

- [Home](#)
- [Áreas de atuação](#)
- [Quem somos](#)
- [Anuncie](#)
- [Contato](#)

BOAS PRÁTICAS

Envio das notificações
do alarme por SMS



- [Categorias»](#)
- [Entrevista](#)
- [Notícias](#)
- [Relato de caso](#)
- [Anuário](#)
- [TV Boas Práticas](#)
- [Eventos](#)
- [Cursos](#)
- [OPINIÃO](#)
- [Revista Digital](#)

Série Especial de Reportagens – Sistemas de Ar Condicionado para Salas Limpas

agosto 20, 2015 [Destaque](#), [HVAC](#), [Salas Limpas](#) [No comments](#)



Iniciamos esta Série com destacados especialistas do mercado conversando com J. Fernando B. Britto, engenheiro mecânico, sócio e responsável técnico na Adriferco Engenharia e Consultoria Ltda. Ele atua há trinta anos na área de projetos e consultoria em sistemas de tratamento de ar, é secretário do CE-46.000.002 – Biocontenção (ABNT/SBCC) e do GEC-IV – Projetos de Salas Limpas (SBCC, atualmente inativo), possui 16 artigos técnicos publicados e é coautor do Guia para Projetos de Áreas Limpas, publicado pela SBCC.

J. Fernando B. Britto afirma que, em se tratando de salas limpas, os sistemas de tratamento de ar são parte integrante dos ambientes, pois definem sua classe ou grau de limpeza: “deste modo, o sistema depende e utiliza os elementos da arquitetura da sala para satisfazer os limites de concentração de partículas totais”.

Menores concentrações de partículas (classes menores e mais limpas) – explica ele - requerem melhor qualidade nos acabamentos de superfície (menores rugosidades, minimização de frestas e protuberâncias, facilidades de limpeza, etc.), captação do retorno próxima ao piso, eliminação de vórtices no escoamento do ar (unidirecionalidade), antecâmaras, air locks, controle dos diferenciais de pressão, etc.

Desta forma, Britto alerta que a etapa inicial da instalação do sistema de tratamento de ar começa muito antes de sua aquisição propriamente dita: “começa na definição dos requisitos do usuário (RUs), sem os quais não será possível se estabelecerem os “objetivos” (regras do jogo) a serem alcançados pelos sistemas”. Ele dá um exemplo: uma sala onde se pretende obter classe 8 (conforme NBR/ISO 14644-1), pode possuir captação de ar de recirculação (ou exaustão) junto ao forro; para classes de limpeza 7 isso já não é recomendado e para menores que 7, isso provavelmente não satisfará a classificação.

Porém – continua – a própria definição da classe não é suficiente, se não for indicado em qual estado ocupacional se deseja obter esta classe: “quando isto não é definido, assume-se o pior caso, que significa ‘em ocupação’ (quando os usuários estão no interior dos ambientes). Isso significa que, para obter a classificação na condição ‘em operação’, o projeto poderá precisar ser elaborado para uma classe de limpeza menor, o que nem sempre é necessário”.

Britto exemplifica novamente: para áreas de produção farmacêutica, os graus de limpeza indicados no Guia BPF (ANVISA RDC-17 2010) admitem condições em repouso e em operação, que exceto no caso do grau A, admitem que a concentração de partículas poderá aumentar quando o usuário estiver presente, em até cem vezes no caso do grau B, dez vezes para o grau C ou não mais requer classificação no caso do grau D. Porém – alerta – algumas regulamentações antigas, ainda especificam classes de limpeza sem especificar o estado ocupacional, o que produz exageros na interpretação incompatíveis com o que preconiza o guia BPF, e, muitas vezes, não é estabelecido o tamanho da partícula alvo.

