



# USANDO O CARTÃO P-T COMO FERRAMENTA DE TRABALHO



**F**abricantes de refrigerantes, controles e outros produtos distribuem no mercado milhões de cartões de pressão e temperatura todos os anos, porém é muito raro encontrar um técnico que use estes cartões sabendo exatamente como se beneficiar deste instrumento.

São poucos os técnicos que usam o cartão P-T para diagnosticar apropriadamente os problemas de um sistema de refrigeração, mesmo estes cartões tão amplamente difundidos.

O propósito deste boletim não é somente demonstrar o uso apropriado da relação pressão-temperatura, porém pretende também ilustrar como este instrumento pode ser utilizado para analisar detalhadamente um sistema de refrigeração ou ar condicionado.

## O REFRIGERANTE NAS TRÊS FORMAS :

Antes de entrarmos propriamente no uso do cartão P-T vamos rever brevemente o sistema de refrigeração e examinar exatamente como a relação pressão-temperatura pode ser aplicada

O refrigerante num sistema de refrigeração estará em uma das seguintes formas:

1. Totalmente líquido
2. Totalmente vapor
3. Uma mistura de líquido e vapor

Figura 1

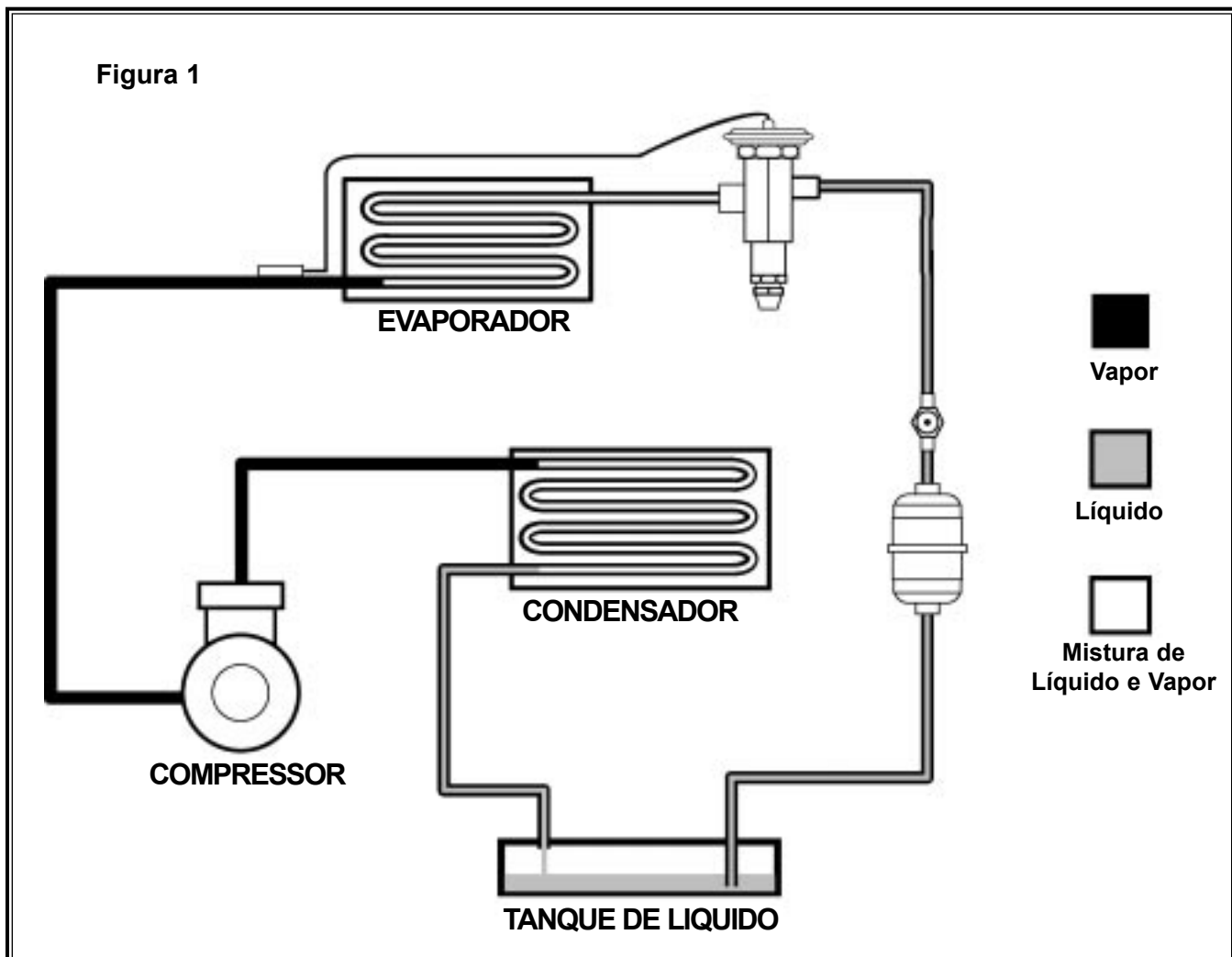


Figura 1 ilustra a forma na qual o refrigerante é encontrado nos vários pontos de um sistema de refrigeração operando normalmente.

Note que o lado de alta contém o refrigerante nas três formas listadas acima. A linha de descarga contém vapor. No condensador, onde o vapor se torna líquido, há uma mistura de líquido e vapor.

A linha entre o condensador e o tanque usualmente contém líquido, embora não seja difícil encontrarse algum vapor misturado ao líquido.

O tanque tem um nível de líquido em algum ponto e

fica claro que acima deste nível há vapor, portanto há uma mistura de vapor e líquido no tanque. A linha de líquido entre o tanque e a válvula de expansão termostática deverá conter somente líquido. Um visor de líquido é freqüentemente instalado nesta linha para ajudar a determinar se esta linha está completamente livre de vapor.

