



XVII CONBRAVA - CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR-
CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DO AR São Paulo Expo – 23 a 25 de
novembro de 2021

TECNOLOGIAS DE DEPURAÇÃO BIOLÓGICA DO AR EM AMBIENTES CLIMATIZADOS.

PAPER 40

Resumo:

Chegou a hora de vermos o invisível, o vírus SARS-CoV-2 na pandemia provocada pela COVID-19, nos faz lembrar, 100 anos depois e de forma universal e simultânea, da gripe espanhola que durante a 1ª Guerra Mundial dizimou 50 milhões de pessoas em dois anos. Atualmente se por um lado temos domínio da tecnologia de investigação e tratamento médico muito evoluídos estes mostram-se vulneráveis; o mesmo dá-se com a evolução e popularização dos ambientes climatizados onde o conforto é suscetível a disseminação de aerossóis e outros contaminantes pelo próprio conceito de homogeneização dos parâmetros termo higrométricos e das tecnologias split system e de fluido refrigerante variável VRF com severas limitações na capacidade de qualificar os aspectos físico-químico e biológicos do ar em ambientes climatizados. A Pandemia nos mostrou que não estamos seguros pela ausência de tecnologias e dispositivos capazes de controlar ativos biológicos como vírus, bactérias, fungos e demais microrganismos em suspensão aerotransportados nos ambientes internos. Abordamos opções tecnológicas nos aspectos de fluidodinâmica e as questões de depuração do ar. Abordamos os conceitos tecnológicos no controle de bioaerossóis como a filtração mecânica HEPA, fontes de irradiação U.V., ionização eletrostática, esterilização térmica e lavagem do ar uma ferramenta para os projetistas de AVACR.

Palavras-chave: IAQ. COVID 19. Aerossóis. Qualidade do ar. Controle poluição ar climatizado. Lavagem do ar. Bioaerossóis.

ABSTRACT:

The time has come to see the invisible, the SARS-CoV-2 virus in the pandemic caused by COVID-19, reminds us, 100 years later and in a universal and simultaneous way, of the Spanish flu that during World War I wiped out 50 million people in two years. Nowadays, on the one hand, we have mastered the technology of research and medical treatment, which have evolved very much, these are vulnerable, the same is true with the evolution and popularization of air-conditioned environments where comfort is susceptible to the spread of aerosols and other contaminants by the very concept homogenization of thermo-hygrometric parameters and split system technologies and variable refrigerant fluid VRF with severe limitations on the ability to qualify the physical-chemical and biological aspects of air in acclimatized environments. Pandemic has shown us that we are not safe due to the absence

of technologies and devices capable of controlling biological assets such as viruses, bacteria, fungi and other microorganisms in airborne suspension in indoor environments. We approach technological options in the aspects of fluid dynamics and air purification issues. We approach technological concepts in bioaerosol control such as HEPA mechanical filtration, U.V. irradiation sources, electrostatic ionization, thermal sterilization and air washing, a tool for AVACR designers.

Keywords: IAQ. COVID 19. Aerosols. Air quality. Air-conditioned air pollution control. Air wash. Bioaerosols.

1 INTRODUÇÃO

O vírus SARS-CoV-2 na pandemia provocada pela COVID-19 nos obriga a enxergar e lembrar nossa vulnerabilidade, 100 anos depois e de forma universal e simultânea, o que se registrou de forma lenta e censurada da gripe espanhola, evento durante a 1ª Guerra Mundial que dizimou mais de 50 milhões de pessoas em dois anos. Atualmente se por um lado temos domínio da tecnologia de investigação científica e tratamento médico muito evoluídos, estes mostraram-se frágeis neste cenário do século 21; o mesmo dá-se com a evolução e popularização dos ambientes climatizados onde através do controle de temperatura, umidade e velocidade do ar assegura-se o conforto, porém suscetível a disseminação de aerossóis e outros contaminantes pelo próprio conceito de homogeneização dos parâmetros termo-higrométricos.

