

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Mecânica
Projeto Mecânico

EQUIPO DE DENTISTA PORTÁTIL

Autor: Eduardo M. Murgel

Orientador: Aluisio O. Marcondes Fº

1983

ÍNDICE:

I - Introdução.....	1
2 - Estudo de Viabilidade do Projeto.....	3
2.1-Estabelecimento da Necessidade.....	4
2.2-Formulação do projeto.....	5
2.3-Síntese de possíveis soluções.....	6
2.4-Exequibilidade física.....	8
2.5-Valor econômico.....	9
2.6-Viabilidade financeira.....	10
2.6-Conclusão.....	11
3 - Projeto Básico.....	12
3.1-Escolha da melhor solução.....	13
3.2-Balanco energético.....	15
3.3-Dimensionamento.....	17
4 - Apêndice.....	22

I - INTRODUÇÃO

O equipo dentário, que consta basicamente do sistema de ar comprimido (compressor, rede e pontas), iluminação e demais / instrumentos é ferramenta essencial para o mais elementar tratamento dentário.

Sem o seu equipamento, o dentista é incapaz de realizar 90% de suas atividades profissionais.

A proposta desse trabalho é dar maior mobilidade ao cirurgião dentista através de um equipamento portátil que lhe possibilitaria dar consultas a domicílio, atender clientes em locais de difícil acesso, etc.

Pretende-se, portanto, um equipamento relativamente leve , de fácil manutenção, o mais barato possível, e principalmente , que não deixe nada a dever , em termos de eficiência, aos aparelhos convencionais.

Com isso, o serviço dentário não ficaria restrito ao consultório, que tem diversas implicações financeiras e operacionais, tornando-se viável a existência do "dentista ambulante" , como ocorre com as demais profissões liberais.

É bom lembrar que não se pretende, em absoluto, substituir os equipamentos próprios para consultório, e sim, complementar o mercado, abrindo uma nova faixa de produtos: portáteis e menos onerosos que os convencionais.

2 - ESTUDO DE VIABILIDADE DO PROJETO

2 .1 - ESTABELECIMENTO DA NECESSIDADE :

No sistema normal de trabalho dos cirurgiões dentistas, é patente que esta atividade está restrita ao consultório. Quando é impossível a locomoção dos pacientes (caso de comunidades rurais isoladas , por exemplo) monta-se um equipamento completo em um caminhão ou vagão de trem, enfim, transporta-se toda a sala.

Além disso, o equipamento de dentista é muito caro, sendo, na maior parte dos casos, inacessível para os profissionais em início de carreira.

Portanto, seria bem vinda uma proposta que viesse a dinamizar o serviço odontológico.

Com um aparelho portátil, seria possível um atendimento a domicílio, facilitando a assistência a pessoas idosas ou inválidas, casos em que se torna difícil a locomoção do paciente ao consultório. Em casos de comunidades distantes e de difícil acesso, é facilitado o serviço de entidades governamentais (tipo projeto Ronon), pois possibilita simplicidade de transporte para qualquer local.

Serviços de emergência, fora dos horários normais de funcionamento de um consultório podem se tornarmais simples e baratos.

E finalmente, para o dentista recém-formado, surge a possibilidade de iniciar-se na carreira como autônomo, sem que para isso necessite montar um consultório onde além do equipamento convencional, é preciso também uma sala de trabalho, sala de espera, etc.

2.2 - FORMULAÇÃO DO PROJETO - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS :

Para satisfazer a necessidade, o aparelho deve atender aos seguintes requisitos:

- Baixo peso;
- pequenas dimensões;
- fácil manutenção:
em termos de custo de peças e mão-de-obra, e durabilidade;
- mesma eficiência que os equipamentos convencionais:
para tal atributo, é necessário que o compressor tenha u
na capacidade mínima de 40 l/min a uma pressão de 50 psi;
- fácil operação;
- baixo custo.