O lado de baixa normalmente conterá o refrigerante em somente duas das três formas que foram listadas anteriormente. Ou seja, o lado de baixa conterá vapor na linha de sucção e uma mistura de líquido e vapor da saída da válvula de expansão até proximamente a saída do evaporador.

## SE A RELAÇÃO P-T FOR VERDADEIRA O REFRIGERANTE ESTÁ “SATURADO”

Uma coisa importante a lembrar é que a relação pressão-temperatura como mostrada no cartão P-T é somente válida quando existir mistura de refrigerante na forma líquida e na forma de vapor.

Portanto há somente três lugares num sistema de refrigeração em operação normal onde a relação P-T é certamente válida. Estes lugares são o evaporador, o condensador e o tanque de líquido onde se sabe, com certeza, que existe a mistura de líquido e vapor.

Quando líquido e vapor se encontram juntos, esta condição é conhecida como sendo "saturada". Isto significa que se formos capazes de determinar a pressão de qualquer um destes pontos nós poderemos facilmente determinar a temperatura bastando somente se referir à pressão em um cartão P-T e ler a temperatura correspondente.

De outra forma se pudermos medir a temperatura de forma precisa poderemos determinar a pressão correspondente no cartão P-T.

## SE A RELAÇÃO P-T NÃO FOR VERDADEIRA, VAMOS ENCONTRAR SUPERAQUECIMENTO OU SUBRESFRIAMENTO

Nos pontos em que o sistema apresenta somente vapor, a temperatura real será maior que a indicada na relação P-T para a pressão que estamos medindo. A temperatura do vapor pode até ser a mesma da relação P-T, porém na prática ela é sempre maior.

Neste caso, a diferença entre a temperatura medida e a temperatura correspondente à pressão tomada no ponto em questão resulta no superaquecimento.

Quando se sabe que somente líquido está presente,

tal como na linha de líquido, a medida da temperatura será algo abaixo da temperatura correspondente à pressão tomada no ponto em questão.

Neste caso a diferença entre a temperatura medida e a temperatura correspondente à pressão tomada no ponto é o subresfriamento.

Novamente, é possível encontrar que a temperatura real medida seja igual à da relação P-T, neste caso considerase que o subresfriamento é igual a zero.

