



J. Fernando B. Britto

253 59 4 10

[Editar arti](#)

Fonte: Google

NINGUÉM SABE TUDO...

Publicado em 4 de novembro de 2017 [Editar artigo](#) | [Visualizar estatísticas](#)

Esta é uma lição difícil e que deve ser reaprendida algumas vezes ao longo da vida!

(Não, este não é um artigo sobre autoajuda.)

No artigo anterior, intitulado “Vivendo sob Pressão” tratei sobre os diferenciais de pressão, como são obtidos, metodologias de cálculo, normas e regulamentos que estabelecem os diferenciais requeridos entre ambientes.

Algum tempo atrás discorri sobre “Leiaute e Antecâmaras”, onde tratava de estratégias de contenção com o uso de antecâmaras, parte delas baseada na da “WHO – TRS 961, Annex 5, item 4.7.11” e no “Guia da Qualidade para Sistemas de Tratamento de Ar e Monitoramento Ambiental na Indústria Farmacêutica” da ANVISA, bem como outras referências.

Uma das estratégias de contenção se refere ao uso de antecâmaras com contenção do tipo bolha, tal como a representada na figura abaixo:

Mensagens



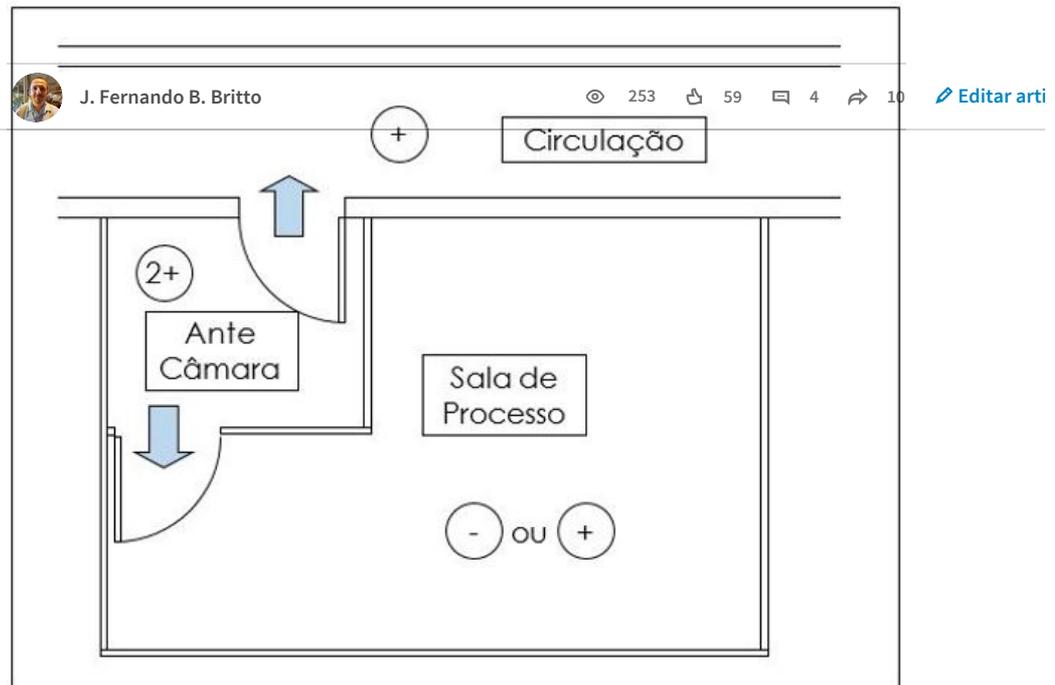


Figura 1 – Antecâmara do tipo bolha

Aparentemente, nenhum cuidado adicional seria necessário e o projeto poderia ser qualificado, bastando que os gradientes adotados atendessem às regulamentações aplicáveis.

No entanto, recebi um alerta de um colega engenheiro (e amigo), o eng. Willian T. Ito, especialista em qualificações de sistemas de tratamento de ar para salas limpas e biocontidas, o qual me alertou que dependendo das pressões à montante e jusante da antecâmara, ocorreriam inversões da cascata de pressões quando uma das portas fosse aberta.

Então, usando o exemplo da figura anterior peço a meus leitores que acompanhem nosso raciocínio:

Assumindo que:

- O valor de cada sinal “+” ou “-“ equivale a 12 Pascals;
- A área de frestas das portas equivale a 0,009 m²
- O coeficiente “C” das portas é 0,827
- A antecâmara possui área de 5,0 m², a circulação 16 m² e a sala de processo 20m², todas com pé-direito de 3,0m.
- Número mínimo de recirculações = 20 trocas/h
- Vazamentos para o forro: 30 m³/h (cada sala, adotado).
- Desprezadas salas adicionais na circulação.