O desafio permanente da engenharia “Mais, Melhor e com Menor Custo” - MMMC, nesta toada, no início da década de 70, a crise da energia do petróleo nos levou a incrementar a circulação do ar e reduzir o consumo energético, com as consequências da síndrome dos edifícios doentes, e que após 50 anos, continuamos com o MMMC pela disseminação de climatização sem dutos de distribuição, com as tecnologias split system e de fluido refrigerante variável VRF, ambas com severas limitações na capacidade de qualificar os aspectos físico-químico e biológicos do ar em ambientes climatizados, bem como as famigeradas rodas entálpicas que podem transferir ativos biológicos do ar de expurgo, inclusive de banheiros, para o ar admitido nos sistemas de climatização.

Antes da pandemia, uma das discussões mais acirradas ao longo da década dispendida na revisão da norma brasileira de ambientes climatizados, a NBR16401, foi acerca da qualidade do ar nos ambientes internos restando patente a necessidade de se estabelecer uma norma específica de qualidade do ar que além do restrito grupo de agentes químicos capitaneados pela concentração de dióxido de carbono, tenham os agentes físico-químico-biológicos inclusos numa atualização de parâmetros da RE09 da ANVISA/MS.

A ASHRAE 62.1 na sua tabela B-1 estabelece os padrões de qualidade do ar recomendados por distintas instituições para os contaminantes físico e químicos constatados mundialmente nos ambientes internos. A ACGIH desde 2013 tem os bioaerossóis e os compostos orgânicos voláteis -COV que são os contaminantes de origem biológica veiculados pelo ar constituídos por microrganismos cultiváveis ou não, , inclusive modificado geneticamente, vivos ou mortos ou mesmo fragmentos destes, bem como toxinas e resíduos particulados de todo tipo de ser vivo e endoparasitas humano que possam provocar infecção, alergias ou intoxicação e por microrganismos entende-se qualquer entidade microbiológica, no mínimo unicelular, com capacidade de se reproduzir e transferir material genético. Todas as pessoas são continuamente expostas a inúmeros agentes biológicos, todavia não existem Valores Limites de Exposição (TLV) que possam ser confrontados com concentrações medidas de agentes biológicos nos ambientes. A Covid -1 9 tornou popular estes termos e conhecimento, mesmo apesar da infecção hospitalar ser uma da maior “causa mortis” em períodos extra pandêmicos. Não é objetivo deste trabalho uma descrição profunda das características dos agentes biológicos, entretanto após 50 anos da RE-09 ANVISA/MS. que tem no registro simplório dos fungos e bactérias seus parâmetros, registramos a classificação dos agentes biológicos em quatro grupos, segundo os aspectos de infectividade, patogenicidade, transmissibilidade e da existência de terapias eficazes e profiláticas para prevenir a doença, como as vacinas de Edward Jenne para varíola, o pai da imunidade.

Figura 1. Cenário da 1ª Guerra Mundial, repetido apesar da evolução tecnológica



Fonte: Diário do Estado de 04/05/2021 por Estefhanny Garcia

A intensa virulência de um agente biológicos como o SARS-CoV-2 é dada pela intensidade de sua infectividade associada com sua patogenicidade.

Os agentes biológicos são classificados em grupos quanto ao risco infeccioso e sua capacidade de provocar doenças, sendo:

Grupo 1: Pouca probabilidade de provocar doenças em humanos;

Grupo 2: Podem provocar doenças em humanos e constituem riscos aos ocupantes de ambientes internos, porém tem pouca probabilidade de se alastrar pela comunidade e via de regra dispõe de protocolos de profiláticos e terapêuticos bem estabelecidos (ex. bactérias *Estafilococos Aureus* causadora da pneumonia, *Bordetella Pertussis* da coqueluche);

Grupo 3: Causam doenças graves no ser humano constituindo e risco grave para usuários de ambientes públicos e são capazes de se propagar pela comunidade, mas via de norma dispõe de eficazes medidas profiláticas e terapêuticas (ex. viroses hepáticas HBV, HCV, *Salmonella Typhi*).