2.3 - SÍNTESE DE POSSÍVEIS SOLUÇÕES :

O equipamento pode ser dividido em diversas partes distintas, a saber:

- compressor;
- sistema de comando e distribuição do ar comprimido:

Ambos para acionamento do sistema a ar comprimido, entretanto não podemos deixar de estudar um acionamento elétrico.

- sistema de jateamento de água;
- sistema de iluminação;
- sugador e/ou cuspeira.

Logo, pode-se a partir disso, subdividi-los da seguinte forma:

- compressor:

Deve fornecer ar o mais seco e isento de óleo possível.

Têm-se, então, duas possibilidades: ou utiliza-se um compressor de mercado que esteja dentro das especificações técnicas; ou fabrica-se um aparelho apropriado, que pode, em princípio, ser dos tipos alternativo, de membrana, de cilindro conchoidal, de engrenagens ou de parafuso.

- sistema de acionamento elétrico:

pode ser de dois modos:

Ou um motor de velocidade variável e alta rotação, que aciona um cabo que por sua vez imprime rotação à broca; ou um micro-motor elétrico, ligado diretamente à broca.

- sistema de jateamento de água:

Pode utilizar água diretamente da torneira ou provir de um tanque pressurizado.

- sistema de iluminação:

Pode ser semelhante ao holofote pantográfico comum nos consultórios, sendo apenas menor e desmontável; pode-se usar algo semelhante a uma "lanterna de mineiro" colocada no dentista; ou finalmente um foco de iluminação preso ao paciente.

- sugador e/ou cuspidora:

A cuspidora pode ser qualquer vasilha de tamanho adequado. Já o sugador, pode-se estudar se é realmente necessário. Caso seja, tem-se por opção ou montar um sistema semelhante ao convencional; ou utilizar-se do fluxo de ar do compressor para formar a baixa pressão necessária.

Portanto, combinando todas as soluções relacionadas para cada item, obtêm-se todas as possíveis soluções.

2.4 - EXEQUIBILIDADE FISICA :

O sistema de acionamento elétrico de alta rotação por cabo provocaria grande desgaste e alto índice de quebra deste cabo , portanto é uma solução inviável fisicamente.

O micro-motor elétrico é perfeitamente viável, entretanto, é indispensável um sistema de ar comprimido para secagem de orifícios e resfriamento das brocas; logo, por ser indispensável a instalação de um compressor de ar, descarta-se desde já a onerosa solução de um micro-motor elétrico, optando-se portanto ao sistema de acionamento a ar comprimido.

O jato de água proveniente de uma torneira, esbarra na questão de que nem sempre tem-se uma torneira apropriada no local de trabalho. Portanto para o jato de água, será utilizado um tanque, com água, e ligado ao compressor, obtendo-se dessa forma , água à pressão desejada.

Os demais itens das possíveis soluções são todos perfeitamente viáveis fisicamente.

2.5 - VALOR ECONOMICO :

É difícil, no momento, uma estimativa de preço, devido ao grande número de componentes e inúmeras soluções possíveis.

De qualquer modo, pode-se fazer uma comparação com o sistema convencional.

O compressor, será necessariamente mais barato que o utilizado em sistemas convencionais. Inicialmente por não ter reservatório de ar, ser de funcionamento contínuo; e também por não levar o "título" de compressor odontológico, fato que por si só já onera muito o equipamento.

As canetas, ou seja, o micro-motor, alta rotação e seringa triplíce são os mesmos do sistema convencional; assim como válvulas, tubos, etc. Logo, nesse setor não há diferença de custos.

O sugador, cuspidreira e sistema de iluminação, serão bem / mais simples e econômicos que os usuais; assim como a própria / estrutura geral do conjunto, que será bastante simplificada.

Conclui-se portanto, que de qualquer maneira, o equipo portátil terá um custo bastante inferior ao dos equipamentos de / consultório, tornando-se dessa forma, perfeitamente viável economicamente o aparelho portatil.

2.6 - VIABILIDADE FINANCEIRA :

Para o projeto em questão, os investimentos necessários / são bastante baixos, estando ao alcance de qualquer firma de pequeno porte.