Hipótese A: Todas as salas operam com pressão positiva em relação à atmosfera.

 **Fernando Britto** Este processo possuem pressão de 12 Pa (cada) 59 4 10 [Editar arti](#)

- Antecâmara possui pressão de 24 Pa.
- Vazamento pelas portas @ dp = 12 Pa: ~93 m³/h

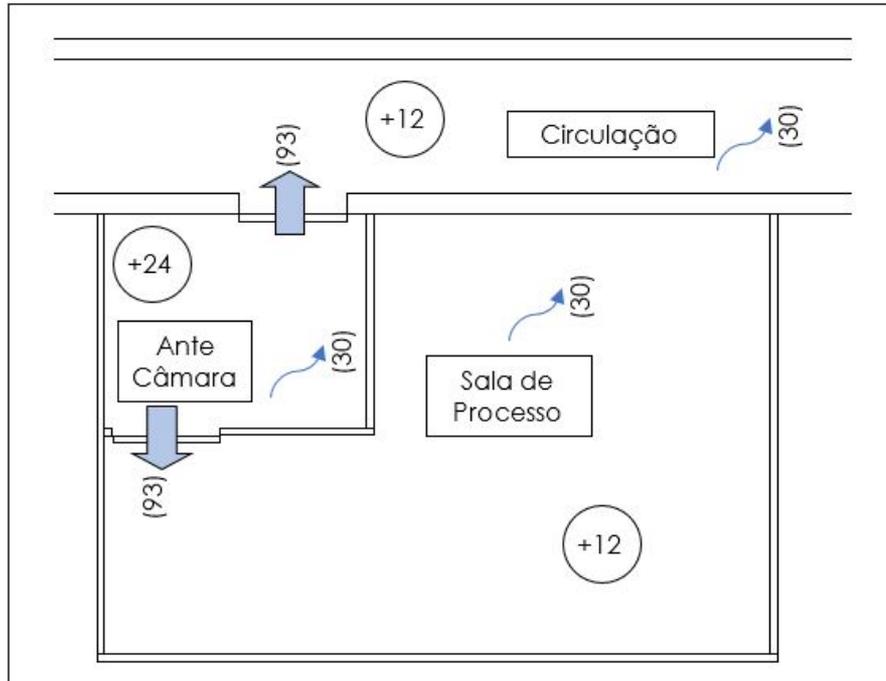


Figura 2 – Hipótese A (considerando as portas fechadas)

Considerando as premissas anteriores e desprezando a variação de densidade que ocorrem devido ao aquecimento do ar (difusão), teríamos os seguintes escoamentos:

Sala	Insuflação (Nm³/h)	Infiltrações (Nm³/h)	Vazamentos (Nm³/h)	Retorno (Nm³/h)
Circulação	960	93	93+30	930
Antecâmara	300	0	93+93+30	84
Sala de Processo	1200	93	30	1263

Como tanto a circulação, quanto a sala de processo possuem vazões de retorno muito superiores à da antecâmara, após a abertura de uma das portas da antecâmara (interna ou externa), a pressão dominante será semelhante à da sala adjacente cuja porta foi aberta.

Uma vez que as pressões da circulação e da sala de processo são iguais (enquanto todas as portas estão fechadas), todas as salas deveriam assumir a mesma pressão e o escoamento teórico pelas portas cessaria.

No entanto, as vazões do retorno da circulação e da sala de processo (assim como de todas as demais que compõem o sistema) foram projetadas e reguladas para admitirem ar oriundo das portas da antecâmara e buscarão um novo ponto de equilíbrio que satisfaça as resistências fluidodinâmicas para as quais o sistema foi ajustado, geralmente sofrendo alguma variação nos níveis de pressão de cada ambiente, tendendo a reduzir

levemente a pressão da sala de processo, de forma a manter um valor aproximado ao escoamento ajustado em seu retorno.