Grupo 4: Provocam doenças graves no ser humano e constituem risco grave a ocupantes de ambientes públicos, tem elevado risco de propagação na comunidade e não dispõe de eficazes medidas profiláticas ou terapêuticas (ex. virais Ebola, varíola e febre hemorrágica e a própria COVID-19, que apenas recentemente passou a ter vacinas).

Tabela 1 Classificação dos agentes biológicos por grupos de ação epidêmica

Classificação dos Agentes Biológicos							
Tipo	Número de espécies	Quantidade de espécies nos Grupos				Vacinas disponíveis	Alergênicos
		1	2	3	4		
Bactérias	158	-	123	28	-	14	
Vírus	129	-	66	52	11	22	
Parasitas	69	-	59	10	-	-	2
Fungos	26	-	20	6	-	-	8

Fonte: Manuale_RLS_RLST_UIL.pdf (2012)

O nosso escopo de interesse está restrito aos agentes biológicos com transmissão pelo ar como o atual SARS-CoV-2, e os conhecidos vírus do sarampo, catapora ou varicela, influenza, caxumba, difteria e tuberculose.

Neste sentido ambientes classificados com risco de agentes biológicos dos grupos 2,3 e 4 devem ter seu ar tratado para inertizar seus ativos biológicos, sendo que para ambientes do Grupo 4 o ar de expurgo também deve ser tratado e ambiente mantido em pressão negativa.

As doenças transmitidas pelo ar são disseminadas nos atos involuntários típicos de pessoas com certas infecções que tosse, espirram ou falam, expelindo secreções nasais e da garganta para o ar, os bioaerossóis. Quando você aspira organismos patogênicos transportados pelo ar, eles passam a integrar a sua biótica. O resfriado comum é o principal motivo de absenteísmo na escola e no trabalho; se dissemina tão facilmente porque é contagioso cerca de um dia antes de você notar os primeiros sintomas, e permanece contagioso por mais 5 a 7 dias. O guia da ACGIH (1999) classifica como poluição biológica em ambiente interno quando temos a ocorrência de bioaerossóis típicos e em concentração capaz de predispor ou causar doença e ou crescimento microbiológico interno ou resíduos deste

crescimento que possam expor, continuamente, pessoas a aereo disseminação, ou de bioaerossóis do ambiente externo as edificações projetadas para serem estanques como ocorre nas edificações com pele de vidro

Marcadores Futuros, contaminantes biológicos testáveis (por exemplo, endotoxinas, micotoxinas, antígenos ou compostos orgânicos microbianos voláteis); são substâncias microbianas, vegetais ou animais, que podem ser detectadas por ensaios químicos, imunológicos ou biológicos. As relações dose-resposta para alguns bioaerossóis testáveis foram observadas em estudos experimentais e, ocasionalmente, em estudos epidemiológicos. Portanto, T.L.V. para algumas dessas substâncias esta possível de ser estabelecido como marcador da qualidade do ar nos aspectos biológicos à exemplo do dióxido de carbono CO₂ consagrado marcador da qualidade química do ar.

2 CENÁRIO FLUIDODINÂMICO

A Pandemia nos mostrou que não estamos seguros pela fragilidade dos sistemas de climatização projetados para minimizar o consumo de energia em contraponto as características típicas das tecnologias de depuração que geram contrapressão ao fluxo ou requerem energia de forma intensiva, concluímos que à ausência de tecnologias capazes de controlar ativos biológicos aerotransportados nos ambientes internos não deve ser uma realidade futura.

