo para fluido R404A. Para temperatura de evaporação aproximada entre -20 e -30. No caso -30 encontramos a capacidade de refrigeração (carga térmica em TR) aproximada de 1,0 a 1,4TR e obtemos a válvula. Nesse caso podemos usar a válvula de expansão termostática de equalização externa TADX 2,6. Veja que nos catálogos você tem os diâmetros das conexões adequadas.

Válvulas de Expansão/Expansion Valves

Tabela de Capacidade/Capacity Table

Refrigerante	Equivalência interna		Capacidade (TR) SAE a +18 °C				Fluxo LMD (gph)	Nota	
	Modelo	Código	SAE	SAE	SAE	SAE			
R22	SAE 6.4	00001104	SAE 6.4	00001104	0.8	0.8	0.8	10	Angster
	SAE 6.7	00001105	SAE 6.7	00001105	0.8	0.8	0.8	10	Angster
	SAE 7.1	00001106	SAE 7.1	00001106	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 7.5	00001107	SAE 7.5	00001107	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 7.9	00001108	SAE 7.9	00001108	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 8.3	00001109	SAE 8.3	00001109	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 8.7	00001110	SAE 8.7	00001110	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 9.1	00001111	SAE 9.1	00001111	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 9.5	00001112	SAE 9.5	00001112	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 9.9	00001113	SAE 9.9	00001113	1.1	1.1	1.1	10	Angster
R404A	SAE 6.4	00001114	SAE 6.4	00001114	0.8	0.8	0.8	10	Angster
	SAE 6.7	00001115	SAE 6.7	00001115	0.8	0.8	0.8	10	Angster
	SAE 7.1	00001116	SAE 7.1	00001116	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 7.5	00001117	SAE 7.5	00001117	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 7.9	00001118	SAE 7.9	00001118	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 8.3	00001119	SAE 8.3	00001119	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 8.7	00001120	SAE 8.7	00001120	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 9.1	00001121	SAE 9.1	00001121	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 9.5	00001122	SAE 9.5	00001122	1.1	1.1	1.1	10	Angster
	SAE 9.9	00001123	SAE 9.9	00001123	1.1	1.1	1.1	10	Angster

R = R22 and S = SAE
 Flange de operação: R22, R404A, R12 a 10 °C a -10 °C
 R22, R404A a 10 °C a -10 °C
 R = R22 and S = SAE
 Operating range: R22, R404A, R12 a 10 °C a -10 °C
 R22, R404A a 10 °C a -10 °C
 P1 P20 = Product Code Number

9- Determine os diâmetros das linhas de líquido Da condensadora para a evaporadora e da evaporadora para o compressor.

Para a sucção, considere um comprimento equivalente de linha de 15m. Decorrente do comprimento da tubulação e dos acessórios. Veja que é uma aproximação. Entre com a temperatura de evaporação aproximada e com a capacidade de refrigeração (carga térmica aproximada de 3750kcal/h e obtenha o diâmetro da tubulação de sucção como sendo 7/8 polegadas ou 22,2 mm. A conta é realizada da seguinte forma: $7 \times 25,4 / 8 = 22,2 \text{ mm}$.

Para a linha de líquido você pode utilizar um diâmetro ligeiramente menor, já considerando as conexões da Válvula de Expansão Termostática. No catálogo a seguir você pode dimensionar a linha de líquido.

10- Desenhe o diagrama unifilar com os acessórios da instalação e a câmara fria.

- a) filtro secador
- b) visor de líquidos
- c) válvula solenoide
- d) válvula de expansão
- e) separador de líquido
- f) acumulador de sucção
- g) termostato
- h) pressostato

ESTIMATIVA DA CARGA TÉRMICA DA CÂMARA FRIA:

Parcelas de carga térmica

Uma câmara fria ganha calor devido à infiltração de ar quente e úmido durante a abertura das portas para entrada e saída de alimentos, devido à transmissão através das paredes, piso e teto, devido à presença de pessoas e máquinas internas; devido à iluminação; devido ao produto que é armazenado. Veja detalhes destas parcelas.

Parcela de transmissão

Corresponde à quantidade de calor transmitida por condução através de paredes, tetos e pisos. Esta carga depende da área de troca, ou seja, a superfície total submetida à troca de calor. É importante um cuidado especial na escolha da espessura do isolamento térmico, de forma que a superfície do lado quente não atinja um valor baixo, pois poderá ocorrer uma condensação de vapor de água.