Após estabelecidas as “regras do jogo”, por meio das RUs, o engenheiro explica que é possível definir a arquitetura das instalações e a configuração dos sistemas de tratamento de ar: “dependendo do nível de “simbiose” entre os elementos arquitetônicos e do tratamento de ar, estabelece-se a estratégia do cronograma; contudo, em se tratando de salas limpas, geralmente a montagem dos dutos do ar condicionado precede várias outras montagens dentro do entreforro, incluindo o próprio forro, devido ao seu grande tamanho, que ocupará a maior parte do espaço técnico do entreforro”.

Concluída a montagem dos dutos (e seus ensaios de estanqueidade), são efetuadas as montagens da arquitetura (forros, divisórias, shafts, etc.), sendo então conectados os elementos de difusão (com ou sem filtragem terminal, em função da classe) e de captação do retorno ou exaustão (grelhas ou shafts), relata Britto, que continua afirmando que o acabamento das junções entre os painéis da arquitetura (divisórias, forros, portas, batentes, armários fixos, “pass throughs”, etc.) e os equipamentos de processo, pontos de insuflação, retorno, exaustão ou luminárias, é muito crítico e define o sucesso na obtenção dos diferenciais de pressão pretendidos pelo projeto: “todo e qualquer tipo de fresta deve ser evitado, inclusive no interior dos shafts de captação de ar, pois as falhas na vedação podem comprometer a obtenção dos diferenciais de pressão requeridos e, em caso de áreas biocontidas com pressões negativas, isso pode introduzir severas contaminações”.

Da mesma forma – continua ele – como as unidades de tratamento de ar (UTAs, AHUs ou condicionadores de ar) fazem parte da sala limpa, por estarem direta ou indiretamente em contato com elas, não se deve descuidar da qualidade dos mesmos, que devem possuir elevada robustez mecânica para suportar os diferenciais de pressão a que serão submetidos (para evitar deformação plástica ou implosão dos painéis), baixos índices de infiltração/vazamento tanto do gabinete (gerando contaminações, consumo elevado e dificuldade de controle), quanto internamente em seus módulos de refrigeração e filtragem de ar (penetração nas molduras, anteparas e mídias dos estágios de filtragem, comprometendo os estágios seguintes ou o ambiente), além de possuírem baixa condutibilidade térmica e baixo índice de ponte térmica (para evitar condensação de umidade no exterior e consequentes perdas energéticas e contaminações microbianas). Além disso – complementa – uma unidade de tratamento de ar para salas limpas deve ser planejada com vistas à manutenção, incluindo sua limpeza interna, sob pena de rapidamente se perder o controle da classificação dos ambientes ou se imporem trocas frequentes dos filtros de ar.

Composição dos sistemas

J. Fernando B. Britto, da Adriferco Engenharia e Consultoria Ltda explica que as classes de limpeza são obtidas por meio da utilização de filtros de múltiplo estágio, pois a instalação de filtros de alta eficiência (HEPA) diretamente nos pontos de maior concentração de partículas (ar externo, retorno ou mistura) imporia ao sistema uma necessidade de troca excessiva de elementos filtrantes de alto custo e que requerem recertificação após sua troca (NBR/ISO 14644-3).

Deste modo, segundo ele, usualmente, a insuflação dos sistemas de tratamento de ar para salas limpas possuem ao menos 2 estágios de filtragem (nota 1), porém, mais frequentemente se dotam 3 estágios de filtragem (Nota 2) e, atualmente, já se recomendam 4 estágios de filtragem (Nota 3).

Nota 1: É possível se obter classe 8, conforme NBR/ISO 14644-1, utilizando-se filtragem fina (classe F9) com pré-filtragem grossa. Porém, como os dispositivos de filtragem fina não podem ser adequadamente ensaiados e certificados no campo, não há como se garantir a reprodutibilidade da classificação ao longo tempo. Recomenda-se a utilização de filtragem HEPA dentro da AHU (air handling unit) ou da rede de dutos, ensaiada ao menos pelo método de penetração total, para se garantir reprodutibilidade à classificação dos ambientes.