A exceção é feita à construção do compressor. O projeto e fabricação completa de um compressor, exige uma razoável infra-estrutura fabril, não sendo viável para pequenas empresas. Além disso, os altos investimentos necessários exigem uma produção em larga escala para compensar os custos iniciais do projeto, e poder lançar o produto a um preço competitivo.

Por isso, será descartada a possibilidade de se projetar / um compressor específico para o equipo, sendo, portanto, utilizado um compressor já existente no mercado.

2.6 - CONCLUSÃO :

Analizando-se os itens anteriores, pode-se considerar viável o projeto, levando-se em conta certas condições: o sistema de acionamento das brocas será a ar comprimido, o qual deverá / ser gerado por um compressor existente no mercado: o sistema de acionamento das brocas eletricamente foi inteiramente descartado: deve-se, necessariamente, chegar-se a um custo inferior ao do equipamento convencional: e serão utilizados acessórios (alta rotação, seringa tríplice, comandos, etc) comuns aos demais equipos.

♦

3 - PROJETO BASICO

3.1 ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO :

Para a escolha da melhor solução, serão analisadas as especificações técnicas citadas no item 2.2, para cada solução considerada viável para cada item do projeto.

Assim, iniciar-se-á pelo compressor:

- Em pesquisa realizada junto a revendedores de equipamentos de ar comprimido, foram considerados, em princípio, os seguintes aparelhos: a) Prodigius, fabricado pela Schulz, de 1/2 HP, a pistão, pressão de trabalho 60psi e vazão de 84,5 l/min. Custo de aproximadamente 29,8 ORTN;
- b) Arprex - AD, 1/3 HP, pressão máxima 60psi, vazão não obtida, a pistão alternativo e custo aprximado de 23,5 ORTN;
- c) Tufão, marca DeVillbiss (NCE-501), 1/3 HP, de diafragma, atingindo pressão máxima de 40psi a um custo em torno de 18,8 / ORTN.

Os tres compressores tem aproximadamente o mesmo peso (de 8 a 10 Kg) e mesma dimensão (cabem numa caixa de 400x400x350 mm). Todos tem mancais de grafite, dispensando portanto, lubrificação.

Portanto, baixo peso, pequenas dimensões, fácil operação e baixo custo são características comuns aos tres aparelhos.

Os compressores de anel líquido ou de palhetas foram excluídos por causarem contaminação de óleo ou aumento da umidade do ar comprimido.

Embora, aparentemente, no tocante à manutenção todos sejam semelhantes, o Prodigius leva vantagem por ser feito por um fabricante maior e conseqüente melhor rede de assistência técnica. Além disso, o compressor da Schulz possui um pequeno reservatório de ar, suficiente para evitar oscilação no fornecimento. É mais um absorvedor de vibrações do que um reservatório, mas é suficiente.

O Tufão, por não atingir a pressão especificada de 50 psi, será descartado. Entre os dois restantes, por ser pequena a di

ferença de preços, é melhor o modelo da Schulz, por ser mais potente e ter uma melhor aparência que o Arpex.

Quanto ao sistema de distribuição de ar comprimido, jateamento de água, aparelhos de alta rotação e micro-motor, o melhor é utilizar um conjunto compacto completo, como o equipo modular 2 da Kavo, ou outro similar, que é diretamente ligado ao compressor e vem equipado com seringa tríplice, micro-motor Intra-L / para baixas e médias rotações, turbina extra-torque para rotações de 280.000 rpm, recipiente para água, suporte para as pontas e pedal de comando. O custo deste conjunto é de aproximadamente 132,3 CRM.

O sistema de iluminação com holofote pantográfico sairia / muito caro e de dimensões maiores que o pretendido. A lâmpada presa ao dentista leva diversos inconvenientes: é difícil a focalização de um ponto fixo, visto que basta que o paciente ou o dentista mova a cabeça para que o foco de luz saia de posição; seria também bastante frequente, e desagradável, o feixe de luz incidir diretamente nos olhos do paciente; e experiências realizadas demonstraram que este sistema de iluminação causa grande fadiga visual no dentista. O outro processo citado, de foco de luz preso ao paciente, é melhor por não apresentar os inconvenientes do sistema anterior; uma vez focalizado um ponto na boca do paciente, mesmo que este se mova, a iluminação não é afetada. Além disso, por estar a lâmpada bem próxima do ponto a ser iluminado, a potência necessária é bem menor, possibilitando, inclusive, o seu funcionamento por meio de pilhas.