J. Fernando B. Britto

253 59 4 10

[Editar arti](#)

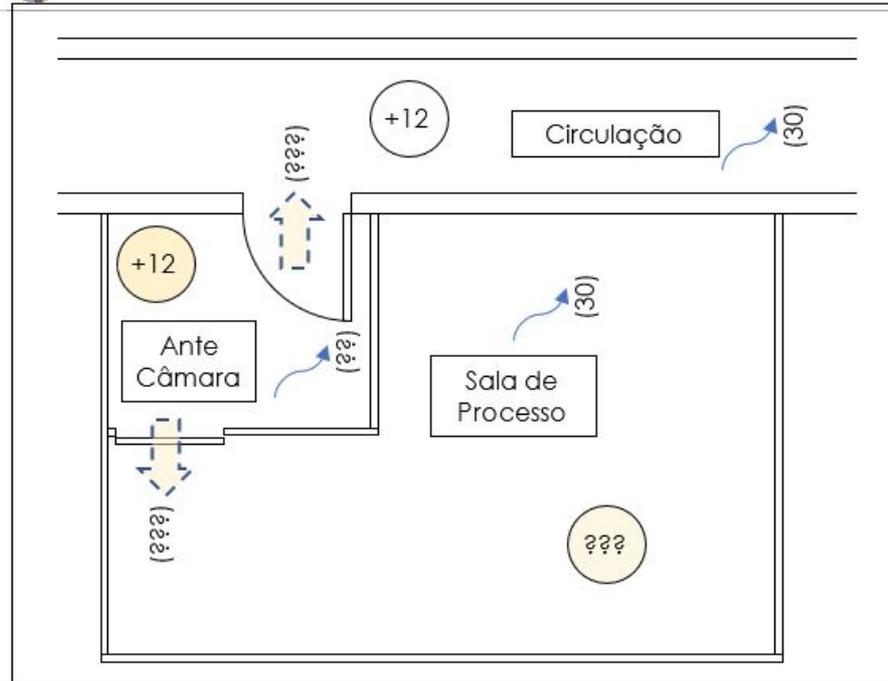


Figura 3 – Hipótese A (considerando uma das portas aberta)

Isso tende a manter o sentido de fluxo esperado no sistema, porém, costuma causar redução na pressão da sala de processo.

Hipótese B: Todas as salas operam com pressão positiva em relação à atmosfera, porém com pressões diferentes de cada lado da antecâmara.

- Circulação 13 Pa, sala de processo @ 7 Pa e antecâmara 20 Pa.
- Vazamento pelas portas @ $\Delta p = 7$ Pa: $71 \text{ m}^3/\text{h}$ / @ $\Delta p = 13$ Pa: $97 \text{ m}^3/\text{h}$

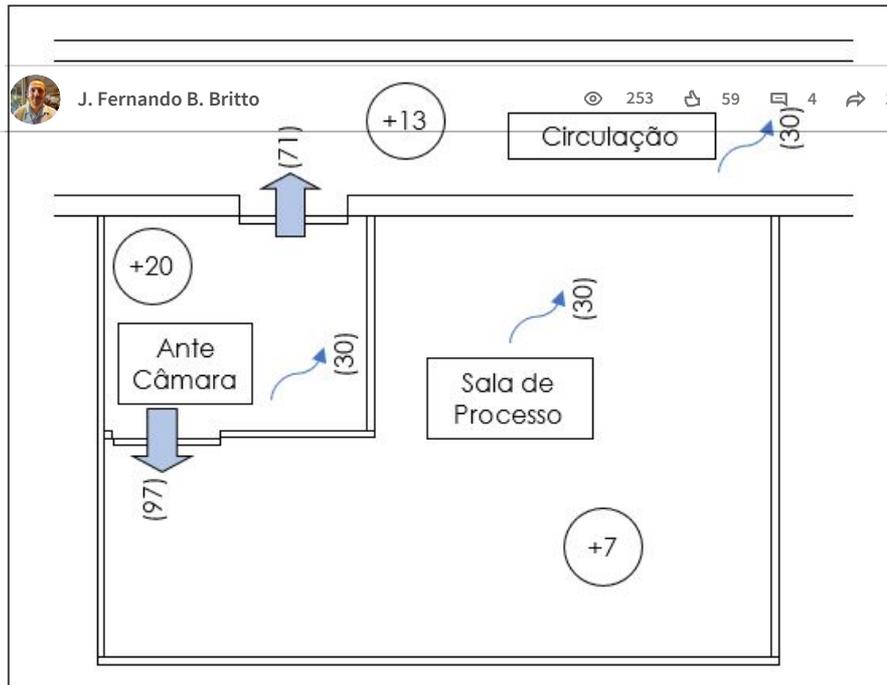


Figura 4 – Hipótese B (considerando as portas fechadas)

Considerando as premissas anteriores, teríamos os seguintes escoamentos:

Sala	Insuflação (Nm³/h)	Infiltrações (Nm³/h)	Vazamentos (Nm³/h)	Retorno (Nm³/h)
Circulação	960	71	96+30	905
Antecâmara	300	0	71+97+30	102
Sala de Processo	1200	97	30	1267

Após a abertura da porta da circulação, o sistema se comporta de forma razoavelmente semelhante ao exemplo anterior, igualando-se à pressão da antecâmara com a da circulação, num nível maior que o da sala de processo.