Nota 2: Para ambientes de classe 8 (NBR/ISO 14644-1) ou grau D (RDC-17: 2010) utilizam-se 3 estágios de filtragem, com filtragem HEPA no interior das AHUs ou nos dutos, precedido de filtragem grossa antes das serpentinas e filtragem fina após os ventiladores. Para as classes menores que 8, utiliza-se filtragem HEPA em posição terminal, para que as partículas originárias da rede de dutos sejam captadas pelos elementos filtrantes terminais, que se encontrarão no forro (ou nas paredes) do ambiente.

Nota 3: Em aplicações críticas, geralmente em áreas de envase asséptico ou biocontidas, atualmente se adotam dupla filtragem HEPA, sendo a primeira instalada no interior da AHU e a segunda em posição terminal. Isso permite garantir que, caso ocorra uma perfuração dos filtros terminais, a qualidade do ar insuflado será muito pouco comprometida (acrescida apenas pelas partículas liberadas pela rede de dutos).

Nas redes de retorno ou de exaustão para áreas onde ocorre grande geração de particulado – detalha o engenheiro – recomenda-se a utilização de filtragem fina em posição terminal (na captação), além de filtragem HEPA (precedida de filtragem fina) antes da descarga na atmosfera, em sistemas de exaustão: “

Brito ressalta ainda que a utilização de dispositivos de troca segura de filtros (Bag In & Bag Out) é recomendada sempre que o material contido no ar e capturado pelos filtros possa colocar em risco o operador ou mantenedor do sistema, e, em caso de sistemas onde ocorre a presença de vapores

ou fumos de componentes químicos tóxicos, pode ser requerida a instalação de filtragem por adsorção/quemisorção ou a utilização de lavadores de gases, antes de sua descarga na atmosfera.

Atualmente

Britto afirma que, atualmente, se discutem estratégias para troca antecipada dos filtros finos ou a utilização de classes de filtragem menores (classe F8 ao invés de F9); contudo, diferentemente dos filtros HEPA, cuja penetração mínima é garantida desde o momento da primeira utilização, os filtros finos requerem um “pré-carregamento” para atingir plenamente sua classificação. Assim – detalha ele – um determinado elemento filtrante de classe F9, que possui eficiência média $\leq 95\%$ para partículas de 0,4 micrometros, poderá possuir eficiência inicial de apenas 70%, conforme NBR 16101: 2012. Então, se o filtro for trocado antecipadamente para economizar energia, os filtros HEPA que o sucedem serão prejudicados e precisarão ser trocados com maior regularidade também: “como um filtro HEPA custa ao menos 3 vezes mais que os filtros finos, além de precisarem ser ensaiados no campo após a troca, a suposta economia de energia obtida com a troca antecipada de filtros finos poderá ser revertida pela necessidade de troca mais frequente dos filtros HEPA”.

O engenheiro ressalta também que, da mesma forma, utilizar filtros finos de classe inferior à classe F9, quando estes são pré-filtragem para os HEPA, também pode resultar em substituição mais frequente da filtragem HEPA.

Britto relata que estratégias eficazes para economia de energia nos sistemas de tratamento de ar envolvem, portanto, o reaproveitamento de energia térmica do próprio sistema ou redução de vazão quando a área se encontra desocupada ou está fora de produção.

Ele conta e detalha as estratégias de recuperação de energia, que são mais frequentes:

