

O livro do podcast com
muitas ilustrações



Sven Rentschler

Equívocos na tecnologia de ventilação e purificação do ar



ASSESSORIA+ PLANEJAMENTO

© cci Dialog GmbH, Karlsruhe Todos

os direitos reservados.

ISBN: 978-3-922420-74-3

Este livro, incluindo todo o seu conteúdo, está protegido por direitos autorais. Não pode ser reproduzido, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico (por fotocópia, gravação ou qualquer outro meio, com sistemas existentes ou futuros), sem a prévia autorização por escrito da editora.

A editora e o autor não se responsabilizam pela atualidade, exatidão, integridade e qualidade das informações fornecidas. Erros de impressão e informações incorretas não podem ser totalmente excluídos.

1ª edição 2023

Autor: Sven Rentschler, Rentschler REVEN GmbH, Ludwigstr. 16-18, 74372 Sersheim Fotos,

créditos das imagens: Rentschler REVEN GmbH

Layout, capa, desenhos, ilustrações: Gabriele Wiedemann, digital-kunst.com Revisão: Eva

Schwarz, technische-uebersetzungen-eva-schwarz.de

Impressão: Esser bookSolutions GmbH, Göttingen

Editora: cci Dialog GmbH, Poststr. 3, 76137 Karlsruhe

O programa completo dos títulos próprios e uma seleção exclusiva de livros especializados podem ser encontrados em cci-dialog.de.

cci Buch é uma marca da cci Dialog GmbH.

Opiniões sobre o podcast

A repercussão durante o podcast foi tão grande que surgiu naturalmente a ideia de transformá-lo em um livro. Comentários que falam por si:



“... o podcast sobre correntes de ar despertou minha curiosidade por mais...”

“... gostaria de parabenizá-los pelo interessante podcast “Equívocos na tecnologia de ventilação e purificação do ar” e agradecer pelas informações...”

“... muito obrigado pelo podcast realmente muito interessante. A continuação em português ficaria muito feliz. Sou gerente de projetos na área de tecnologia de ventilação há mais de 20 anos e aprendi muito para a prática e para outros projetos. Ficaria feliz se pudesse construir a próxima cozinha para você...”.
construir a sua próxima cozinha...

“... Gostaria de parabenizá-lo pelo podcast. O tema é muito compreensível, mesmo para pessoas como eu, que não estão tão familiarizadas com o assunto...”

“... como ouvinte atento do seu podcast, gostaria de aproveitar a oportunidade para encomendar o livro especializado anunciado para 2023. Espero ansiosamente por mais episódios sobre o tema do ar – nosso alimento mais precioso...”

Agradecimento

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a Gabriele Wiedemann e Eva Schwarz. Trabalho com ambas há muitos anos com grande sucesso. Há mais de uma década, no âmbito dessa colaboração, foi criado um catálogo de produtos para nossa empresa, a REVEN GmbH, que abordava os mesmos temas deste livro. Também realizamos outros projetos com essa equipe, como a implementação bem-sucedida do site da nossa empresa. A experiência que adquirimos nesses projetos contribuiu significativamente para este livro.

Os gráficos da Sra. Wiedemann e as correções de texto da Sra. Schwarz baseiam-se em muitos anos de experiência comum e constituem a base para uma compreensão sem precedentes do tema. A colaboração para este livro foi agradável e descomplicada e conduziu a um resultado que eu, sozinho, não teria conseguido alcançar com esta qualidade.

Além disso, gostaria de expressar meu especial agradecimento aos nossos sócios do Grupo SCHAKO, que apoiaram desde o início o projeto de escrever um livro e reconheceram a oportunidade de reforçar o slogan do nosso grupo, “Pure competence in air”.

Agradeço também aos meus colegas Holger Reul, Sascha Kess e Vitali Lai por todas as conversas estimulantes sobre os temas da tecnologia de ventilação e purificação do ar nos últimos anos, que me inspiraram muito para este livro.

Ficaria muito feliz se pudéssemos continuar a discutir e aprofundar os temas e ideias deste livro. Você pode entrar em contato comigo pelo LinkedIn. Estou ansioso por trocar ideias com você.

Prefácio

Com o início da pandemia em 2020, a ventilação adequada tornou-se um dos temas mais importantes na Alemanha. Em todo o país, foram realizadas discussões sobre o ar saudável em ambientes internos. Debates acalorados sobre como as salas de aula devem ser ventiladas adequadamente. Muitas vezes, constatou-se com espanto que muitos escritórios não dispõem de um sistema de ventilação no prédio para fornecer ar fresco. Os fabricantes de purificadores de ar compactos para ambientes fechados de repente entraram em uma corrida pelo ouro. Em todo o país, houve discussões controversas sobre como a poluição do ar em ambientes fechados poderia ser medida e avaliada. Foram até lançadas campanhas que promoviam o ar limpo como o alimento mais importante.

De onde vem esse grande empenho tão repentino e com tanta veemência? Muitos desses argumentos e questões me acompanham ao longo de toda a minha vida profissional. Em 1995, entrei para a nossa empresa, a REVEN GmbH.

REVEN significa REntschler VENTilation. Ventilação é exatamente o processo com o qual a REVEN GmbH se dedica há gerações e com o qual eu também me ocupo há décadas, primeiro como diretor técnico e agora como diretor executivo. Os purificadores de ar e produtos de ventilação da REVEN GmbH são utilizados para garantir ar limpo em espaços comerciais. Trata-se, por exemplo, de salas de produção na indústria alimentar, instalações na construção de máquinas, bem como grandes cozinhas e cantinas. Todos estes espaços de produção têm uma coisa em comum: o ar das salas ou pavilhões está frequentemente muito poluído e contaminado. Medir e analisar o grau de poluição nessas áreas, filtrar e purificar o ar – essas são as tarefas com as quais nos ocupamos na REVEN GmbH há décadas.

Desde o início da crise do coronavírus em 2020, essas tarefas relacionadas à purificação do ar deixaram de ser relevantes apenas para o setor industrial, tornando-se um tema em toda a

Alemanha. Durante as discussões, algumas delas bastante acaloradas, percebi que as tarefas no setor comercial e privado estavam se tornando cada vez mais semelhantes. Devido ao aumento repentino da demanda, alguns fabricantes deixaram de ser tão rigorosos com as informações sobre o desempenho dos purificadores de ar. Muitas afirmações foram feitas e ainda mais promessas foram feitas. O efeito de ventilação, o desempenho dos filtros e a eficiência de muitas soluções são difíceis de compreender, especialmente para leigos, e levaram a mal-entendidos no debate. Esses mal-entendidos, por exemplo, em relação ao ar limpo e à purificação adequada do ar em salas de aula, são semelhantes aos mal-entendidos que se consolidaram como meias verdades na indústria há muitas décadas.

Este livro tem como objetivo fornecer uma visão geral dos equívocos e meias verdades que existem em torno do tema da ventilação e de onde vêm esses equívocos, tanto no setor privado como no industrial.

Não abordarei os temas de forma muito científica, mas sim com base na experiência que adquiri desde 1995 na minha atividade profissional e prática na REVEN GmbH. Já durante meus estudos de engenharia mecânica na Universidade de Stuttgart, tive uma visão geral das tarefas importantes de uma gestão de tecnologia e inovação bem-sucedida. Assim, adquiri conhecimentos valiosos sobre o desenvolvimento de produtos inovadores e a troca de conhecimentos entre a pesquisa e a prática. Com este livro, gostaria de continuar a apoiar esse intercâmbio e aprofundá-lo na área da tecnologia de ventilação e purificação do ar, a fim de esclarecer alguns mal-entendidos.

“Em nosso ambiente poluído, o ar está lentamente se tornando visível.”

(Norman Kingsley Mailer (1923-- -2007), escritor norte-americano)

Índice

Agradecimentos	3
Prefácio	4
1. Como é que algo pode ser aspirado?	9
1.1. Equívocos em relação à medição da poluição do ar	12
1.2. Soprar pode ajudar na detecção e aspiração!	22
2. Como é que algo pode ser filtrado?	27
2.1. O equívoco sobre a diferença entre filtrar e separar	29
2.2. Os tornados podem ajudar na purificação do ar!	35
3. Como eliminar vapores e odores?	47
3.1. O equívoco sobre a diferença entre vapores e aerossóis	50
3.2. Os medidores FID podem ajudar na análise da poluição do ar!	57
4. Como neutralizar vírus e odores?	65
4.1. O equívoco em relação à radiação UV-C	68
4.2. A radiação UV-C pode eliminar aerossóis?	77
5. Como os fluxos de ar podem ser visualizados?	87

5.1. O equívoco causado pelas imagens coloridas sobre os fluxos de ar	90
5.2. As simulações CFD tornam os fluxos de ar visíveis!	95
6. Como é possível medir a poluição do ar?	105
6.1. O equívoco em relação à qualidade do ar em ambientes internos.....	114
6.2. As medições de partículas tornam visível a poluição do ar!	126
Conclusão.....	132

1. Como algo pode ser aspirado?

?



Como é possível aspirar algo com facilidade? Basicamente, uma pergunta simples, à qual todos os colegas da área de ventilação teriam uma resposta imediata! Mas será que a aspiração eficaz é realmente tão simples e trivial quanto parece à primeira vista?

Exemplo prático: o aspirador

Aqui está um exemplo simples com o qual todos estamos familiarizados: aspirar, seja no nosso querido carro ou em casa, na sala de estar. Quando aspiramos, queremos aspirar sujeira, como migalhas de pão do tapete. Quanto mais aproximamos o bocal do aspirador das migalhas no tapete, mais fácil e rápido elas são aspiradas. Obtemos o melhor efeito quando mantemos o bocal do aspirador diretamente sobre a sujeira. Antes que percebamos, as migalhas desapareceram no aspirador.

Essa é a resposta para a pergunta sobre como aspirar algo bem! É preciso capturar 100% do objeto. Só assim ele poderá ser aspirado completamente. No nosso exemplo, tivemos que manter o bocal do aspirador diretamente sobre as migalhas de pão no tapete para aspirá-las bem e completamente.

A posição correta para mamar

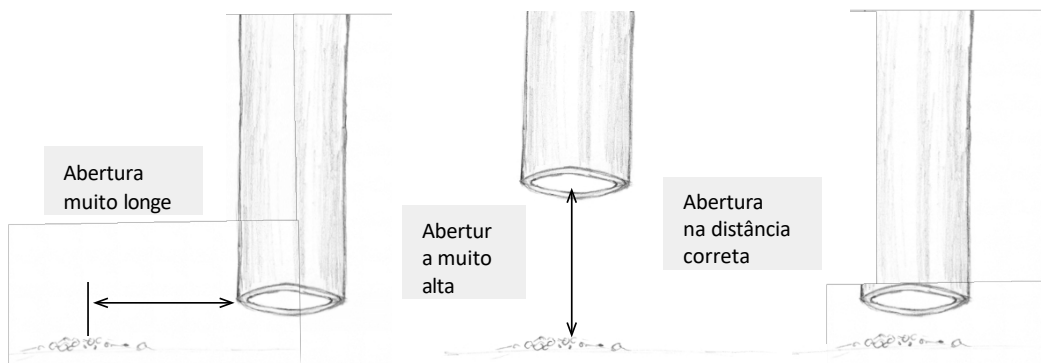


Figura 1

Este princípio básico deve ser aplicado na técnica de ventilação em todos os locais onde o ar viciado e poluído deve ser completamente aspirado – em salas de aula, onde o ar contaminado com vírus deve ser removido, em salas de soldagem, onde os fumos de soldagem devem ser captados, em cozinhas, onde os vapores de cozinha devem ser aspirados, e na construção de máquinas, onde os refrigerantes e lubrificantes evaporados devem ser capturados em máquinas-ferramentas modernas. Em todos esses exemplos, vapores, gases, ar contaminado com vírus e aerossóis devem ser capturados e aspirados em diferentes formas.

Nesse caso, é necessário prestar atenção principalmente à sequência:

Primeiro capturar, depois aspirar!

1.1. Equívocos em relação à captação de impurezas do ar

Como aprendemos no nosso exemplo inicial, as migalhas de pão no nosso tapete só podem ser aspiradas de forma rápida e fácil com o aspirador se mantivermos o bocal diretamente sobre as migalhas! O mesmo se aplica à tecnologia de ventilação em cozinhas. É importante manter a distância correta ao aspirar. Não importa se estamos falando de um grande sistema de ventilação em uma cantina de fábrica ou da cozinha da nossa casa. Nossa coifa de design em casa também segue o mesmo princípio descrito a seguir para capturar e aspirar os vapores da cozinha.

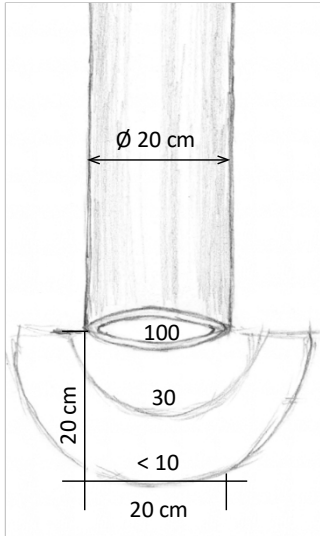
Equívoco

Relação entre a potência de sucção e a distância do tubo de sucção

A potência de sucção diretamente na abertura de um dispositivo de exaustão é de cem por cento. Isso também se aplica ao bocal do nosso aspirador de pó! Aqui também, a potência de sucção mais elevada é alcançada diretamente na abertura do bocal. Quanto mais nos afastamos da abertura do bocal, menor é a potência de sucção.

O que muitas vezes é subestimado é a medida em que a força de sucção diminui. Em um tubo de sucção com um diâmetro de vinte centímetros, a uma distância de vinte centímetros da abertura, apenas 10% da força de sucção original é alcançada.

Capacidade de sucção em relação à distância



100 % Potência de sucção diretamente na entrada do tubo

A potência de sucção diminui significativamente com o aumento da distância da entrada do tubo de sucção.

A potência de sucção é de apenas cerca de 10% quando a distância do tubo de sucção corresponde ao diâmetro do tubo (aqui 20 cm).

Figura 2

Portanto, se a distância entre um tubo de sucção e a sujeira for igual ao diâmetro do tubo, a potência de sucção será de apenas cerca de 10%.

Esta regra aplica-se a qualquer tipo de dispositivo de sucção, independentemente de se tratar de um aspirador doméstico, de um exaustor de cozinha, de um sistema de ventilação numa empresa de soldadura industrial ou de um grande teto de ventilação na cantina de uma fábrica. Se a distância entre o dispositivo de sucção e o local onde os poluentes liberados devem ser capturados for muito grande, a potência de sucção será nula. Na maioria dos casos, isso já ocorre com distâncias de trinta a cinquenta centímetros!

Equívoco

Maior eficiência através de placas de bicos otimizadas para o fluxo

Também em relação à eficiência, frequentemente ocorrem mal-entendidos. Em muitos casos, prevalece a convicção de que as chamadas placas de bicos otimizadas para o fluxo contribuem para uma utilização mais eficiente da força de sucção. Nesse caso, é instalada uma placa adicional em torno do tubo de sucção. O tubo fica no centro de uma abertura na placa e a transição da placa para o tubo de sucção é moldada como um bico de entrada através de um raio. Este bico de entrada tem como objetivo otimizar o fluxo de ar na área de sucção, garantindo assim uma sucção mais eficiente. No entanto, se compararmos um tubo de sucção com placa de bocal otimizada para o fluxo com um tubo de sucção convencional com placa sem bocal de entrada, apenas se observam vantagens mínimas.

Placas de bocal

As placas de bocal são úteis para “direcionar” o fluxo de ar, mas têm apenas um efeito insignificante na potência de sucção.



Figura 3

Experiência – Apagar a chama de uma vela sugando

Para ilustrar, vamos usar o exemplo de uma vela. Você já tentou apagar uma vela sugando o ar? Só posso alertá-lo: não tente fazer isso! Em palestras sobre esse tema, faço esse experimento regularmente diante do público e sempre quase queimo os lábios, pois preciso aproximar muito o ponto de sucção, ou seja, minha boca, da vela para conseguir algum efeito sobre a chama. No entanto, apagar a chama sugando geralmente não funciona!

Este exemplo simples mostra claramente como o efeito de sucção é limitado e como a proximidade do ponto de sucção é importante quando queremos capturar e aspirar algo.

Equívoco

A distância até a abertura de sucção do purificador de ar não é tão importante

Devido a essa ideia errada, erros são frequentemente cometidos na prática: em purificadores de ar em escolas, aparelhos de ventilação em instalações de soldagem, exaustores sobre aparelhos de cozinha e separadores de aerossóis em máquinas-ferramentas, as aberturas de sucção estão frequentemente muito distantes do ponto de emissão.

Com o aspirador, podemos resolver rapidamente este problema, movendo o bocal de aspiração para a sujidade. Infelizmente, isso não é possível com exaustores fixos. Neste caso, os vapores da cozinha têm de chegar à zona de aspiração do exaustor, caso contrário, os vapores da cozinha simplesmente não são captados e, por isso, não podem ser aspirados.

Simulação CFD

A captação e aspiração de correntes de ar e das substâncias nocivas nelas contidas podem ser simuladas, visualizadas e analisadas em detalhe com soluções de software adequadas. Para isso, utiliza-se a simulação numérica de fluxos, também chamada de simulação CFD. CFD é uma abreviatura de Computational Fluid Dynamics (dinâmica computacional de fluidos). Com a ajuda desse processo de simulação, os mais diversos fluxos de ar podem ser visualizados e a eficiência da exaustão avaliada.

Nossa experiência interna

Em nossa empresa, utilizamos esse método para investigar, entre outras coisas, a eficiência da captação e exaustão de exaustores de cozinha convencionais. As primeiras simulações numéricas de fluxo foram realizadas em nossa empresa já em 1996. A análise das simulações, que na época ainda eram bastante simples, e o cálculo dos resultados frequentemente levavam vários dias.

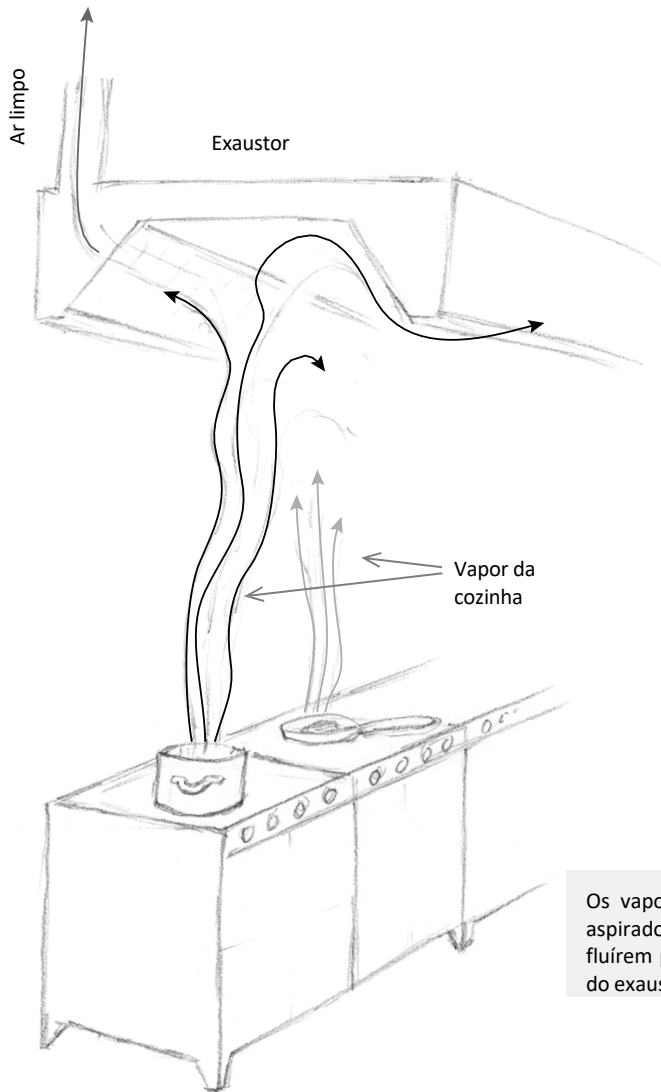
Desde então, essa tecnologia evoluiu rapidamente e agora os resultados estão disponíveis em uma fração do tempo. Hoje, eles são muito mais precisos e significativos, mesmo em componentes muito complexos, como ventiladores.

Graças a esse desenvolvimento, agora é possível analisar e visualizar os fluxos de ar não apenas para componentes individuais, mas para salas inteiras!

Importância para a ventilação da cozinha

Esta análise é especialmente importante para dispositivos de exaustão que estão longe da fonte de emissão, como, por exemplo, um exaustor instalado a grande distância da superfície de cozimento. O exaustor só consegue captar os vapores de cozinha que chegam diretamente à sua área de captação. O que isso significa concretamente? Os vapores das panelas devem fluir diretamente para a área de sucção e filtragem do exaustor ao subir.

Ventilação da cozinha



Os vapores de cozinha só são aspirados corretamente se fluírem para a área de captação do exaustor de cozinha.

Figura 4

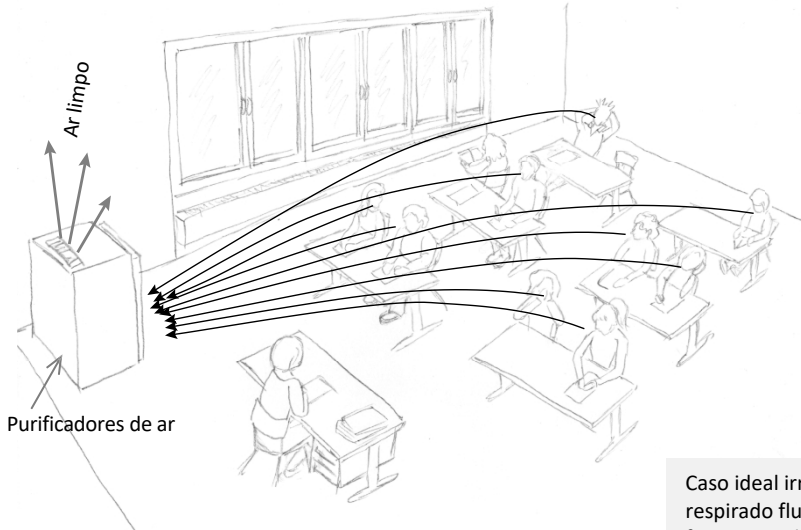
Importância para a purificação do ar em salas de aula

Para que o ar de uma sala de aula seja continuamente purificado de vírus durante as aulas, ele deve fluir livremente em direção aos purificadores de ar instalados na sala, para que possa ser captado e purificado. Muitas vezes, basta uma janela aberta para desviar o fluxo de ar de forma que ele seja captado e purificado de maneira insuficiente.

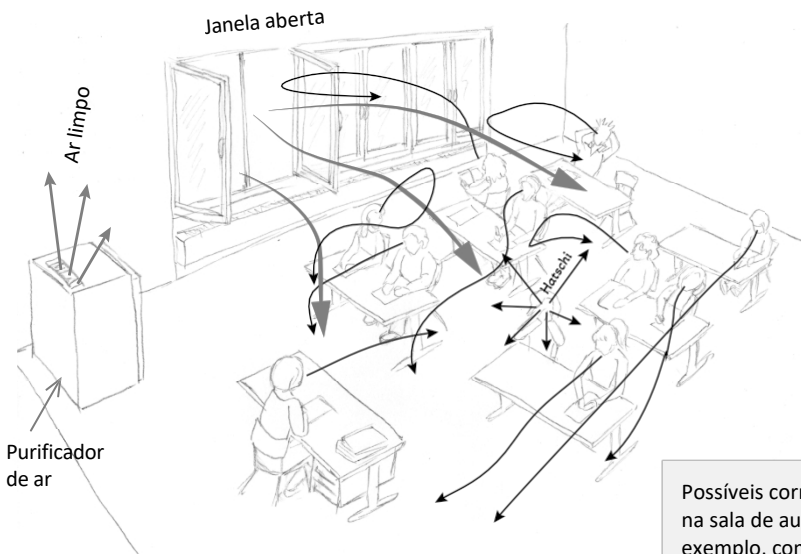
Uma entrada de ar fresco mal concebida pode ter um efeito tão desfavorável na exaustão quanto uma janela aberta pela qual o vento sopra. Com os modernos sistemas CFD, essas interações podem ser investigadas, identificadas e eliminadas. Só assim é possível obter uma captura completa.

Testes CFD realizados nos nossos próprios purificadores de ar e exaustores de cozinha também confirmaram a regra acima mencionada: quanto mais distantes os pontos de aspiração dos exaustores de cozinha estiverem das painéis, menos provável será que os vapores de cozinha sejam totalmente captados e aspirados. O mesmo foi observado com purificadores de ar em salas de aula: quanto mais distantes eles estavam da área de emissão de vírus, menos provável era a captura e aspiração do ar contaminado por vírus.

Ventilação na escola



Caso ideal irrealista: o ar respirado flui para a frente, em direção ao purificador de ar



Possíveis correntes de ar na sala de aula (por exemplo, com a janela aberta)

Figura 5

Importância para a aspiração na construção de máquinas

Foi exatamente essa observação que fizemos durante a simulação de condições complexas de fluxo em sistemas de exaustão em máquinas-ferramentas modernas. Também nesse caso, a exaustão do ar contaminado com aerossóis de refrigerantes e lubrificantes é muitas vezes extremamente ineficiente, pois o ponto de aspiração dos purificadores de ar está muito distante do local onde a peça é usinada, onde os aerossóis são gerados.