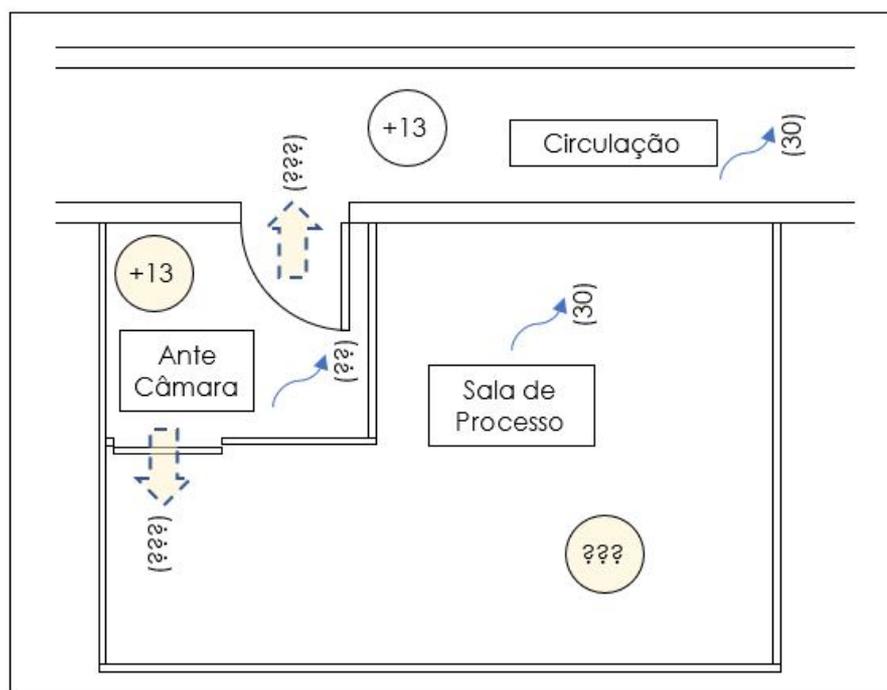


Figura 5 – Hipótese B (considerando a porta externa aberta)


 Fernando Britto, a sala de processo é aberta e a antecâmara igual sua pressão 10 com esta, ocorrerá reversão da cascata de pressões, pois a antecâmara assumiu pressão inferior à da circulação, o que também afeta o retorno da circulação (o reduzindo), podendo ocorrer redução mensurável (ou não) da pressão da circulação (às vezes a vazão de insuflação da circulação é muito grande e a diferença na pressão não é detectável).