Nosso estudo aborda as opções tecnológicas existentes quer sejam nos aspectos de fluidodinâmica ("down draft flow") quer sejam na depuração do ar. Nossa explanação do estado da arte do contaminante em foco bioaerossóis procurou trazer a comunidade do HVAC a familiarização com os agentes típicos, seus impactos na saúde humana sem registro exclusivo do SARS-CoV-2 que escreve sua história nos compêndios de forma contundente com a destruição de muitas vidas, e desenvolveu uma espiral cíclica e de atuação mundial com danos e sequelas intangíveis quer físicos, quer psicossomáticos pela destruição de famílias, quer financeiros e econômicos; e nós impotentes defensores da redução do consumo de energia o famigerado "Mais, Melhor e com Menor Custo" – MMMC. Isso precisa mudar pela conscientização, e já estamos assistindo quanto ao meio ambiente externo, com ações contundentes de redução das emissões dos gases do efeito estufa.

Ao analisarmos as tendencias tecnológicas deparamo-nos com uma dicotomia sistemas de climatização como viga fria, sistemas sem dutos em detrimento de uma distribuição pior do ar e com o forte argumento de que rede de dutos são depositórios de contaminantes, retorno pelo forro é uma

fonte de contaminação com insetos , defesa térmica de que a insuflação pelo piso é mais eficiente pois atua na zona de conforto requerido, discussão acirrada para flexibilizar os parâmetros de contaminantes em ambientes internos climatizados parece um cenário “non sense” , mas na realidade, é a MMMC cultuada por décadas que mais uma vez nos mostra seus efeitos, a vacinação em massa ira nos habilitar a frequentar novamente os ambientes climatizados com taxas de ocupação equivalentes as anteriores à pandemia da COVID-19, mas qual será o legado. Neste contexto, defendemos os conceitos de fluxos descendentes na insuflação do ar climatizado (“down draft”), retorno do ar junto ao piso para ser tratado no controle de concentração de agentes físico-químicos e carga de ativos biológicos; este argumento tem efeito focal na redução de contaminação, ou seja a disseminação de alergênicos, microrganismos e contaminantes físico-químicos será muito reduzida pois os aerossóis que os transportam experimentam fluxos descendentes saindo da zona de respiração dos usuários. As taxas de infecção hospitalar há muito já nos indicam que os hospitais de janelas abertas tem menores índices, mas a culpa não é do ar condicionado, na sua capacidade de modular temperatura e umidade, e sim na ausência de tecnologias de expurgo de contaminantes à composição natural do ar; a circulação do ar promove o efeito do aumento da concentração progressiva de contaminantes, ou seja, é induzida pelo próprio conceito de conservação de energia de forma obcecada, e que não prevê equipamentos, módulos e ou dispositivos acessórios capazes de qualificar o ar nos aspectos físico-químico-biológico, esta realidade tornou-se tão gritante que a população tem medo de ir aos hospitais que se transformaram em núcleos de disseminação da contaminação.

O controle de poluentes em ambientes internos tem nos aerossóis importantes contribuições que são continuamente emitidas pelos usuários, pequenas partículas ficam em suspensão no ambiente por muitos minutos e somente a indução fluidodinâmica pode intervir na condução dirigida dos fluxos de ar formando os recomendados fluxos descendentes aos bocais de retorno do sistema de climatização ou à unidade de depuração do ar; trata-se de mudança cultural que se contrapõe as leis da física térmica em favor da lógica da sanidade e qualidade do ar nos ambientes internos.

Ensaio de registro fotográfico da dinâmica das microgotas(figura 4) que formam os aerossóis na fala e atos reflexos como tosse e espirro mostram a forma aleatória da dispersão, é neste efeito que o engenheiro de sistemas de climatização deve intervir aplicando indução de fluxos descendentes que favoreçam a queda no piso das microgotas, ou seja remoção induzida da zona respirável do ar “usado”, assim atua-se diretamente na carga de bioaerossóis em suspensão e na redução da carga de ativos biológicos em suspensão.