Purificadores de ar industriais

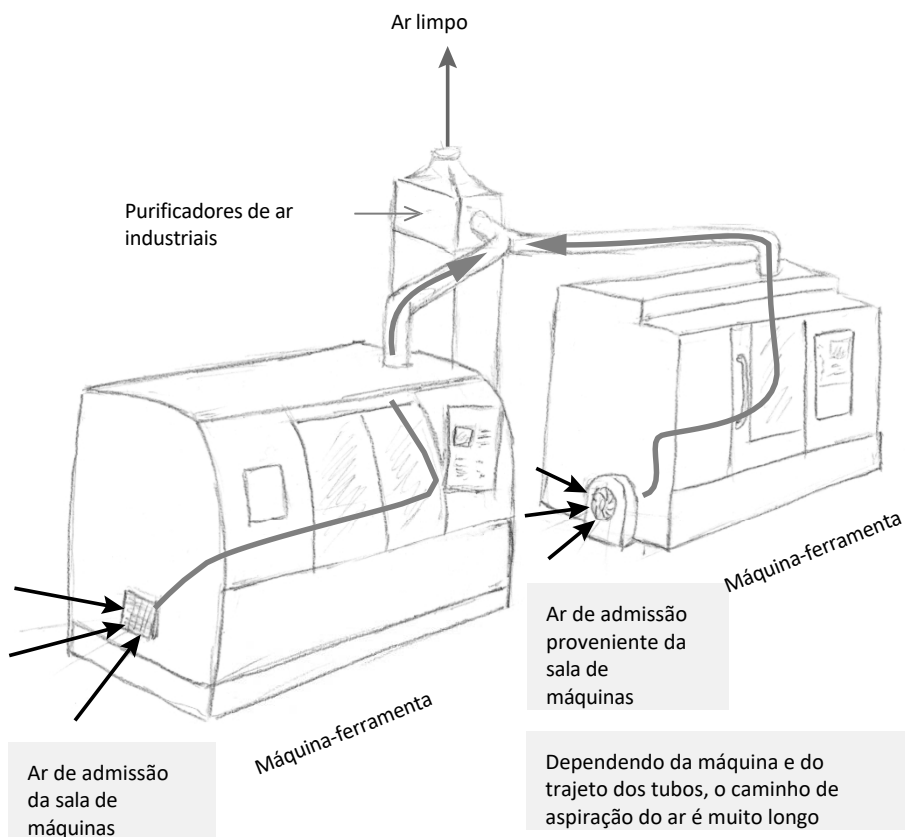


Figura 6

Equívoco

Em algum momento, os poluentes fluem para o ponto de exaustão.

Na tecnologia de ventilação e purificação do ar, frequentemente nos deparamos com a suposição incorreta de que o ar contaminado com poluentes, vírus ou aerossóis, mais cedo ou mais tarde, fluiria para a área onde poderia ser capturado e aspirado. Em muitos casos, porém, isso não acontece. Os aerossóis e outras substâncias nocivas não capturados causam então uma poluição considerável do ar ambiente.

1.2. O sopro pode ajudar na captação e na aspiração “ ”!

Mas o que fazer quando não há possibilidade de aproximar a área de aspiração da fonte de emissão dos poluentes? Nesse caso, pode-se recorrer ao mesmo método usado para apagar a chama de uma vela:

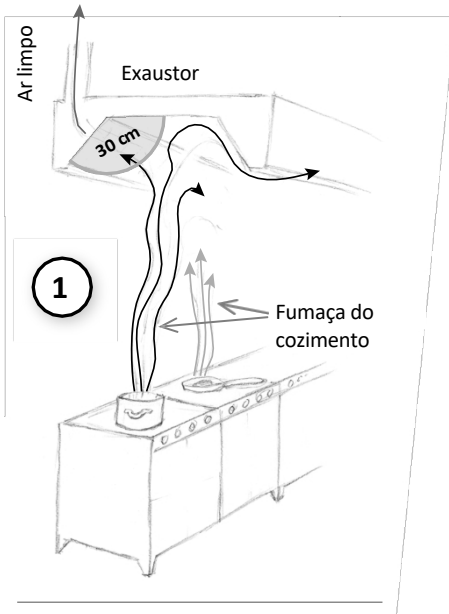
soprar em vez de aspirar!

Aplicado à tecnologia de ventilação, isso significa que o ar a ser capturado, incluindo os vírus, aerossóis e outras substâncias nocivas, deve ser levado o mais rápido possível, por meio de sopro assistido, para onde a força de sucção dos purificadores de ar, exaustores de cozinha ou aparelhos de ventilação é maior, ou seja, diretamente para a área de suas aberturas de sucção (–).

Fluxo de sopro para cozinhas industriais

Para alcançar isso, a REVEN GmbH desenvolveu exaustores de cozinha modernos com um sistema de indução integrado. Uma corrente de indução garante de forma confiável que os vapores de cozinha que sobem dos aparelhos de cozinha fluam direto e muito rapidamente para a área do filtro e da sucção, onde podem ser capturados e aspirados.

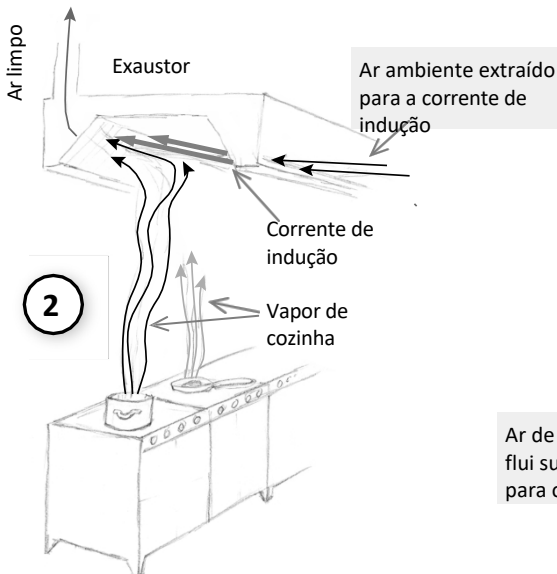
Ventilação da cozinha



1. Os vapores de cozinha só podem ser aspirados (captados) num raio de 30 cm à frente do separador. Fora desta área, os vapores de cozinha podem entrar no ar ambiente.

2. Uma corrente de indução sopra os vapores de cozimento em direção ao separador. **Todos** os vapores de cozimento são capturados dessa maneira.

3. O ar de alimentação com temperatura adequada é introduzido sem perturbações e ajuda a captar os vapores de cozinha.



Ar de entrada que flui suavemente para o ambiente

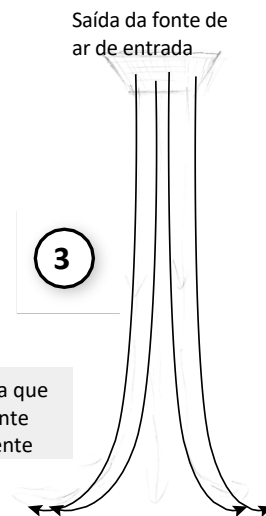


Figura 7

Ar fresco adicional

A captura por exaustores modernos deste tipo também pode ser auxiliada pela insuflação otimizada de ar fresco.

A introdução do ar fresco na sala é feita com poucos impulsos, por meio de um fluxo de ar de deslocamento. Assim, garantimos que a velocidade do ar fresco seja mantida muito baixa durante a insuflação e que outros fluxos de ar na sala não sejam perturbados. Este cenário também pode ser analisado e visualizado com sistemas CFD.

Fluxo de sopro para máquinas-ferramentas

O mesmo princípio também pode ser aplicado em máquinas-ferramentas. Aqui, é gerado um fluxo de ar na cabine da máquina, que flui na direção do purificador de ar e garante que os aerossóis de refrigeração e lubrificantes possam ser capturados e aspirados de forma eficaz. A otimização da aspiração em cabines de máquinas geralmente começa com uma pergunta simples: Se aspiramos mil metros cúbicos de ar por hora na parte superior de uma máquina-ferramenta, para onde pode esse ar fluir na cabine? Se não houver nenhuma possibilidade de garantir o refluxo do ar, teremos uma pressão negativa muito alta na cabine, mas nenhum fluxo de ar direcionado para a área de captura do purificador de ar.

Exemplo prático: pressão negativa

Assim, após a instalação de purificadores de ar em máquinas de esmerilagem muito bem encapsuladas, ocorreu várias vezes o problema de a porta de operação da máquina-ferramenta não poder ser aberta porque a subpressão na cabine era muito alta!

2. Como algo pode ser filtrado?



Como é que algo pode ser filtrado? Basicamente, uma pergunta tão simples quanto a que foi explicada anteriormente sobre a sucção eficaz. Provavelmente já imaginou que, também neste caso, a resposta não é assim tão simples.

A eficácia de muitos processos na tecnologia de ventilação e purificação do ar baseia-se numa captação e exaustão eficientes, incluindo a purificação do ar de substâncias nocivas. Se, por exemplo, o ar contaminado com vírus numa sala de aula não for totalmente captado e exaurido, não pode ser purificado de forma fiável. Em princípio, o mesmo se aplica a uma grande oficina de soldadura numa empresa de construção mecânica. A fumaça de soldagem liberada contém poluentes e deve ser totalmente capturada e aspirada. Só assim o ar ambiente pode ser efetivamente livre de todas as contaminações.

Uma purificação do ar eficaz e completa compreende, portanto, três processos muito importantes:

Captura, aspiração e limpeza.

O terceiro passo – a purificação do ar – é o tema que vamos abordar aqui. Também neste caso, existem alguns equívocos que gostaria de esclarecer. Comecemos pela pergunta:

“Como é que o ar pode ser purificado de poluentes?”

Os poluentes devem ser filtrados do ar, é lógico! Essa é a resposta óbvia. No entanto, separadores estão se tornando cada vez mais comuns no setor de purificação do ar. O exemplo mais conhecido são os aspiradores de pó ciclônicos da empresa global Dyson, que funcionam sem filtros.

Essa tecnologia funciona basicamente como um mini-tornado. O ar é colocado em rotação e formam-se redemoinhos que, devido à sua alta velocidade, ejetam as partículas do ar. Esse processo também é adequado para a separação de poluentes transportados pelo ar. No entanto, muitas vezes há mal-entendidos, pois a separação é frequentemente confundida com filtragem.

2.1. O equívoco sobre a diferença entre filtrar e separar

Tecido não tecido

O princípio da filtração também pode ser explicado com o exemplo do aspirador de pó. Para limpar o ar capturado e aspirado pelo aspirador, são utilizados sacos de aspirador. Estes são frequentemente feitos de tecido não tecido. O ar pode passar através deste tecido de malha fina, mas as partículas de poeira são retidas e, assim, separadas do fluxo de ar.

Filtro de partículas em suspensão de fibra de vidro

Basicamente, é assim que funciona qualquer tipo de filtração na tecnologia de ventilação – , mesmo com filtros de partículas em suspensão de alta qualidade. No entanto, aqui são utilizados outros materiais filtrantes. Em vez de tecido não tecido, são utilizadas esteiras de fibra de vidro para esses filtros. Essas esteiras também são permeáveis ao ar, mas o tecido é muito mais fino do que o dos sacos de aspirador de pó. As fibras nos filtros de partículas em suspensão têm um diâmetro de cerca de 1 a 10 micrômetros, ou seja, de 0,001 a 0,01 milímetros. Assim, podem filtrar partículas muito menores do que o tecido não tecido do fluxo de ar.

Filtros de malha metálica

Este princípio de filtração também se encontra em muitas coifas comerciais para uso doméstico. Nestes exaustores, são frequentemente utilizados filtros metálicos. Estes consistem geralmente numa malha de alumínio ou aço inoxidável, semelhante ao tecido não tecido ou à manta de fibra de vidro, mas com uma estrutura muito mais grossa.

O filtro metálico relativamente grosso é utilizado aqui porque é muito mais resistente. Seja em cozinhas domésticas ou comerciais, os exaustores têm a função de separar os aerossóis líquidos do fluxo de ar. Aqui, não é necessário filtrar poeiras secas, como no caso dos aspiradores, mas sim partículas líquidas, como gotículas de água e óleo, do ar. Esta é uma diferença grave e muito importante, à qual muitas vezes se dá pouca atenção.

aspiradores, mas sim partículas líquidas, como gotículas de água e óleo, do ar. Esta é uma diferença grave e muito importante, à qual muitas vezes se dá pouca atenção.

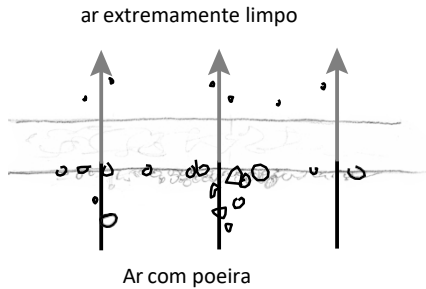
Todo tipo de filtro coleta e armazena o que é separado do fluxo de ar. A quantidade de substâncias filtradas no filtro aumenta constantemente. No saco do aspirador, as poeiras secas são coletadas e armazenadas até que ele fique completamente cheio de poeira e precise ser trocado.

Se o material filtrado do fluxo de ar for gotículas de líquido, a coleta dessas substâncias é frequentemente muito mais complexa.

Os filtros de malha metálica armazenam as pequenas gotículas filtradas de diferentes líquidos diretamente no meio filtrante. Esta acumulação de diferentes líquidos pode causar problemas graves!

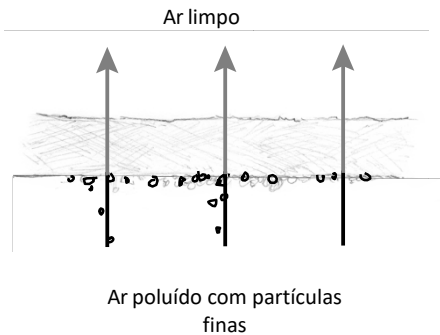
Muitas vezes, a capacidade de armazenamento dos filtros de malha metálica é muito reduzida. Isso significa que esses filtros podem entupir mesmo com pequenas quantidades de líquido armazenado. Por isso, eles são geralmente fabricados com malhas bastante grossas. Assim, eles não entopem mais, mas com o fluxo de ar, muitas partículas menores passam pelo filtro e não são separadas pelo fluxo de ar.

Filtros diferentes



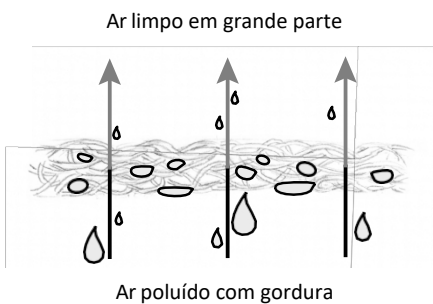
Filtro de tecido não tecido

O tecido não tecido (por exemplo, sacos de aspirador) retém o pó do ar que passa. No entanto, as partículas de pó mais pequenas podem passar pelo tecido não tecido.



Filtro de fibra de vidro

A fibra de vidro é mais fina do que um tecido não tecido e consegue filtrar e reter até as menores partículas de poeira na faixa nanométrica.



Filtro metálico

No caso de uma malha metálica, na área da cozinha, o mais importante é a filtragem de partículas de gordura. Dependendo do tamanho, as gotas ficam retidas na malha. No entanto, as gotículas mais pequenas podem passar pela malha.

Figura 8

Perigo de formação de germes

Em empresas de processamento de alimentos e também na indústria de manufatura, o armazenamento de líquidos em filtros também pode causar problemas de higiene. A temperaturas em torno de 20 graus Celsius, em combinação com a umidade, os germes podem se multiplicar muito rapidamente nos filtros. Portanto, o armazenamento e a coleta de líquidos por um longo período de tempo muitas vezes não são aconselháveis, e a limpeza ou substituição regular dos filtros é altamente recomendada.

Risco de incêndio

Se as substâncias filtradas forem óleo ou gordura, o líquido armazenado no filtro representa um risco crescente de incêndio! Um fato que muitas vezes é esquecido.

Exemplo da história da empresa

Lembro-me bem de uma grande reunião em uma empresa de fabricação de ferramentas que atua em todo o mundo. Os funcionários me mostraram sua fábrica com centenas de máquinas de esmerilhamento. Os sistemas de purificação do ar na área de produção eram equipados com grandes filtros de partículas em suspensão, com capacidade para armazenar até 100 litros de líquido. O problema era que o líquido armazenado era um refrigerante e lubrificante muito fino e altamente inflamável. Com 50 filtros em uso, era possível armazenar até 5.000 litros de líquido! Quando, durante a visita, perguntei aos funcionários da empresa sobre a proteção contra incêndios desses 50 sistemas de purificação do ar e os conceitos de proteção relevantes, vi rostos assustados ao meu redor.

Minhas perguntas e reflexões sobre os filtros na purificação do ar não são de forma alguma meras especulações teóricas, mas referem-se a riscos concretos e, infelizmente, já ocorreram trágicos incêndios porque a questão da carga de incêndio não foi suficientemente considerada.

Exemplo prático: incêndio na indústria de construção de máquinas

Em 2006, ocorreu um incêndio devastador no sul da Alemanha em uma empresa de engenharia mecânica com um sistema de exaustão semelhante ao descrito anteriormente. Os danos causados pelo incêndio ascenderam a uma quantia média de dois dígitos na casa dos milhões. Fábricas e instalações de produção com mais de 3.000 metros quadrados foram completamente destruídos. O provável causador do incêndio foi uma máquina-ferramenta defeituosa. A rápida propagação do fogo pela rede de dutos de ventilação fez o resto.

Exemplo prático: incêndio em um complexo hoteleiro

Uma catástrofe semelhante ocorreu em 1980 num grande hotel com 2.000 quartos em Las Vegas. No momento do acidente, havia cerca de 5.000 pessoas no complexo hoteleiro. O incêndio começou em um restaurante do hotel e se espalhou rapidamente por todo o complexo. 85 pessoas perderam a vida. Esse trágico evento é considerado até hoje um dos incêndios em hotéis mais catastróficos da história moderna dos Estados Unidos.

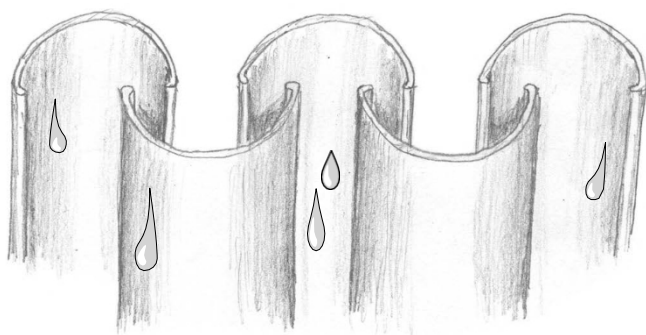
Esses incêndios catastróficos acabaram por levar à desistência do uso dos filtros de malha metálica descritos anteriormente em muitos setores industriais. Em muitos países, eles são proibidos há anos na ventilação de cozinhas industriais. Assim, na América do Norte e na maioria dos países europeus, os filtros metálicos acumuladores desse tipo não podem mais ser usados em cozinhas industriais novas devido ao elevado risco de incêndio.

Invenção dos separadores de chapa defletora

Após o incêndio catastrófico em um hotel em Las Vegas, foram desenvolvidas nos EUA alternativas aos filtros de malha metálica — os chamados separadores de chapa defletora. Esse tipo de separador é fabricado com chapas de aço inoxidável. Ao passar pelo separador, o ar é desviado pelo menos duas vezes

. A diferença em relação aos filtros convencionais de malha metálica é que estes separadores de chapa de aço inoxidável não retêm líquidos.

Separadores de chapa defletora



Fluidos como óleo e água são separados nas chapas defletoras e, idealmente, escorrem pelas chapas para baixo.

Figura 9

Equívoco

Diferença entre o funcionamento de filtros e separadores

Como vimos, filtros e separadores funcionam de maneira diferente. Mas são exatamente essas diferenças que causam equívocos. Frequentemente, as características, os modos de funcionamento e as informações sobre a eficiência são colocados todos no mesmo saco. Às vezes, nem se dá ao trabalho de separar e distinguir claramente os termos!

Na tecnologia de ventilação e purificação do ar, não existem apenas equívocos em relação à diferença entre filtragem e separação, mas também em relação ao funcionamento e à eficiência dos separadores de chapa metálica.

Para esclarecer as diferenças, precisamos primeiro examinar alguns fenômenos climáticos na natureza e sua introdução nas tecnologias de purificação do ar.

2.2. Os ciclones podem ajudar a purificar o ar!

Você pode se surpreender, mas é verdade. Furacões, tufões, tornados e ciclones tropicais serviram de modelo para o desenvolvimento de modernos separadores de chapa metálica.

Os primeiros separadores desenvolvidos após o grande incêndio em um hotel nos EUA eram simples separadores de chapa defletora. Duas chapas de aço inoxidável semicirculares, dobradas em forma de U, são dispostas de forma deslocada e opostas uma à outra. O fluxo de ar é desviado duas vezes ao passar pelo separador, a primeira vez quando colide com a primeira meia concha e a segunda vez quando colide com a segunda meia concha.

Princípio de funcionamento do separador de chapa defletora

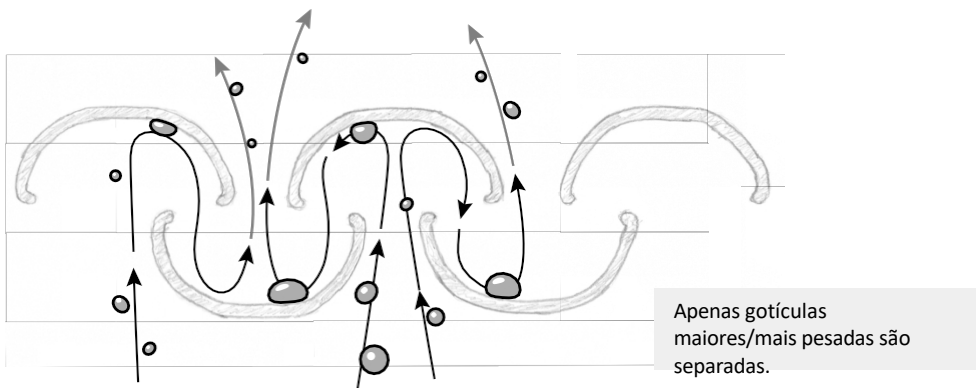


Figura 10

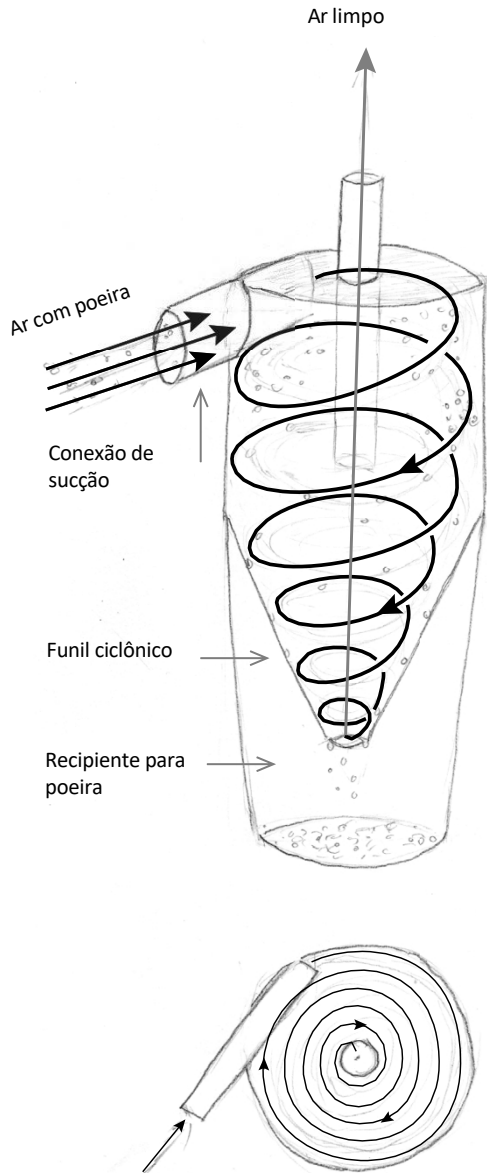
As meias conchas em forma de U são formadas com um raio ou dobradas em um ângulo de 90 graus. Em ambos os casos, porém, a eficiência de separação é muito baixa, pois apenas gotículas grandes transportadas pelo ar são separadas do fluxo de ar. O fluxo de ar

Em um separador simples desse tipo, o fluxo é muito turbulento e apenas gotículas muito grandes, com peso relativamente alto e alta inércia, podem ser separadas ao colidir e desviar o fluxo de ar. As gotículas transportadas pelo ar mais pequenas e com um peso menor passam com o fluxo de ar por estas deflexões e, por isso, não são separadas. A única vantagem destes separadores simples com chapa defletora era o facto de não armazenarem líquido, mas a sua eficácia na separação de partículas do fluxo de ar era muito reduzida.

Furacões tropicais como modelo

Somente quando os fabricantes de separadores tomaram a natureza como modelo e aprenderam com os furacões tropicais é que conseguiram eliminar essa desvantagem. O exemplo mais conhecido é a empresa Dyson, mencionada anteriormente, com seus aspiradores de pó ciclónicos. Uma tecnologia que funciona sem filtros e, em princípio, como um mini furacão. O ar é colocado em um fluxo rotativo em alta velocidade, como em um furacão. Quanto maior a velocidade de rotação, menores são as partículas que podem ser ejetadas pelo fluxo de ar e, assim, separadas.

Princípio de funcionamento de um aspirador ciclônico



A forma cônica do funil ciclônico faz com que o ar aspirado seja colocado em um movimento espiral.

A força centrífuga impulsiona as partículas de poeira contra a parede.

As partículas de poeira são coletadas em um recipiente coletor de poeira.