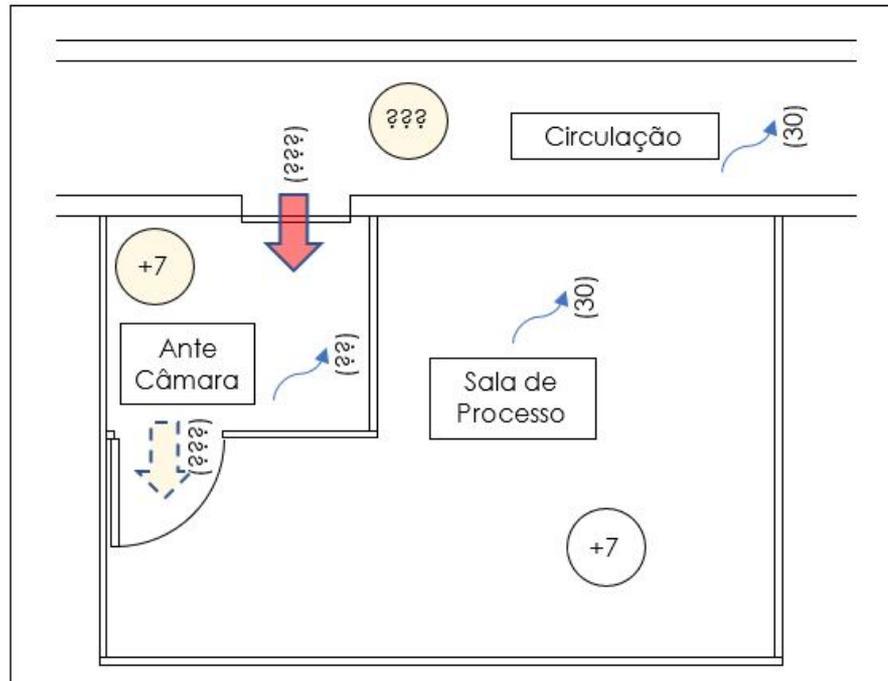


Figura 6 – Hipótese B (considerando a porta interna aberta)

Hipótese C: Antecâmara e circulação operam com pressão positiva em relação à atmosfera e processo com pressão negativa.

- Circulação +7 Pa, sala de processo @ -7 Pa e antecâmara +12 Pa.
- Vazamento pelas portas @ $dp = 5$ Pa: 60 m³/h / @ $dp = 7$ Pa: 71 m³/h / @ $dp = 19$ Pa: 117 m³/h

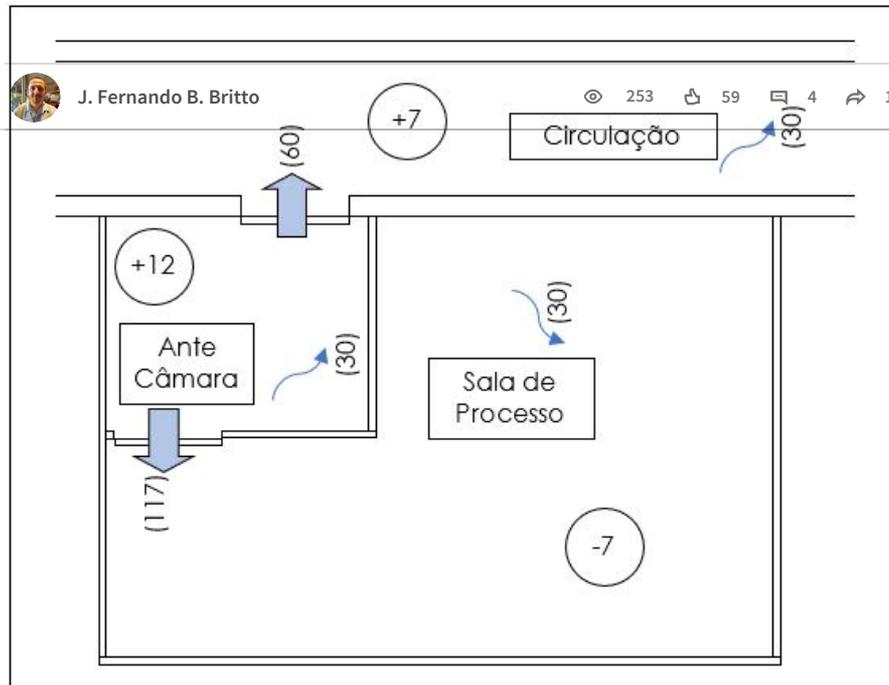


Figura 7 – Hipótese C (considerando as portas fechadas)

Considerando as premissas anteriores, teríamos os seguintes escoamentos:

Sala	Insuflação (Nm³/h)	Infiltrações (Nm³/h)	Vazamentos (Nm³/h)	Retorno (Nm³/h)
Circulação	960	60	71+30	934
Antecâmara	300	0	117+60+30	97
Sala de Processo	1200	117+30	0	1347

Com a abertura da porta da circulação, o sistema ainda se comporta de forma razoavelmente semelhante ao exemplo anterior, igualando-se a pressão da antecâmara com a da circulação, num nível que se mantém maior que o da sala de processo.