## ENCONTRANDO REFRIGERANTE SATURADO, SUPERAQUECIDO E SUBRESFRIADO EM UM SISTEMA REAL.

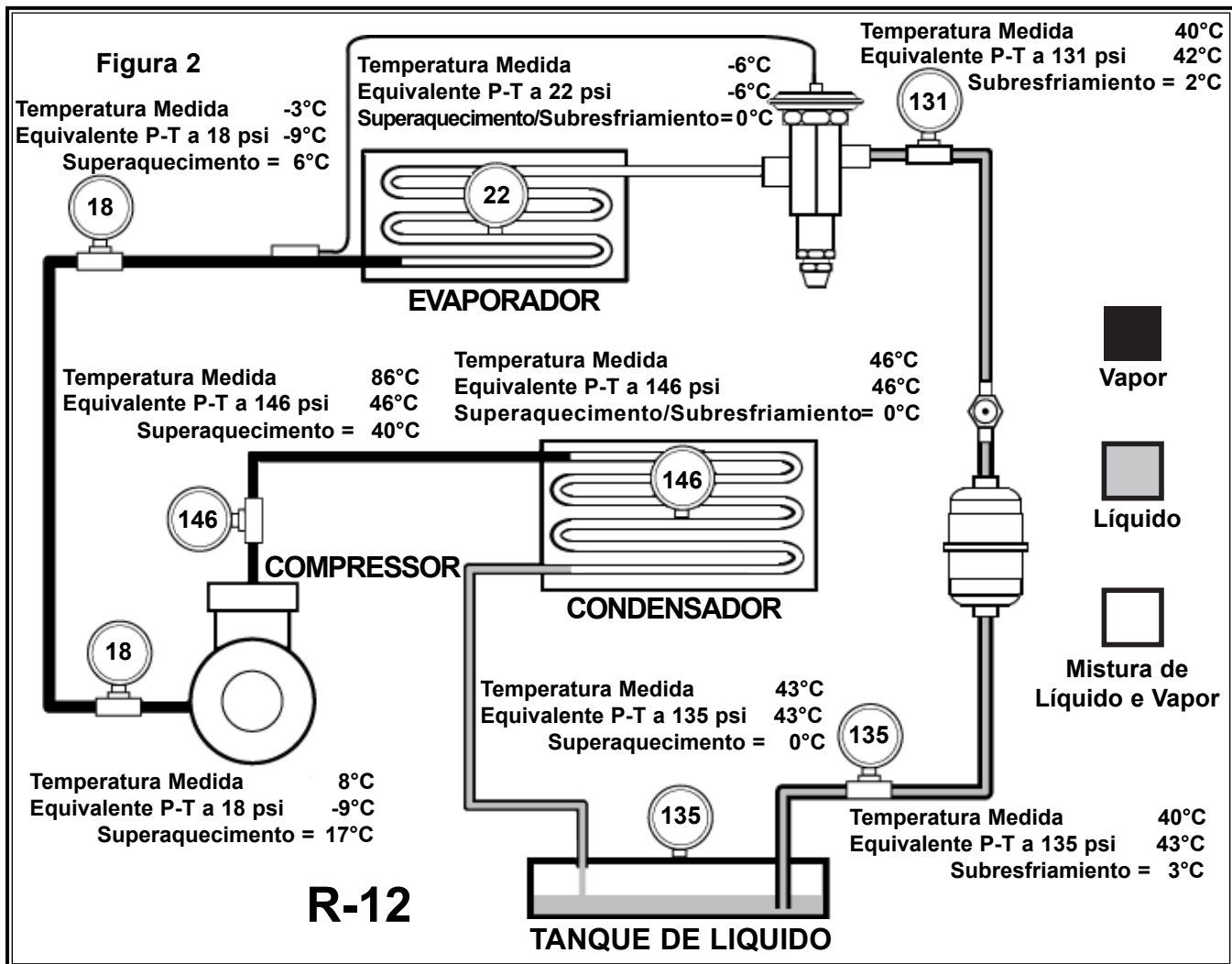
A figura 2 mostra alguns pontos de medição reais ao longo de um sistema operando normalmente e usando R-12 o que nos dá uma visão mais precisa da condição do refrigerante nos vários pontos do sistema. A temperatura medida na entrada do evaporador é -6°C. Um manômetro instalado neste ponto indica a pressão de 22 psi. 22 psi no cartão P-T indica a temperatura de -6°C - a mesma que foi medida. Isto é o que se esperava uma vez que líquido e vapor estão juntos e a relação P-T é válida.

Um manômetro instalado na linha de sucção mede 18 psi. Se neste ponto houvesse uma mistura de líquido e vapor a temperatura medida seria a mesma da relação P-T, ou seja, -9°C. Contudo a medida real neste caso é -3°C.