Espiral ciclônica vista de cima

Figura 11

Para adquirir o know-how necessário para criar esses redemoinhos artificiais em pequena escala em aspiradores, exaustores de cozinha e purificadores de ar, foi necessário, naturalmente, muito trabalho de pesquisa e desenvolvimento. Isso certamente não pode ser alcançado com defletores simplesmente curvados. A simulação numérica de fluxo, ou simulação CFD, também é utilizada no desenvolvimento e otimização da tecnologia ciclônica. CFD significa Computational Fluid Dynamics (dinâmica computacional de fluidos). Com a ajuda dessa simulação, é possível visualizar os mais diversos fluxos de ar. No entanto, isso não é suficiente para otimizar as tecnologias de separação. Também aqui ocorrem frequentemente mal-entendidos na técnica de ventilação e purificação do ar!

Equívoco

A otimização do fluxo de ar é suficiente!

Em muitos casos, a tecnologia de ventilação trata apenas do fluxo de ar. Por exemplo, a tarefa de introduzir ar fresco numa grande sala de concertos da forma mais confortável possível, sem que os espectadores sintam correntes de ar desagradáveis ou frio. Além disso, a introdução deve ser totalmente silenciosa.

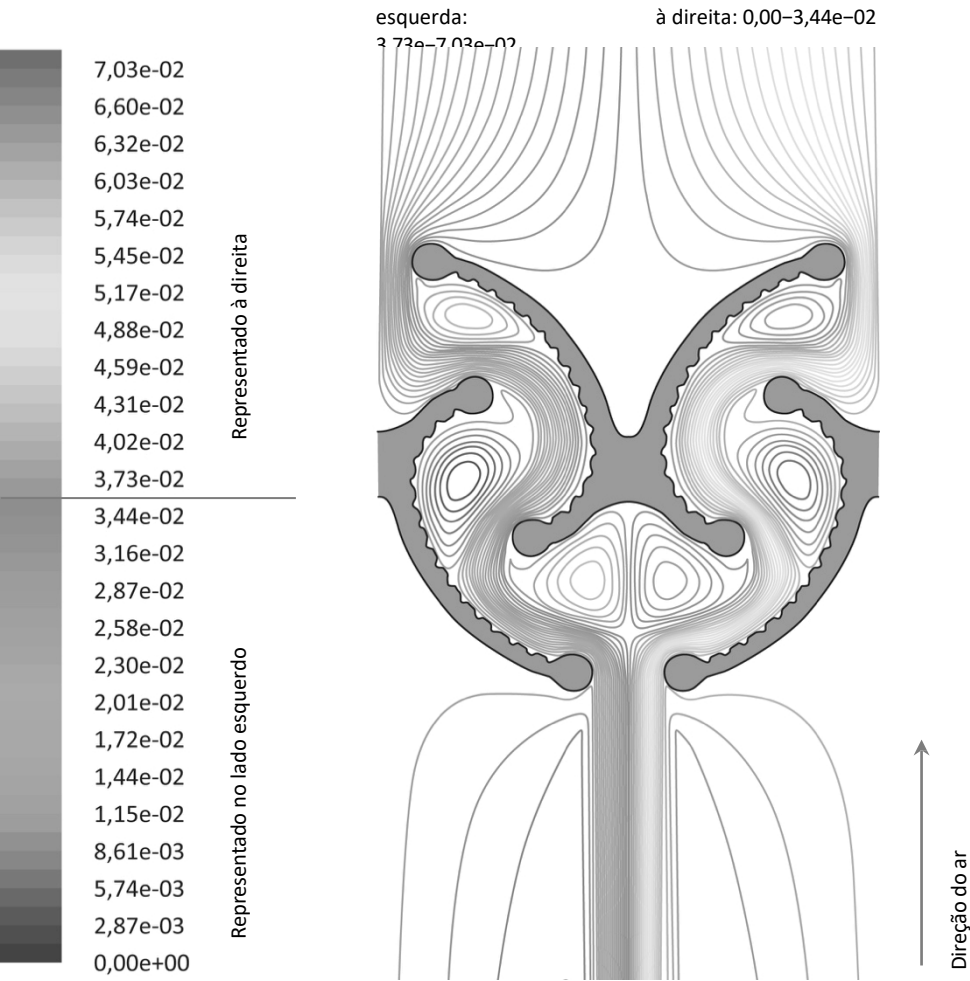
No entanto, a otimização de filtros e separadores na purificação do ar não se resume ao fluxo de ar e à análise de seu percurso e velocidade. A verdadeira tarefa da purificação do ar consiste em separar as partículas transportadas do fluxo de ar por meio de filtragem ou separação. De forma simplificada, os filtros funcionam como uma peneira e os separadores como tornados. Para otimizar o funcionamento dos separadores, é necessário criar pequenos tornados nos separadores. Só assim as partículas são ejetadas do fluxo de ar e podem ser separadas.

Análise das trajetórias das partículas

Hoje em dia, também é possível examinar e visualizar o fluxo de partículas com a ajuda de sistemas CFD. Assim, não se observa mais apenas os fluxos de ar, mas também o comportamento das partículas ou aerossóis transportados.

Os aerossóis menores e, portanto, mais leves seguem o mesmo caminho que o fluxo de ar? Uma investigação CFD muito interessante é a visualização das diferentes trajetórias dos aerossóis. O percurso dessas trajetórias depende do tamanho das partículas. Atualmente, com análises CFD muito boas, é possível até mesmo identificar em que ponto de um separador um aerossol é separado do fluxo de ar! Durante o desenvolvimento dos nossos separadores, ficamos surpresos e maravilhados com os resultados de tais análises.

Análise CFD de um separador X-CYCLONE®



Comportamento do fluxo de partículas de diferentes tamanhos (kg/s)
Os diferentes tamanhos das partículas são identificados com diferentes tons de cinza.

Figura 12

Exemplo da história da empresa

Ao aperfeiçoar nossos separadores, também acreditávamos com muita frequência que já sabíamos de antemão como seria o fluxo de ar e o que aconteceria com todas as partículas transportadas pelo ar, ou seja- , onde elas seriam ejetadas. Para validar nossa suposição, realizamos análises CFD. Os resultados apresentados eram muitas vezes completamente diferentes do que esperávamos.

Lembro-me ainda de uma investigação em que estávamos todos cem por cento convencidos de que, num separador recentemente desenvolvido por nós, se formariam rapidamente pequenos redemoinhos com forte rotação, que expulsariam as partículas transportadas pelo ar com grande eficiência. Chamámos com orgulho ao nosso protótipo recém-desenvolvido X-CYCLONE®.

O X representa a geometria do separador. Não o construímos mais com duas chapas simplesmente dobradas em forma de U, mas demos aos perfis do separador uma geometria muito mais complexa. No início, só conseguimos fabricá-los com perfis extrudados de alumínio. As superfícies pareciam versões em miniatura de asas de avião, que dispusemos numa geometria em X. Como já deve ter adivinhado, a segunda parte do nome do nosso novo desenvolvimento refere-se aos ciclones tropicais (-), na grafia inglesa CYCLONE.

A análise CFD do novo protótipo de separador não foi concebida como uma análise, mas sim como uma confirmação que queríamos realizar por segurança, apesar do elevado custo. Sabíamos de antemão qual seria o resultado. Pelo menos era o que pensávamos...

Uma análise CFD é realmente muito complexa. Como explicado anteriormente, a investigação analisa não só o comportamento do fluxo de ar, mas também as partículas no ar. Para poder realizar esta investigação, é necessário um modelo tridimensional do separador.

. Não há problema, pensei eu há anos, temos tudo, caso contrário não poderíamos produzir. Mas também eu caí num equívoco!

Equívoco

Para uma simulação CFD, basta um modelo tridimensional do separador.

O modelo tridimensional do espaço

Para a investigação, precisávamos não só do modelo tridimensional do nosso separador, ou seja, dos perfis de alumínio, mas também de um modelo da sala por onde o ar circula. Na verdade, faz todo o sentido! Quando se analisa o fluxo de ar em um duto de ventilação redondo, também se observa o espaço cilíndrico dentro do duto de ventilação e não a chapa do duto de ar. No entanto, isso não facilitou nossa tarefa. Como a geometria do nosso novo perfil de alumínio X-CYCLONE® já era muito complexa, o espaço por onde o ar fluía ficou ainda mais complexo. Mas, para a análise CFD, é necessário modelar exatamente isso.

A malha (rede de cálculo)

Para complicar ainda mais este processo já de si complexo, é necessário cobrir o espaço percorrido pelo ar com uma rede de cálculo. Para isso, utiliza-se frequentemente o termo inglês “mesh”. A forma como essa rede de cálculo é disposta no espaço percorrido pelo ar tem, por sua vez, uma influência significativa na qualidade da análise CFD. No entanto, se esse caminho for seguido com muito cuidado, é possível obter análises de fluxo muito detalhadas, tanto do fluxo de ar quanto das partículas, embora os resultados possam ser extremamente frustrantes!

Análise CFD de um separador X-CYCLONE®

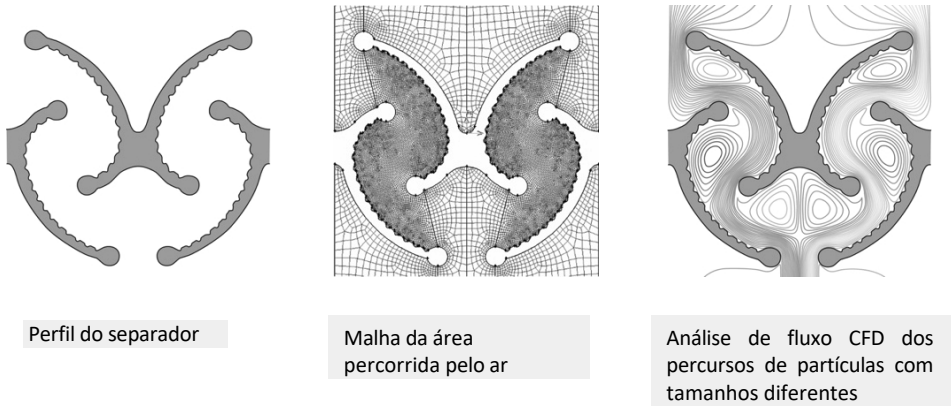


Figura 13

Um resultado decepcionante

Todo começo é difícil— o ar flui de maneira diferente do que se imaginava!

Para os nossos primeiros protótipos X-CYCLONE®, a análise CFD apresentou resultados muito decepcionantes. Na zona de fluxo de ar, onde estávamos absolutamente convencidos de que se formariam pequenos ciclones que, com uma velocidade de rotação superior a 10 metros por segundo, ejetariam partículas, nada disso aconteceu! Ainda me lembro como se fosse ontem. A análise CFD mostrou claramente uma área vazia, cuja forma lembrava uma gota de cerca de um centímetro.

A causa

Como a geometria em X do nosso perfil apresentava uma curvatura excessiva, o fluxo de ar não conseguia seguir essa geometria e formava-se uma área que não era percorrida pelo ar, muito menos onde se formavam ciclones que garantissem a separação! Mesmo os profissionais de ventilação nem sempre conseguem avaliar corretamente o comportamento do fluxo de ar com antecedência.

A otimização

Para o nosso projeto de desenvolvimento da época, que visava otimizar a separação do X-CYCLONE®, isso significava recomeçar do zero e reformular a geometria dos nossos separadores. Basicamente, um processo interminável de desenvolvimento e melhoria contínuos. No final, conseguimos desenvolver produtos com tecnologia semelhante à da Dyson e utilizá-los na ventilação e purificação do ar de acordo com os padrões industriais.

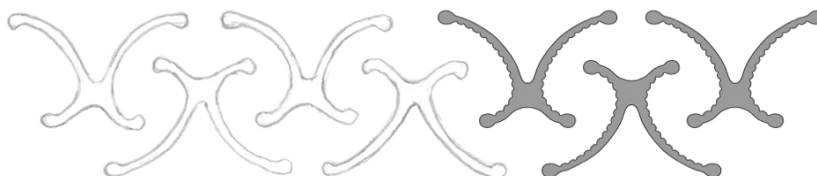
Desenvolvimento da geometria dos separadores



Separadores de chapa defletora com perfis em forma de U



Protótipo do separador X-CYCLONE® com perfis em X em forma de asas de avião



Separador X-CYCLONE® com perfis em geometria X otimizada para um direcionamento ideal do fluxo de ar (ver fig. 15)

O sucesso dos nossos separadores

Entretanto, os separadores X-CYCLONE® desenvolvidos por nós estabeleceram-se nos mais diversos setores.

Em plataformas de perfuração, em empresas de acabamento têxtil, em instalações para a produção de leite em pó, em instalações de pintura da indústria automotiva, na indústria alimentícia, em cozinhas industriais, na construção de máquinas e até mesmo em instalações para a produção de wafers de silício para microeletrônica, os “ciclones” em nossos separadores com perfil X garantem uma purificação do ar altamente eficiente.

Princípio de funcionamento de um separador X-CYCLONE®



Figura 15

3. Como os vapores e odores podem ser eliminados? ser eliminados?



A eliminação de vapores e odores é uma tarefa muito complexa na tecnologia de ventilação e purificação do ar. Seria de se esperar que, após a captação, separação e purificação, o ar estivesse realmente limpo e, portanto, não houvesse mais odores perceptíveis. Todas as partículas, aerossóis e poluentes foram eliminados — então, o que ainda poderia causar odores?

Equívoco

Não há poluição por odores em um ar livre de aerossóis, partículas e poluentes.

Infelizmente, este é mais um equívoco na tecnologia de ventilação e purificação do ar, que será abordado neste capítulo. Deixe-me explicar com um exemplo prático simples.

Exemplo prático: abastecimento de combustível

Muitos de nós já fomos ao posto de gasolina com o carro e abastecemos o tanque. A maioria de nós já sentiu o cheiro de gasolina ou diesel.

Cheiro de gasolina ao abastecer



Figura 16

Mas por que sentimos o cheiro da gasolina ao abastecer, mesmo que na maioria das vezes não haja respingos de combustível ou aerossóis no ar? Isso fica bem claro quando se quer encher o tanque até a borda e é preciso tomar cuidado para que nada transborde. Ao verificar quando o nível de combustível fica visível no bocal, o nariz fica próximo ao bocal e sentimos um cheiro intenso de combustível, mesmo sem que nada esteja vazando.

Se fizéssemos uma medição de partículas nas imediações do bocal, não seria possível detectar tecnicamente nenhum aerossol ou partícula de combustível no ar ao redor do bocal do tanque. Mas então por que ainda sentimos o cheiro de combustível ao abastecer? A resposta está a seguir.

3.1. O equívoco em relação à diferença entre vapores e aerossóis

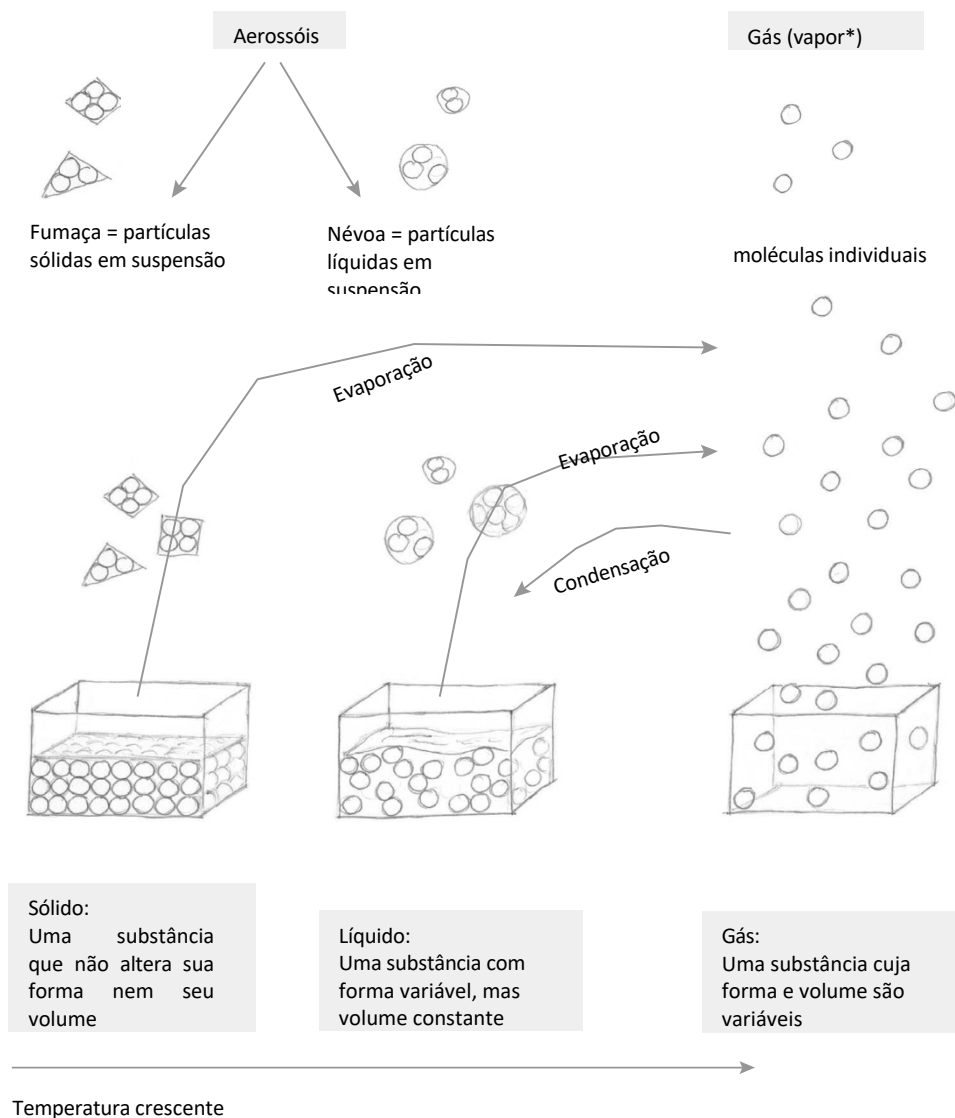
Por que cheira a combustível ao abastecer, mesmo que não se veja nada no ar? O que se sente é o cheiro do combustível evaporado. O Super Plus, em particular, é muito volátil. Isso significa que ele evapora mesmo a temperaturas bastante baixas. Esse vapor, ou melhor, esse gás, escapa pelo bocal do tanque e causa o cheiro.

Equívoco

O ar sem aerossóis é limpo.

Este exemplo simples ilustra de forma muito impressionante que o ar livre de aerossóis não é necessariamente limpo e pode continuar a representar um impacto ambiental. A poluição do ar por líquidos evaporados é um problema que também causa grande preocupação às associações profissionais.

Diferença entre aerossóis e gás



* Em geral, entende-se por vapor as gotículas que se encontram no ar, como os vapores que se formam ao cozinhar. Do ponto de vista científico, porém, o vapor é o estado gasoso de uma substância (resultante da evaporação, sublimação ou ebulição).

Figura 17

Exemplo prático da engenharia mecânica

Lembro-me bem de quando visitei com o nosso parceiro comercial da Baviera a associação profissional responsável pela engenharia mecânica na Baviera. Lá, nos mostraram estudos com resultados de medições que analisavam a poluição do ar por refrigerantes e lubrificantes em máquinas-ferramentas. Os resultados mostraram exatamente o mesmo fenômeno do exemplo acima da estação de serviço. A análise do ar ao redor da máquina-ferramenta mostrou que praticamente não havia poluição do ar por aerossóis e que todos os limites de concentração no ar estavam sendo respeitados. Pelo menos era o que se pensava.

Quando os especialistas da associação profissional analisaram a proporção de refrigerantes e lubrificantes evaporados de várias máquinas-ferramentas, detectaram quantidades consideráveis desses gases no ar – , em alguns casos, concentrações de até 100 miligramas de vapores de refrigerantes e lubrificantes em um metro cúbico de ar ambiente. Isso significava que os valores-limite válidos foram excedidos em dez vezes! Como isso pôde acontecer?

Devido à pressão muito elevada no interior das máquinas, onde os refrigerantes e lubrificantes são pulverizados de forma muito fina através de bicos, ocorrem os primeiros efeitos de evaporação. Além disso, grande parte do líquido evapora devido às altas temperaturas nas ferramentas que trabalham o metal. O que é frequentemente subestimado neste contexto é a corrente de ar constante proveniente dos purificadores de ar nas máquinas-ferramentas.

Vapores de refrigerante em uma máquina-ferramenta

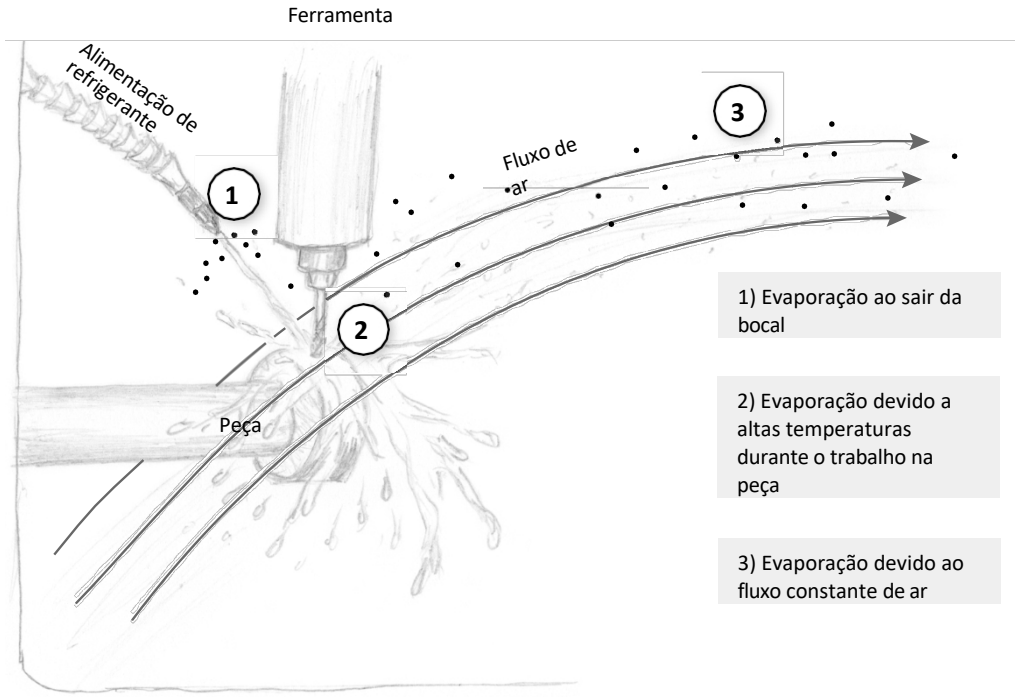


Figura 18

Lembre-se do que vimos no Capítulo 1: para capturar e aspirar, precisamos de um grande volume de ar de escape e de um fluxo de ar na direção da captura. Esse fluxo de ar pode ser comparado ao vento que sopra sobre a superfície de um grande lago. Somente esse fluxo de ar evapora a água, que é absorvida como umidade do ar e transportada com o fluxo de ar. Efeitos semelhantes também ocorrem em uma máquina-ferramenta ou mesmo ao abastecer um veículo. Isso faz com que imensas quantidades de líquido sejam transportadas na forma de vapor com o ar. Esses vapores podem causar danos consideráveis à saúde e incômodos devido ao odor.

Exemplo: indústria alimentícia

O mesmo fenômeno também pode ser observado na indústria alimentícia e em cozinhas industriais. Em todas as instalações e aparelhos de cozinha que funcionam com altas temperaturas, o líquido evapora. Processos típicos são assar, fritar e refogar. Aqui, as temperaturas variam entre 140 e 190 graus Celsius. Os óleos e gorduras evaporam parcialmente e são capturados e aspirados pelos sistemas de ventilação.

Exemplo prático: instalações de fritura

Na indústria alimentícia, já pudemos admirar instalações para fritar batatas fritas que, em termos de dimensões, correspondiam a uma grande banheira. Nessa banheira, centenas de milhares de batatas fritas são fritas todos os dias, liberando imensas quantidades de vapor. Este vapor é composto principalmente por óleo evaporado da gordura de fritura e água evaporada que ainda estava retida nas batatas fritas antes da fritura. Também aqui observamos o fenômeno descrito anteriormente: ao analisar o ar de exaustão do processo através de uma medição de partículas, não foi detectada qualquer poluição do ar, o ar parecia limpo e pouco poluído. No entanto, era visível que o ar de exaustão deste processo de processamento não podia estar limpo, pois parecia a nuvem de vapor de uma locomotiva a vapor antiga. Também se sentia um cheiro intenso, semelhante ao da estação de serviço. Embora fosse mais agradável do que o cheiro do combustível, indicava claramente a contaminação do ar.

Exemplo: cozinha doméstica

Você pode observar algo semelhante em sua cozinha, por exemplo, ao fritar um bife em alta temperatura. É possível que haja alguns respingos de óleo que podem ser classificados como aerossóis, mas o que sobe acima do fogão e é capturado e aspirado pelo exaustor é principalmente ar com óleos e água vaporizados. Apenas poucas gotas, aerossóis e respingos chegam até lá.

