

O compressor de ar é medido em volume ou massa?

Qual o real significado da expressão “Nm³/h – Normal Metro Cúbico por Hora” –, que define a capacidade de vazão de um compressor de ar?



Hideo Hiro

Responda rápido: em que padrão é medida a capacidade de um compressor de ar? Em massa ou em volume?

Se você respondeu que a capacidade de um compressor de ar é medida em massa, parabéns, mas desde que ar comprimido seja usado diretamente em processo – reação química, por exemplo. É nesse caso que sua capacidade é expressa em Nm³/h ou Normal Metro Cúbico por Hora.

Mas se você respondeu volume, não se desespere: também está certo, desde que o ar comprimido seja usado como utilidade – produção de ar comprimido, por exemplo. Nesse caso específico, necessita-se de determinado volume de ar a determinada pressão.

Essa confusão ocorre com muita frequência, infelizmente. Exatamente porque quando se fala em compressor algumas vezes necessita-se de volume de ar e em outras vezes, de massa de ar. Não se esqueça: tudo depende da aplicação.

É exatamente para diferenciar a necessidade de ar comprimido em massa e em volume que é utilizado o prefixo “N” de Normal antes da unidade de medida m³/h.

Espero que após ler este artigo, esteja claro para você o significado da expressão “Nm³/h – Normal Metro Cúbico por Hora”. Isso é importante porque eventualmente somos solicitados a oferecer compressores de diferentes capacidades para uma mesma aplicação e uma mesma demanda, em função da má interpretação dessa expressão. E isso ocasiona claros prejuízos ao investidor.

CONSIDERAÇÕES GERAIS – Quando o ar comprimido estiver sendo empregado como “utilidade” (ar de

serviço e de instrumentação), o que necessitamos para tais aplicações é de volume de ar a determinada pressão.

Porém, quando este mesmo ar comprimido estiver sendo utilizado diretamente em processo (exemplo: reação química), necessita-se de determinada massa de ar a dada pressão para se obter massa de produto final. Por isso, quando o compressor é usado para processo, a especificação da sua capacidade é dada em kg/h (vazão em massa), ou “Nm³/h” (vazão em volume para transformar em massa).

Ultimamente, temos recebido consultas de compressores de ar com a capacidade expressa em “Nm³/h”, independentemente do seu uso, e para correta seleção do equipamento há necessidade da sua transformação para as condições locais, onde o mesmo será instalado.

DEFINIÇÕES – Apesar das várias interpretações dadas à expressão “Nm³/h”, a mais utilizada é aquela definida pela Lei dos Gases Perfeitos, ou seja, é referente à Condição Normal de Pressão e Temperatura (CNPT).

Em literaturas americanas é utilizada a expressão “SCFM – Standard Cubic Feet per Minute” para definir a condição “Standard”, ou também chamado de “Normal”, ocasionando com isso grande confusão com relação ao “Normal” definido acima.

Para evitarmos dúvidas, definiremos as duas expressões como sendo:

- Nm³/h – Referido a:
 - ⇒ Pressão atmosférica ao nível do mar (1,033 kg/cm² abs)
 - ⇒ Temperatura de 273°K (0°C)
 - ⇒ Umidade relativa: zero (seco)
- SCFM – Referido a:
 - ⇒ Pressão atmosférica ao nível do mar (14,7 psia)

- ⇒ Temperatura de 60°F (15.6°C)
- ⇒ Umidade relativa: zero (seco)

FÓRMULAS PARA CONVERSÃO

1) Para converter de Nm³/h para m³/h: (1)

$$\text{Nm}^3/\text{h} = \text{m}^3/\text{h} \times \frac{273}{273 + t1} \times \frac{P1 - (Rh \times Pv)}{1,033}$$

onde:

- t1 = Temperatura de entrada do ar em °C
- P1 = Pressão de entrada do ar na flange de admissão do compressor em kg/cm² abs
- Rh = Umidade relativa em %
- Pv = Pressão parcial do vapor de água em kg/cm² abs

Obs.:

- O número 273 no numerador da primeira fração é em função de estarmos considerando zero graus Celsius (273 + 0°C).
- O número 1,033 no denominador da segunda fração é a pressão barométrica ao nível do mar em kg/cm² abs.