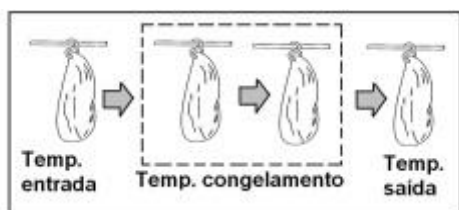
Parcela de Infiltração

É a parcela correspondente ao calor do ar que atinge a câmara através de suas aberturas. Toda vez que a porta é aberta, o ar externo penetra no interior da câmara, representando uma carga térmica adicional. Em câmaras frigoríficas com movimentação intensa e com

baixa temperatura, este valor aumenta tremendamente. Nesse caso, é fundamental a utilização de um meio redutor desta infiltração, tais como uma cortina de ar ou de PVC (em alguns casos, é recomendável a utilização das duas soluções em conjunto).

Parcela do Produto:

É a parcela correspondente ao calor devido ao produto que entra na câmara, sendo composto das seguintes partes: calor sensível antes do congelamento (resfriamento); calor latente de congelamento; calor sensível após o congelamento (congelamento); calor de respiração (só para frutas). O produto que entra na câmara deve ser resfriado até a temperatura de condicionamento, num tempo que é chamado de tempo de condicionamento. Temos duas condições a considerar: na primeira, o produto deverá ser congelado e, na segunda, deve ser resfriado. Na primeira condição o produto será primeiro resfriado, depois congelado e depois resfriado novamente. Há troca de calor sensível e latente. Na segunda condição, há apenas troca de calor sensível.



calor sensível $Q_s = m \cdot C_{\text{ANTES CONG}} \cdot \Delta T$	calor latente $Q_l = m \cdot L$	calor sensível $Q_{\text{SAC}} = m \cdot C_{\text{DEPOIS CONG}} \cdot \Delta T$
--	------------------------------------	--

Parcela decorrente de cargas diversas:

É a parcela de carga térmica devido ao calor gerado por iluminação, pessoas, motores e outros equipamentos. Os motores dos forçadores de ar são fontes de calor e também, de consumo de energia elétrica. Dentro do possível, deverão ser previstos meios de variar a vazão de ar em função da necessidade de carga térmica do sistema. Isso pode ser feito com a utilização de variadores de frequência ou de motores de dupla velocidade.

O cálculo de carga térmica é efetuado para um período de 24 h. Entretanto, devemos considerar um período de 16 a 20 horas de operação dos equipamentos, de forma a possibilitar o degelo, as eventuais manutenções e, também, possíveis sobrecargas de capacidade. Normalmente utiliza-se o cálculo para 18 horas de funcionamento.

Exemplo Resolvido 1:

Estime a carga térmica de uma câmara para a seguinte situação: Uma empresa deseja resfriar uma quantidade diária de 1000kg de lixo. A Temperatura de entrada do produto de + 32 °C. Assumir uma taxa de iluminação de 10 W/m² (mínimo de 100W); pessoas = 1 pessoa durante 2 horas dentro da câmara; cidade de Olinda-PE.

Para esse produto, a temperatura interna recomendada é de +2 °C.

	CARNES	LATICÍNIOS	VERDURAS	CONGELADOS	OVOS	FRUTAS	LIQ.	FLAVES ODE GEL.	FRANGO
TEMP. DE ENTRADA DO PRODUTO (°C)	+15	+15	+30	-10	+30	+10	+30	+10	+15
TEMP. INTERNA DA CÂMARA (°C)	+1	+2	+4	-18	0	+4	+2	+1	+1
	+2	+4	+6	-20	0	+6	+2	+2	+2
ESPESURA DO ISOLANTE (polígonos)	4	4	4	6	4	4	4	4	4
	[EPS]	[EPS]	[EPS]	[PUR]	[EPS]	[EPS]	[EPS]	[EPS]	[EPS]
Calor específico (kcal/kg.°C)	0,77	0,85	0,92	0,41	0,73	0,92	0,90	0,76	0,79
Movimentação diária em kg/m ² de área de piso	100	100	80	100	—	80	100	80	80
Calor de respiração (kcal/ton.) em 24h	—	—	500	—	—	500	—	—	—

A Localidade é Olinda-PE, cujas condições de verão são de 32 °C e umidade relativa de 60%. Para esse tipo de produto recomenda-se uma densidade de estocagem de 10 kg por metros quadrados (movimentação diária). Logo, fazendo-se uma regra de três, tem-se que a área da câmara é de 10 metros quadrados. Podemos definir as medidas da câmara

como sendo de 2m por 5m. Considere H = 2,5m. A área superficial da câmara é calculada a partir da soma das 6 faces da câmara (4 paredes, teto e piso). Esse valor total é de 55 metros quadrados. A diferença de temperatura entre o meio externo e o meio interno é de 30 graus.