A cuspeira é uma simples vasilha, por não ter sentido / pensar-se em outro sistema qualquer. Quanto ao sugador, o melhor é fazer um acionado por fluxo de ar, pelo princípio Venturi.

O conjunto será montado conforme o esquema da figura (1).

3.2 BALANÇO ENERGÉTICO :

A potência fornecida pelo compressor na tubulação é:

$$N = P \cdot Q$$

onde:

P = pressão

Q = vazão de ar em volume (CNIE)

no caso:

$$P = 60 \text{ psi} = 4,2 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$Q = 84,5 \text{ l/min} = 1400 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Logo,

$$N = 4,2 \cdot 1400 = 5880 \text{ Kgf.cm/s}$$

Para o equipo, são necessárias as seguintes pressões e vazões:

Turbina All-Air:

$$P = 50 \text{ psi} = 3,5 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$Q = 30 \text{ l/min} = 500 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\text{--- } N = 1750 \text{ Kgf.cm/s}$$

Turbina Roll-Air:

$$P = 30 \text{ psi} = 2,1 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$Q = 33 \text{ l/min} = 550 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\text{--- } N = 1155 \text{ Kgf.cm/s}$$

Micro Motor Intra-L (4 furos):

$$P = 50 \text{ psi} = 3,5 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$Q = 35 \text{ l/min} = 583 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\text{--- } N = 2040 \text{ Kgf.cm/s}$$

Seringa Tríplice:

$$P = 15 \text{ psi} = 1,1 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$Q = 50 \text{ l/min} = 833 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\text{--- } N = 916 \text{ Kgf.cm/s}$$

Como esses aparelhos são usados de forma alternativa, nunca sendo utilizados dois ao mesmo tempo, tomamos como referência a situação de maior solicitação, ou seja, o Micro-Motor.

Nesse caso, temos uma potência consumida de 2040 Kgf.cm/s.

O compressor fornece 5880 Kgf.cm/s.

Tomando-se um rendimento global de 80%, temos como potência útil resultante:

$$N = 5880 \cdot 0,8 = 4700 \text{ Kgf.cm/s}$$

Sobra, portanto, para o sugador:

$$N = 4700 - 2040 = 2660 \text{ Kgf.cm/s}$$

3.3 DIMENSIONAMENTO :

Nessa parte, serão inicialmente calculados os parâmetros do sugador, tais como dimensões, pressão do ar de entrada, etc.

A seguir determina-se-ão os parâmetros das linhas de transmissão.

Sugador:

Vazão de ar disponível para o sugador:

$$Q = 1400 - 583 = 817$$

$$Q = 800 \text{ cm}^3/\text{s (CNTP)}$$

pressão de entrada.

$$P_1 = 50 \text{ psi} = 3,5 \text{ Kgf/cm}^2$$

Na garganta, a pressão (P_2) deve ser a pressão atmosférica menos 10 cm de coluna d'água:

Logo:

$$P_2 = P_{at} - 0,1 \text{ m}_{\text{H}_2\text{O}} = 10.000 - 980$$

$$P_2 = 0,9 \text{ Kgf/cm}^2$$

Logo,

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{3,5}{0,9} \approx 3,89$$

mas,

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{P_1}{P_{01}} \cdot \frac{P_{01}}{P_{02}} \cdot \frac{P_{02}}{P_2}$$

$$M_1 = \frac{V_1}{C_1}$$

$$V_1 = 20 \text{ m/s}$$

$$C_1 = \sqrt{k \cdot R \cdot T} = \sqrt{1,4 \cdot 298 \cdot 300} = 352,59 \text{ m/s}$$

$$M_1 = \frac{20}{352,59} \text{ ---- } M_1 = 0,06$$

For tabela de escoamento isoentrópico para $k = 1,4$, ven:

$$M_1 = 0,06 \text{ ---- } \frac{P_1}{P_{01}} = 0,99$$

Logo, para:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{P_1}{P_{01}} \cdot \frac{P_{01}}{P_{02}} \cdot \frac{P_{02}}{P_2}$$