Portanto a quantidade de superaquecimento no vapor neste ponto é a diferença entre a temperatura medida de -3°C e a temperatura indicada no cartão P-T de -9°C. O superaquecimento neste caso é de 6°C.

Se também medirmos 18 psi na entrada do compressor com uma temperatura medida de 8°C, nosso superaquecimento neste caso seria 17°C, calculado por subtração da temperatura equivalente a 18 psi [-9°C] da temperatura realmente medida no ponto de 8°C.

Vamos agora examinar o manômetro que instalamos no meio do condensador o qual marca 146 psi. De acordo com o cartão P-T a temperatura será de 46°C e esta é a temperatura que deveríamos ser capazes



de medir se pudéssemos colocar um termopar no refrigerante neste mesmo ponto onde ele está se transformando de vapor em líquido. Em outras palavras, não existe diferença entre a temperatura medida e a lida no cartão P-T. Pode-se dizer que o superaquecimento é zero e que o subresfriamento é zero também. A esta condição também nos referimos como sendo "saturada".

No nosso exemplo nós também medimos 146 psi na linha de descarga do compressor. A temperatura medida neste ponto é de  $86^{\circ}\text{C}$ . Calculando o superaquecimento da mesma maneira que foi feito na linha de sucção, (diferença entre a temperatura medida e a obtida no cartão P-T) determina-se que o superaquecimento é de  $40^{\circ}\text{C}$ .

Quando um sistema usa um tanque de líquido, pode não haver subresfriamento na superfície do líquido dentro do tanque. A razão para isso é que quando há líquido e vapor juntos o refrigerante deve seguir a

relação P-T, ou seja, o refrigerante tem que estar "saturado". No nosso exemplo a pressão medida no tanque é de 135 psi, portanto o refrigerante dentro do tanque tem que estar a  $43^{\circ}\text{C}$ .

Uma vez que tenhamos uma coluna "sólida" de líquido, o subresfriamento pode ser obtido baixando a temperatura do líquido através do uso de um intercambiador de calor, um "subcooler" ou do ar de um ambiente com temperatura mais baixa ao redor da tubulação da linha de líquido.

Subresfriamento é uma temperatura mais baixa na relação P-T. Na nossa ilustração -Figura 2 - um subresfriamento de  $2^{\circ}\text{C}$  e de  $3^{\circ}\text{C}$  foram encontrados em dois pontos.

É importante manter o líquido subresfriado na linha de líquido para prevenir a formação de "flash" de gás na linha de líquido e que este possa atingir a válvula de expansão termostática.

Com o uso do cartão P-T nós devemos ser capazes de determinar o estado do refrigerante em qualquer ponto do sistema medindo a temperatura e a pressão e observando as seguintes regras:

1. Líquido e vapor estão presentes em conjunto quando a temperatura medida corresponde à relação P-T (é teoricamente possível ter líquido saturado ou vapor saturado, porém na prática num sistema em operação deve-se assumir que "algum" líquido ou vapor estão presentes nestas condições).
2. Encontra-se vapor superaquecido quando a temperatura medida está acima da temperatura correspondente à relação P-T. A "quantidade" de superaquecimento é indicada pela diferença entre as temperaturas.
3. Encontra-se líquido subresfriado quando a temperatura medida está abaixo da temperatura correspondente à relação P-T. A "quantidade" de subresfriamento é indicada pela diferença entre as temperaturas.

## LIMITAÇÕES PRÁTICAS À LOCALIZAÇÃO DOS MANÔMETROS

Na nossa ilustração nós colocamos manômetros em pontos que nem sempre é possível ou prático colocar em sistemas reais. Por causa disso devemos, com muita frequência, fazer deduções e "chutes" quando trabalhamos com sistemas reais.

Como exemplo, nós assumimos normalmente que 145 psi medidos no manômetro instalado na descarga do compressor é também a pressão que existe no condensador. Ou seja, estamos assumindo que não há perda de pressão entre a descarga do compressor e o condensador. Por esta razão é que chegamos a uma temperatura de condensação de 46°C. Se a linha de descarga for subdimensionada ou possuir qualquer outra restrição não poderemos assumir o que foi afirmado acima e outras tomadas de pressão talvez sejam necessárias a fim de localizar pontos problemáticos.