Na estequiometria da saúde diz-se que a diferença entre o remédio e o veneno está na dosagem, pode-se fazer um paralelo com o sistema imunológico que necessita de desafios permanentes para manter-se ativo e atualizado, porém a redução de ativos biológicos em suspensão no ar é uma ação profilática que combate a elevação progressiva das concentrações vírus, bactérias, fungos e demais microrganismos em suspensão e aerotransportados pelos aerossóis. Toda contaminação é probabilística portanto as ocorrências são proporcionais à concentração dos agentes no ambiente; este argumento indica a recomendação de que a vazão de ar a ser tratada pode representar cerca de 30-45% da vazão do ar climatizado em circulação pois pela lógica das probabilidades todo ar será tratado, nos diversos ciclos circulantes.

Tecnologias e técnicas de gestão de operar com 100% de ar externo pela manhã antes do ciclo ocupacional da edificação, robôs de emissão de raios UVc, lavagem gasosa com ozônio ou peróxido de hidrogênio são paliativos sem muito nexo pois as contribuições de contaminantes são geradas pelos ocupantes da edificação, fato este que determina a condição “sine qua non” de que a tecnologia de depuração do ar de ambientes internos deve ser ambientalmente amigável e operar no ciclo de uso dos ambientes climatizados sem inserir substâncias ou radiações que possam prejudicar os usuários.

Figura 4: A dinâmica dos aerossóis com micro partículas em suspensão após 10 minutos corroboram a lógica do fluxo descendente do “ar usado”



Fonte: NHK World Productions

3 TECNOLOGIAS DE DEPURAÇÃO DO AR CLIMATIZADO

Abordaremos os conceitos tecnológicos conhecidos e aplicáveis no controle de aerossóis que são filtragem mecânica HEPA, fontes de irradiação U.V., ionização eletrostática, esterilização térmica e lavagem do ar cada um com seus pros e contras nos aspectos de uso de descartáveis e insumos, consumo de energia e eficácia. Nosso estudo traz o “status quo” das tecnologias como uma ferramenta para os projetistas de AVACR.

Na corrida por soluções emergenciais surgiu todo tipo de proposta, incluindo equipamentos operando diretamente no ambiente interno (“in room”) para

sistemas sem dutos e em linha ("in line") nos sistemas centrais com retorno; a implantação de sistemas de extração de contaminantes nos circuitos de climatização, haja vista as contribuições biológicas dos ocupantes versus as maiores taxas de circulação de ar, um contraponto nas medidas recomendadas pela necessidade de economia de energia.

3.1 Filtragem mecânica

O primeiro pensamento quando falamos de tratamento do ar é a filtragem mecânica que se universalizou e alcança índices bastante interessantes de eficiência, mas não de eficácia, ou seja, os ciclos típicos de formação do bolo de material sólido coletado ("wall cake") vai elevando a eficiência de retenção até a saturação, quando alcança a eficiência máxima. Outro procedimento extensor da vida útil dos filtros de maior gramatura, é aplicar filtros primários menos eficientes, que ao reterem os particulados mais grosseiros, mantém o filtro de maior gramatura mais tempo na sua pior faixa de desempenho. Sistemas obstrutivos sempre terão ciclos crescentes de eficiência que comprometem sua eficácia; mas como é tudo probabilístico e cíclico, em fluxos de ar recirculantes, sua aplicação é válida e funcional a despeito do elevado consumo de energia dos filtros HEPA que alcançam 600 Pa no seu limite de eficiência e uso. Os filtros de ar HEPA devem alcançar eficiência de retenção mínima de 99,995% (H14 padrão europeu EN1822) ou 99,975% (ASME, US DOE) das partículas cujo diâmetro é igual a 0,3 µm; sendo assim são capazes de reterem pólen, sujeira, poeira, umidade, bactérias (0,2-2,0 µm), vírus (0,02-0,3 µm) e aerossol líquido submicrônico (0,02-0,5 µm). Recentemente a publicação da ISO29463(2017), derivada da EN1822 que continua válida, trouxe uma estratificação e expansão das classes de filtragem.