Teremos:

$$3,89 = 0,996 \cdot 1 \cdot \frac{P_{02}}{P_2}$$

∴ $\frac{P_2}{P_{02}} = \frac{0,996}{3,89} = 0,254 < 0,528$ ---- Há blocagem no escoamento pois pretende-se $M > 1$.

Logo, a pressão de entrada deve ser reduzida para $P_1 = 1,5 \text{ Kgf/cm}^2$

Nesse caso, temos $\frac{P_1}{P_2} = \frac{1,5}{0,9} = 1,67$

$$1,67 = 0,996 \cdot 1 \cdot \frac{P_{02}}{P_2}$$

∴ $\frac{P_2}{P_{02}} = \frac{0,996}{1,67}$

$$\frac{P_2}{P_{02}} = 0,59$$

Pela tabela de escoamento isoentrópico temos que:

$$M_2 = 0,9$$

Se considerado gás perfeito, o produto pressão x vazão em volume do ar é constante. Logo:

$$P \cdot Q = \text{cte} = 1 \cdot 800 = 1,5 \cdot Q_1'$$

portanto,

$$Q_1 = 533 \text{ cm}^3/\text{s}$$

A velocidade do ar é de 20 cm/s, logo temos uma área (seção transversal do tubo) de :

$$A_1 = \frac{Q_1}{V_1} = \frac{533}{20} = 27 \text{ cm}^2$$

Se a seção é circular, temos:

$$A = \sqrt{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \quad \text{---} \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 27}{\pi}} \quad D_1 = 59 \text{ mm}$$

Cálculo de A_2 : (área da garganta)

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{A_2}{A_{2cr}} \cdot \frac{A_{2cr}}{A_{1cr}} \cdot \frac{A_{1cr}}{A_1}$$

$$M_2 = 0,9 \quad \text{---} \quad \frac{A_2}{A_{2cr}} = 1,0089$$

$$M_1 = 0,06 \quad \text{---} \quad \frac{A_{1cr}}{A_1} = 0,0345$$

$$\frac{A_{2cr}}{A_{1cr}} = 1$$

Logo,

$$\frac{A_2}{A_1} = 1,0089 \cdot 1 \cdot 0,0345$$

$$\therefore A_2 = 0,94 \text{ cm}^2$$

Portanto:

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,94}{\pi}}$$

$$D_2 = 11\text{mm}$$

Tubulação:

Linha 1 : saída do compressor:

$$P \cdot Q = 1 \cdot 1400 = 3,5 \cdot Q_1$$

considerando-se pressão na linha de 50 psi = 3,5 atm.

Logo,

$$Q_1 = 400 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$A_1 = \frac{Q_1}{V_1} = \frac{400}{20} = 20 \text{ cm}^2$$

se a seção é circular, temos:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 20}{\pi}}$$

$$D = 50 \text{ mm}$$

esse valor é muito grande, logo será aumentado o valor da velocidade do ar de forma adequada:

seja:

$$V = 100\text{m/s}$$

Nessa condição, teremos número de Mach:

$$M = \frac{100}{\sqrt{KRT}} = \frac{100}{\sqrt{1,4 \cdot 296 \cdot 300}}$$

$$M = 0,28$$

Esse valor do número de Mach é ainda aceitável para que as perdas não sejam muito elevadas.