A espessura do isolamento é obtida da tabela que recomenda o uso de poliestireno EPS de 4 polegadas para essa aplicação. Observamos que, para câmaras pequenas, considera-se que o movimento diário é igual à quantidade armazenada. O preenchimento da segunda parte da planilha de carga térmica é iniciado calculando-se as seis parcelas: penetração de calor pelas paredes, infiltração, produto, iluminação, motores e pessoas.

PRODUTOS	TEMPERATURA DE CONSERVAÇÃO °C	UMIDADE RELATIVA	TEMPO MÁX. DIAS	ESPESSURA DE ISOLAM. POLIURETANO mm	ESPESSURA DE ISOLAMENTO POLIESTIRENO mm
CARNE	0	88-92	30	75	100
CARNE CONGELADA	-18 / -25	85-95	360	150	200
FRANGO	0	80	5	75	100
FRANGO CONGELADO	-20 / -25	80	360	150	200
BANANA	+12	85	10	37,5	50
LARANJA	+1	85-90	360	75	100
MAÇA	0	85-90	150	75	100
PERA	+1	85-90	150	75	100
UVAS	+1	85-90	30	75	100

Para estimarmos a penetração, basta utilizarmos a equação de Fourier com um diferencial de temperatura de 30 graus, espessura de 0,10m e $k = 0,025 \text{ kcal/h.m}^\circ\text{C}$. Fazendo-se os cálculos obtém-se uma carga térmica de 9.900kcal em 24 horas. Ou seja, essa é a energia que penetra na câmara através das superfícies, mesmo sendo o isolamento de elevada qualidade. A área superficial utilizada é a obtida pela soma das áreas das 6 faces da câmara. Também pode ser calculado pela expressão: $Q = U.A.\Delta T$.

Para o cálculo da infiltração, considera-se que o calor removido para essa faixa de temperatura é de 17 kcal por metro cúbico, conforme recomendado pela tabela. para as condições internas de armazenamento. O volume da câmara é de 25 metros cúbicos. O valor de "n" a ser utilizado na Equação é obtido na Tabela para câmara com temperatura interna maior que zero grau.

Quilocalorias por m³ removido no resfriamento do ar para as condições de condicionamento ($T_i > 0$)

Temp. interna °C	Temperatura do ar entrando (°C)							
	25		30				35	
			UR %					
	50	60	70	80	90	95	50	60
15	3,85	4,44	5,87	5,71	8,52	10,5	11,9	13,4
10	6,35	7,71	9,12	7,61	11,7	13,7	14,1	16,9
5	8,26	10,6	12,0	12,8	14,5	16,5	16,9	19,3
0	11,7	13,1	14,4	15,2	17,0	18,9	19,3	21,7

Quilocalorias por m³ removido no resfriamento do ar para as condições de condicionamento ($T_i < 0$)

Temp. interna °C	Temperatura do ar entrando (°C)							
	5		10				25	
			UR %					
	70	80	70	80	90	95	50	60
0	2,19	2,68	3,39	3,87	12,0	13,4	15,3	17,3
-5	4,61	5,01	5,61	5,89	14,1	15,5	17,8	19,3
-10	6,07	6,87	7,37	7,66	15,8	17,1	19,2	20,9
-15	8,35	8,76	9,14	9,42	17,5	18,8	20,8	22,5
-20	10,2	10,6	10,9	11,2	19,1	20,5	22,4	24,2
-25	11,9	12,3	12,6	12,8	20,6	22,0	23,8	25,7
-30	13,6	14,0	14,1	14,4	22,2	23,5	25,4	27,1
-35	15,3	15,7	15,8	15,9	23,6	24,9	26,9	28,5
-40	16,9	17,3	17,4	17,5	25,0	26,3	28,3	29,9