A avaliação de eficiência no novo padrão ISO também é baseada na retenção de partículas em MPPS (Most Penetrating Particle Size) ou seja, é o tamanho de partícula no qual um filtro de ar mostra uma retenção mínima e a partícula alcança a penetração máxima. Os filtros contaminados com material bacteriano, tóxico ou radioativo devem ser eliminados como resíduos perigosos e submetidos a descarte de acordo com a legislação específica.

3.2 Ionização do ar e filtragem eletrostática ESD

Esta tecnologia fundamentada nas propriedades dielétricas das substâncias, e composto por carenagem que abriga células de ionização conectadas a fontes de alta tensão(20.000 -60.000V) e com polaridades distintas promovem a ionização do ar contaminado que atravessa em baixa velocidade e adquire carga elétrica, sendo na sequencia atraída por célula de polaridade oposta em total sintonia com a lei da física postulada pelo físico francês Coulomb, em que o a intensidade da força entre duas cargas puntiformes é diretamente

proporcional ao produto dos valores absolutos e inversamente ao quadrado da distância entre eles, podendo ser atrativa se as cargas tiverem a polaridade inversa e repulsiva as de mesma polaridade. O inverso do quadrado da distância é o módulo da intensidade da corrente associada a capacidade dielétrica das substâncias é que determina a eficiência da ionização e conseqüente atração pelo polo inverso ao adquirido pelo contaminante contido no ar; neste momento cabe registrar que grande parte das poeiras amorfas urbanas é composta por carbono, assim como todo material orgânico que compõe os microrganismos, desta forma temos uma característica que é a presença de carbono, porém a umidade contida no ar modula essa variável em benefício à atração eletrostática. Recentes estudos de Feng Zhuang et al (2021) estudaram as influências dos parâmetros de design, tensão, velocidade de entrada de precipitadores eletrostáticos na eficiência de desinfecção. Os efeitos da modelagem da força eletroforética e dos padrões de fluxo EHD (eletro-hidrodinâmico) na eficiência da desinfecção e no tempo, foram analisados pelo software desenvolvido. A eficiência de desinfecção do precipitador eletrostático bem projetado pode ser comparada com o HEPA, havendo uma economia de energia. Faz-se compulsório o controle contínuo da concentração de ozônio nos ambientes internos que operam com ar submetido a tratamento eletrostático principalmente nos ambientes mais secos.

3.3 Radiação UVc e oxidação fotocatalítica

Tratam-se de tecnologias, a exemplo das anteriores, de rota seca que atuam para inertizar ativos biológicos de microrganismos e alguns gases orgânicos oxidáveis, mas que estas não são capazes de extrai-los do fluxo, podemos dizer que são tecnologias de passagem no fluxo. Lâmpadas emissoras de radiação ultra violeta são historicamente empregadas para ação germicida e assim inativar microrganismos e degradar material orgânico, não é um filtro per si, pois as partículas permanecem na corrente de ar. Comprimentos de onda entre 220-300 nm são os mais eficazes na inativação de microrganismos. O tempo de exposição é fundamental para assegurar uma eficiência elevada, assim como a intensidade da radiação UV-C, distância da lâmpada, ciclo de vida e limpeza da lâmpada. Publicação de Welch no scientific reports da Nature confirmam a eficácia da radiação UV-C no controle de doenças. Faz-se imprescindível o uso de pré e pós filtros o primeiro para impedir partículas que possam sujar as lâmpadas e os da descarga devem ser poliméricos para eliminar residuais de ozônio, poluente secundário extremamente nocivo.