2) Para converter de SCFM para CFM (2)

$$\text{SCFM} = \text{CFM} \times \frac{520}{460 + t1} \times \frac{P1 - (Rh \times Pv)}{14,7}$$

onde:

- t1 = Temperatura de entrada do ar em °F
- P1 = Pressão de entrada do ar na flange de admissão do compressor em psia
- Rh = Umidade relativa em %
- Pv = Pressão parcial do vapor de água em psia

Obs.:

- O número 520 no numerador da primeira fração é em função de estarmos considerando a temperatura do ar a 60°F (460 + 60°F).
- O número 14,7 no denominador da segunda fração é a pressão barométrica ao nível do mar em psia.

3) Conversão de SCFM para Nm³/h

$$\text{Nm}^3/\text{h} = 1,6077 \times \text{SCFM}$$

Exemplificando:

Descrevemos, a seguir, os cálculos necessários para transformar a vazão de ar de processo dada em Nm³/h para Descarga Livre Efetiva em m³/h na escolha de um compressor.

· Capacidade do compressor: 1.400 Nm³/h

· Condições locais:

⇒ Pressão atmosférica: 0,943 kg/m² abs (equivalente a altitude de 763 metros acima do nível do mar – vide tabela II)

⇒ Temperatura do ar: 26°C

⇒ Umidade relativa: 80%

Aplicando a fórmula (1)

$$\text{Nm}^3/\text{h} = \text{m}^3/\text{h} \times \frac{273}{273 + t1} \times \frac{P1 - (Rh \times Pv)}{1,033}$$

onde:

t1 = 26°C

P1 = 0,943 kg/cm² abs

Rh = 80%

Pv = Pela tabela Ip/26°C temos = 0,03445 kg/m² abs

Portanto:

$$1400 = \text{m}^3/\text{h} \times \frac{273}{273 + 26} \times \frac{0,943 - (0,8 \times 0,03445)}{1,033}$$

$$\text{m}^3/\text{h} = \frac{1400}{0,80913} = 1.730$$

Portanto, 1.400 Nm³/h correspondem, nas condições deste exemplo, a 1.730 m³/h de Descarga Livre Efetiva.

OBSERVAÇÃO:

A partir do exemplo acima, verificamos que caso a aplicação do compressor fosse para ar de “utilidade” o emprego incorreto de “Nm³/h” implicaria a seleção de um equipamento

com capacidade 23% superior a que realmente seria necessária, representando, portanto, ônus adicional de investimento.

Assim sendo, é essencial que se verifique a real utilização do ar comprimido por ocasião da elaboração da especificação do compressor, ou seja, se a vazão deve ser especificada em “ar livre” (m³/h) ou em “massa” (kg/h ou Nm³/h ou SCFM).

CONCLUSÃO – Portanto, toda vez que a capacidade de um compressor for expressa em Nm³/h ou SCFM, há necessidade de saber as condições atmosféricas (pressão atmosférica, temperatura do ar e umidade relativa) a que se refere esta capacidade, bem como as condições atmosféricas do local onde será instalado este compressor.