É também prática comum assumir que a pressão medida na válvula de sucção do compressor é a mesma pressão que existe na saída do evaporador no local onde se encontra o bulbo sensor da válvula de expansão. Isto é verdade em sistemas de pequenas dimensões e quando se sabe que a linha de sucção tem o dimensionamento ideal. Assumindo esta aproximação como correta podemos determinar o superaquecimento da válvula de expansão sem instalar uma tomada de pressão extra no local do bulbo. Contudo, para eliminar qualquer dúvida sobre o total de perda

de pressão na linha de sucção e de ser absolutamente preciso na determinação do superaquecimento da válvula de expansão um manômetro tem que ser instalado na linha de sucção próximo ao local do bulbo sensor.

Deve-se tomar cuidado em relação a perda de pressão no sistema. Pode-se detectar perda de pressão excessiva usando os princípios da relação P-T. Por exemplo, na figura 2 com os manômetros instalados somente na sucção e descarga do compressor e lendo o que está indicado, uma perda de pressão significativa através do evaporador seria indicada pela alta temperatura de, digamos, 10°C medida na entrada do evaporador o que corresponderia a uma pressão medida neste ponto de 47 psi para uma diferença de pressão de 29 psi da entrada do evaporador à entrada do compressor (47 psi menos 18 psi). Enquanto isto seria considerado excessivo num evaporador de circuito simples, lembramos que em evaporadores de circuitos múltiplos e com uso de distribuidor de líquido, que no caso do R-12, a perda de pressão chega a ser de até 25 psi somente no distribuidor.

Isto significa que com o uso de distribuidor de líquido a temperatura medida entre a saída da válvula de expansão termostática e a entrada do distribuidor de aproximadamente 10°C não seria anormal no sistema ilustrado na figura 2.

## CHECANDO OS GASES NÃO CONDENSÁVEIS

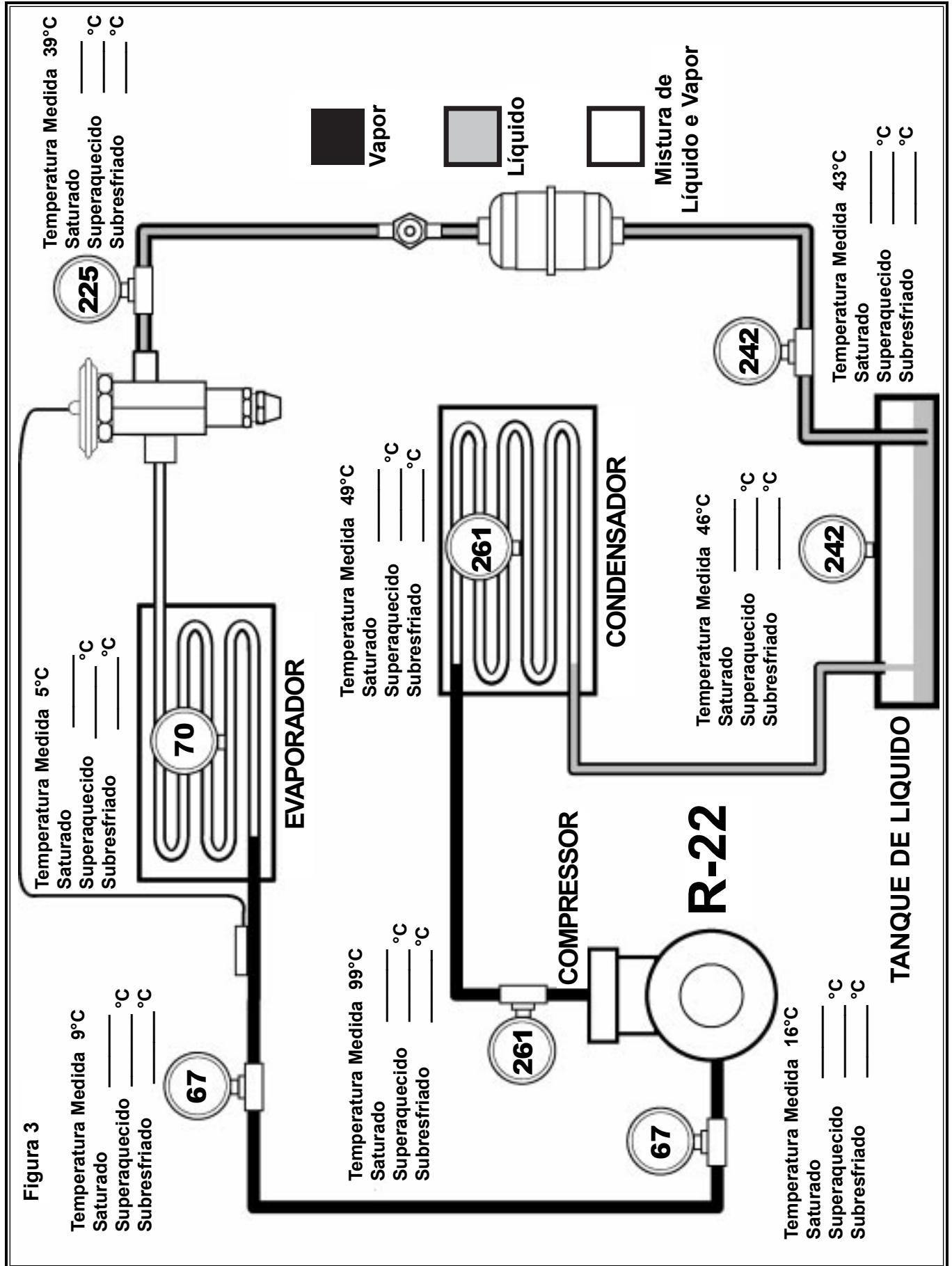
O uso apropriado da relação P-T pode ser útil na descoberta da presença de gases não condensáveis ou ar. Isto seria revelado pela medida de temperatu-