Já a carga térmica decorrente do produto é apenas sensível, uma vez que o lixo não é congelado. O calor específico do lixo é encontrado na Tabela como sendo 0,80 kcal/kg°C. Para o cálculo da parcela devido à iluminação, considera-se uma potência de 100W instalada. Mas no cálculo é preciso considerar a lâmpada acesa apenas durante o tempo de permanência do operador da câmara, que é de duas horas. Para o cálculo considerando-se a conversão para kcal, tem-se:

$$Q = 100. 2. 3,6/4,186 = 172 \text{ kcal}$$

Já para estimar a carga térmica devido à pessoa, utilizamos a tabela, que fornece a informação de que uma pessoa libera 235 kcal por hora.

Calor de ocupação – pessoas dentro da câmara

Temperatura interna da câmara [°C]	calor dissipado [kcal/h]
+ 10	180
+ 5	210
0	235
- 5	260
-10	285
- 15	310
- 20	340
- 25	365

A carga térmica devido ao motor do forçador de ar é obtida, de forma aproximada, a partir da Tabela.

Calor dissipado devido a motores internos

Volume (m ³)	Calor dissipado pelos motores (kcal para 24h)
20	2500
40	5000
60	7500
80	10000

Para câmaras com temperatura interna acima de 2°C, normalmente utiliza-se degelo natural e número de horas de funcionamento como sendo 16h. Já para temperaturas internas abaixo de 2 °C, utiliza-se número de horas de 20h. A planilha é então preenchida e obtemos como carga térmica 2768 kcal/h.

Veja os resultados na Tabela de carga térmica.

FORMULÁRIO

produto: cidade:
 tempo de estocagem: TBS:
 T interna: UR:
 UR interna: densidade de estocagem:
 T entrada: isolante:
 k: espessura:
 movimento diário: quantidade armazenada:
 isolamento: COT:
 área superficial: volume:

condição ☐ **infiltração** ☐ **produto** ☐ **iluminação** ☐ **motores** ☐ **pessoas** ☐

condição: 9744 infiltração: 9010 produto: 22400 iluminação: 172 motores: 2500 pessoas: 470

k: 0,025 A: 55 dT: 30 dx: 0,1016 dT insol: 0 n: 21,2 V: 25 q removido: 17 m: 1000 c: 0 c dc: 0 Q resp: 0

como a câmara opera a devemos usar degelo: ☒ natural (N=39h) ☐ artificial (N=18 e 20h)

N= 16 horas

☐ congelamento completo ☐ somente para exercício para frango congelado e congelados como produto

Q total = 44290 kcal 185600 kJ 175899 Btu

Pr = 2768 kcal/h 3,2 kW 11074 Btu/h 0,9 TR

Exemplo Resolvido 2:

Uma empresa deseja resfriar uma quantidade diária de 3350 kg de maçã. A Temperatura de entrada do produto de + 25 °C. A temperatura interna da câmara deve ser ZERO grau

Celsius. A cidade é Gravatá-PE. A densidade de iluminação é de 15W/m². O número de pessoas trabalhando na câmara é de 2 pessoas por um período de 6 horas. A temperatura externa do ar é de 32 graus Celsius e a UR é de 50% para o verão.

a) A taxa de recomendação diária é de 80 kg/m². Logo, a área do piso é calculada como sendo $3.350 / 80 = 42$ metros quadrados. A câmara poderá ter medidas de 7m x 6m x 3m de altura

b) Os painéis podem ser escolhidos considerando-se POLIURETANO – modelo Frigo Painei – DÂNICA – espessura de 70mm. Poderia-se utilizar também EPS de 4 polegadas ou 100 mm

c) O número de painéis é calculado a partir da definição do tamanho total da câmara como sendo.