Outra tecnologia oxidante é representada pelos geradores de ozônio quando empregados com a finalidade de controlar gases orgânicos. Muitos produtos de processos de reação de ozônio homogêneos e heterogêneos também

criam riscos para a saúde, incluindo formaldeído, aldeídos insaturados (produzidos durante a reação do ozônio com cetonas e álcoois) e partículas ultrafinas (aerossóis orgânicos secundários). Padrões de tolerância ao ozônio tão baixos como 0,08 ppm com limite de 0,12 ppm por 1 hora uma vez o ano como o recomendado pela NAAQS/EPA, trazem preocupações para tecnologias que geram esta substância, haja vista não termos controle reacionais pois a taxa de substâncias orgânicas é variável, assim como a de ozônio podendo haver reações incompletas gerando poluentes secundários ou ao contrário, emissões danosas de ozônio residual.

Já as tecnologias fotoativas se baseiam nas reações REDOX (redução-oxidação) que atuam em gases e partículas biológicas adsorvidas na superfície de um semicondutor de óxido metálico puro ou dopado, por exemplo dióxido de titânio dopado com prata ou platina. A foto catálise gera espécies reativas de oxigênio (ROS) ativos na superfície quando expostos a radiação ultravioleta germicida (UV-C), principalmente a radiação de ondas curtas emitidas a 253 nm que alcançam a chamada mineralização das frações orgânicas transformadas integralmente em dióxido de carbono e água. A desvantagem e a impossibilidade de controle da taxa de oxigênio reativo versus a taxa de orgânicos e a geração residual de ozônio ou optar por longos períodos de exposição no modo de recirculação ou precisam de longos períodos de irradiação devido à sua baixa energia de fótons. O estudo de Jeonghyun Kim & Jaesung Jang (2018), da irradiação no vácuo (VUV) com comprimento de onda de 184 nm de irradiação ultravioleta tem potencial promissor, apesar de sua geração de ozônio. Com mais de 90% na eficiência de inativação geral com ozônio residual de 35 ppb a um tempo de irradiação de 0,009 s (taxa de fluxo: 33 l / min).

Restam ainda presentes as questões de geração de poluentes secundários, além do custo e dificuldade do descarte da lâmpada de mercúrio que precisam ser substituídas com a queda da emissividade das lâmpadas que passam a provocar craqueamento parcial das frações gasosas gerando moléculas parciais que constituem poluentes alguns mais nocivos que molécula primária. O uso desta tecnologia requer o monitoramento contínuo das taxas de ozônio nos ambientes beneficiados

3.4 Depuradores úmidos e lavadores de ar

As rotas tecnológicas via úmida não são citadas nas recentes publicações da ASHRAE quanto a recomendações nos sistemas de climatização para enfrentar a COVID -19 nos ambientes internos, mas todos são unânimes em recomendar “lavem as mãos “ com sabão, produto alcalino capaz de dissolver óleos e gorduras, ou seja as rotas de tratamento do ar por lavagem são muito recomendáveis pois o emprego de detergentes capaz de dissolver a capa de lipopolissacarídeo-LPS do vírus é uma forma efetiva de se controlar a carga de ativos biológicos. Tradicionais na área na têxtil com água gelada

por contato direto, são tecnologias tipicamente multimodais pois atuam no controle de poluentes físicos, químicos e biológicos, quer sejam inorgânicos ou orgânicos; portanto ajustes nas condições de operação ("set point") do sistema devem ser realizadas para compensar o aumento de umidade.

A eficácia das tecnologias de rota úmida está baseada na necessidade de convergência da entropia por meios mecânicos de contato, para maximizar as transferências de massa e energia(entalpia).

Lavadores de Gases("scrubbers") que dispõe de carenagem retangular onde ocorre a aspersão de uma solução líquida alcalina refrigerada num ambiente de velocidade reduzida de maneira a permitir a umectação e arraste hidráulico do material particulado, condensação de vapores, solubilização de gases e/ou reação química de oxidação de ativos biológicos, porém a eficiência é limitada devido ao reduzido contato, para contornar isto pode-se operar com enchimentos que aumentam a superfície de contato como anéis de pall e rashing, com a consequente elevação da perda de carga podendo atingir mais de 800 Pa.