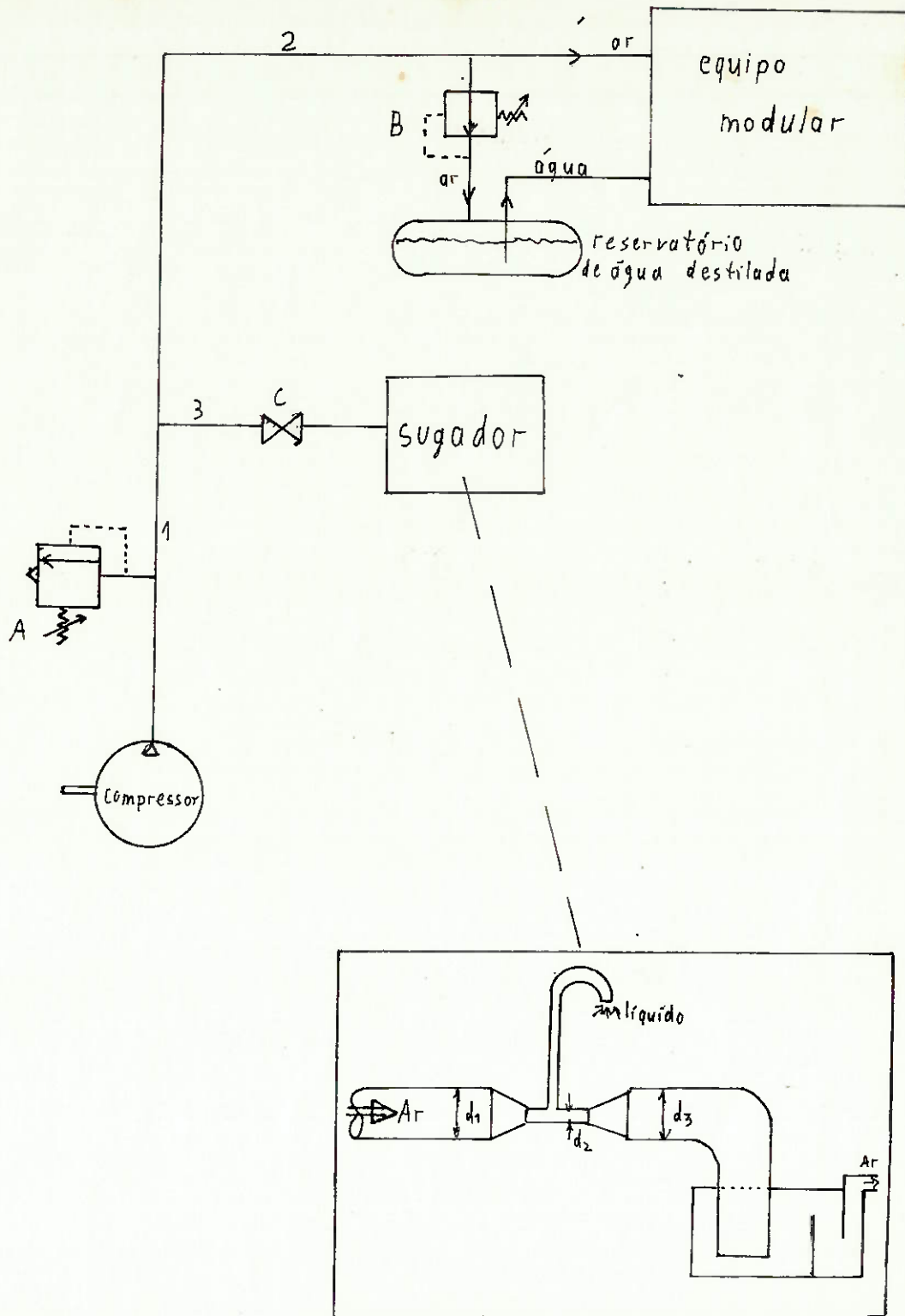
Nesse caso, vem :

$$A_1 = \frac{400}{100} = 4 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4}{\pi}}$$

$$D = 22,6 \text{ mm}$$

Logo, por facilidade construtiva, será em todo o sistema de distribuição de ar, utilizada tubulação de 1 polegada ou 25 mm.



- A → válvula de alívio - 80psi
- B → válvula reguladora de pressão
- C → válvula de fechamento