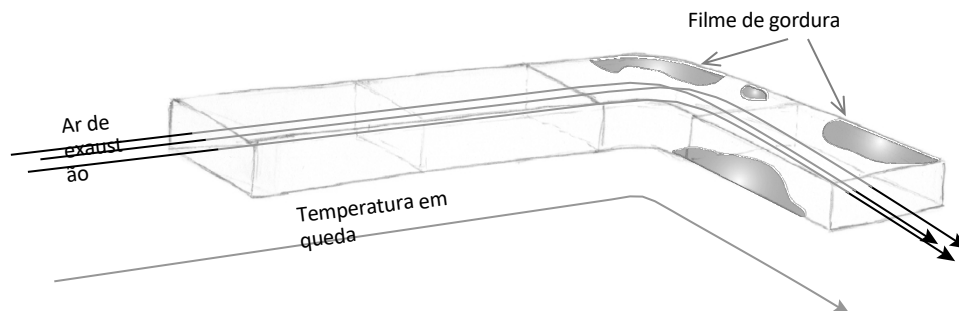
Condensação dos líquidos evaporados

Na indústria e em cozinhas comerciais, esses líquidos evaporados causam grandes problemas no ar de exaustão do processo. Isso porque esses vapores não só causam mau cheiro, como também podem condensar novamente quando o ar de exaustão esfria. O líquido evaporado volta então do estado gasoso para o estado líquido. Isso pode ser observado principalmente em grandes empresas industriais e hotéis de grande porte. Por quê? Porque em grandes edifícios, muitas vezes há longos percursos para os dutos de exaustão.

Problemas de higiene e risco de incêndio devido a longos dutos de exaustão

Quer se trate de um processo de cozimento em uma grande cozinha de hotel ou de um processo de transformação em uma empresa industrial, o ar que é captado e aspirado diretamente no processo deve ser transportado por um longo caminho através do duto de exaustão até finalmente sair do edifício e ser expelido por meio de grandes aparelhos de ventilação. Ao longo do longo caminho pelo canal de ventilação, muitas vezes formado por segmentos retangulares de chapa metálica, o ar arrefece. Assim, o líquido vaporizado condensa-se e deposita-se nos canais de exaustão e no aparelho de ventilação. Estes depósitos não só representam um problema higiênico, como também constituem um risco de incêndio.

Longos canais de exaustão e seus riscos



Ao sair, o ar continua esfriando. Os vapores se condensam e formam películas de água e gordura dentro do canal de exaustão – , um terreno fértil para microorganismos e uma possível fonte de incêndio.

Figura 19

As normas europeias exigem que se tenha em conta os vapores e a sua condensação

O ar livre de aerossóis e partículas não significa necessariamente que esteja limpo. O que muitas vezes é percebido como um odor desagradável é, na maioria das vezes, vapor. Por esse motivo, normas europeias como a DIN EN 16282 exigem que, além da purificação do ar em cozinhas industriais por meio de filtros e separadores, os líquidos evaporados e sua condensação também sejam considerados! Para isso, essas concentrações, que em alguns casos são muito altas, devem ser medidas e analisadas.

3.2. Os medidores FID podem ajudar na análise da poluição do ar!

Os aparelhos de medição FID permitem obter uma indicação da quantidade de líquido evaporado presente no ar. FID é a abreviatura de detector de ionização por chama. Um aparelho de medição FID ajuda a determinar a quantidade de compostos orgânicos voláteis evaporados. Coloquialmente, também se fala frequentemente de C total no ar de exaustão, referindo-se aos hidrocarbonetos em forma de vapor presentes no ar. Se quisermos saber, por exemplo, quanta quantidade de combustível evaporado chega ao nosso nariz ao abastecer o carro, um aparelho de medição desse tipo seria o equipamento ideal. Os aparelhos de medição FID também são igualmente úteis na análise de refrigerantes e lubrificantes evaporados na indústria de manufatura ou em instalações de produção de alimentos.

Medir a quantidade de partículas e vapor

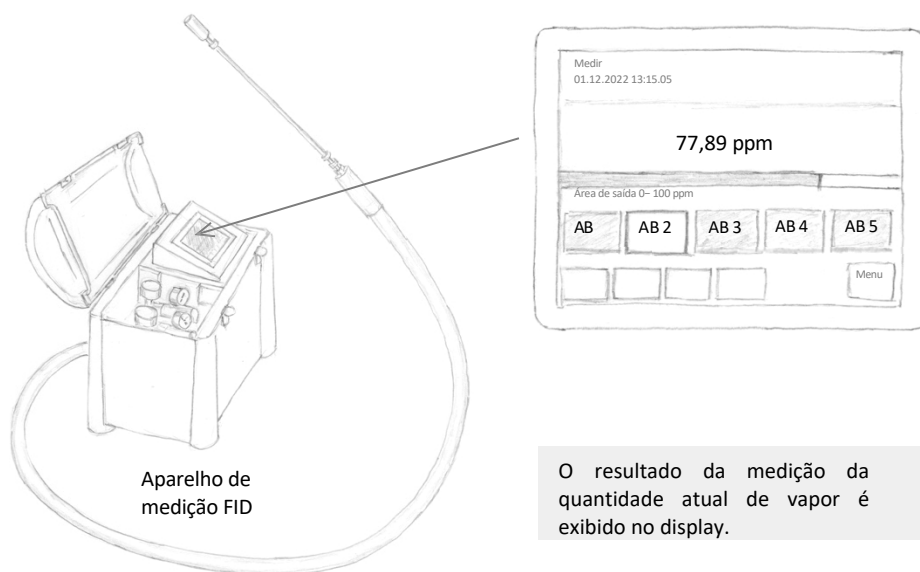


Figura 20

Análise da poluição do ar

Ao analisar o ar expelido pelos processos acima mencionados, a poluição real é geralmente resultante da soma dos aerossóis e vapores transportados pelo ar. O resultado dessa análise global mostra frequentemente que existem 80 miligramas de vapor e apenas 20 miligramas de aerossóis em um metro cúbico de ar ambiente. Aplicado a este exemplo, isso significaria que teríamos um total de 100 miligramas de poluição em um metro cúbico de ar ambiente. Se essa poluição é proveniente de um refrigerante ou lubrificante em uma fábrica de máquinas, de óleo de fritura na produção de alimentos ou da cozinha de um hotel, não importa neste momento, pois o problema e a tarefa são os mesmos: precisamos cuidar dos dois.

Equívoco

Não é necessário medir líquidos evaporados.

Temos que nos preocupar tanto com os líquidos evaporados quanto com os aerossóis transportados pelo ar provenientes desses líquidos. Um erro comum na tecnologia de ventilação e purificação do ar é não medir e analisar esses poluentes atmosféricos. Se alguma coisa é medida, na melhor das hipóteses é a concentração de partículas dos aerossóis. Quase nunca são analisados ambos, vapores e aerossóis. Isso também foi confirmado em conversas com colegas da associação profissional da Baviera.

Em fritadeiras em cozinhas industriais ou grandes recipientes coletores de aparas de metal quentes em fábricas ou instalações semelhantes, pequenas nuvens brancas se elevam durante o funcionamento. Visualmente, eles se parecem muito com o vapor que sobe quando se aquece água em uma panela em casa. A diferença, porém, é que o vapor que sobe dos recipientes industriais contém óleos e refrigerantes ou lubrificantes.

Essas substâncias são frequentemente a fonte de fortes odores e são muito pouco consideradas e investigadas.

Realizar medições de partículas e FID

É imprescindível investigar essas emissões através de uma medição de partículas e FID. A partir dessas medições, é possível definir o próximo passo: a purificação do ar através da remoção desses vapores.

Solução 1: carvão ativado

Uma solução pode ser, por exemplo, o uso de filtros de carvão ativado. Em termos simples, o carvão ativado funciona como uma espécie de filtro molecular. É muito poroso e possui inúmeros poros minúsculos que podem absorver vapores por adsorção. Assim, os vapores ficam retidos na superfície do carvão ativado. No entanto, isso só funciona enquanto o carvão ativado não estiver muito saturado pelos aerossóis formados durante a condensação.

Desvantagem do uso de carvão ativado

Muitas vezes, os filtros de carvão ativado só são utilizados no aparelho de ventilação, no final de um longo canal de exaustão. Quando o ar exaurido chega lá, já arrefecem vários graus e os vapores começam a condensar-se. Isso faz com que os muitos poros minúsculos do carvão ativado fiquem obstruídos muito rapidamente, tornando-se ineficazes. Se os vapores condensados forem óleos, em combinação com o carvão ativado, surge literalmente uma combinação altamente inflamável!

Utilização de carvão ativado

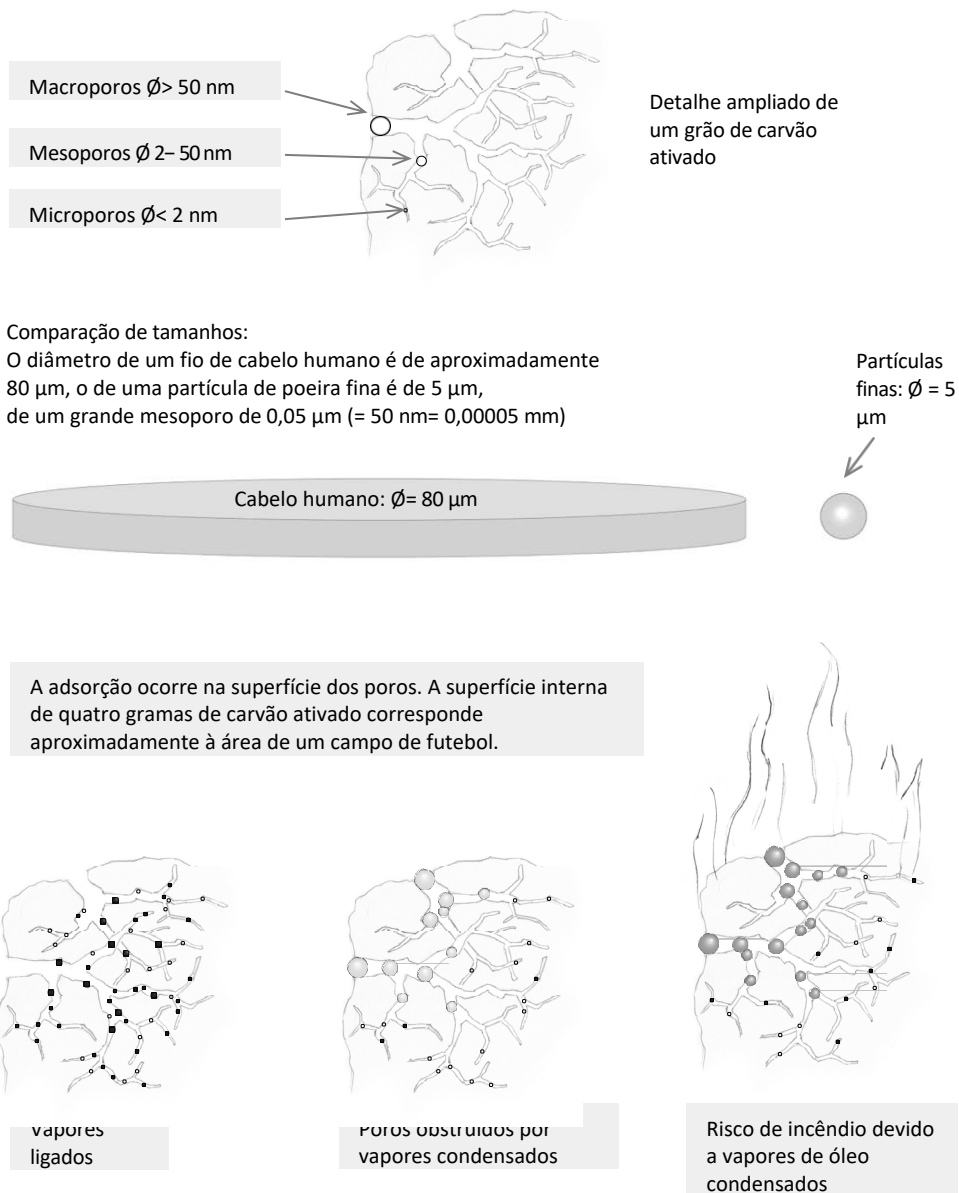


Figura 21

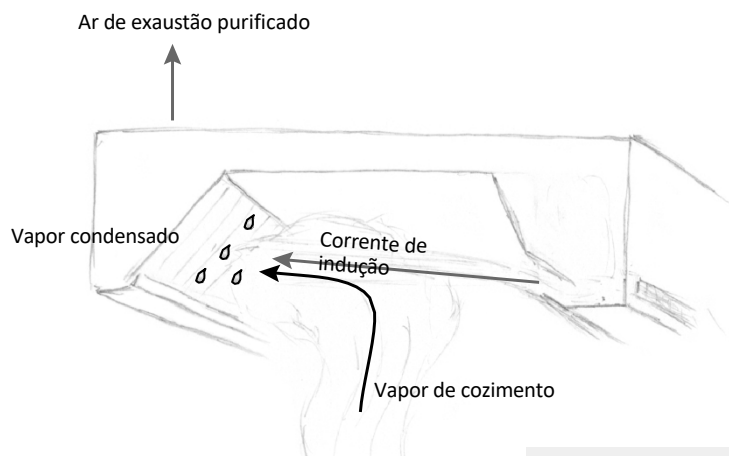
Solução 2: condensação forçada

Outra possibilidade para controlar os líquidos evaporados e reduzir sua quantidade é a condensação forçada diretamente durante a captação e aspiração.

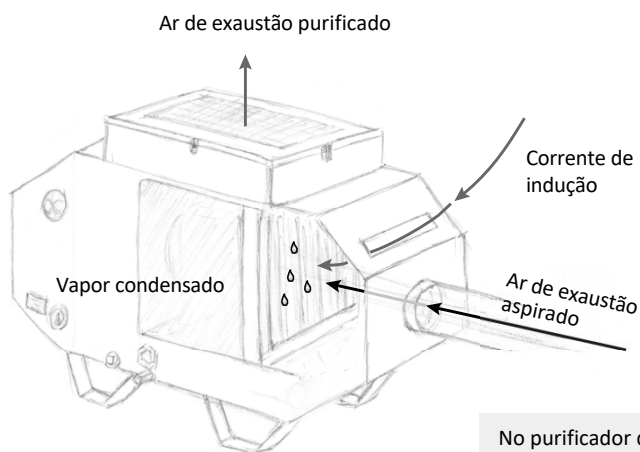
Conforme descrito no capítulo 1, na REVEN GmbH desenvolvemos dispositivos de captação que não só aspiram, mas também sopram. O ar a ser capturado, juntamente com os aerossóis, vírus e poluentes, é transportado o mais rápido possível, por meio de sopro auxiliar, para a área onde a potência de sucção dos purificadores de ar, exaustores e aparelhos de ventilação é maior, ou seja, diretamente para a área de suas aberturas de sucção.

Para isso, desenvolvemos exaustores modernos e purificadores de ar industriais equipados com um dispositivo adicional de sopro auxiliar. No caso do exaustor, isso garante que os vapores ascendentes da cozinha sejam conduzidos de forma rápida e direta do equipamento de cozinha para a área do filtro e da aspiração, onde são capturados e aspirados. Além disso, conseguimos forçar a condensação de líquidos evaporados. O ar da corrente de indução, ou seja, o fluxo de ar soprado, é sempre alguns graus mais frio do que o ar a ser capturado. Essa diferença de temperatura nos ajuda a provocar a condensação dos líquidos evaporados diretamente durante a captura e a aspiração, tanto em nossos exaustores aprimorados quanto em nossos purificadores de ar para máquinas-ferramentas.

Condensação forçada



Na coifa da cozinha: a corrente de indução mais fria condensa os vapores, que são separados no caminho para o canal de exaustão.



No purificador de ar industrial: graças ao fluxo de indução mais frio, os vapores condensam-se antes do separador X-CYCLONE® e são separados.

Figura 22

Vantagens da condensação forçada

Quando o ar de processo é liberado de líquidos evaporados e aerossóis transportados pelo ar, ele fica realmente purificado e limpo. Isso também reduz ao mínimo as emissões de odores, que podem ser totalmente neutralizadas por meio de filtros de odores instalados a jusante. As tecnologias utilizadas para a neutralização de odores podem ser sistemas de UV, ozônio, carvão ativado ou oxidação química. Todas elas têm uma coisa em comum: só funcionam e desenvolvem todo o seu desempenho se o ar de escape tiver sido previamente purificado de aerossóis e vapores de forma eficiente. Só então, e somente então, faz sentido instalar tecnologias adicionais a jusante para a eliminação completa de odores. Mais informações no próximo capítulo.

4. Como os vírus e os odores podem Ser neutralizado?



A neutralização de odores e a remoção completa de vírus e bactérias do ar é uma tarefa que requer várias etapas. No início, é necessário capturar e aspirar de forma eficiente, depois são necessários filtros de aerossol ou separadores muito eficazes e, neste contexto, também é necessária a condensação dos vapores, como discutido no capítulo anterior. Somente quando todas essas etapas são seguidas, os odores podem ser removidos de forma confiável e completa com a ajuda de sistemas UV-C ou ozônio.

Equívoco

A radiação UV resolve todos os problemas relacionados a vírus, bactérias e odores.

Um equívoco muito comum na tecnologia de ventilação e purificação do ar, que persiste há muito tempo, é a crença de que não é preciso se preocupar muito com todas essas etapas, desde a captação e aspiração até a separação e condensação. Basta colocar qualquer lâmpada que emita luz ultravioleta nos purificadores de ar e nos sistemas de exaustão e tudo ficará bem. Isso ou algo semelhante é o que sugerem as promessas de muitos concorrentes no mercado, que ouço repetidamente.

Existem muitos equívocos e informações erradas sobre o funcionamento e a eficácia das tecnologias de purificação do ar que utilizam radiação ultravioleta. Isso começa pelo fato de muitos fabricantes não informarem os usuários sobre a área de aplicação real da radiação ultravioleta. Um aspecto importante que deve ser levado em consideração é a seguinte pergunta: “O que se pretende alcançar com o uso de sistemas UV-C?” Queremos livrar o ar de vírus e bactérias ou queremos eliminar gorduras e óleos do ar de exaustão? Acho que você concorda comigo que aqui já se percebem diferentes tarefas e que a remoção de vírus do ar de exaustão não pode ser a mesma coisa que a remoção de óleos e gorduras.

Por isso, devemos primeiro discutir para que realmente queremos usar a radiação ultravioleta em nosso sistema de ventilação. O sistema UV-C a ser utilizado depende da tarefa a ser realizada. As diferentes tarefas desses sistemas podem ser as seguintes:

- *Desinfecção de objetos*
- *Neutralização de odores no ar*
- *Eliminação de vírus e bactérias no ar*

Essas três tarefas já abrangem três áreas completamente diferentes, cada uma exigindo o uso de sistemas UV-C totalmente distintos. Não existe um sistema capaz de realizar todas as três tarefas.

A isso se soma a tarefa envolta em mitos da chamada queima de gordura. Explicaremos mais tarde o que isso significa.

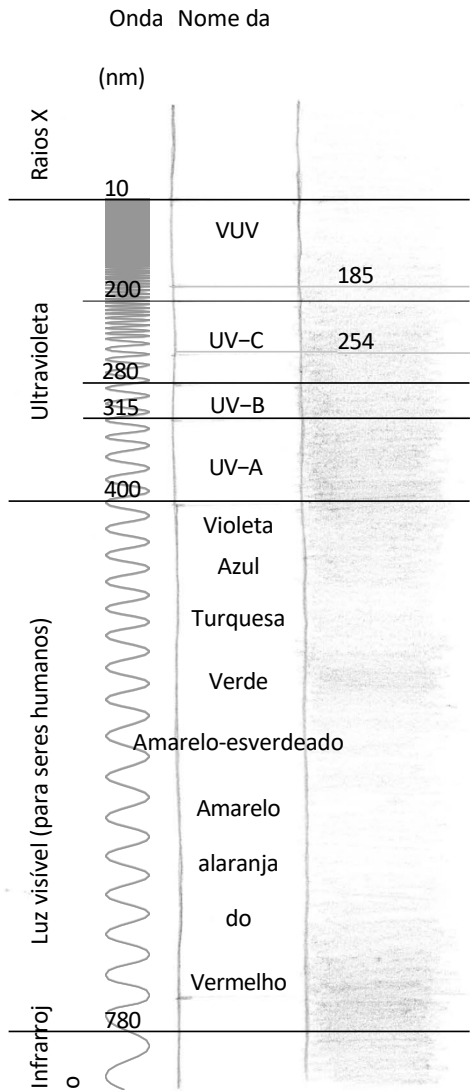
Portanto, precisamos de um sistema UV-C especialmente concebido para uma dessas tarefas. Mas, mesmo assim, ainda é questionável se a tarefa em questão pode ser realmente resolvida de forma satisfatória.

4.1. O equívoco em relação à radiação UV-C

Os sistemas UV-C são frequentemente integrados em purificadores de ar domésticos. No contexto da pandemia mundial, o mercado foi literalmente inundado por esses purificadores de ar a partir de 2020. Foi prometido aos usuários que a radiação ultravioleta desses aparelhos poderia matar vírus perigosos. Mas como isso poderia funcionar?

Visualmente, esses sistemas UV-C lembram os tubos fluorescentes convencionais, como os encontrados em sistemas de iluminação em grandes escritórios. Eles são oferecidos em diferentes tamanhos. Quando um tubo UV-C é ligado, ele não brilha com uma luz branca como a iluminação de escritório, mas sim com um brilho azulado, semelhante ao dos solários. Essa luz azul é uma radiação UV-C de onda curta gerada artificialmente, com um comprimento de onda de aproximadamente 250 a 280 nanômetros.

Espectro eletromagnético



UV-A e UV-B

Esses raios UV são os únicos que chegam à Terra. O ser humano depende deles para produzir vitamina D no organismo. Eles causam o bronzeamento da pele. Em doses excessivas, porém, a radiação é prejudicial, tanto a curto prazo (risco de queimaduras solares) quanto a longo prazo (risco de câncer de pele).

UV-C

Para a esterilização, é utilizada luz UV-C produzida artificialmente com um comprimento de onda de 250 a 280 nm. Principalmente 254 nm são ideais para danificar o patrimônio genético de microrganismos. O UV-C também é prejudicial aos seres humanos.

V (vácuo) UV

A partir do espectro ultravioleta, é utilizada luz produzida artificialmente com comprimento de onda de 185 nm para formar ozônio. A utilização só funciona com tubos de quartzo especiais.

Figura 23

Fator comprimento de onda

Para os sistemas UV-C, a faixa de comprimento de onda da radiação é importante, pois só assim as bactérias e os vírus são eliminados ou impedidos de se multiplicar devido aos danos causados ao seu material genético. Esse conhecimento é utilizado há muito tempo na tecnologia médica, por exemplo, para a desinfecção de instrumentos cirúrgicos e ferramentas médicas. Esses aparelhos de desinfecção são frequentemente caixas retangulares semelhantes aos micro-ondas comuns. Essas caixas têm tubos UV-C integrados, que permitem irradiar o interior em uma faixa de comprimento de onda de 250 a 280 nanômetros. Os objetos colocados em um esterilizador ultravioleta são desinfetados pela radiação UV-C.

Fator tempo

As fichas técnicas desses esterilizadores UV-C indicam repetidamente que a esterilização completa, ou seja, a eliminação total de germes, pode ser alcançada após um tempo de irradiação de cerca de 30 segundos.

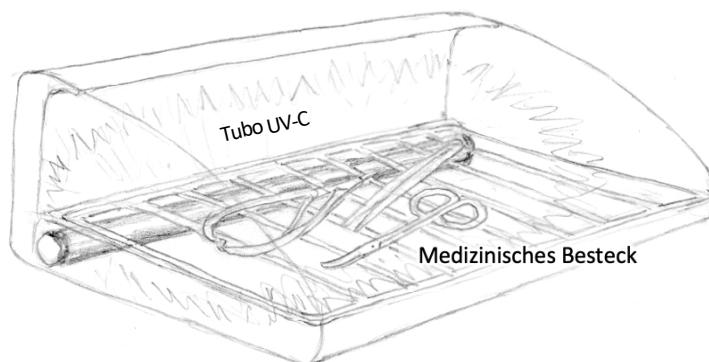
Na maioria dos esterilizadores UV-C, é possível definir um tempo de desinfecção de 30 segundos a 60 minutos, de forma muito semelhante à configuração de tempo do micro-ondas doméstico.

Comprimento de onda+ Tempo= Resultado desejado

Assim, definimos uma primeira área de aplicação para a qual existem muitas soluções técnicas, produtos e experiências: para tornar vírus e bactérias em objetos como tesouras, facas, alicates, agulhas, etc. completamente inofensivos, precisamos de radiação ultravioleta gerada artificialmente em uma faixa de comprimento de onda de aproximadamente 250 a 280 nanômetros. Também é muito importante que esses objetos sejam expostos a essa radiação por pelo menos 30 segundos para que fiquem realmente esterilizados. Assim

Pelo menos é essa a recomendação dos fabricantes de esterilizadores UV-C, que há muitos anos são utilizados na tecnologia médica.

Desinfecção em um esterilizador UV-C



Este esterilizador moderno funciona em duas etapas:

- Radiação UV-C (254 nm) por pelo menos 30 segundos para destruir o material genético dos microrganismos.
- Radiação VUV (185 nm) para matar completamente os microrganismos com ozônio.

Figura 24

O que devemos ou precisamos deduzir disso para a tecnologia de ventilação e purificação do ar?

Na verdade, a resposta é bastante simples e óbvia: se queremos matar bactérias e vírus em um fluxo de ar, precisamos da mesma radiação ultravioleta, que deve atuar sobre os vírus e bactérias por um determinado período de tempo.

Equívoco

A esterilização do ar funciona da mesma forma que a esterilização de objetos.

Por mais simples e óbvio que pareça, é aqui que começam os problemas na tecnologia de ventilação. Em aparelhos de ventilação e purificadores de ar, lidamos com ar em movimento e não com objetos que ficam imóveis durante meio minuto durante a esterilização. O ar se move em aparelhos de ventilação e purificadores de ar a uma velocidade de pelo menos um metro por segundo. Tudo o que se encontra nesse fluxo de ar, incluindo bactérias e vírus, percorre pelo menos um metro em um segundo. Em muitos sistemas, as distâncias são ainda maiores, de dois a cinco metros por segundo.