7m precisam de 6 painéis (de 3m de altura cada) para cada um dos 2 lados = 12

6m precisam de 5 painéis (de 3m de altura cada) para cada um dos 2 lados = 10

O teto precisa de 6 painéis de 6m de comprimento

O piso preciso de 6 painéis de 6m de comprimento

d) Para estimarmos a carga térmica devido à transmissão pelas paredes, piso e teto, basta utilizarmos a equação:

Considere área de troca = $2 \times (3 \times 6) + 2 \times (3 \times 7) + 2 \times (7 \times 6) = 162$ metros quadrados

Considere $U = 0,2838$

$Q = U \cdot A \cdot (T_e - T_i) = 0,2838 \cdot 162 \cdot (30 - 0) = 1362 \text{ Watt}$

Convertendo temos: $Q = 1362 \text{ W} \cdot 0,86 \cdot 24 = 28116 \text{ kcal}$

Considerou-se um período de 24 horas de uso para conversão para kcal, uma vez que Watts é Joule por segundo.

e) Considerando que a câmara está sendo construída dentro de um supermercado não há carga de radiação.

f) A infiltração do ar é calculada como sendo:

$Q = n \cdot \text{Volume} \cdot Q_{\text{removido}} = 87 \cdot 126 \cdot 15,5 = 169911 \text{ kcal}$

O valor de 15,5 é o número de trocas para essa condição – valor tabelado.

g) Carga térmica devido às pessoas:

$Q = 2 \text{ pessoas} \cdot 6 \text{ horas} \cdot 235 \text{ kcal/h} = 2820 \text{ kcal}$

h) Carga térmica devido aos motores dentro da câmara:

$Q = \text{Volume} \cdot 120 = 126 \times 120 = 15120 \text{ kcal}$.

i) Carga térmica devido à iluminação:

$Q = 15 \cdot 42 = 630 \text{ W}$

que convertidos fornece:

$Q = 630 \cdot 0,86 \cdot 6 = 3251 \text{ kcal}$.

Lembre-se que são só 6 horas de permanência com lâmpadas ligadas

j) Carga térmica devido ao produto:

$$Q1 = m \cdot c \cdot \Delta T = 3350 \cdot 0,91 \cdot (25 - 0) = 76212 \text{ kcal}$$

Não se deve congelar a maçã.

Calcule agora a carga térmica total somando-se todas as parcelas. Faça a consideração da carga de degelo dividindo o valor por 20 para degelo elétrico.

Pode-se também utilizar o programa SOFTWARE SR2011 DA HEATCRAFT

<http://heatcraft.com.br/index.php/br/software/selection-software>

<http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/b/bc/SetupSR2011.exe>

The screenshot shows the 'SR 2011' software window with four tabs: 'Dados Gerais', 'Carga Térmica', 'Seleção do Equipamento', and 'Interação'. The 'Carga Térmica' tab is active, displaying various input fields for thermal load calculation. Key inputs include: 'Temperatura interna' (8 °C), 'Tipo do Produto' (FUTURAS/VERDES), 'Produto' (MAÇÃ), 'Temp. Entrada do Produto na Câmara' (25 °C), 'Quantidade de Produto / dia' (3350 Kg), and 'Tempo de Processamento (h)' (24 h). The 'Interação' tab shows 'Número de Pessoas na Câmara' (2) and 'Tempo de permanência' (6). The 'Resultado' section shows 'Carga Térmica em BTU / h' and 'Carga Térmica em kcal / h'. A 'Calcular' button is at the bottom right.

Dados gerais de uma instalação – (sugestão):

Modelo da unidade evaporadora: Heatcraft BME 310

Potência elétrica das resistências = 7,7kW

Modelo da unidade condensadora: Heatcraft FRM 500h2dh

Válvula de expansão: TADX 4 – Emerson – Equalização externa – diâmetro de entrada 1/2" e de saída 5/8"

Linha de sucção = diâmetro de 7/8"

Linha de líquido = diâmetro de 3/8"

Visor de líquido – Emerson Modelo VU10 3/8" S

Filtro secador – Emerson – ADK 033S

Parte elétrica: O quadro elétrico empregado será do tipo trifásico 380V, de onde partirá a alimentação para a condensadora. As resistências de degelo serão também trifásicas 380V. Os ventiladores e evaporador serão alimentados por rede monofásica de 220V. Todos os equipamentos deverão ser protegidos por disjuntores, fusíveis e relés térmicos e acionados através por contactoras.