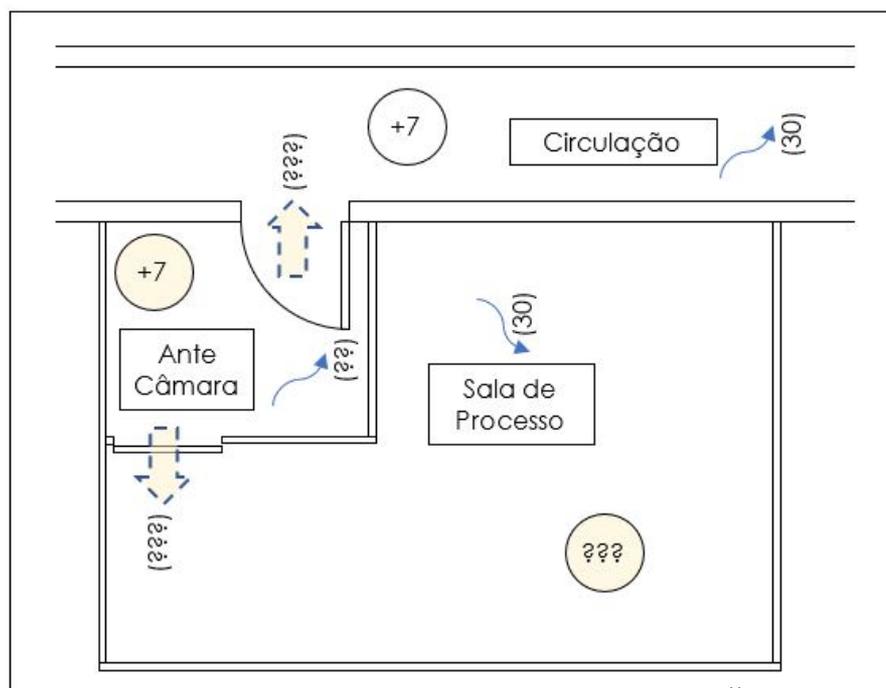


Figura 8 – Hipótese C (considerando a porta externa aberta)


 Fernando B. Britto da sala de processo é aberta e a antecâmara iguala sua pressão com esta, novamente ocorrerá reversão da cascata de pressões e, neste caso, os vazamentos da antecâmara para o entreforço também se invertem e se tornam infiltrações, aumentando o tempo de recuperação da sala.

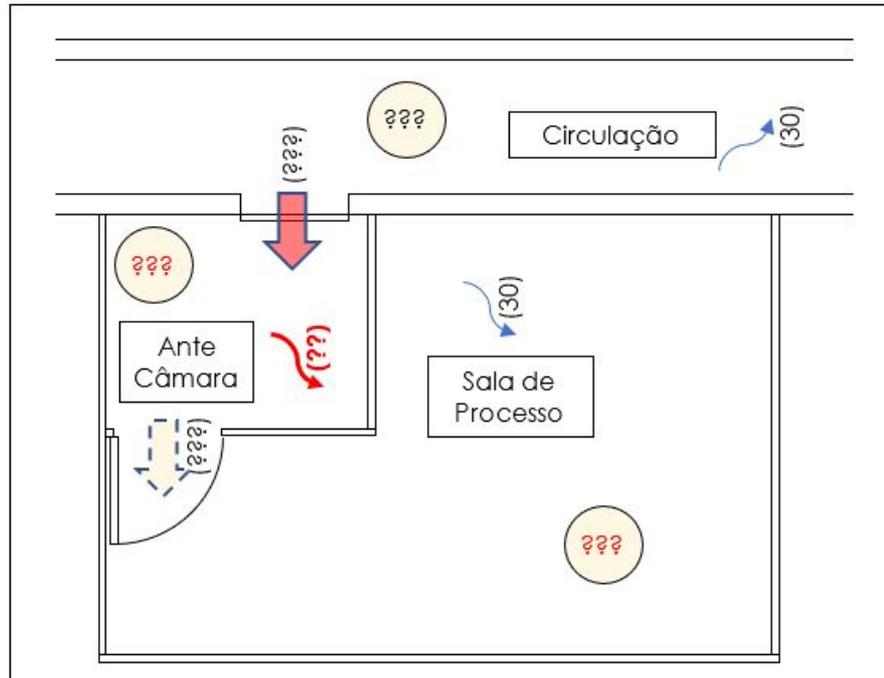


Figura 9 – Hipótese C (considerando a porta interna aberta)

Adicionalmente, como agora ocorre infiltração através da porta entre a antecâmara e o corredor e do entreforço para a antecâmara (cuja pressão se tornou negativa), o sistema responderá elevando um pouco a pressão da sala de processo, para admitir o ar excedente, e reduzindo a pressão da circulação (que agora envia ar para a antecâmara).

Em síntese, não apenas inverte a cascata de pressões, como interfere com as pressões de todo o conjunto de salas.

Antecâmaras do tipo “Ralo”.