- Utilização de “face & by pass” nas serpentinas de resfriamento, recirculando parte do ar de retorno e evitando resfriá-lo para depois reaquecê-lo. Contudo, isso não diminui a potência instalada dos bancos de reaquecimento, pois, quando as salas retornam de um período parado, sua temperatura interna pode estar baixa e a recuperação de energia pode não ocorrer da forma esperada, deixando as salas frias e com umidade relativa elevada. A economia se dará após a estabilização da temperatura do sistema, quando a potência requerida pelos bancos de reaquecimento não será mais necessária. Também não se deve recircular a mistura de retorno e ar externo, sob pena de não se remover a umidade adequadamente.
- Utilização de recuperadores de calor nos chillers. Para produzir a água gelada, os chillers comprimem o fluido refrigerante até uma condição onde sua temperatura é muito maior que a do ar externo ou da água de refrigeração, de forma a permitir condensar o fluido com rejeitando calor para o meio externo. Porém, parte desta energia pode ser recuperada e utilizada para aquecer água que seria utilizada no reaquecimento do ar. Porém, como a recuperação depende do consumo, novamente esta estratégia não reduz a potência instalada, reduzindo o consumo em função da disponibilidade de calor rejeitada pelos chillers. Recomenda-se a utilização de um pós aquecedor para a água ou bancos de resistência após as serpentinas, para complementar a energia recuperada quando esta não for suficiente.
- Também é possível utilizar energia solar no aquecimento de água para o reaquecimento do ar. Porém, suas limitações são óbvias e os sistemas podem se tornar muito grandes e complexos.
- A atualização dos marcos regulatórios, através do Guia da Qualidade para Sistemas de Tratamento de Ar e monitoramento Ambiental na Indústria Farmacêutica, publicado pela ANVISA em 2013, admite agora a adoção de 6 a 20 trocas/h (ou recirculações por hora) para salas com grau de limpeza D. Como a regulamentação anterior exigia um mínimo de 20 trocas/h, podem ser efetuados novos estudos para avaliação da redução de vazão de ar nestes sistemas,

seguidos de requalificações dos sistemas, permitindo reduzir a vazão de ar dos sistemas para até 1/3 da atual, o que significa uma significativa redução de potência consumida pelos air handlers em sua potência motriz, refrigeração e, principalmente, em seu reaquecimento.

Instalação: problemas e soluções

O engenheiro da Adriferco Engenharia e Consultoria Ltda. relata que, além da falta de espaço disponível para instalação, ensaios e manutenção dos sistemas de tratamento de ar, o problema mais frequente decorre da falta de vazão de ar nas AHUs, por falhas no projeto (seleção do ventilador) ou da instalação (desvios não previstos, falta de veias defletoras nas curvas, vazamentos excessivos, etc.). Nestes casos, ele afirma que frequentemente é necessário acelerar os ventiladores para se obter a vazão requerida. “contudo, nem sempre é possível fazê-lo no campo, pois os ventiladores já se encontram funcionando em seu limite operacional ou as modificações requerem substituição de motores, cabeamento, inversores de frequência e proteções elétricas”.

Portanto, alerta Britto, “como no Brasil os projetistas geralmente não são convidados para acompanhar as instalações, é muito recomendado que ao se fazer a seleção dos ventiladores, se preveja ao menos 10% de folga na rotação (33,1% de folga na potência), para ser possível absorver tais necessidades. Havendo inversores, algo comum atualmente, a potência não utilizada também não será consumida”.

Outro problema frequente – alerta mais uma vez – decorre da falta de capacidade frigorígena ou de potência de reaquecimento para se controlar a umidade relativa: “na maioria dos casos isso decorre da falta de informação quanto à potência dissipada pelos equipamentos de processo do cliente, que geralmente só dispõe de dados relativos à potência instalada (máxima consumida), que costuma ser muito maior que a efetivamente dissipada, causando selecionamento incorreto dos componentes do sistema de tratamento de ar”.

O engenheiro afirma também que menos frequente, porém comum, é a utilização de estratégias de controle de capacidade visando economia energética, mas que não se ajustam ao perfil de carga do cliente. Um exemplo que ele dá é a utilização de “controle de entalpia” em sistemas onde se pretende controlar a umidade dentro de faixas restritas: “como a variável “entalpia” indica a condição energética do ar úmido (calor do ar seco + calor da umidade nele contida), uma condições com “entalpia favorável” pode conter umidade muito elevada e requerer mais refrigeração que a usual (ou prevista no projeto), impondo maior consumo e dificuldade no controle das condições do ambiente”.