Tabela 1 – PRESSÃO PARCIAL DE VAPOR DE ÁGUA SATURADO

Temperatura		Pressão Absoluta		Temperatura		Pressão Absoluta		Temperatura		Pressão Absoluta	
°F	°C	lb/pol ²	kg/cm ²	°F	°C	lb/pol ²	kg/cm ²	°F	°C	lb/pol ²	kg/cm ²
32	0,0	0.088	0.00619	65	18,3	0.305	0.02144	98	36,7	0.893	0.06279
33	0,6	0.092	0.00647	66	18,9	0.316	0.02222	99	37,2	0.921	0.06475
34	1,1	0.096	0.00675	67	19,4	0.327	0.02299				
35	1,7	0.100	0.00703	68	20,0	0.339	0.02383	100	37,8	0.949	0.06672
36	2,2	0.104	0.00731	69	20,6	0.350	0.02461	101	38,3	0.978	0.06871
37	2,8	0.108	0.00759					102	38,9	1.007	0.07080
38	3,3	0.112	0.00787	70	21,1	0.363	0.02552	103	39,4	1.038	0.07298
39	3,9	0.117	0.00822	71	21,7	0.375	0.02637	104	40,0	1.069	0.07516
				72	22,2	0.388	0.02728	105	40,6	1.101	0.07741
40	4,4	0.121	0.00851	73	22,8	0.401	0.02820	106	41,1	1.134	0.07973
41	5,0	0.126	0.00886	74	23,3	0.415	0.02918	107	41,7	1.168	0.08212
42	5,6	0.131	0.00921	75	23,9	0.429	0.03016	108	42,2	1.202	0.08451
43	6,1	0.136	0.00956	76	24,4	0.444	0.03122	109	42,8	1.238	0.08704
44	6,7	0.142	0.00998	77	25,0	0.459	0.03227				
45	7,2	0.147	0.01033	78	25,6	0.474	0.03333	110	43,3	1.274	0.08957
46	7,8	0.153	0.01076	79	26,1	0.490	0.03445	111	43,9	1.312	0.09224
47	8,3	0.159	0.01118					112	44,4	1.350	0.09492
48	8,9	0.165	0.01160	80	26,7	0.506	0.03558	113	45,0	1.389	0.09766
49	9,4	0.171	0.01202	81	27,2	0.523	0.03677	114	45,6	1.429	0.10047
				82	27,8	0.541	0.03804	115	46,1	1.470	0.10335
50	10,0	0.178	0.01251	83	28,3	0.558	0.03923	116	46,7	1.513	0.10638
51	10,6	0.184	0.01294	84	28,9	0.577	0.04057	117	47,2	1.556	0.10940
52	11,1	0.191	0.01343	85	29,4	0.595	0.04183	118	47,8	1.600	0.11249
53	11,7	0.199	0.01399	86	30,0	0.615	0.04324	119	48,3	1.645	0.11566
54	12,2	0.206	0.01448	87	30,6	0.635	0.04465				
55	12,8	0.214	0.01505	88	31,1	0.655	0.04605	120	48,9	1.692	0.11896
56	13,3	0.222	0.01561	89	31,7	0.676	0.04753	121	49,4	1.740	0.12234
57	13,9	0.230	0.01617					122	50,0	1.788	0.12571
58	14,4	0.238	0.01673	90	32,2	0.698	0.04808	123	50,6	1.838	0.12923
59	15,0	0.247	0.01737	91	32,8	0.720	0.05062	124	51,1	1.889	0.13281
				92	33,3	0.743	0.05224	125	51,7	1.942	0.13654
60	15,6	0.256	0.01800	93	33,9	0.766	0.05386	126	52,2	1.995	0.14027
61	16,1	0.265	0.01863	94	34,4	0.790	0.05554	127	52,8	2.050	0.14413
62	16,7	0.275	0.01933	95	35,0	0.815	0.05730	128	53,3	2.106	0.14807
63	17,2	0.285	0.02004	96	35,6	0.840	0.05906	129	53,9	2.163	0.15208
64	17,8	0.295	0.02074	97	36,1	0.866	0.06089				

Tabela 2 – ALTITUDE E PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Altitude acima do nível do mar		Pressão Atmosférica	
Pés	Metros	Psia	kg/cm ² abs
0	0	14,696	1,0333
500	153	14,43	1,015
1.000	305	14,16	0,956
1.500	458	13,91	0,978
2.000	610	13,66	0,960
2.500	763	13,41	0,943
3.000	915	13,17	0,926
3.500	1068	13,93	0,909
4.000	1220	12,69	0,892
4.500	1373	12,46	0,876
5.000	1526	12,23	0,860
6.000	1831	11,78	0,828
7.000	2136	11,34	0,797
8.000	2441	10,91	0,767
9.000	2746	10,5	0,738
10.000	3050	10,1	0,710
15.000	4577	8,29	0,583

* O autor deste artigo é gerente de vendas da Multiflow Industrial Ltda. Hideo Hori disponibiliza a planilha em Excel utilizada para efetuar a operação apresentada neste artigo. Interessados podem solicitá-la pelo e-mail: hideo.hori@multiflow.com.br