ra no condensador ou pela temperatura do fluido usado para condensação sendo muito mais baixo do que o indicado pela relação P-T

TESTE SEUS CONHECIMENTOS NA RELAÇÃO P-T

A figura 3 é um exercício para testar seus conhecimentos no uso do cartão (relação) P-T. A pressão e a temperatura são mostradas em vários pontos no sistema. Marque o quadrado que indica a condição em que o refrigerante se encontra em cada ponto. No caso de vapor superaquecido e líquido subresfriado, indique a "quantidade" de cada nos espaços da figura.

Vácuo- Polegadas de HG		SPORLAN		CARTÃO DE PRESSÃO E TEMPERATURA		SPORLAN		Pressão manométrica - psig	
Itálico								Negrito.	
TEMPE- RATURA °C	REFRIGERANTE (CÓDIGO SPORLAN)		TEMPE- RATURA °C	REFRIGERANTE (CÓDIGO SPORLAN)		REFRIGERANTE (CÓDIGO SPORLAN)	REFRIGERANTE (CÓDIGO SPORLAN)	REFRIGERANTE (CÓDIGO SPORLAN)	REFRIGERANTE (CÓDIGO SPORLAN)
	R-22(V)	R-410(Z)		R-22(V)	R-410(Z)				
-50	10.9	0.4	15.1	18.3	21.1	-10	36.8	68.6	30.9
-48	8.9	2.1	13.4	17.1	20.0	-9	38.6	71.5	32.6
-46	6.7	3.9	11.5	15.8	18.9	-8	40.5	74.6	34.4
-44	4.3	5.8	9.5	14.3	17.6	-7	42.5	77.7	36.3
-42	1.7	7.9	7.2	12.7	16.2	-6	44.4	80.8	38.2
-40	0.5	10.1	4.8	11.0	14.7	-5	46.5	84.1	40.2
-39	1.3	11.3	3.5	10.1	13.9	-4	48.6	87.4	42.2
-38	2.0	12.5	2.2	9.1	13.0	-3	50.8	90.8	44.2
-37	2.8	13.7	1.8	8.2	12.1	-2	53.0	94.3	46.4
-36	3.6	15.1	0.3	7.1	11.2	-1	55.2	97.9	48.6
-35	4.5	16.5	1.0	6.1	10.3	0	57.5	101.6	50.9
-34	5.3	17.9	1.8	5.0	9.3	1	59.9	105.3	53.1
-33	6.2	19.3	2.6	3.9	8.2	2	62.4	109.1	55.6
-32	7.1	20.8	3.4	2.7	7.2	3	64.9	113.1	58.0
-31	8.1	22.4	4.3	1.5	6.1	4	67.4	117.1	60.5
-30	9.1	24.0	5.2	0.2	4.9	5	70.0	121.2	63.1
-29	10.1	25.7	6.1	0.48	3.7	6	72.7	125.5	65.8
-28	11.2	27.4	7.0	1.14	2.4	7	75.5	129.8	68.5
-27	12.2	29.2	8.0	1.81	1.1	8	78.3	134.2	71.3
-26	13.4	31.0	9.0	2.51	0.1	9	81.2	138.7	74.1
-25	14.5	32.9	10.1	3.2	0.8	10	84.1	143.3	77.1
-24	15.7	34.8	11.2	4.0	1.5	11	87.1	148.0	99.8
-23	17.0	36.8	12.3	4.7	2.2	12	90.2	152.8	103.2
-22	18.2	38.8	13.5	5.5	3.0	13	93.3	157.7	106.8
-21	19.5	41.0	14.7	6.3	3.8	14	96.5	162.7	110.4
-20	20.9	43.1	15.9	7.2	4.6	15	99.8	167.8	114.1
-19	22.3	45.4	17.2	8.0	5.4	16	103.2	173.0	117.9
-18	23.6	47.7	18.6	8.9	6.3	17	106.6	178.4	121.7
-17	25.1	50.1	19.9	9.8	7.2	18	110.1	183.8	125.7
-16	26.6	52.5	21.4	10.8	8.1	19	113.7	189.4	129.7
-15	28.2	55.0	22.8	11.8	9.1	20	117.3	195.1	133.8