Distância percorrida pelo ar em um segundo

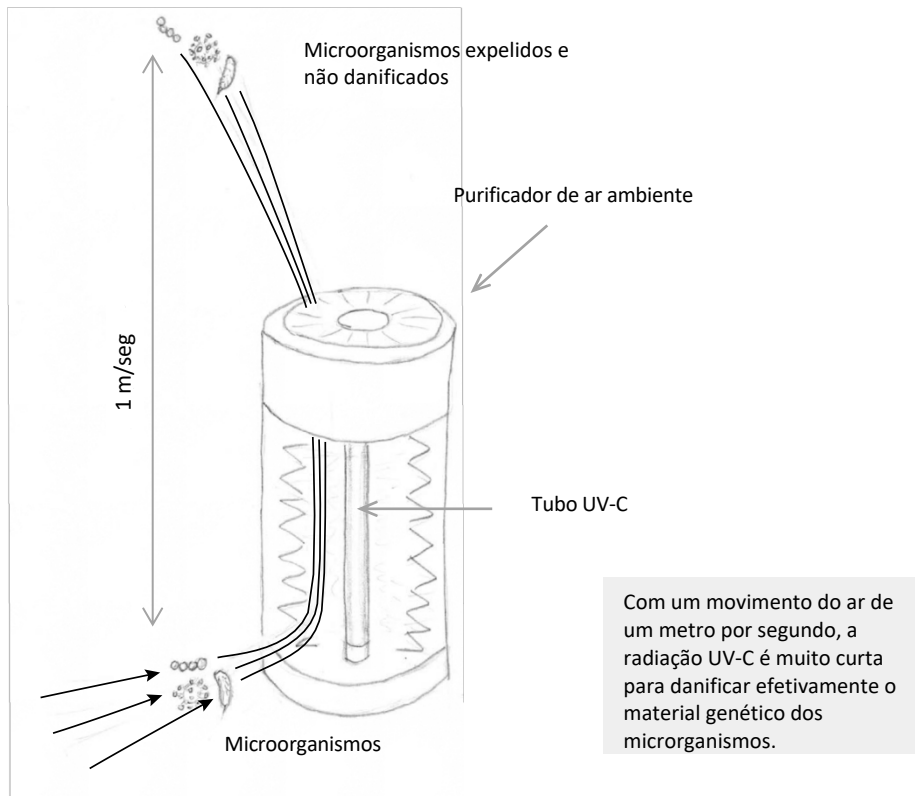


Figura 25

Esta circunstância já representa o primeiro problema e um grande desafio. Como aprendemos na descrição dos esterilizadores na tecnologia médica, seria aconselhável expor as bactérias e os vírus à radiação ultravioleta durante pelo menos trinta segundos. Como podemos conseguir isso num sistema de ventilação?

Em um sistema de exaustão com uma velocidade do ar de um metro por segundo, seria necessário um duto de exaustão de trinta metros de comprimento com tubos UV-C. No entanto, você não encontrará um sistema desse tipo. Aparelhos de ventilação e purificadores de ar com tubos UV-C raramente têm mais de um metro de comprimento. É muito fácil calcular por quanto tempo as bactérias e os vírus transportados pelo ar ficam expostos à radiação UV-C nesses aparelhos: em tais sistemas, a radiação tem apenas um segundo para agir sobre os vírus e as bactérias. Esse tempo é muito curto para uma esterilização.

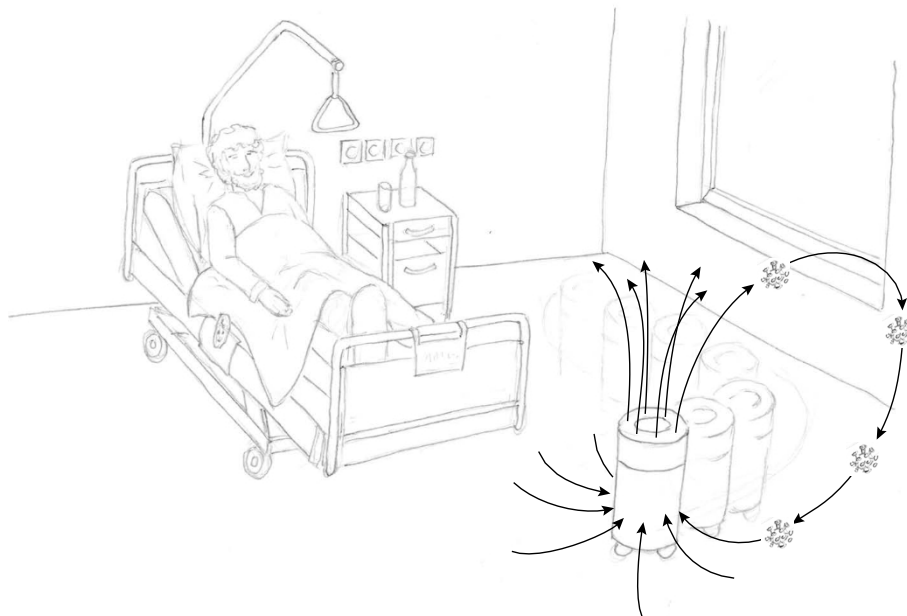
Portanto, não basta simplesmente instalar tubos UV-C em um aparelho de ventilação ou purificador de ar, e na maioria das vezes isso também não faz sentido. O que fazer então?

Uma possibilidade seria levar o ar repetidamente para a área dos tubos UV-C por pelo menos meio minuto, a fim de obter um tempo de exposição adequadamente longo.

Exemplo prático: robôs de desinfecção

É exatamente isso que fazem os robôs de desinfecção recém-desenvolvidos para hospitais. Esses aparelhos foram desenvolvidos durante a pandemia e podem ser usados em quartos de hospital. Eles se deslocam automaticamente para um quarto e limpam o ar do ambiente. Para isso, aspiram o ar e o expelem novamente. Durante esse processo, o ar é exposto a radiação ultravioleta. Esse processo é repetido continuamente na sala por um determinado período de tempo. Como você pode imaginar, isso permite atingir um tempo de ação de pelo menos trinta segundos.

Robôs de desinfecção em quartos de hospital



Somente quando o mesmo ar é conduzido em um “ciclo contínuo” através do robô de desinfecção (representação simplificada) é que os germes hospitalares nele contidos podem ser neutralizados pela radiação UV-C.

Figura 26

No entanto, esse processo só pode ocorrer se tivermos um espaço fechado, no qual o robô possa aspirar, irradiar e expelir o mesmo ar repetidamente durante um determinado período de tempo. Por outro lado, se tivermos um espaço ventilado, no qual é insuflado ar fresco e o ar viciado e poluído é aspirado, a situação é completamente diferente.

O tempo não é suficiente

Mesmo em purificadores de ar simples e pequenos, a sucção, limpeza e expulsa do ar demoram pouco mais de um segundo. Portanto, é claro que, em purificadores de ar compactos, não é possível esterilizar o ar apenas com radiação UV-C. O tempo simplesmente não é suficiente.

purificadores de ar compactos. Simplesmente não há tempo suficiente para isso.

Utilização de filtros de partículas em suspensão

É possível melhorar o desempenho dos purificadores de ar compactos através da instalação de filtros de partículas em suspensão. Trata-se de filtros de alto desempenho, capazes de filtrar até mesmo partículas muito pequenas, como vírus e bactérias, do ar. Em combinação com a radiação UV-C, que irradia esses filtros de alto desempenho por tempo suficiente, os vírus e bactérias podem ser eliminados no filtro.

Recursos auxiliares Filtros de partículas em suspensão

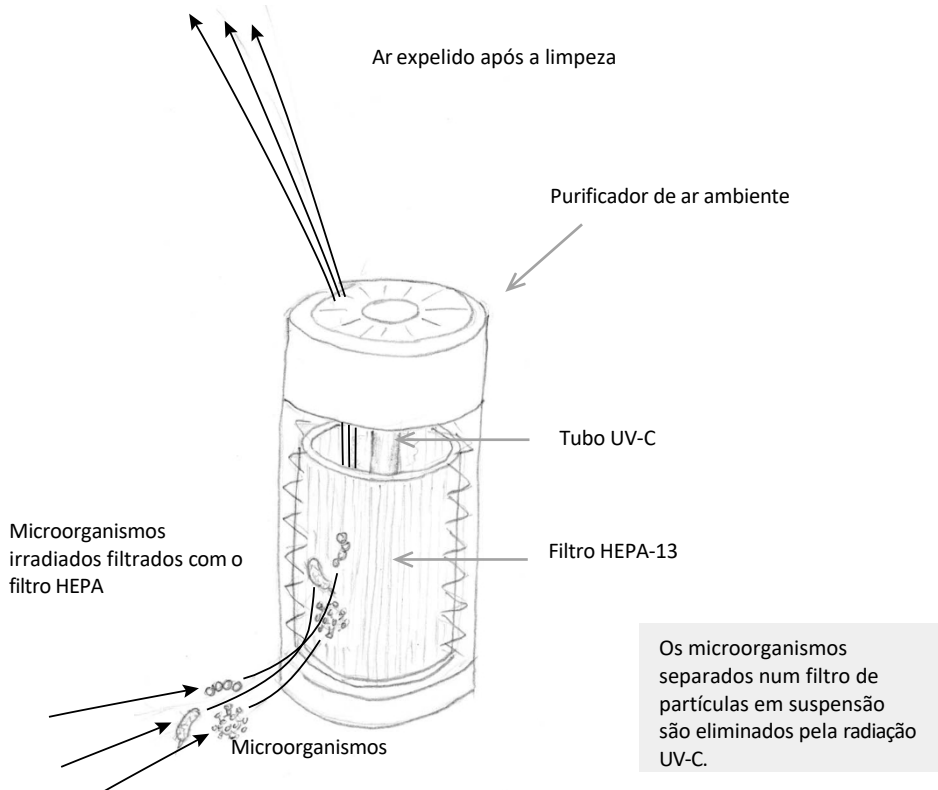


Figura 27

Existem vários exemplos semelhantes. No final das contas, trata-se sempre de expor os vírus e as bactérias à radiação ultravioleta adequada por tempo suficiente para danificar seu material genético e impedir sua reprodução. Somente a destruição completa permite uma esterilização real. De forma um pouco mais científica, esse fato pode ser resumido da seguinte maneira:

A radiação tem um efeito letal sobre vírus e bactérias, desde que seja intensa o suficiente e atue por tempo suficiente.

Fator intensidade da radiação

A intensidade da radiação depende dos tubos, mais precisamente, da sua potência por metro quadrado de área irradiada. Quanto mais potência em watts utilizamos, menor é o tempo de exposição necessário. Se utilizarmos LEDs UV-C de baixa potência, que produzem apenas alguns watts por lâmpada LED, precisamos de um tempo de exposição correspondentemente longo. A interação é relativamente simples: quanto maior a potência da radiação e quanto mais longo o tempo de irradiação, maior o efeito desinfetante — e vice-versa.

Passemos agora à remoção de óleos e gorduras do ar de exaustão e como a radiação UV-C pode ajudar nesse processo. Ao analisarmos mais detalhadamente essa questão, nos deparamos com um dos maiores equívocos na área de tecnologia de ventilação e purificação do ar. No entanto, trata-se mais de um mistério do que de um equívoco, e pode ser descrito com a seguinte pergunta.

4.2. A radiação UV-C pode eliminar aerossóis?

Se acreditarmos nas afirmações de muitos fabricantes de tecnologia de ventilação, sim. Afirma-se frequentemente que a radiação ultravioleta dos tubos UV-C é capaz de eliminar óleos e gorduras do fluxo de ar de exaustão. Este mistério é particularmente comum na ventilação de cozinhas industriais. De acordo com alguns fabricantes, não são tanto os separadores de aerossóis que apresentei no capítulo dois, mas sim os sistemas UV-C que supostamente mantêm a ventilação da cozinha livre de gorduras e óleos.

Como já explicado anteriormente, esses óleos e gorduras podem estar presentes no ar na forma de aerossóis ou vaporizados.

Equívoco

A radiação UV-C purifica o ar de gorduras e óleos.

Muitos fabricantes afirmam que um sistema UV-C adequado no sistema de exaustão da cozinha pode separar todas essas formas de gorduras e óleos do fluxo de ar e manter o sistema de ventilação da cozinha totalmente livre de óleos e gorduras.

Parece ótimo, não é? Infelizmente, essas propriedades revolucionárias de purificação do ar ainda não foram comprovadas em nenhum estudo científico.

Agora sabemos como é complexa a eliminação confiável de bactérias e vírus por meio da radiação UV-C. Limpar o ar de aerossóis e gotículas de óleos e gorduras com radiação ultravioleta é algo completamente diferente!

Isso começa com o tamanho e as propriedades desses poluentes do ar: um vírus é muito menor do que um aerossol de óleo. Além disso, vírus e bactérias não evaporam facilmente nem são decompostos de outra forma. A radiação ultravioleta danifica seu material genético de tal forma que eles não podem mais se reproduzir e morrem.

Ao limpar o ar de óleos e gorduras, afirma-se que estes se dissolvem completamente e desaparecem — pelo menos é o que prometem! Como é que isso funciona?

Equívoco

A gordura se decompõe completamente por fotólise.

Os fabricantes fazem as afirmações mais fantásticas sobre este tema. Por exemplo, lâmpadas especiais UV seriam capazes de decompor a gordura presente no ar através da fotólise. Isso reduziria a concentração de gordura em 95% e a gordura seria transformada nos produtos finais oxigênio, dióxido de carbono, água e resíduos em forma de poeira.

Quando se pergunta como tais afirmações foram medidas e validadas, ouve-se sempre a mesma resposta: “Nós observamos isso!” ou “Nós instalamos esses equipamentos há muitos anos e sempre observamos isso, não podemos estar enganados!”

Na maioria dos casos, não há qualquer tecnologia de medição, protocolos de medição e nem mesmo estudos que comprovem, nem que seja parcialmente, essas afirmações e observações. As promessas e garantias são baseadas em décadas de experiência e observações próprias, que não poderiam estar erradas durante um período tão longo.

Exemplo prático: valores de emissões

A VW também tem décadas de experiência no desenvolvimento de motores a diesel e tinha certeza de que não poderia se enganar quanto aos valores de emissões de seus motores.

De onde vem esse entusiasmo exagerado? Por que tantos fabricantes utilizam essa tecnologia na ventilação comercial de cozinhas?

Porque é um negócio extremamente lucrativo. A compra dos tubos é fácil, a integração em um sistema de exaustão pode ser feita por qualquer eletricista com um mínimo de experiência e, assim, com um investimento realmente acessível, é possível valorizar o sistema de ventilação da cozinha em muitos milhares de euros!

Equívoco

Um sistema de ventilação de cozinha é sempre valorizado com o uso de luz UV.

No entanto, surge aqui a questão: o sistema foi realmente melhorado? A gordura e o óleo são eliminados de forma fiável em 95 %? O utilizador obtém realmente um valor acrescentado sustentável com este investimento adicional?

Para responder a essa pergunta com seriedade, é preciso analisar os fatos. Só então podemos tentar responder às perguntas feitas anteriormente. Para isso, listamos todos os fatos comprovados que existem sobre esses mitos:

1. Um sistema UV deve produzir ozono

Os sistemas UV-C só têm influência sobre gorduras e óleos no ar de exaustão de cozinhas industriais se forem utilizados os tubos UV-C corretos. Estes devem ser capazes de emitir radiação ultravioleta com comprimento de onda inferior a 200 nanômetros. Isso só é possível com tubos

a partir de um vidro de quartzo sintético. O truque aqui é que a radiação ultravioleta numa faixa de comprimento de onda de 185 nanômetros não é filtrada por esse vidro e pode ser emitida. Essa é a condição básica para produzir ozônio.

2. O ozônio deve oxidar gorduras e óleos

Ao utilizar os tubos corretos e uma radiação com o comprimento de onda adequado, é gerado ozônio no sistema de ventilação. O ozônio é importante para obter qualquer efeito sobre óleos, gorduras e muitas outras substâncias. No entanto, é um oxidante muito forte. Por esse motivo, é prejudicial à saúde e é até suspeito de ser cancerígeno. No entanto, na exaustão da cozinha, pode-se tentar oxidar óleos e gorduras. Mas digo aqui conscientemente: pode-se TENTAR!

Relatório de pesquisa dos EUA

Estudos recentes realizados nos EUA comprovam que esse efeito oxidante sobre óleos e gorduras existe, mas não é muito eficiente. Os óleos e gorduras são apenas parcialmente oxidados e a afirmação de que podem ser completamente eliminados não é confirmada por esses estudos. Pelo contrário! Devido ao elevado potencial de risco do ozono, coloca-se antes a questão de saber se a produção de ozono em tais sistemas não prejudica mais o ambiente do que o beneficia! O relatório de pesquisa em questão foi publicado em 2020 pela ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) e intitula-se “Research Project 1614 Determining the Effectiveness of UVC Systems on Commercial Cooking Effluent” (Projeto de pesquisa 1614: Determinação da eficácia dos sistemas UVC em efluentes de cozinha comercial).

3. Remoção eficaz de gordura na fase inicial

Devido à baixa influência do ozônio sobre óleos e gorduras, a atenção principal nos sistemas de exaustão de cozinhas deve ser dada à captação, aspiração e limpeza do ar exaurido por meio de filtros e separadores, de modo que o ar exaurido seja, na medida do possível, livre de óleos e gorduras. Se o ar exaurido também tiver um cheiro forte, isso está relacionado à evaporação de

óleos e gorduras evaporados. Para isso – e apenas para isso – pode ser utilizado, em medida limitada, um sistema UV-C que produz ozônio. No entanto, não se deve ignorar o potencial de risco desses sistemas.

Uso sensato da radiação UV em exaustores de cozinha

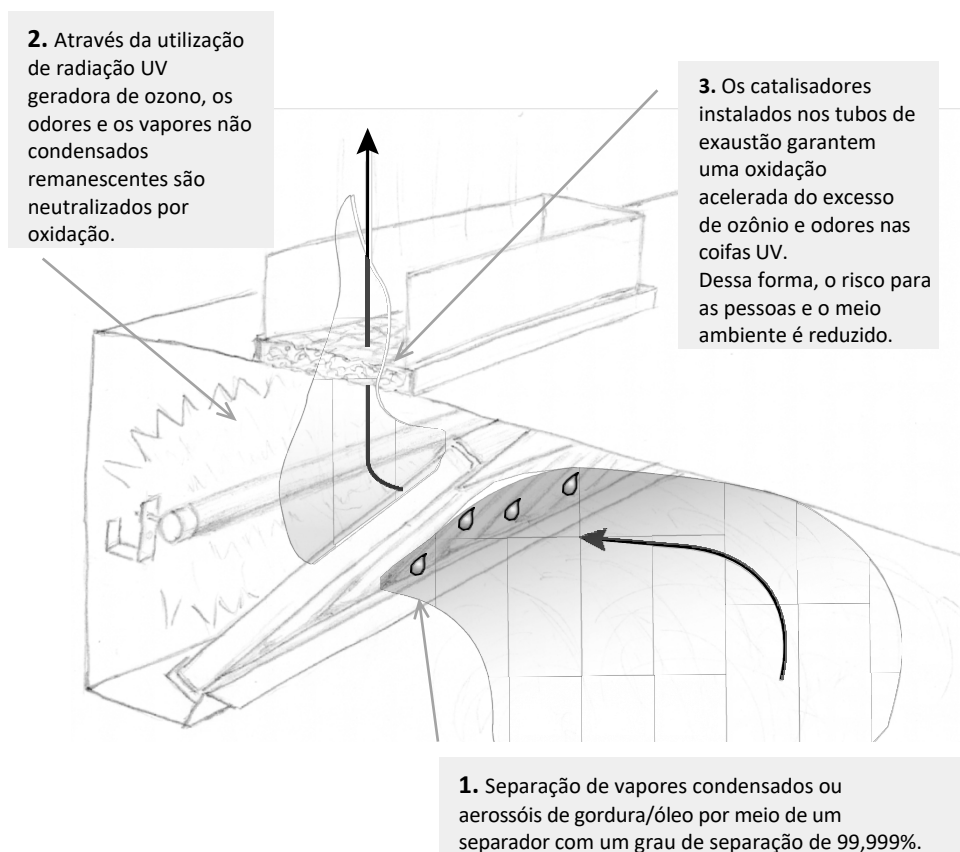


Figura 28

4. O ozônio é potencialmente cancerígeno.

Os aparelhos UV-C, que produzem ozônio através da sua radiação, representam um alto risco potencial, sobre o qual os usuários em cozinhas industriais são muito raramente informados, muito menos instruídos detalhadamente sobre como evitar riscos à saúde. Como mencionado anteriormente, essa radiação pode danificar o material genético de vírus e bactérias. No entanto, o efeito mutagênico não se limita apenas a vírus e bactérias. Ele também afeta as pessoas expostas a essa radiação. O ozônio gerado é um gás nocivo à saúde e suspeito de ser cancerígeno.

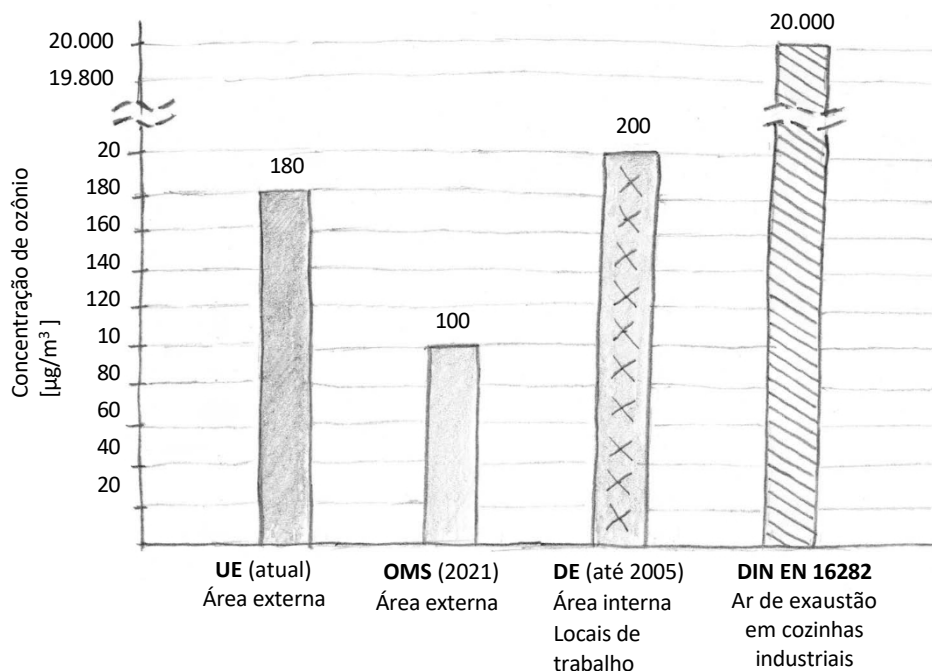
Por esse motivo, todos os valores-limite para o ozônio em ambientes internos foram revogados na Alemanha. Nas cidades, é até mesmo acionado regularmente um alarme de ozônio quando os valores de ozônio na área externa são muito altos. Quando os valores são elevados, a população é aconselhada a não praticar esportes ao ar livre e a permanecer em casa, se possível. No entanto, muitas soluções técnicas em ventilação e purificação do ar utilizam exatamente os tipos de radiação que geram gases tão perigosos.

Exemplo prático: ventilação de cozinhas

Já várias vezes presenciei pessoalmente cozinheiros que me falavam das lâmpadas fluorescentes atrás dos filtros dos exaustores das suas cozinhas e que não tinham a certeza se estas ainda funcionavam. Quando lhes disse, e ao pessoal da cozinha, que não se tratava de tubos fluorescentes, mas sim de sistemas UV-C que geravam radiação perigosa e libertavam gases nocivos para a saúde, vi mais do que uma vez rostos muito assustados.

Até aqui a lista de fatos, que não pretende ser exaustiva e certamente poderia ser ampliada com alguns pontos.

Limites de ozônio



UE: exposição máxima em uma hora por dia (média de 1 hora); se esse valor for ultrapassado, a população é informada



OMS: exposição máxima em oito horas por dia (média de 8 horas)



DE (válido até 2005): MAK diário (concentração máxima no local de trabalho). Desde então, não existem valores-limite de ozônio para locais de trabalho em ambientes internos na Alemanha, pois o ozônio é suspeito de ser cancerígeno para os seres humanos. Na Suíça, continua a vigorar o MAK de 200 µg.



De acordo com a norma **DIN EN 16282**, 20.000 µg é considerado o limite máximo de ozônio para o ar expelido por uma exaustora de cozinha. Isso é 100 vezes o valor permitido no local de trabalho na Alemanha (válido até 2005)! Ou 200 vezes a média de 8 horas da OMS para áreas externas!

Figura 29

A tecnologia de medição, por exemplo, seria outro ponto. Você nem imagina quantos fabricantes comercializam sistemas geradores de ozônio, mas não dispõem de tecnologia de medição adequada para determinar a concentração do gás ozônio perigoso.

Equívoco

Óleos e gorduras se dissolveram porque não puderam ser medidos (com determinadas técnicas).

Existem também fabricantes que, com uma técnica de medição de partículas adequada, fornecem uma prova supostamente verificável da eliminação de todos os óleos e gorduras. Nesses casos, muitas vezes seria aconselhável apenas uma simples medição da temperatura. Por quê? Em alguns sistemas, dezenas de tubos UV-C são instalados no duto de exaustão ou no exaustor da cozinha. Eles ficam muito quentes durante o funcionamento e aquecem todo o ambiente ao redor. Isso faz com que muitos óleos e gorduras evaporem.