Esta analogia pode não se aplicar a antecâmaras do tipo ralo, uma vez que estas possuem vazões de retorno (ou exaustão) muito superiores às de insuflação e, mesmo com uma de suas portas aberta, ainda costumam apresentar sentido de fluxo para o interior da antecâmara.

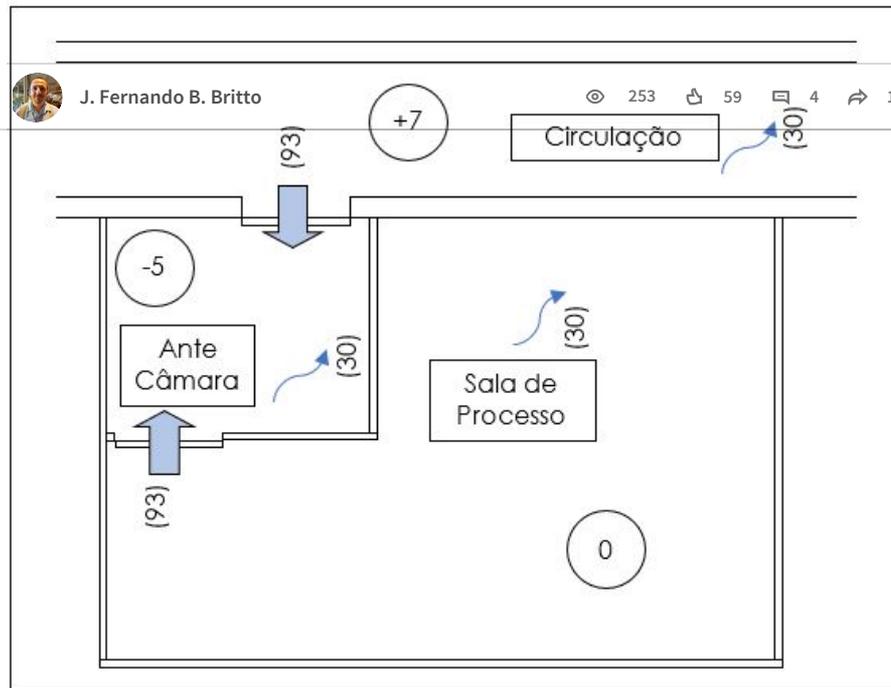


Figura 10 – Antecâmara do tipo “Ralo”

Considerando as premissas anteriores, teríamos os seguintes escoamentos:

Sala	Insuflação (Nm³/h)	Infiltrações (Nm³/h)	Vazamentos (Nm³/h)	Retorno (Nm³/h)
Circulação	960	0	117+93+30	700
Antecâmara	300	0	93+93+30	516
Sala de Processo	1200	0	93+30	1077

Neste caso, a predominância já não é tão bem definida como no caso anterior, pois as vazões de retorno já não são tão díspares.

No entanto, a área que se deseja proteger deve ter pressão igual ou superior à da área que deve ser contida, de forma que uma eventual reversão (pressão maior que a da sala contida), ocorra no sentido de continuar a prover contenção.

Por exemplo: circulação @ 7 Pa; antecâmara @ -5 Pa; processo @ 0 Pa.