Britto explica que a utilização de rodas entálpicas em áreas biocontidas para recuperar energia e resfriar ou reaquecer o ar externo também pode impor riscos elevados ao sistema ou ao meio: “estes dispositivos possuem uma pequena taxa de by pass interno, imposta pelas juntas (escovas) que separam o ar exaurido do ar externo e, além disso, as próprias lâminas das rodas entálpicas promovem adsorção de umidade e podem se constituir em fonte de contaminação ao longo tempo. Portanto, para ele estes dispositivos só são seguros após os elementos de filtragem HEPA da exaustão, posição na qual o atrito ao longo do sistema já aqueceu bastante o ar de exaustão, tornando a recuperação muito menos eficiente.

Outro problema frequente citado pelo engenheiro e para o qual o sistema de ar condicionado consegue fazer muito pouco, é a concentração de viáveis (número de UFCs – unidades formadoras de colônias). Ele detalha. Embora a medição das UFCs com amostradores seja efetuado no ar, frequentemente sua origem vem da própria sala, dos usuários ou do processo e o sistema de tratamento não consegue combater a contaminação, pois implicaria em aumentar significativamente a diluição, aumentando a vazão de insuflação para valores muito além da capacidade da instalação (2 a 10 vezes maior). Para estes casos, a solução geralmente pode não se

encontrar na reforma do sistema de tratamento de ar, embora uma investigação profunda deva ser efetuada para excluí-lo como causa.

Relato de caso

Britto nos fornece um relato de caso: “Em determinado projeto, o cliente possui um sistema de produção de água para injetáveis, onde o consumo ocorre de forma aleatório porém representa 55% da capacidade do suprimento de água gelada. Como a potência instalada é razoavelmente elevada e a produção possui paradas programadas frequentes (almoço, jantar, finais de semana), além de paradas aleatórias em função do consumo, seria necessário utilizar grandes reservatórios de termoacumulação para evitar grandes atrasos na entrada do sistema ou grandes desperdícios de energia, ao se manter o sistema a plena carga sem necessidade.

Agravando isso, a fábrica do cliente requer biocontenção juntamente com elevado grau de limpeza e, conseqüentemente, grandes volumes de ar externo, que variam sua condição hora-a-hora e dia-a-dia, produzindo ainda mais variação na demanda dos chillers.

Para solucionar o problema, o cliente investiu em chillers com inversores de frequência e controle de vazão e capacidade por meio de “Hartman loop”, que permite fornecer ao sistema apenas a quantidade necessária ao consumo, a cada momento, reduzindo significativamente a potência de bombeamento. E, como a potência dos compressores varia ao cubo de sua rotação, que é aproximadamente igual à sua produção de frio, podemos reduzir a capacidade do sistema para até 25% da potência instalada, o que significa consumo dos compressores de $\sim 2\%$ da potência à plena carga ($0,25^3$).

Como a vazão mínima segura para os chillers é de $\sim 50\%$ da vazão de projeto, o sistema possui válvula de “by pass” com medidor de vazão, também instaladas nos chillers, o que garante uma operação segura aos chillers e não requer que as moto-bombas operem com pressão além da necessária, minimizando seu consumo. E, como todos os consumidores também possuem as mesmas válvulas, não há necessidade de se estabelecer qualquer pressão mínima para garantir a autoridade das válvulas, que se auto balanceiam.

Adotando-se estas estratégias será possível manter todos os compressores operando em rotação reduzida sob baixa capacidade, até 25% da rotação, e acelerar o sistema rapidamente (a uma taxa de 1 minuto por grau centígrado), levando-se no máximo 4 minutos (segundo o fabricante) para sair de 25% e atingir 100% de capacidade.