5. Como os fluxos de ar podem ser visualizados?



No início da pandemia, em 2020, observamos uma tendência “interessante” na Alemanha. Não só a oferta de purificadores de ar compactos explodiu repentinamente, como também surgiram centenas de especialistas em ventilação e aerodinâmica na Alemanha. Milhares de representações gráficas do fluxo de ar em escritórios abertos ou salas de aula surgiram e foram exibidas em todos os lugares. O que todas essas imagens tinham em comum? Eram bem coloridas e tinham muitas setas. Na maioria das vezes, elas apontavam para um purificador de ar posicionado em um canto da sala para remover vírus e poluentes do ar.

Desde o Capítulo 1, sabemos que é extremamente complicado aspirar algo- . Só por isso, já deve estar claro que um purificador de ar colocado num canto não é capaz de aspirar todo o ar de uma sala de aula ou de um escritório de grande dimensão. Por mais setas coloridas que apontem para o purificador de ar, o ar não irá fluir para lá (ver Fig. 5)!

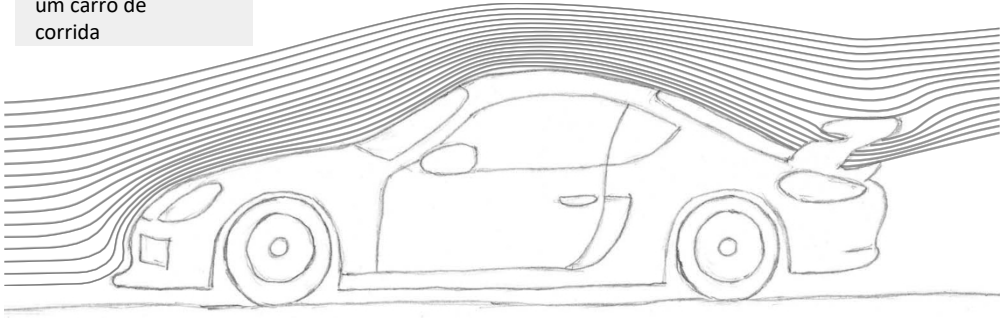
A maioria desses gráficos coloridos mostra simplesmente fluxos de ar inventados, que não têm nada a ver com a realidade. Mas como é possível determinar e visualizar o curso real desses fluxos de ar?

Pesquisa básica para a análise de fluxos de ar

O Instituto Hermann Rietschel da Universidade Técnica de Berlim realiza pesquisas básicas aprofundadas sobre esse tema. Sobre a análise dos fluxos de ar e a eficácia das medidas de ventilação, os representantes do instituto afirmam o seguinte: “Para avaliar a eficácia da renovação do ar e da remoção de poluentes na sala e em detalhes em cada ponto da sala, utilizamos a chamada eficácia da ventilação. Essa eficácia pode ser determinada por meio de simulações numéricas de fluxo e/ou também por meio de medições. Em todos os nossos projetos, utilizamos esses métodos para avaliar os fluxos de ar ambiente e desenvolver novas formas eficazes de ventilação.”

Visualização dos fluxos de ar

Visualização da
aerodinâmica de
um carro de
corrida



Na construção de aviões e carros de corrida, a simulação de fluxo é conhecida há muito tempo. Atualmente, o cálculo e a visualização dos fluxos de ar também são utilizados para otimização na tecnologia de climatização.

Figura 30

O que isso significa para nós? Precisamos, portanto, de uma simulação do fluxo e da tecnologia de medição correspondente. Foi exatamente isso que mencionamos nos capítulos anteriores, por exemplo, em relação à filtragem de aerossóis ou à tecnologia UV-C. Como esse processo é implementado para o fluxo de ar?

5.1. O mal-entendido causado pelas imagens coloridas sobre fluxos de ar

As imagens coloridas com muitas setas não representam uma simulação numérica do fluxo, nem se baseiam em valores medidos em uma série de medições complexas. Na maioria dos casos, trata-se de representações fictícias do fluxo de ar, que não têm nada a ver com as condições reais. Elas são, literalmente, tiradas do ar e não representam nem mesmo uma aproximação da realidade!

Equívoco

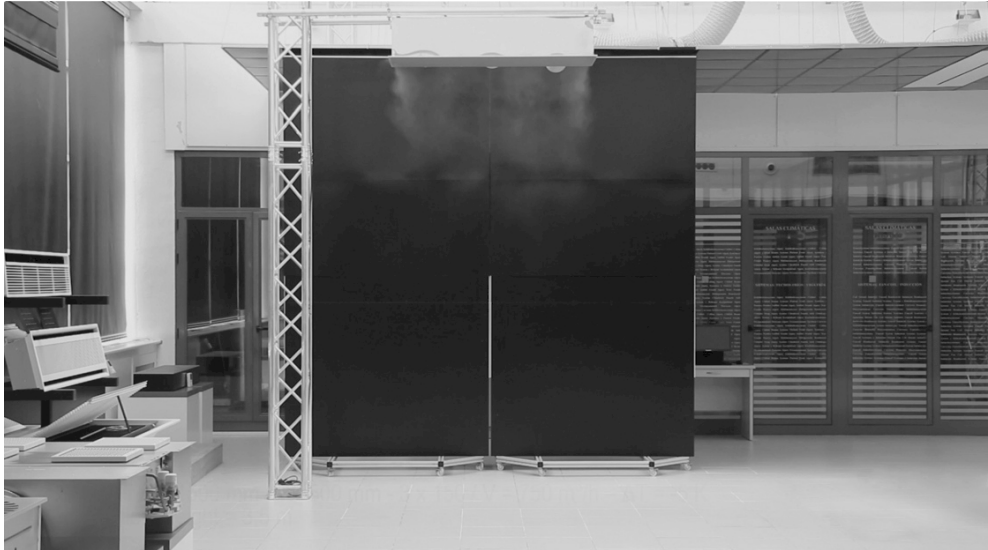
O trajeto do fluxo de ar é previsível.

Um equívoco muito comum na técnica de ventilação é a suposição precipitada de que se sabe antecipadamente como o ar se comportará. No capítulo 2, mostramos a que interpretações errôneas e conclusões falsas isso pode levar no desenvolvimento de um produto. Pois também nós, em nossa equipe, cometemos esse erro na época em que desenvolvemos nossa tecnologia X-CYCLONE®. –

O centro de competência CFD da SCHAKO

Para simulações de fluxo e tecnologia de medição, o nosso grupo empresarial SCHAKO dispõe até de uma equipa própria. Na SCHAKO IBERIA, em Espanha, criámos um centro de competência CFD. Esta equipa dedica-se principalmente à tarefa que o Instituto Hermann Rietschel da Universidade Técnica de Berlim definiu de forma tão precisa! No nosso centro de competência CFD, tornamos visíveis os fluxos de ar com a ajuda de simulações numéricas de fluxo e equipamentos de medição adequados.

O laboratório SCHAKO em ação



Visão geral da estrutura de teste para visualização de fluxos de ar de admissão

Figura 31

Equívoco

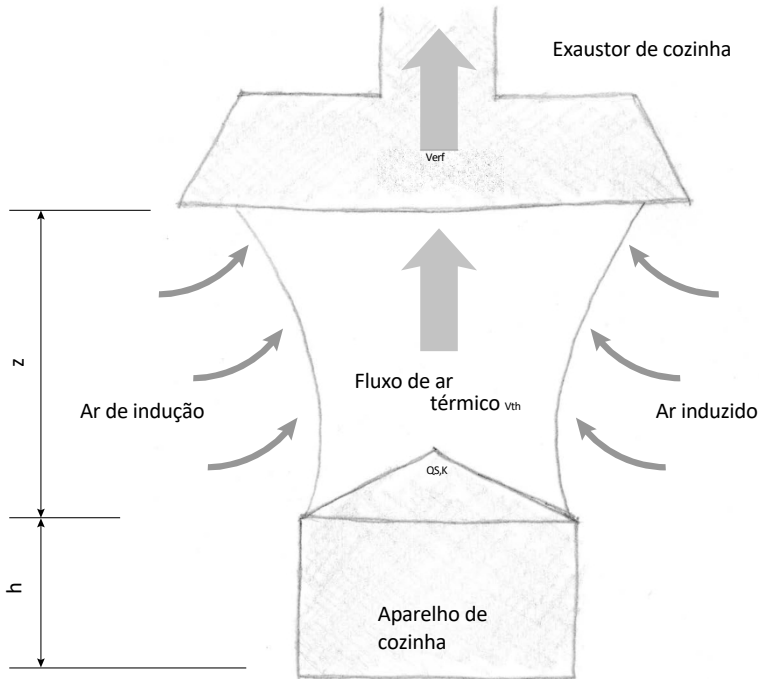
Os modelos de visualização correspondem à realidade.

Mesmo as normas e diretrizes muitas vezes se baseiam na mesma ideia errada que as representações nas “imagens coloridas”. Diretrizes para ventilação de cozinhas comerciais, como a VDI 2052, e normas internacionais, como a DIN EN 16282, válida em toda a Europa, também contêm representações com setas coloridas. As imagens mostram o equipamento de cozinha e os fluxos de ar deste equipamento para a coifa. Outras setas, que apontam para o interior da sala, pretendem representar o fluxo de ar fresco para a cozinha. Na maioria dos casos, são desenhadas com setas retas verticais ou horizontais, que sugerem um fluxo nitidamente delimitado.

Uma seta que se estende verticalmente para cima a partir do aparelho de cozinha, até atingir o exaustor, deve representar o ar que é aspirado direta e imediatamente nesse local — aqui, é preciso questionar o que isso tem a ver com a realidade. Em todo caso, pouco ou nada a ver com o fluxo de ar real. Trata-se de um modelo que deve representar a térmica acima de um aparelho de cozinha. Essa termodinâmica cria um fluxo de ar ascendente. Este é captado pela coifa de cozinha acima do aparelho de cozinha e aspirado. Assim é o modelo da diretriz VDI 2052. Sem dúvida, um modelo do qual se pode deduzir muita coisa. Por exemplo, os procedimentos de dimensionamento e cálculo para determinar as quantidades necessárias de ar de exaustão baseiam-se neste modelo. Com a ajuda destes modelos, é calculada a quantidade mínima de ar de exaustão necessária para um exaustor de cozinha, dependendo dos aparelhos de cozinha utilizados.

Até aí, tudo bem. No entanto, o que muitas vezes leva a interpretações erradas e mal-entendidos é a suposição de que tal modelo de fluxo corresponde à realidade. Infelizmente, na maioria das vezes não é assim.

Modelo simples de fluxo de uma ventilação de cozinha



Representação baseada no modelo de fluxo da diretriz VDI 2052:

A representação e o percurso das setas não dizem nada sobre o comportamento real ou o percurso real dos fluxos de ar individuais

Figura 32

O percurso real dos fluxos de ar e o seu significado

Como já vimos, os exaustores de cozinha e capas de exaustão convencionais só conseguem aspirar diretamente os vapores de cozinha que sobem para cima de forma muito limitada. Muitas vezes, estes acumulam-se nas capas de exaustão convencionais, sem serem imediatamente aspirados. Assim, os vapores inicialmente captados podem até voltar a sair pela capa de exaustão.

O modelo de fluxo na diretiva mencionada reflete, portanto, apenas de forma muito limitada o comportamento real dos fluxos de ar. O mesmo se aplica a modelos em outras diretivas e normas. Tal como acontece com todos os modelos científicos, também aqui seria importante definir com precisão o âmbito do modelo, ou seja, determinar com exatidão o seu campo de aplicação. Se o modelo for considerado universalmente válido e entendido como uma representação das condições reais, isso levará a mal-entendidos fundamentais! Estes tornar-se-ão visíveis, o mais tardar, numa simulação CFD adequada e especializada.

5.2. As simulações CFD tornam visíveis os fluxos de ar!

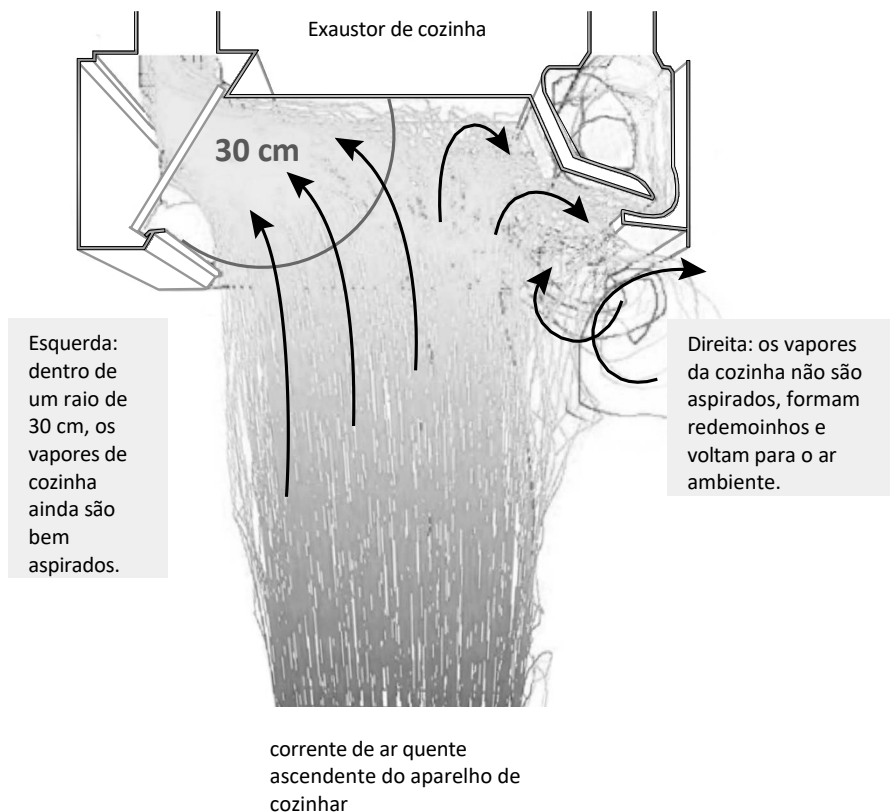
Simulações CFD bem feitas mostram todas as grandezas físicas de um fluxo de ar em toda a área. Assim, também é possível demonstrar e comprovar o funcionamento e a eficiência de um sistema de ventilação. No capítulo 1, já demonstramos detalhadamente que as coifas de captação convencionais só conseguem aspirar diretamente os vapores que fluem para cima em uma área muito limitada ao redor do ponto de aspiração. A apenas 50 centímetros de distância dos filtros e do ponto de aspiração, não conseguimos mais detectar qualquer aspiração com nossos instrumentos de medição. Em uma simulação CFD, isso é muito fácil de perceber e, com base nos fluxos de ar, é possível determinar que os vapores também saem novamente da coifa da cozinha. Os vapores e fluxos de ar inicialmente coletados na coifa da cozinha escapam novamente e não são aspirados!

Equívoco

Em um exaustor de cozinha, todos os vapores ascendentes são aspirados.

Essa observação refuta a suposição do modelo de que todo o ar que flui da direção do fogão para cima na coifa é imediatamente aspirado. Já sabemos, pelos capítulos anteriores, como reagir a esse problema e quais desenvolvimentos de produtos são necessários com base nessas descobertas.

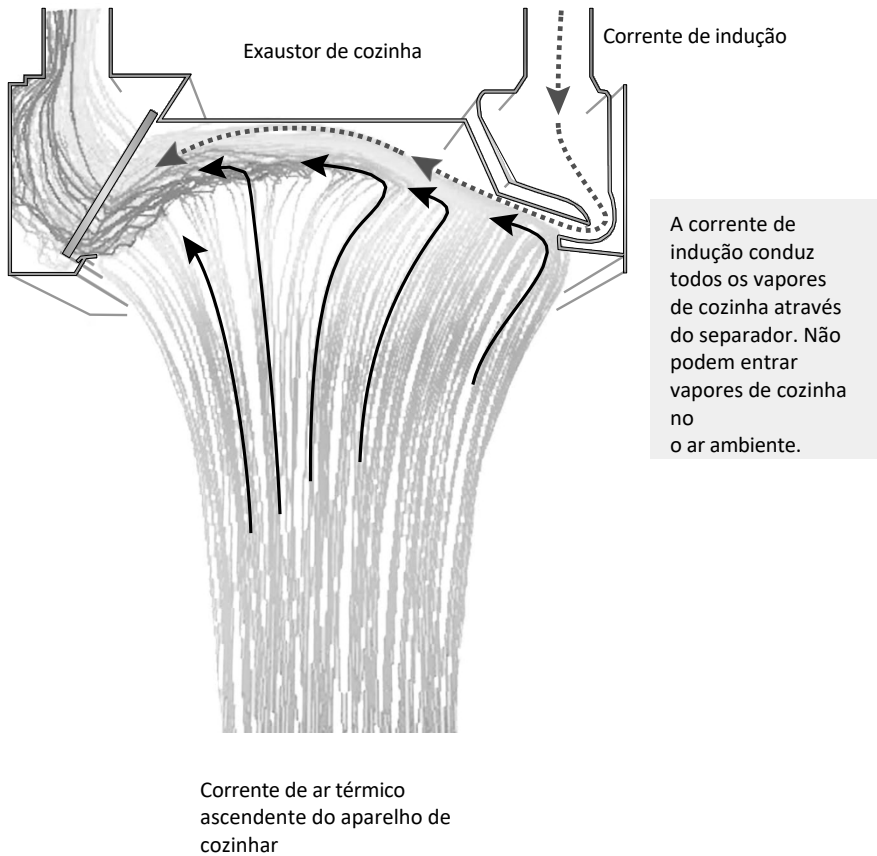
Imagem do fluxo CFD de uma coifa de exaustão de cozinha sem corrente de indução



Nesta simulação CFD do fluxo de ar em uma de nossas coifas de cozinha, é possível ver claramente como, com uma intensidade de cozimento elevada, os vapores de cozinha se agitam fora do raio de sucção e voltam para o ar ambiente.

Figura 33

Imagem do fluxo CFD de um exaustor de cozinha com corrente de indução



A simulação CFD mostra a eficiência de uma corrente de indução.

Figura 34

Portanto, também neste capítulo vemos quantos equívocos existem atualmente na tecnologia de ventilação e purificação do ar. Já expliquei que também na REVEN GmbH existiram equívocos desse tipo no passado. Para encerrar esta série, aqui está mais um exemplo:

Na indústria, não é incomum utilizar uma técnica chamada “ar de fonte” para introduzir ar fresco nos ambientes. Trata-se de uma introdução de ar fresco com baixa intensidade. Isso significa que o ar fresco flui normalmente através de finas chapas perfuradas com uma baixa velocidade de fluxo para o ambiente. Esses sistemas de ar de fonte são ideais onde é exigido o máximo conforto, pois a baixa velocidade do ar garante uma introdução de ar fresco silenciosa e sem correntes de ar. Idealmente, forma-se ainda uma corrente de camadas. O ar fresco não se mistura intensamente com o ar existente na sala, mas, graças a esta introdução inteligente, formam-se camadas no ar da sala, tanto de ar fresco não consumido como de ar consumido ou poluído. No caso ideal, essas diferentes camadas de ar influenciam-se e interferem entre si o menos possível. Como é que isso pode ser implementado na prática? Muitos fabricantes resolvem o problema com belas “imagens coloridas” com muitas setas, semelhantes ao modelo da diretriz VDI.

Nós da REVEN também sucumbimos às falácias desse modelo há cerca de 20 anos. Projetamos novos produtos de ar de alimentação nos quais chapas eram integradas em várias camadas. Eram chapas perfuradas, ou seja, chapas com milhares de pequenos orifícios. Estas servem para endireitar o fluxo de ar.

Em nossa opinião, o fluxo de ar fresco deve ser bem distribuído, de modo que “caia” de maneira uniforme e lenta na sala. É possível imaginar isso de forma semelhante a um chuveiro. Nele, um jato de água forte e concentrado é distribuído uniformemente pela tubulação e sai do chuveiro sem muita pressão.

Exemplo prático: sistemas de ar de fonte – nossa suposição

Com base nesse princípio, desenvolvemos os sistemas de ar de fonte REVEN® há cerca de 20 anos, pois nossa equipe estava 100% certa de que esses sistemas permitiriam que o ar fresco entrasse na sala de forma muito fina, formaria uma camada de corrente bem delimitada em relação ao ar viciado e que essas duas correntes de ar não se influenciariam de forma alguma. Exatamente como nos muitos exemplos mencionados anteriormente.

Esboçado em modelos: belas setas azuis que indicam como o ar de admissão flui em linha reta para dentro da sala e forma uma camada de ar fresco, sem interferir no ar de exaustão representado pelas setas vermelhas, para que este possa fluir sem obstáculos para a campânula de captação, onde é captado e aspirado diretamente.

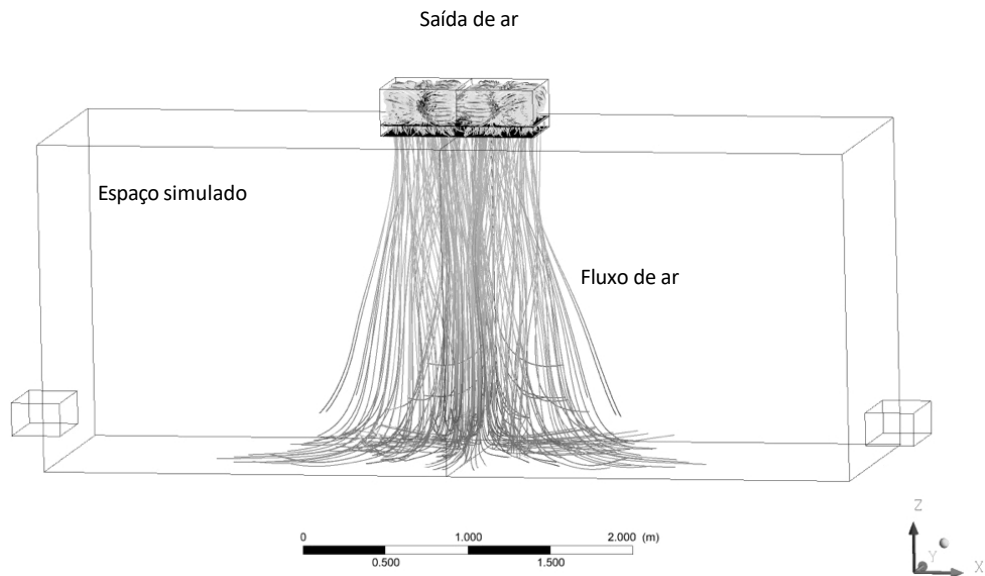
Exemplo prático: sistemas de ar de fonte – dúvidas

Ainda me lembro quando, em 2017, apresentei nossos produtos de ar de fonte a um especialista da equipe espanhola de CFD da SCHAKO. Com a ajuda de muitas imagens coloridas com setas, expliquei a ele tudo o que nossos produtos de ar de admissão podem fazer. Quando ele examinou nossa construção com atenção e analisou os planos de construção relevantes, ele teve dúvidas que rapidamente esfriaram meu otimismo. “Sven, precisamos simular e medir isso, tenho minhas dúvidas se tudo é realmente como você me explicou.” E o que posso dizer? Ele estava certo!

Exemplo prático: sistemas de ar de fonte – a realidade

Quando o técnico me mostrou suas primeiras análises CFD, fiquei quase sem reação. Logo após passar pela última chapa perfurada, o ar fresco que entrava se espalhava e formava exatamente o oposto de uma camada bem definida que fluía diretamente do teto em direção ao chão. Eu mal podia acreditar no que estava vendo na análise CFD. Em seguida, o técnico examinou nossa antiga saída de ar de alimentação no laboratório de fluxo e, com a ajuda de máquinas de névoa, tornou visíveis os fluxos de ar. Essa análise mostrou o mesmo resultado da análise CFD. Naquele momento, ficou claro para mim que a REVEN havia cometido um erro grave!

Análise CFD da nossa saída de ar



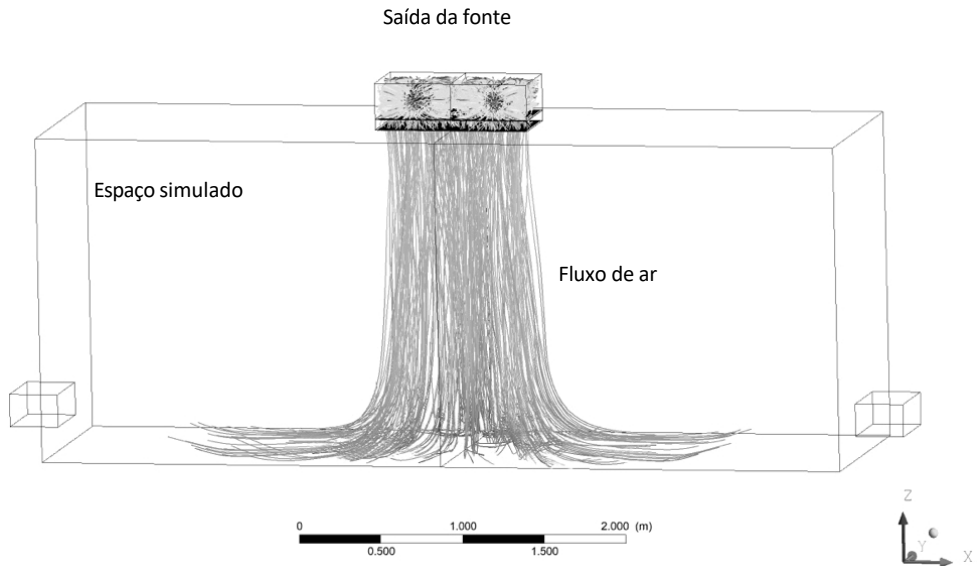
A simulação CFD mostra a dispersão do ar de admissão que entra pelo teto.