Lavadores Venturi com elevada sinergia de contato promovido por uma grande corrente de líquido no ramal principal que induz um vácuo no ramal aferente em "Y" para aspirar o ar induzido em uma garganta venturi com elevada energia de contato que favorece as transferências de massa e energia em regime turbulento. Requerem elevadas alturas para montagem do arranjo vertical fato que inviabiliza seu uso em muitas casas de máquinas.

Precipitadores Hidrodinâmicos associam efeito venturi com a força centrífuga com elevada sinergia de contato(entropia) para favorecer as transferências de massa e energia(entalpia). Tecnologia autoaspirante por incorporar paletas no elemento dinâmico de mistura dos fluidos, tem performance constante, e não gera contrapressão no sistema. Com um consumo de energia proporcional a eficiência alcançada conforme laudos (LABCON /UERJ- CEPUERJ laudos nº 491, 495, 498/99 de 19/03/1999; GHS Laboratório registrado na VS nº 0342/2006- RT n.º 02232/09.) comprovam a capacidade de retirar fungos e bolores e bactérias em níveis acima de 95% em amostragem antes/depois de 4 horas de operação.

4 Conclusão

A evolução das tecnologias de tratamento do ar interno em ambientes climatizados artificialmente requer a conscientização dos gestores e projetistas que devem fazer valer as crenças de que o MMMC "Mais, Melhor e com Menor Custo" – deve-se ponderar que a climatização é um suporte operacional, e que nos ambientes ocupados por pessoas, o ar respirado é a matéria prima, devendo esta ser da melhor qualidade, afinal o conforto da climatização é remunerado.

Percebe-se que as tecnologias de filtração mecânica, eletrostática, por irradiação e a de lavagem do ar estão sendo customizadas, com soluções para operar no ambiente ("in room") com sistemas unitários de pequeno porte que são recomendados nos sistemas de climatização sem dutos.

A disseminação de conceitos e tecnologias em aplicações muito críveis, onde a saúde ocupacional historicamente relegada a plantas industriais, alcança os ambientes internos climatizados artificialmente, devendo os parâmetros TLV biológicos serem considerados nos projetos de sistemas de climatização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em nome da humanidade contemporânea a Edward Jenne, pai da imunologia pelo arrojo e coragem de acreditar nas suas pesquisas.

REFERENCIAS

ACGIH [American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Bioaerosols - Assessment and Control. J.M. Macher, Ed.; H.M. Ammann, H.A. Burge, D.K. Milton, and P.R. Morey, Asst. Eds. A.C.G.I.H., Cincinnati, OH (1999).]

ASHRAE EPIDEMIC TASK FORCE- Core Recommendations for Reducing Airborne Infectious Aerosol Exposure (2021)

Feng Zhuang et al. Indoor airborne disinfection with electrostatic disinfectant (ESD): Numerical simulations of ESD performance and reduction of computing time 2021 Building and Environment 200:107956

Healthline What Are Airborne Diseases? Deborah Weatherspoon, Ph.D., R.N., CRNA — Written by Ann Pietrangelo (2020)

<https://www.ashrae.org/technical-resources/filtration-disinfection#modes>

<https://www.emw.de/en/filter-campus/iso29463.html>

Il Manuale_RLS_RLST_UIL.pdf manual de segurança do trabalho da União Italiana dos Trabalhadores – IT (<http://www.uil.it>) (2012)

Jeonghyun Kim & Jaesung Jang Inactivation of airborne viruses using vacuum ultraviolet photocatalysis for a flow-through indoor air purifier with short irradiation time (2018)

Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality - ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013 (ISSN 1041-2336)

Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases David Welch, Manuela Buonanno, Veljko Grilj, Igor Shuryak, Connor Crickmore, Alan W. Bigelow, Gerhard Randers-Pehrson, Gary W. Johnson & David J. Brenner- Scientific Reports www.nature.com | (2018) 8:2752 | DOI:10.1038/s41598-018-21058-w