-14	29.8	57.6	24.3	12.8	10.1	21	121.1	200.8	138.0
-13	31.5	60.2	25.9	13.8	11.1	22	124.9	206.8	142.3
-12	33.2	63.0	27.5	14.8	12.2	23	128.8	212.8	146.7
-11	35.0	65.7	29.1	15.9	13.3	24	132.7	218.9	151.1
Para determinar subresfriamento para o refrigerante 407C use os valores de PONTO CRÍTICO (temperaturas acima 10 °C - Fundo cinza);									
Para determinar superaquecimento para o refrigerante 407C use os valores de ESTADO SATURADO (temperaturas 10°C e abaixo)									
	R-22(V)	R-410A(Z)	R-407C(N)	R-12(F)	R-134a(J)		R-22(V)	R-410A(Z)	R-407C(N)
	136.8	225.2	155.7	79.7	81.8		136.8	225.2	155.7
	140.8	231.6	160.3	82.3	84.7		140.8	231.6	160.3
	145.0	238.1	165.0	84.9	87.7		145.0	238.1	165.0
	149.3	244.8	169.9	87.6	90.7		149.3	244.8	169.9
	153.8	251.5	174.8	90.4	93.8		153.8	251.5	174.8
	158.2	258.5	179.8	93.2	97.0		158.2	258.5	179.8
	162.8	265.5	184.9	96.0	100.2		162.8	265.5	184.9
	167.4	272.7	190.2	98.9	103.6		167.4	272.7	190.2
	172.1	280.0	195.5	101.9	106.9		172.1	280.0	195.5
	177.0	287.5	200.9	105.0	110.4		177.0	287.5	200.9
	181.9	295.1	206.4	108.0	113.9		181.9	295.1	206.4
	186.9	302.8	212.0	111.2	117.6		186.9	302.8	212.0
	192.0	310.7	217.8	114.4	121.2		192.0	310.7	217.8
	197.2	318.7	223.6	117.6	125.0		197.2	318.7	223.6
	202.3	326.9	229.5	121.0	128.8		202.3	326.9	229.5
	207.8	335.2	235.6	124.4	132.7		207.8	335.2	235.6
	213.3	343.7	241.7	127.8	136.7		213.3	343.7	241.7
	218.9	352.4	248.0	131.3	140.8		218.9	352.4	248.0
	224.5	361.2	254.4	134.9	144.9		224.5	361.2	254.4
	230.3	370.1	260.9	138.5	149.2		230.3	370.1	260.9
	236.2	379.3	267.5	142.2	153.5		236.2	379.3	267.5
	242.2	388.6	274.2	146.0	157.9		242.2	388.6	274.2
	248.3	398.0	281.0	149.8	162.4		248.3	398.0	281.0
	254.5	407.7	288.0	153.7	167.0		254.5	407.7	288.0
	260.8	417.5	295.0	157.7	171.7		260.8	417.5	295.0
	267.2	427.4	302.2	161.7	176.4		267.2	427.4	302.2
	273.7	437.6	309.5	165.9	181.3		273.7	437.6	309.5
	280.3	447.9	317.0	170.0	186.2		280.3	447.9	317.0
	287.1	458.5	324.5	174.3	191.2		287.1	458.5	324.5
	293.9	469.2	332.2	178.6	196.4		293.9	469.2	332.2
	300.9	480.1	340.0	183.0	201.6		300.9	480.1	340.0
	308.0	491.2	347.9	187.4	206.9		308.0	491.2	347.9
	315.2	502.5	356.0	192.0	212.3		315.2	502.5	356.0
	322.5	514.0	364.2	196.6	217.8		322.5	514.0	364.2
	329.9	525.7	372.5	201.3	223.4		329.9	525.7	372.5