Figura 35

Exemplo prático: sistemas de ar de fonte – otimização graças ao CFD

Fiel ao lema “perigo identificado, perigo eliminado”, começamos em 2017 a fazer exatamente o que deveríamos ter feito desde o início. Otimizamos a eficiência dos nossos produtos de ar de alimentação com a ajuda de simulações CFD e tecnologia de medição, alcançando uma eficiência que se aproxima muito da imagem colorida com a seta azul apontando do teto para o chão.

Otimização da saída de ar

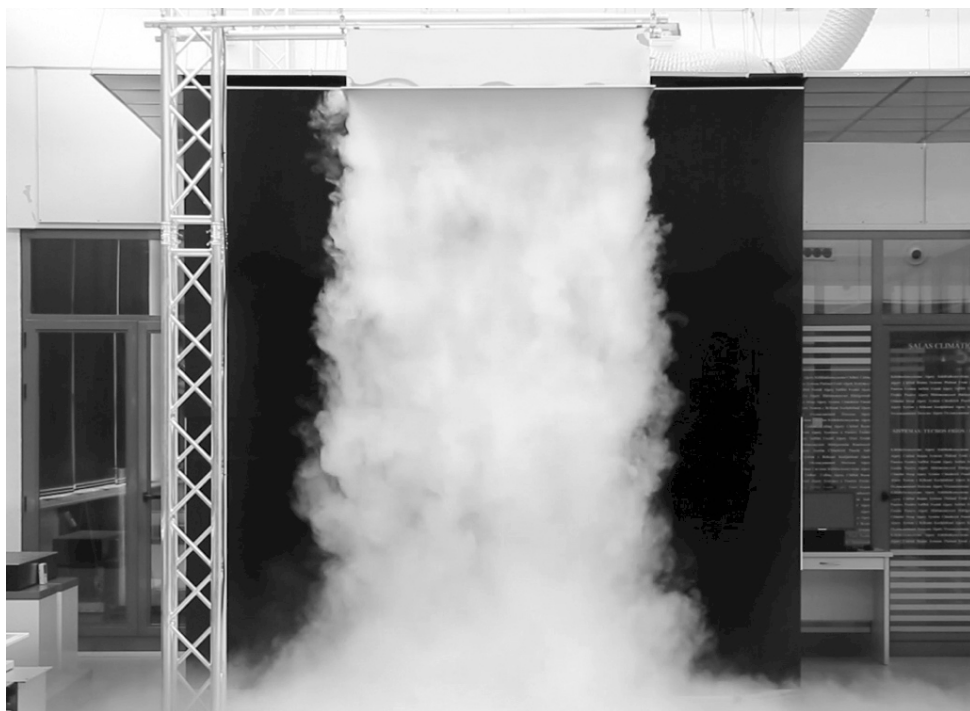


A simulação CFD mostra como o ar de admissão flui em linha reta do teto para o piso.

Figura 36

Mas, para alcançar esse fluxo, foram necessários cerca de 12 meses de trabalho com muitas análises CFD e simulações de fluxo. O resultado final foi um sistema de ar de admissão realmente eficiente, sem equívocos. Muito obrigado à equipe CFD da SCHAKO!

Representação do fluxo de ar visível de um sistema de ar de admissão eficiente



No laboratório da SCHAKO, o ar de admissão é tornado visível por meio de uma máquina de neblina. É possível ver como o ar de admissão soprado flui suavemente para baixo. A otimização da saída da fonte com a ajuda da análise CFD valeu a pena.

Figura 37

6. Como é possível medir a poluição do ar?

?



Há muitos anos, é consenso que o ar poluído não é saudável. Durante a pandemia, aprendemos como o ar contaminado por vírus pode ser perigoso para a nossa saúde. Por isso, gostaria de listar aqui os agentes que podem contaminar ou poluir o ar. Entre os agentes poluentes do ar estão:

1. vírus e bactérias

2. Partículas finas, esporos de fungos e pólen

3. Gases e vapores

Partículas e aerossóis

De acordo com informações da Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição do ar tem o maior impacto negativo na saúde humana em todo o mundo. Por isso, em 1987, foi definido nos EUA o chamado padrão PM. PM significa Particulate Matter (matéria particulada) e é a proporção de partículas sólidas ou líquidas no ar. Essas partículas sólidas ou líquidas são frequentemente componentes de aerossóis. Consequentemente, os aerossóis são uma mistura de ar e partículas. Também aqui há frequentemente mal-entendidos e os termos são confundidos.

Equívoco

Aerossol é outra palavra para partícula.

A partícula suspensa no ar por si só ainda não é um aerossol, este só se forma em combinação com o ar circundante. A indicação PM10 define, portanto, a presença de partículas minúsculas no ar com um diâmetro de 10 micrômetros (0,01 milímetro) ou menos. Em comparação, um fio de cabelo humano tem um diâmetro de aproximadamente 50 a 80 micrômetros (0,05 a 0,08 mm). É importante observar que essas partículas PM10 em suspensão podem consistir tanto em grãos de poeira sólidos quanto em pequenas gotículas de óleo líquido. Em termos simples, um aerossol é sempre composto por gás, geralmente ar, e uma partícula sólida ou líquida que fica suspensa no ar.

Tamanho e composição de um aerossol

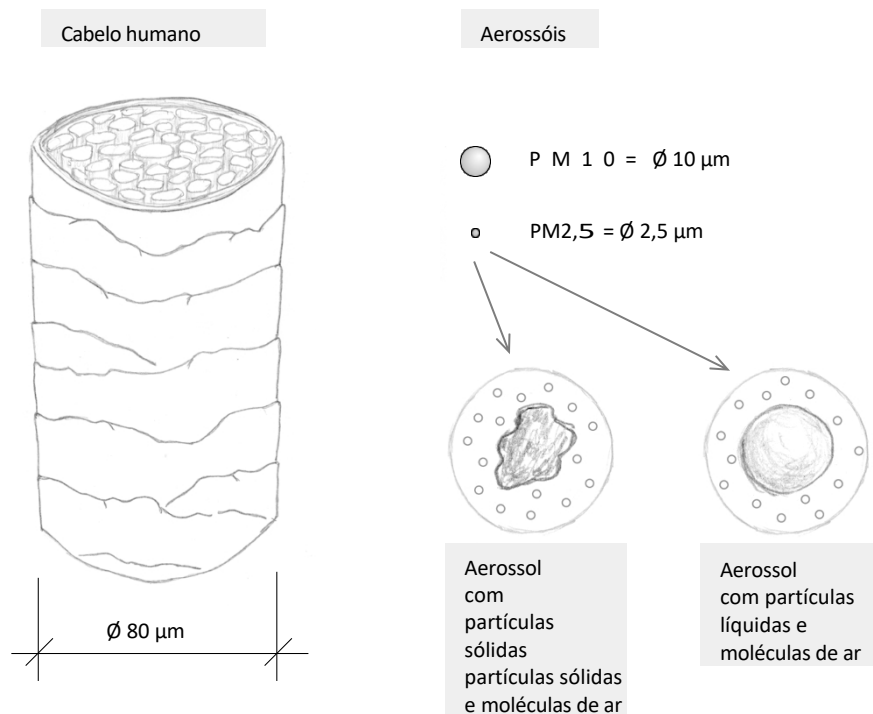


Figura 38

A indicação PM10 ou PM2,5 refere-se ao tamanho da partícula. O número indica o diâmetro em micrômetros. Também aqui é necessário ter cuidado para evitar mal-entendidos!

Equívoco

Com base nas informações PM, é possível deduzir a forma e o tamanho reais de uma partícula.

A indicação de um diâmetro pressupõe, na verdade, a geometria de uma esfera. Mas como isso pode ser? Os grãos de poeira, os grãos de areia, os vírus e todas as outras poluições atmosféricas têm sempre a geometria de uma esfera? Claro que não! Muitas vezes, estas partículas têm uma forma completamente diferente!

Atribuição dos valores de PM às partículas individuais

Mas como é possível definir todas essas partículas com um diâmetro PM₁₀, PM_{2,5} ou PM₁? Isso é possível com um truque: basta comparar as partículas reais, que têm uma geometria aleatória, com partículas que têm uma geometria esférica e apresentam o mesmo comportamento no ar que as partículas reais. Para isso, leva-se em consideração, por exemplo, o comportamento do fluxo, mas também o comportamento de difusão e a densidade das partículas. Observa-se quais partículas geometricamente esféricas apresentam o mesmo comportamento que as partículas reais em relação a esses pontos. As partículas esféricas com o mesmo comportamento de fluxo e difusão podem, assim, ser definidas como PM₁₀, PM_{2,5} ou PM₁. O diâmetro determinado dessa forma é também designado na ciência como diâmetro aerodinâmico.

Tipos, formas e tamanhos das partículas

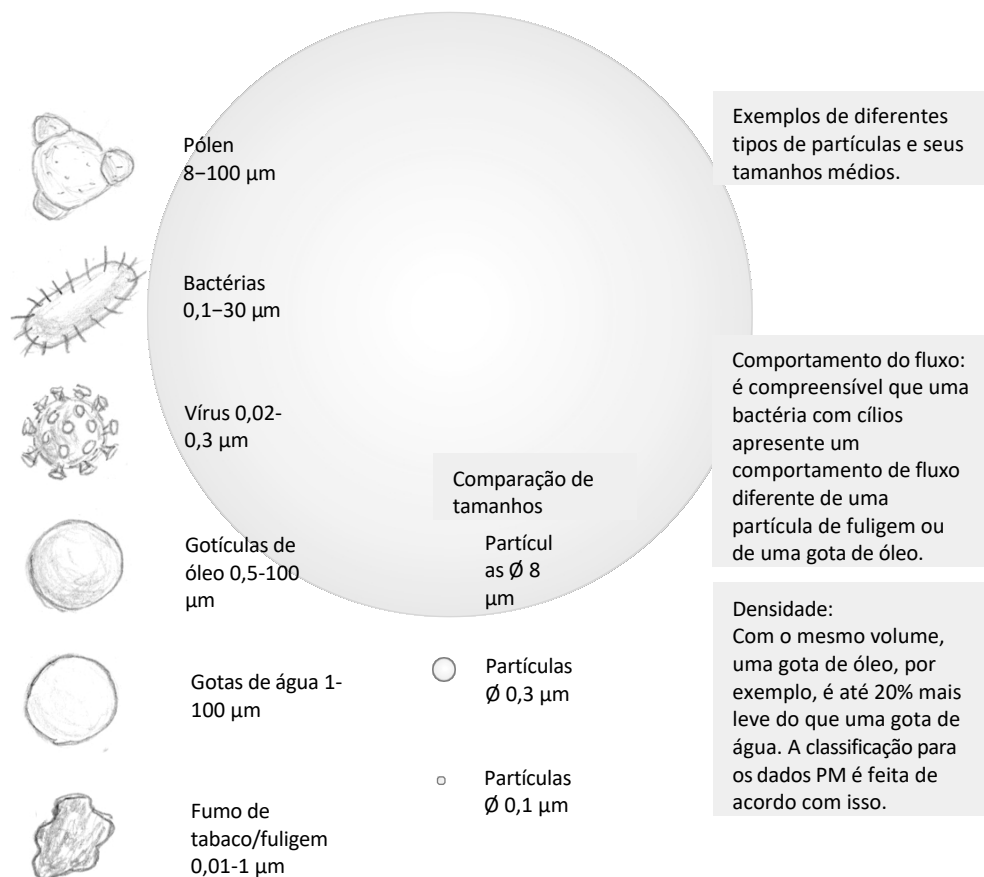


Figura 39

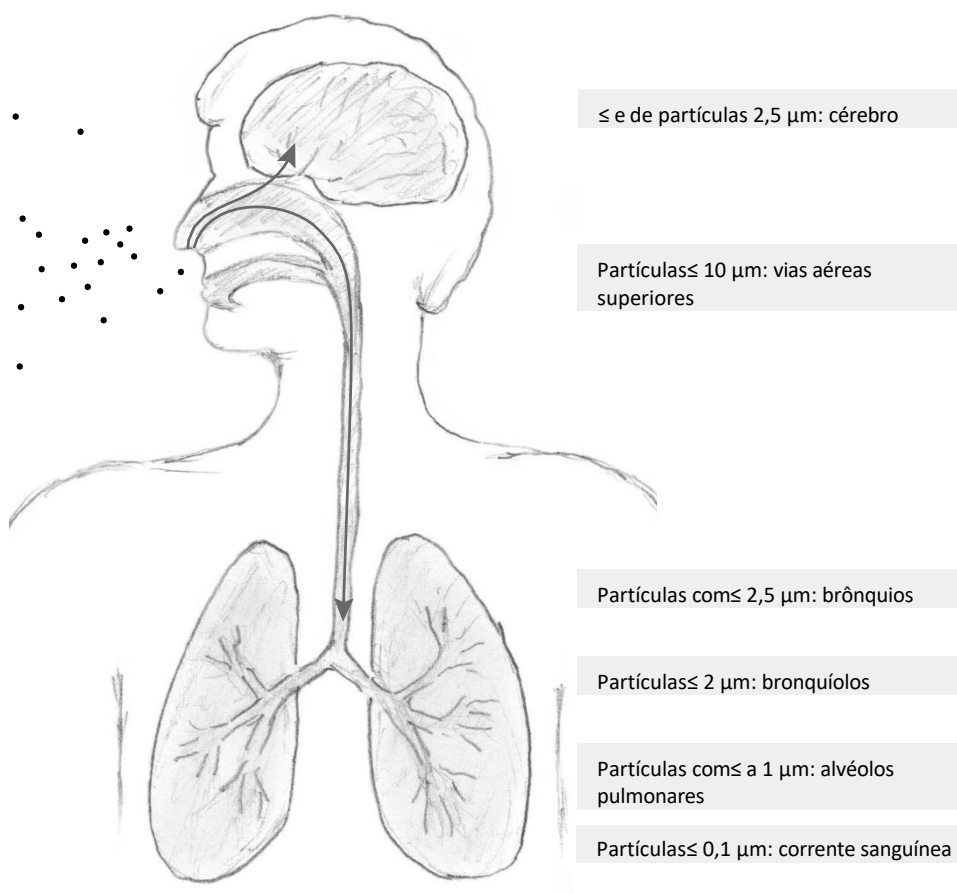
As partículas PM10 podem ser inaladas

Quando, em 1987, foram definidos nos EUA os padrões para a poluição atmosférica, começou-se por analisar a poluição atmosférica na faixa PM10, ou seja, partículas com um diâmetro de 10 micrômetros ou menos. Por que nessa faixa de tamanho? Porque partículas desse tamanho, quando inaladas, não são mais filtradas e separadas pela boca e pelo nariz. Elas chegam aos pulmões.

As partículas PM2,5 chegam até os alvéolos pulmonares

Entretanto, esta faixa foi reduzida para PM2,5. Também aqui a proteção da saúde desempenhou um papel decisivo: as partículas com menos de 2,5 micrômetros podem penetrar até aos nossos alvéolos pulmonares. Se a poluição atmosférica consegue penetrar até ao interior do nosso corpo, podemos imaginar os efeitos negativos que pode ter na nossa saúde.

Absorção de partículas por inalação



Já está bem comprovado que as partículas PM10 podem causar danos nas vias respiratórias superiores e as partículas PM2,5 nas vias respiratórias inferiores. De acordo com estudos recentes, as partículas menores que $2,5\ \mu\text{m}$ podem chegar diretamente ao cérebro através do nervo olfativo ou da corrente sanguínea, prejudicando o desempenho cerebral.

Figura 40

Recentemente, um dos meus entrevistados resumiu isso assim no meu novo podcast “Luftpost”:

“O que respiramos em ambientes internos de uma produção são frequentemente substâncias que não pertencem ao nosso corpo e que também não devem entrar no nosso corpo!”

Mas também aqui existem grandes mal-entendidos em matéria de tecnologia de ventilação e purificação do ar!

6.1. O equívoco sobre a qualidade do ar interior

Após mais de duas décadas de atividade no nosso setor, ainda é um mistério para mim por que existem equívocos tão graves em relação à qualidade do ar interior. Por razões inexplicáveis, as pessoas sempre assumem que o ar que as rodeia nos interiores é de qualidade aceitável e sem poluição significativa.

Equívoco

A qualidade do ar interior é, na maioria das vezes, inofensiva.

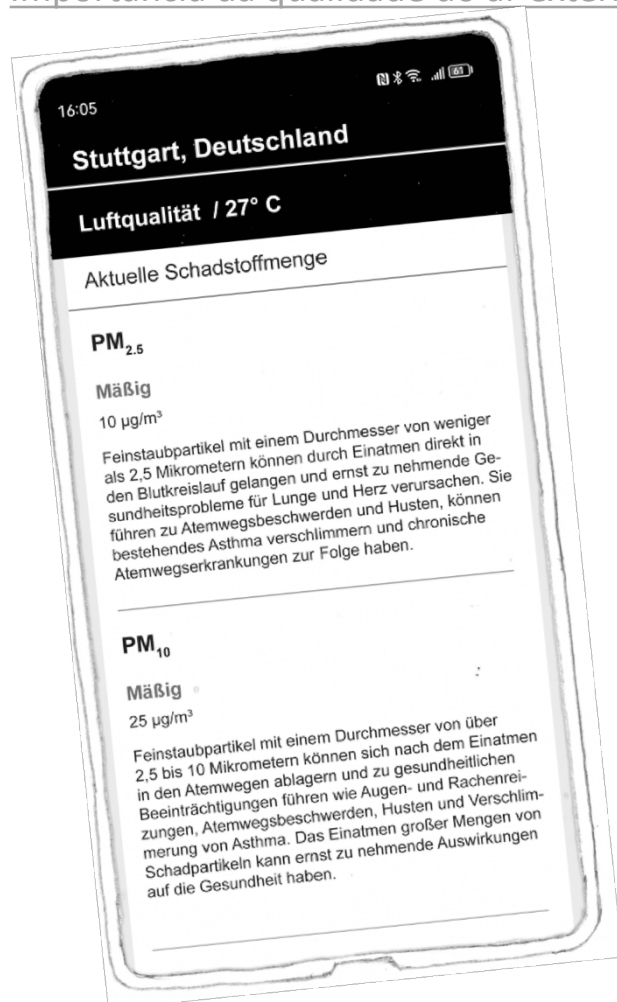
Há mais de uma década que nos empenhamos em esclarecer este tema, mas dificilmente somos ouvidos. Muitas vezes, vemos rostos surpresos, que revelam que as pessoas não acreditam muito no que dizemos! Por que isso acontece? O que queremos esclarecer? Basicamente, trata-se de uma questão bastante simples: a forma como lidamos com a poluição do ar nas grandes cidades alemãs em comparação com a forma como lidamos com a poluição do ar em ambientes internos.

Medição de partículas finas nas grandes cidades

Nas nossas grandes cidades, fala-se de poluição atmosférica e pensa-se em proibir o trânsito quando o limite de 50 para partículas finas PM10 é ultrapassado durante um período prolongado. Para determinar os valores, mede-se num ponto de medição na cidade a quantidade de partículas finas PM10 contidas num metro cúbico de ar.

Mais uma vez, explicado de forma simples: temos um volume de ar de um metro cúbico de ar urbano e, com a ajuda de tecnologia de medição adequada, é possível medir quantas partículas de poeira fina com um diâmetro de 10 micrômetros ou menos estão contidas nesse metro cúbico de ar urbano. A partir do diâmetro da partícula, é possível calcular seu volume; com a densidade, é possível determinar seu peso e, a partir do número medido, calcular o peso total de poluentes em um metro cúbico de ar urbano. Esse peso total é expresso em microgramas.

Importância da qualidade do ar exterior



A importância crescente da qualidade do ar pode ser observada na lista detalhada de poluentes nos aplicativos meteorológicos atuais. São exibidos os valores atuais da cidade inserida, com uma explicação sobre os efeitos que os poluentes podem causar.

Exemplo de Stuttgart em 14 de julho de 2023 às 16h05 **PM10:**

25 µg/m³ PM2,5: 10

µg/m³

Figura 41

Valores-limite atuais de poluição do ar em áreas externas

Se, por exemplo, o peso total for de 20 microgramas, trata-se de poluição atmosférica baixa, de acordo com os padrões da OMS, e, portanto, a qualidade do ar é aceitável. Por exemplo, a diretiva da UE sobre partículas finas estabelece que o valor médio diário de partículas finas PM10 deve ser de 50 microgramas por metro cúbico de ar urbano e não pode ser excedido em mais de 35 dias por ano.

Esforços globais para reduzir os limites

Atualmente, estão em curso discussões e esforços a nível mundial para reduzir ainda mais esses limites, por exemplo, para 40 microgramas de partículas finas por metro cúbico. A análise mais rigorosa das partículas PM2,5 em vez das partículas PM10 também está a ganhar cada vez mais destaque em todo o mundo. Até aqui, a situação nas grandes cidades.

Poluição do ar em ambientes internos

Como é a situação em ambientes internos? Ou seja, em locais onde se cozinha ou onde máquinas modernas usam peças de metal.

Exemplo prático: medições em ambientes internos

Na REVEN GmbH, medimos regularmente a poluição do ar em ambientes internos. Como fazemos isso? Com a mesma tecnologia de medição e o mesmo procedimento descritos anteriormente para as medições em centros urbanos. Medimos a quantidade de partículas poluentes em um metro cúbico de ar ambiente, por exemplo, em uma fábrica ou na cozinha de um grande hotel.

O resultado obtido dessa forma fornece um índice de qualidade do ar de, por exemplo, 10.000, 50.000 ou 100.000. São ordens de magnitude completamente diferentes das encontradas nas cidades! Já tivemos até que apresentar aos nossos clientes um resultado de medição de 500.000! Isso significa que em um metro cúbico de ar ambiente há até 500.000 microgramas de partículas poluentes! E isso não é nada raro em salas de produção!

Recomendações oficiais de valores-limite para a construção de máquinas

Ao analisar as diretrizes e normas relevantes, fica claro que níveis tão elevados de poluição não são raros. Assim, as diretrizes oficiais estabelecem a seguinte recomendação para a engenharia mecânica:

Para lubrificantes refrigerantes misse

Esses 10 miligramas correspondem a um índice de qualidade do ar nas grandes cidades de 10.000! Se tal valor fosse medido durante uma semana no centro da cidade de Stuttgart, nenhum carro poderia circular durante o dia e todos os meios de comunicação em todo o país noticiariam o fato.

Comparação dos valores-limite de partículas poluentes (PM10)

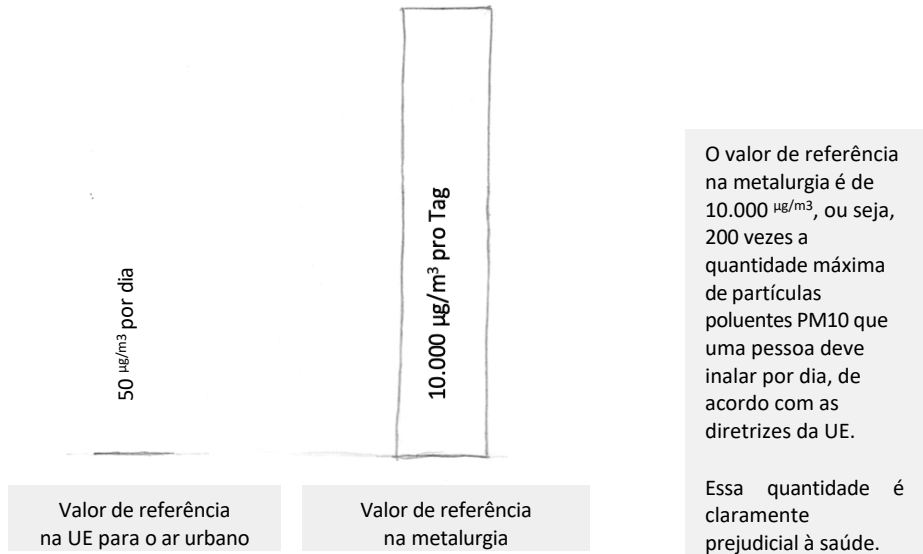


Figura 42

Por outro lado, se essa poluição do ar for medida em uma fábrica de máquinas ou na cozinha de um hotel, praticamente ninguém se importa. Nem mesmo os representantes desses setores prestam muita atenção ao assunto. Pelo contrário—, mesmo sabendo que não é bom, eles ignoram a situação, porque resolver isso custaria dinheiro.

Importância do resultado da medição para os funcionários

Mais uma vez, lembramos que a diretiva da UE relativa às partículas finas estabelece que o valor médio diário de partículas finas PM10 é de 50 microgramas por metro cúbico de ar urbano e não pode ser excedido em mais de 35 dias por ano.

Se os 10 miligramas acima mencionados forem medidos numa empresa de engenharia mecânica, isso significa que os trabalhadores dessa empresa têm de trabalhar cerca de 200 dias por ano com uma exposição máxima de 10.000 microgramas de poluentes.

Conclusão prática

Nos últimos 20 anos, realizámos milhares de medições da poluição do ar em interiores em todo o mundo. Visitámos instalações de produção de todos os tipos, onde são fabricados os produtos mais diversos com os materiais mais variados. No entanto, todas as nossas medições revelaram sempre o seguinte:

sempre que o ar era visível, medimos poluentes atmosféricos superiores a 10.000 microgramas em um metro cúbico de ar interior.