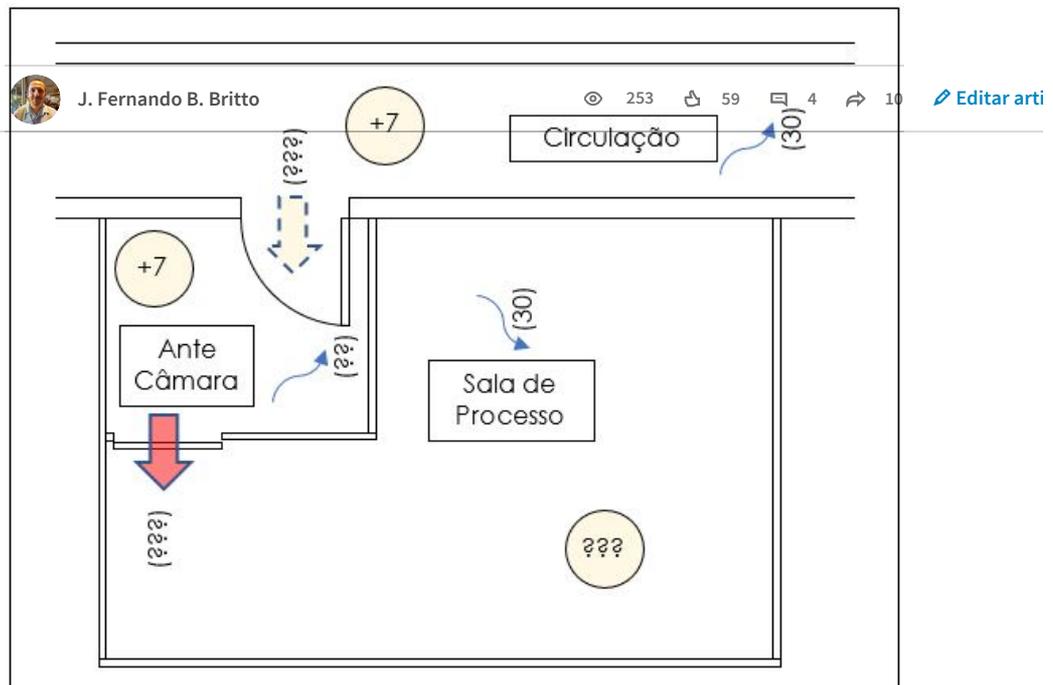


Figura 11 – Hipótese C (considerando a porta interna aberta)

Quando a porta para a circulação é aberta, assumindo que ocorra predominância da pressão da circulação, ocorre inversão entre a antecâmara e a sala de processo, porém, ocorre infiltração na sala de processo, impedindo vazamento de produto para a circulação.

Conclusão

Para operar corretamente e evitar inversões de fluxo, as antecâmaras do tipo bolha devem possuir pressões praticamente idênticas nos lados opostos de todas as suas portas, sob pena de ocorrerem inversões na cascata de pressões e nos sentidos de escoamento quando determinadas portas são abertas.

PS: Não menos importante, como diz o título do artigo, embora algo possa parecer absolutamente perfeito em uma condição estática, quando o processo se torna dinâmico, nem tudo funciona como deveria.

Sempre cabe a quem especifica os requisitos, consultar outros profissionais a respeito dos efeitos práticos dos critérios de aceitação estabelecidos e os meios necessários para sua obtenção, para não criarmos instalações que não funcionarão na prática.

Lembro também um mote ensinado por meu mentor: “papai coruja jamais achará sua corujinha feia”, querendo dizer que vemos nossas criações “sem olhos críticos” e não conseguimos “encontrar defeitos” nelas.

Esta é a principal vantagem de grupos multidisciplinares: cada um tem uma visão de um ângulo ligeiramente (ou completamente!?) diferente, o que permite enxergar melhor o —



J. Fernando B. Britto

253 59 4 10

Editar arti

Denunciar

59 gostaram



4 comentários



Adicione um comentário...

Exibir comentários anteriores



GILDEMAR GOMES

Gerenciamento | Projetos | Engenharia | Manutenção | Instalações Industriais

4 sem ...

Parabéns por compartilhar informação. abç

Gostei Responder | 1 gostou



Eduardo La Rocca

Seção de Projetos e Qualidade na Brassinter SA Indústria e Comércio

4 sem ...

Como sempre, muito boa explicação em todas suas colocações.

Gostei Responder | 1 gostou



J. Fernando B. Britto

Engineer at Adriferc Engenharia e Consultoria Ltda.

Mais de J. Fernando B. Britto Visualizar todos os 11 artigos



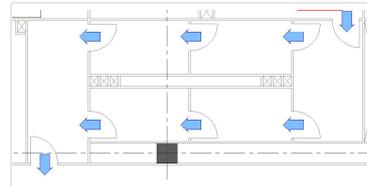
VIVENDO SOB PRESSÃO...

J. Fernando B. Britto no LinkedIn



POTÊNCIA NÃO É NADA SEM CONTROLE... (E TAMANHO NÃO É D...)

J. Fernando B. Britto no LinkedIn



LEIAUTE - A UTILIZAÇÃO DE ANTECÂMARAS EM SALAS LIMPAS

J. Fernando B. Britto no LinkedIn



A ENERGI. CARA... J. Fernan

LinkedIn

Sobre

Carreiras

Publicidade

Para celular

Soluções de Talentos

Soluções de Marketing

Soluções de Vendas

Pequenas empresas

Diretrizes da Comunidade

Termos e Privacidade

Enviar feedback

Central de Segurança



Dúvidas?

Acesse a nossa Central de Ajuda.



Gerencie sua conta e privacidade.

Acesse suas Configurações.

Selecionar idioma

Português (Português)

LinkedIn Corporation © 2017

Mensagens