# ACAL

*Your Source For Quality Components*

**ACAL plc  
HEAD OFFICE  
Peter Hogan**

Acal House ~ Guildford Road  
Lightwater ~ Surrey GU18 5SA  
United Kingdom  
Tel: (44) 1 27 647 4406  
Fax: (44) 1 27 647 4835  
E-mail: phogan@acalplc.co.uk

**International Sales Headquarters**  
(excluding Europe & Japan)

**AUSTRALIA OFFICE  
John Bennett**

13 Boundary Road, Harkaway  
Victoria Australia 3806  
Tel: (65) 39 796 9546  
Fax: (65) 39 796 9547  
E-mail: johnbennett@bigpond.com

**CHINA OFFICE  
Zhu Gao De**

Rm.402, No.137, Mei Long Yi Cun  
Shanghai 200237, P.R. of China  
Tel: (86) 21 6454 8822  
Fax: (86) 21 6454 0974  
E-mail: zhugaode@public6.sta.net.cn

**ACAL NEW YORK INC  
Helen Rosalia**

10 Cutter Mill Road, Suite 203  
Great Neck, New York 11021  
Tel: (1) 516 487 9870  
Fax: (1) 516 487 9342  
E-mail: acal@acalny.com



**BRAZIL OFFICE  
Hugo Dalla Zanna**

Rua Peru, 130CEP 13566-620  
Sao Carlos, SP, Brazil  
Tel: (55) 16 261 1305  
Fax: (55) 16 261 2729  
E-mail: acalnybr@linkway.com.br

**FLORIDA OFFICE  
Mike Rivera**

11533 N.W. 49th. Court  
Coral Springs, Florida 33076  
Tel: (1) 954 345 8278  
Fax: (1) 954 255 6468  
E-mail: merredvc@worldnet.att.net

**INDIA OFFICE  
Joe Thomas**

39/5145 - Panampilly Nagar  
Cochin - 682036, India  
Tel: (91) 484 31 0082  
Fax: (91) 484 31 0006  
E-mail: acal@md2.vsnl.net.in

**SINGAPORE OFFICE  
Tony Koh**

Tampines Central  
P.O. Box 400, Singapore 915214  
Tel: (65) 546 5461  
Fax: (65) 546 5462  
E-mail: tonykoh@pacific.net.sg

**FRANCE OFFICE  
ACAL S.A  
Eliane Emerit**

Zone d'Activite des Marais  
1 Avenue Louison Bobet BP 64  
94122 Fontenay-Sous-Bois, Cedex, France  
Tel: (33) 1 4514 7300  
Fax: (33) 1 4877 6230  
E-mail: acr@acal.fr

**European Sales Headquarters**  
(excluding France, Germany, & Italy)

**ACAL AURIEMA LIMITED  
Angus Macintosh**

442 Bath Road  
Slough, Berkshire SL1 6BB  
England  
Tel: (44) 1 62 860 4353  
Fax: (44) 1 62 866 9358  
E-mail: ref@acal-auriema.co.uk

**GERMANY OFFICE  
ACAL GMBH  
Elke Villhauer**

Fischeracker 2  
74223 Flein/Heilbronn, Germany  
Tel: (49) 7 131 5810  
Fax: (49) 7 131 5812 90  
E-mail: e.villhauer@acal.de

**ITALY OFFICE  
ACAL ITALIA SRL  
Alberto Bucciatti**

Viale Milanofiori, Palazzo E1  
20090 Assago, (Milano), Italy  
Tel: (39) 02 824 2112  
Fax: (39) 02 575 1176 1  
E-mail: info@acalitalia.it