Para impedir o desligamento dos compressores quando atingirem 25% de capacidade, seu set point será reajustado para baixo em 2°C , elevando o lift dos compressores. Isto também elevará a potência de resfriamento e desumidificação das serpentinas e irá requerer um pouco mais de reaquecimento, que será fornecido por um pós-aquecedor, instalado após os recuperadores de calor dos chillers, que será alimentado por vapor saturado de planta. A própria redução de vazão de água (sistema com primário variável), impedirá que a redução da capacidade diminua demais o diferencial de temperatura, que causaria o desligamento dos chillers. Um diferencial padrão de 5,5 K operando com 100% da vazão, se reduziria para $\sim 1,4$ K quando operando a 25% da capacidade, porém ao operar com apenas metade da vazão, este diferencial mínimo dobra, para $\sim 2,8$ K, impedindo que as proteções do chiller desliguem seus compressores.

Este sistema também foi complementado por recuperação de calor nos chillers e “face & by pass” nas AHUs das áreas que não requerem biocontenção, tornando-se muito eficiente do ponto de vista energético”.

Fique atento, em breve publicaremos mais uma reportagem desta série especial.

CONTEÚDO EXCLUSIVO – [PORTAL BOAS PRÁTICAS](http://boaspraticasnet.com.br/?p=13175)

Deixe uma resposta

O seu endereço de email não será publicado Campos obrigatórios são marcados *

Nome *

Email *

Site

Comentário

Você pode usar estas tags e atributos de HTML: <abbr title="">
<acronym title=""> <blockquote cite=""> <cite> <code> <del datetime="">
 <i> <q cite=""> <strike>

Publicar comentário





- **Feiras**

- [FCE PHARMA](#)
- [ANALITICA](#)

- **Parceiros**

- [2A+](#)
- [ISPE – Afiliada Brasil](#)
- [Univers Comunicações](#)

The advertisement is for the 6th issue of the digital magazine 'Boas Práticas'. It features a yellow background with a central image of a hand holding a magnifying glass over a globe. The text 'JÁ ESTÁ NO AR A EDIÇÃO Nº06 DA REVISTA DIGITAL DO PORTAL BOAS PRÁTICAS' is at the top. Below the central image, there are several headlines: 'Inovações marcam a 20ª edição da FCE Pharma', 'Diversos realiza treinamento inovador de Boas Práticas de Fabricação', and 'Cadeia do frio e estudos de qualificação de embalagem térmica'. At the bottom, it says 'A importância das análises para o controle de qualidade da água'. The text 'Clique aqui e acesse agora mesmo.' is in red. At the very bottom, there is a blue banner with the text 'Informações: marketing@boaspraticasnet.com.br' and a small image of the magazine cover.

- **Pesquisar**

Search



(12) 3903-4838
www.multiplamontagem.com.br



www.baktron.com.br

**Soluções líderes
em Assuntos
regulatórios e
Farmacovigilância**

Osmose Reversa



ICE FOAM • CAIXAS TÉRMICAS

We measure it. 



Saiba mais em:
www.cadeiadofrio.com.br

13ª EDIÇÃO

ANALITICA
LATIN AMERICA

Subst
filtr
mem

Líder no
segmento analítico

Waters
THE SCIENCE OF WHAT'S POSSIBLE.®

PHARMAINOX



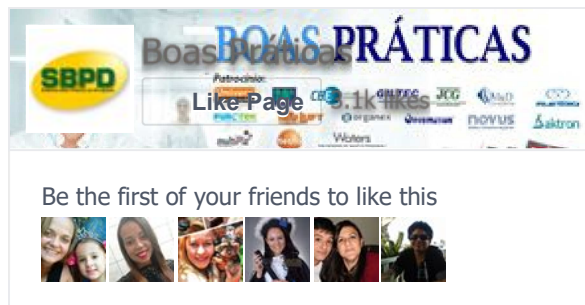
M&D Consultoria

Preparando sua empresa
para a era da
Qualidade e Conformidade

- **Redes Sociais**



- **Facebook**



© 2015 [Boas Práticas](http://boaspraticasnet.com.br/)

Deenvolvido por 00 | Theme Designed by: <http://fthemes.com/> | Thanks to Bakers, Webbkatalog.webs.com/ and <http://freewpthemesblog.com>