Um método simples para avaliar a qualidade do ar

No futuro, você mesmo poderá avaliar a qualidade do ar! Se você estiver em uma sala de produção– , seja em uma cozinha de hotel, em uma fábrica da indústria alimentícia ou na área de engenharia mecânica, e perceber que o ar não parece mais limpo, mas sim como a névoa matinal no outono, então há uma poluição do ar de pelo menos 10.000 microgramas por metro cúbico. A maneira mais fácil de verificar isso é olhando para a iluminação da sala! Se você vê a luz clara e com contornos nítidos e o ar ao redor da luz é invisível, então está tudo bem. No entanto, se você não consegue mais ver a luz claramente porque há uma névoa difusa ao redor dela, pode ter certeza de que o índice de qualidade do ar nessa sala está em torno de 10.000!

Avaliação simples da qualidade do ar



Se as luzes do teto de uma sala não forem claramente visíveis, o nível de poluição do ar é muito alto, atingindo cerca de 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 43

Discrepância entre a avaliação da qualidade do ar exterior e interior

Esta comparação com a poluição do ar intensamente discutida nos centros urbanos alemães mostra a discrepância que causa espanto e incompreensão quando se trata do interior. Muitas vezes nos perguntam como se justificam tais diferenças.

Em nossa opinião, eles simplesmente não são defensáveis. Todas as tentativas de explicação dos responsáveis são desculpas esfarrapadas para evitar investimentos urgentes e necessários.

Simplesmente ninguém tem no radar os riscos que isso acarreta para todos os envolvidos. Concentrações de micropartículas, consideradas gravemente prejudiciais à saúde em ambientes externos, são consideradas aceitáveis em ambientes internos em quantidades 200 vezes maiores? Quem será responsável por esse risco no futuro?

É necessário um repensar por parte dos fabricantes de sistemas de ventilação

Nós, fabricantes de sistemas de ventilação e purificadores de ar, também temos que enfrentar essa questão! Por quê? Porque também em nosso setor existem centenas de fabricantes de sistemas de ventilação para cozinhas industriais ou empresas de engenharia mecânica que não dispõem nem mesmo da tecnologia de medição mais simples para medir e analisar, nem que seja de forma rudimentar, esses tipos de poluição do ar.

Ao mesmo tempo, porém, oferecem produtos para purificação do ar que ventitam os ambientes e removem os poluentes do ar interior.

A norma de ventilação para cozinhas DIN EN 16282

Para ventilação de cozinhas comerciais, existe agora uma “norma de ventilação de cozinhas”, a DIN EN 16282, que se aplica em quase toda a Europa. Esta norma exige que, em cozinhas industriais, todos os poluentes sejam capturados, aspirados e, em seguida, separados do fluxo de ar de exaustão, como aprendemos nos capítulos anteriores.

Se ambos forem bem-sucedidos, ou seja, a detecção e aspiração, bem como a separação das substâncias nocivas do fluxo de ar de exaustão, tem-se

- a) um sistema de ventilação realmente bom, moderno e eficiente e
- b) uma boa qualidade do ar com muito pouca poluição nos ambientes.

Falta de verificação da implementação

Agora, minha pergunta para você: em quantas cozinhas comerciais recém-instaladas você acha que a conformidade com a norma é verificada durante a colocação em funcionamento? Com a mesma frequência que o consumo de combustível indicado em veículos novos? Ou com a mesma frequência que o consumo de energia em bombas de calor novas?

Em 1.000 sistemas de ventilação de cozinha comerciais recém-instalados, isso é verificado em menos de dez!

Exemplo prático

Já vi várias vezes concorrentes nos procurarem quando um construtor insistia nessa verificação e nos pediam para fazer as medições por eles, porque não tinham o equipamento necessário!

O ozônio – um exemplo de poluição do ar por gases

No caso da poluição atmosférica causada por gases, temos uma situação muito semelhante e observamos o mesmo fenômeno. Gostaria de ilustrar isso com o exemplo do ozônio. Já abordamos o potencial de risco do ozônio no capítulo 4. O limite para o ozônio em ambientes internos continua sendo de 200 microgramas por metro cúbico de ar em muitos países europeus. Esse era também o valor limite na Alemanha, mas entretanto foi revogado. Na Suíça, porém, esse valor limite ainda existe. De acordo com os critérios de classificação de substâncias cancerígenas da Comunidade Alemã de Pesquisa (DFG), o ozônio é classificado como uma substância ainda insuficientemente investigada, mas suspeita de causar câncer em seres humanos.

Aplicativo meteorológico com alta concentração de ozônio ao ar livre



No aplicativo meteorológico, os valores mais altos de poluentes são listados em primeiro lugar. No topo da lista está o ozônio, com um valor de 104 µg/m³. Essa concentração excede a média recomendada pela OMS para 8 horas (ver fig. 29).

Exemplo:
Hoyerswerda em 20 de agosto de 2023 às 9h55

o₃: 104 µg/m³

Figura 44

Ozono – valores-limite em áreas externas

A Agência Federal do Meio Ambiente informa sobre os valores-limite em áreas externas e os riscos à saúde. Ela alerta que o ozônio no ar pode causar redução da função pulmonar, reações inflamatórias nas vias respiratórias e problemas respiratórios. É válido um

Limite de 180 microgramas de ozônio por metro cúbico de ar urbano. Esse valor é chamado de limiar de informação. Se a concentração ultrapassar esse valor, recomendações de comportamento e alertas são divulgados à população pela mídia. Quando a concentração atinge 240 microgramas de ozônio por metro cúbico de ar urbano, o limite de alerta é ultrapassado e um alarme é acionado. Além disso, é importante observar que os valores de ozônio em áreas externas não podem ultrapassar 120 microgramas por metro cúbico de ar urbano, em média, durante oito horas em no máximo 25 dias do ano civil.

Ozono – valores-limite na ventilação de cozinhas

Atualmente, porém, especialistas na área de ventilação de cozinhas ainda indicam um valor limite admissível de 20.000 microgramas de ozônio por metro cúbico de ar. Essa informação também tem origem na norma europeia DIN EN 16282, um regulamento elaborado com a participação de muitas associações industriais nacionais. Malícia é pensar mal!

Nesta norma, pode-se ler que a concentração de ozônio no ar de exaustão de uma cozinha comercial não deve exceder 10 ppm. Com uma pressão atmosférica de 1013 hectopascals e uma temperatura de 20 graus Celsius, os 10 ppm de ozônio indicados correspondem quase exatamente a um valor limite de 20.000 microgramas de ozônio por metro cúbico de ar (ver fig. 29).

Ozono – discrepâncias que falam por si

Penso que as diferenças na avaliação da qualidade do ar interior e exterior apresentadas neste exemplo falam por si e não precisam de ser explicadas em mais pormenor. Na verdade, também neste caso, deveria ser claro para todos o que é necessário fazer, ou seja, evitar completamente a formação de ozono, seja em ambientes interiores ou exteriores!

No entanto, para atingir esse objetivo, é necessário medir e analisar a poluição atmosférica. Mais adiante, explicaremos como isso pode ser feito.

6.2. As medições de partículas tornam a poluição do ar visível!

Com que tecnologia de medição é possível medir os poluentes no ar? Com que tecnologia de medição é possível comprovar a eficiência de um sistema de ventilação? Basicamente, isso não é complicado e já foi descrito no capítulo 3. Para determinar com precisão a concentração de poluentes no ar, recomenda-se

- a) a tecnologia de medição de partículas e aerossóis e
- b) um detector de ionização de chama (FID)

Os aparelhos de medição FID já foram descritos em detalhes no capítulo 3. Os aparelhos de medição de partículas e aerossóis são, há muito tempo, o estado da arte para salas limpas. Há décadas que não existe nenhuma sala de operações num hospital nem nenhuma sala de produção de microprocessadores em que não sejam utilizados contadores de partículas para comprovar o funcionamento do sistema de ventilação aquando da sua entrada em funcionamento. Basicamente, é simplesmente comprovado que o ar ambiente de uma sala limpa deste tipo é realmente limpo e isento das mais pequenas partículas. É para isso que serve o contador de partículas.

Como as partículas são medidas

Os contadores de partículas podem analisar, através de um sistema ótico complexo e com a ajuda de raios laser, se existem partículas minúsculas no ar ambiente. Para isso, é contado o número de partículas e, ao mesmo tempo, é analisado o tamanho das partículas, ou seja, é determinado o seu diâmetro aerodinâmico.

Contador de partículas móvel

Contador de partículas móvel, alimentado por bateria, com medição de luz difusa e registro de dados para medição em tempo real de massas de aerossóis

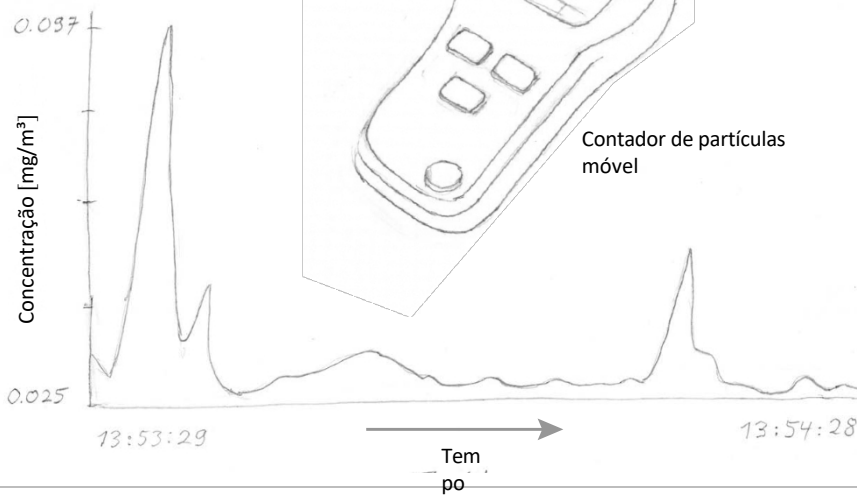


Figura 45

A tecnologia de medição de partículas deve ser adaptada à situação

Assim como em salas limpas, também é possível analisar o ar ambiente em instalações de produção, cozinhas industriais ou fábricas de máquinas e determinar a presença de partículas. Em princípio, trata-se exatamente do mesmo procedimento, mas com uma grande e importante diferença:

o número de partículas difere enormemente em comparação com as salas limpas! Enquanto nas salas limpas se trata de verificar se existem ou não partículas PM₁₀ no ar ambiente, no ar ambiente de uma cozinha ou instalação de produção é medido o número de partículas presentes num metro cúbico de ar ambiente. Trata-se então, muitas vezes, do

Dezenas de milhares ou uma quantidade ainda maior do que na sala limpa! Os contadores de partículas devem ser adaptados a essas condições ou deve-se selecionar a técnica de medição correta.

Exemplo prático: medição de partículas por diluição do ar

Quando realizamos as primeiras medições de partículas em ambientes tão poluídos há 25 anos, tentamos usar medidores de partículas convencionais, pois na época não havia tecnologia de medição mais adequada. Como se pode imaginar, essas primeiras medições muitas vezes não eram válidas, não eram reproduzíveis e eram de qualidade muito baixa, pois os medidores de partículas eram completamente sobrecarregados pelas altas concentrações de partículas. Uma primeira abordagem para melhorar foi a diluição definida do ar a ser analisado. Isso significa que, com níveis de diluição adequados, o ar a ser analisado foi diluído, por exemplo, 1.000 vezes com ar puro e livre de partículas. Esse ar diluído foi então medido com medidores de partículas convencionais e o resultado foi extrapolado pelo fator 1.000. O desenvolvimento simultâneo dos contadores de partículas garantiu que os aparelhos se tornassem menos sensíveis a concentrações muito elevadas de partículas e que os resultados das medições fossem cada vez mais precisos.

Os aparelhos modernos garantem medições exatas

Os contadores de partículas atuais podem analisar até mesmo o ar ambiente altamente poluído com a mesma precisão que se obtém há décadas em salas limpas. O setor precisa apenas desejar realmente essa medição precisa e estar disposto a investir em tecnologia de medição moderna.

São realizadas poucas medições

Atualmente, no mercado de ventilação de cozinhas de língua alemã, há apenas um punhado de fabricantes que utilizam essa tecnologia de medição na colocação em funcionamento de novos sistemas de ventilação.

Infelizmente, não se trata de um mal-entendido!

A funcionalidade ideal dos sistemas de ventilação é simplesmente assumida, sem comprovação por medições.

O funcionamento impecável de um sistema de ventilação, a eficiência da captação e exaustão, bem como a separação e filtragem de substâncias nocivas do fluxo de ar, tudo isso é tacitamente pressuposto e dado como certo. Seguindo o lema: “De alguma forma vai dar certo e ficar tudo bem”. Na maioria das vezes, ninguém quer saber se é realmente assim e muito menos quer transparência por meio de análises e documentação.

Para alcançar uma qualidade do ar ideal, a tecnologia de medição é imprescindível

Nos capítulos anteriores, explicamos detalhadamente como são complexas as tarefas da tecnologia de ventilação, tais como a detecção e aspiração, a filtragem e separação e a ventilação com ar fresco. Por esses motivos, a tecnologia de medição é imprescindível para comprovar que o ar ambiente está realmente livre de poluentes. Não há desculpa para não utilizar regularmente essa tecnologia de medição.

Falta de comprovação de medição em purificadores de ar com ozônio

Da mesma forma, gases perigosos como o ozônio também podem ser medidos com equipamentos de medição adequados. Mas, também neste caso, verifica-se a mesma atitude que na tecnologia de medição de partículas acima descrita: entre os milhares de fornecedores de purificadores de ar com ozono, dificilmente encontrará um que lhe possa fornecer provas, com a ajuda de tecnologia de medição adequada, de que os seus produtos não causam mais danos do que benefícios através do ozono produzido.

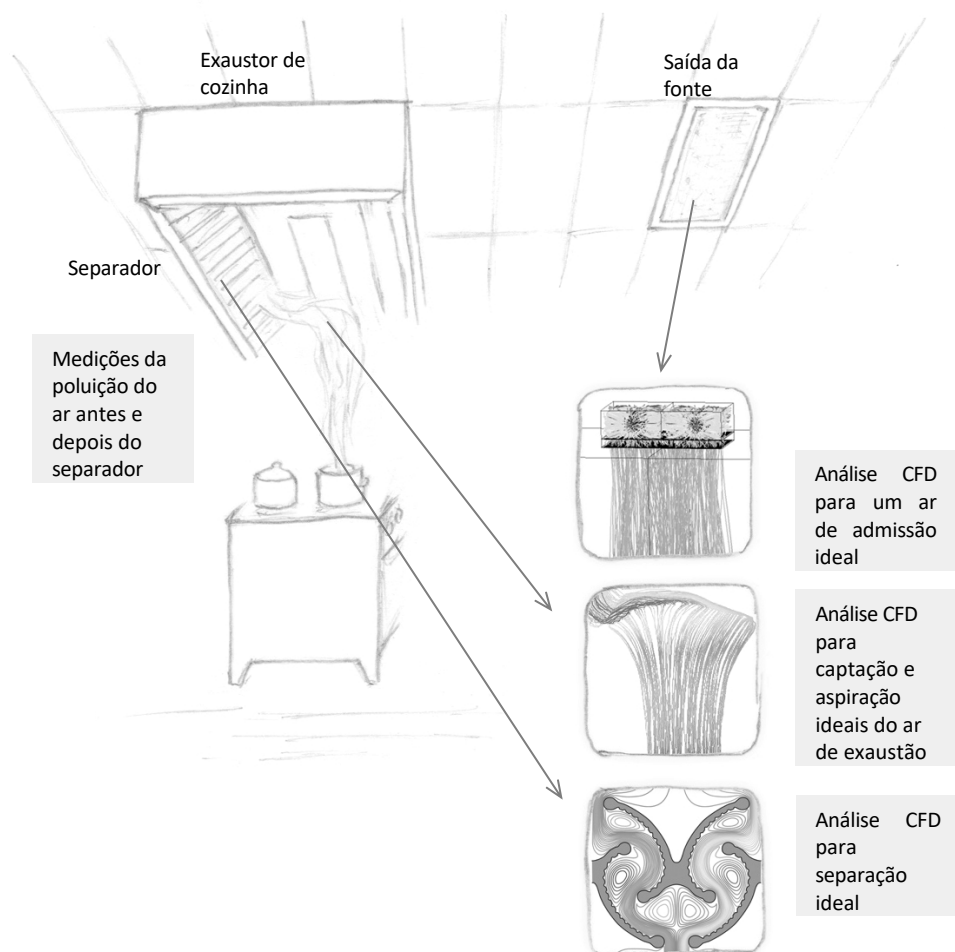
A tecnologia de ventilação séria tem base científica

Tal como demonstrado nos capítulos anteriores, também aqui se verifica que o desenvolvimento de produtos sérios na área da tecnologia de ventilação e purificação do ar pressupõe uma abordagem com base científica. As promessas grandiosas em folhetos publicitários apelativos podem, com demasiada frequência, levar-nos a acreditar no contrário no nosso setor. Mantenha-se sempre vigilante e questione essas promessas.

Conclusão

–Espero que minhas observações tenham sensibilizado você para este tema e lhe tenham fornecido algumas informações interessantes. Agora, o círculo se fecha: discutimos tudo, desde a captação e exaustão eficientes no Capítulo 1 até a tecnologia de medição adequada para determinar a eficiência da tecnologia de ventilação e purificação do ar no Capítulo 6.

Técnica de ventilação com base científica



A funcionalidade da tecnologia de ventilação de cozinhas é verificada e otimizada na Rentschler REVEN com métodos cientificamente comprovados.

Figura 46

Conclusão

Você leu todos os capítulos deste livro, originalmente publicados em nosso podcast.

“Equívocos na tecnologia de ventilação e purificação do ar”. Espero ter dado algumas sugestões úteis. Um concorrente criticou recentemente o conteúdo do podcast. Ele disse que era muito superficial e que esperava mais de mim. Como já mencionei em outro lugar, meu objetivo era tornar os temas relacionados à tecnologia de ventilação e purificação do ar acessíveis e o mais interessantes possível. Não queria escrever um artigo científico. Os temas da nossa indústria de ventilação são temas de nicho, que não interessam à grande maioria das pessoas. Por isso, era importante para mim explicar os mal-entendidos de forma simples e compreensível, mesmo para quem não é da indústria. Espero ter conseguido.

Com base neste podcast, escrevemos este livro. Ele contém muitas ilustrações interessantes para complementar e reforçar visualmente as informações individuais.

É importante para mim tornar o nosso setor atraente para os jovens, pois a preservação da qualidade do ar é um tema importante e continuará a sê-lo no futuro. Por isso, devemos abordar o assunto com cuidado e senso de responsabilidade.

Meus colegas da área de vendas levarão este livro consigo no futuro e terão prazer em lhe entregar um exemplar para esclarecer os diversos temas quando você discutir novos projetos, novos processos e novos planos com eles. Afinal, queremos que nossas tecnologias e nossos produtos sejam compreendidos!

Como agradecimento aos ouvintes do nosso podcast, estamos oferecendo o livro recém-lançado gratuitamente.

Paralelamente ao nosso projeto do livro, agora também temos um novo podcast. Ele se chama “Luftpost” (Correio Aéreo).



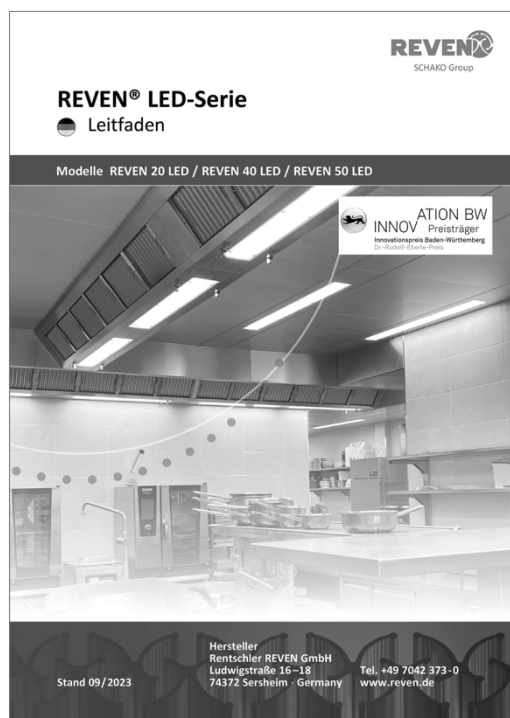
Esta nova série de podcasts é sobre ar saudável. Apresento pessoas e empresas que se dedicam aos temas da purificação do ar e da tecnologia de ventilação. Para isso, entrevisto atores dos mais diversos setores e discuto tecnologias. Escolhi este título devido à associação que o termo evoca. Antigamente, as notícias e comunicações eram frequentemente enviadas por correio aéreo. Gostaria de transmitir notícias atuais sobre o tema do ar limpo e do ambiente saudável no meu podcast “Luftpost”.

Você pode encontrá-lo no link reven.news/luftpost. Os primeiros episódios já estão online.

Se você mesmo é um dos atores do setor de ventilação ou purificação do ar, podemos criar juntos um episódio do podcast. Também posso ir até você para isso. Basta entrar em contato comigo pelo e-mail marketing@reven.de.

Interessante feito pela REVEN

O guia para luminárias LED



Muitas vezes subestima-se a importância de uma boa iluminação para a utilização de um espaço.

A iluminação correta é extremamente importante, especialmente em cozinhas comerciais. Por isso, aspectos como luminosidade, contraste e cor devem ser considerados e levados em conta no planejamento. É aqui que nosso gerenciamento de iluminação oferece grandes vantagens.

Neste guia sobre LED, explicamos quais fatores são importantes para uma boa iluminação e como as luminárias LED REVEN® atendem a esses requisitos.

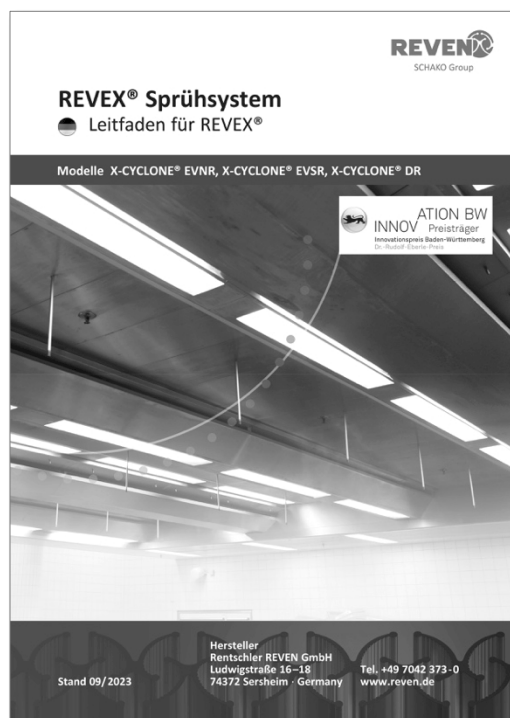
A brochura Controle RSC



Para melhorar a economia dos sistemas de ventilação em cozinhas industriais, a Rentschler REVEN oferece o sistema de controle automático inteligente RSC. O sistema ajusta continuamente a quantidade de ar de entrada e saída de acordo com as atividades de cozimento, em conformidade com o padrão inovador Indústria 4.0.

Em nossa brochura, você encontrará os detalhes técnicos que devem ser observados ao instalar um controle RSC.

O guia para o sistema de pulverização REVEX®



No passado, o tema “limpeza de sistemas de ventilação de cozinhas” frequentemente não recebia a atenção necessária.

A limpeza regular, adequada e profissional dos sistemas de ventilação em cozinhas industriais garante o funcionamento perfeito do sistema, reduz o risco de incêndio e impede o crescimento de microrganismos dentro do sistema. Além disso, protege a saúde do pessoal da cozinha.

Equívocos na tecnologia de ventilação e purificação do ar

O livro

A resposta durante o podcast foi tão grande que foi quase natural transformá-lo em um livro. Comentários que falam por si:

“... o podcast sobre correntes de ar despertou minha curiosidade por mais...”

“... gostaria de parabenizá-lo pelo interessante podcast “Equívocos na tecnologia de ventilação e purificação do ar” e agradecer pelas informações...”

“... muito obrigado pelo podcast realmente interessante. Ficaria feliz se houvesse uma continuação. Sou gerente de projetos em tecnologia de ventilação há mais de 20 anos e aprendi muito para a prática e para outros projetos. Ficaria feliz se pudesse construir o próximo sistema de cozinha com você ...”

“... Gostaria de parabenizá-los pelo podcast. O tema é muito compreensível, mesmo para pessoas como eu, que não estão tão familiarizadas com o assunto...”

“... como ouvinte atento do seu podcast, gostaria de aproveitar a oportunidade para encomendar o livro especializado anunciado para 2023. Espero ansiosamente por mais episódios sobre o tema do ar – o nosso alimento mais precioso...”

O autor

O engenheiro Sven Rentschler é diretor executivo da Rentschler Reven GmbH, uma empresa de médio porte fabricante de sistemas de purificação do ar. Como empresário, ele estabeleceu como meta promover uma melhor percepção da purificação do ar na indústria e no comércio em todo o mundo. Dois patentes internacionais e o prêmio de inovação do estado de Baden-Württemberg são resultados de seu empenho. Além disso, Sven Rentschler é blogueiro e palestrante sobre o tema da preservação do ar.

Público-alvo

Todos os interessados em saber o que é importante para uma ventilação e purificação do ar ideais.

Iniciantes, profissionais que desejam atualizar seus conhecimentos e profissionais da área de climatização e ventilação, bem como profissionais de áreas afins, especialmente projetistas de ventilação na construção mecânica e na indústria alimentícia, empresas executoras, especialistas, operadores e projetistas de cozinhas industriais.

● A B R A V A D A ● C L I M A ● F R I O

Primeira edição 2023

cci-dialog.de

cci Buch é uma marca da cci Dialog GmbH Também disponível como e-book

ISBN 978-3-922420-74-3



9 783922 420743

€ 47,00 (D)