Diagrama de força:

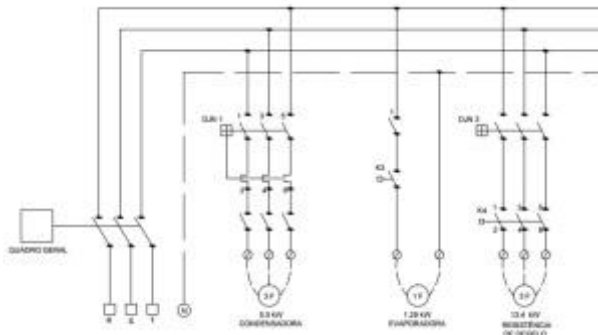
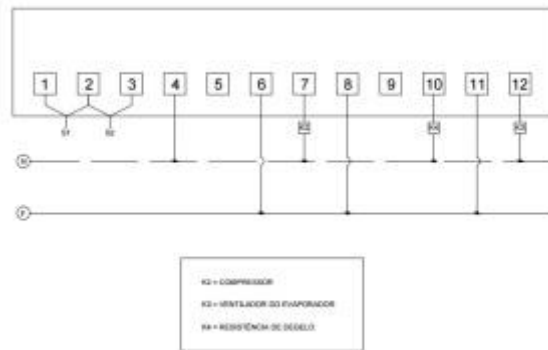
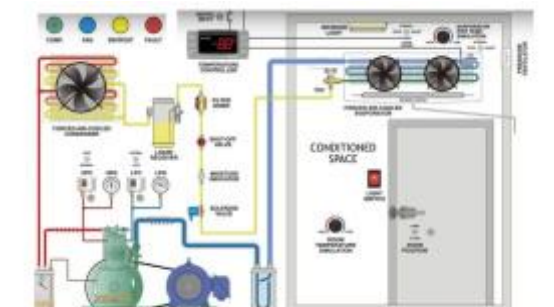


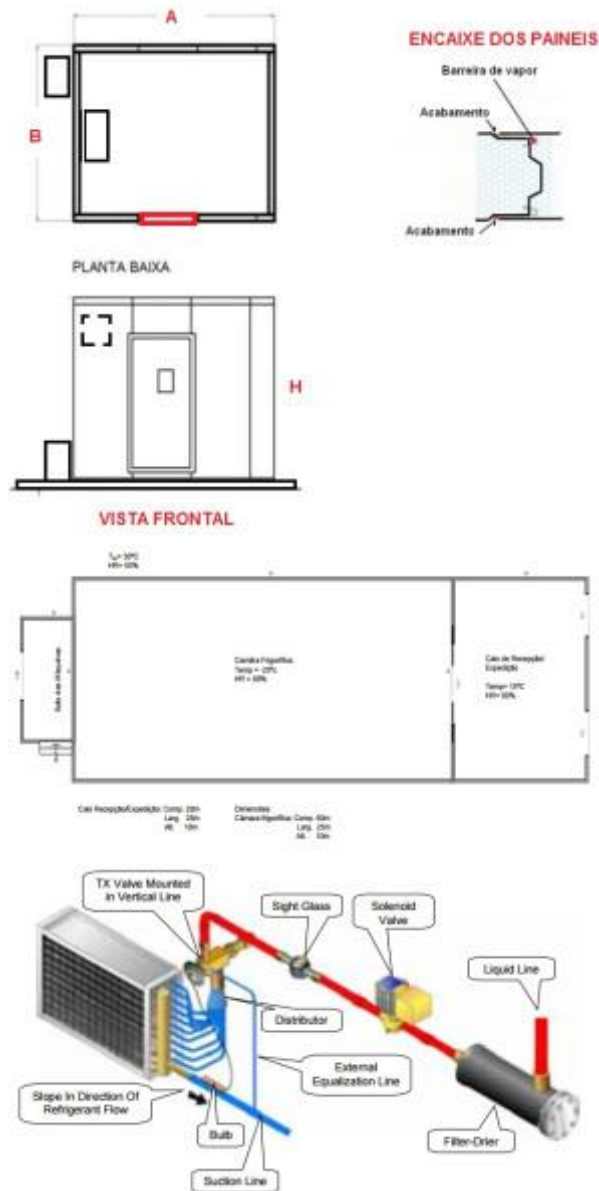
Diagrama de comando:



Veja manuais para seleção de componentes na internet:

Observe alguns desenhos para referência:





O projeto final de refrigeração deve seguir o seguinte roteiro:

- 1º) Estude os diagramas de comando das câmara frias:
- 2º) Observe os diagramas de força das câmara frias:
- 3º) Assista Vídeos para entender melhor o circuito e a montagem de câmaras frias: