

# EVAPORADORES COM HIGIENIZAÇÃO AUTOMATIZADA

## SISTEMAS COM ÁGUA PRESSURIZADA E FILTRAGEM GERMINICIDA DO AR

---

Boletim 0.04  
Agosto/2023



[deltafrio.com.br](http://deltafrio.com.br)

Em câmaras frias é comum a movimentação de material particulado (pó e fios) junto com ar durante a operação dos evaporadores. Essa movimentação do volume de ar da câmara fria aliado a umidade de operação da serpentina do equipamento, favorece a retenção das partículas. Essas, absorvem água, aumentam seu peso e depositam-se nas aletas e tubos. Assim inicia-se o processo de deposição que culmina na criação de um filme nas áreas de troca térmica do evaporador, causando, em casos críticos, o cenário evidenciado na Figura 1.

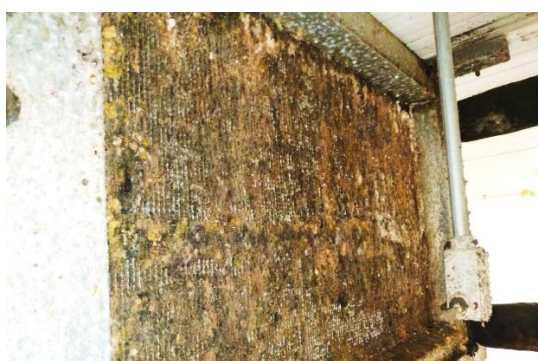


Fig. 1

Esse filme ocasiona a perda de eficiência do equipamento, haja visto que o coeficiente de troca térmica do alumínio e do cobre é alterado pela presença de um material com características isolantes, o qual adere-se de tal maneira, que precisa ser removido através da lavagem da serpentina. Dados os riscos de contaminação, essa ação só pode ser realizada com a câmara fria vazia, fato que gera diversos inconvenientes.

Além disso, a combinação da presença de matéria orgânica (contida nas partículas deslocadas pelo ar) com a região úmida da serpentina, torna o evaporador um local com microclima favorável para o desenvolvimento de colônias de bactérias, bolores e leveduras. Sendo que, embora a baixa temperatura de funcionamento do equipamento mantenha essas colônias em estado de dormência, a cada elevação de temperatura (oriunda do processo de degelo) há um aumento exponencial na quantidade desses microrganismos.

Estudos feitos durante a fase de desenvolvimento do Evaporador Autolimpante da DELTAFRIO realizados em parceria com o Instituto SENAI de Tecnologia em Petróleo, Gás e Energia e o Instituto Senai de Tecnologia em Alimentos e Bebidas indicaram a presença (em câmaras frias) de microrganismos que possuíam potencial para causar a contaminação de alimentos.

Durante os ensaios observaram-se bactérias, bolores e leveduras presentes nas superfícies das câmaras frias, dos evaporadores e suspensas no ar do ambiente refrigerado. Indo ao encontro de outros estudos técnicos desenvolvidos no mundo que também apontaram a presença de diversos tipos de microrganismos nas superfícies das câmaras frias, inclusive dos evaporadores.

De posse dessa problemática, criaram-se dois sistemas: o SHA - Sistema de Higienização com Água e o SHU – Sistema de Higienização UV-C. O Evaporador DELTAFRIO operando com os dois sistemas é capaz de efetuar a limpeza da serpentina por intermédio de jatos de água pressurizada, e também a neutralização de microrganismos na superfície do evaporador e no ar da câmara fria por intermédio de doses de radiação UV-C que são capazes de reduzir a quantidade de microrganismos no ambiente refrigerado.

### SHU – Sistema de Higienização UV-C

A radiação ultravioleta bactericida (UVGI) é parte da radiação ultravioleta natural do sol que é totalmente absorvida pela camada de ozônio e não atinge a superfície terrestre. Dessa forma radiações com comprimentos de onda na faixa de 200 nm a 280 nm (vide Figura 2), só podem ser obtidas de forma artificial, por meio de lâmpadas germicidas.

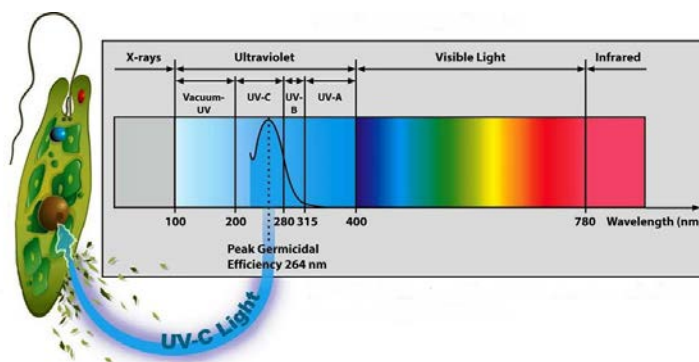


Fig. 2

Esse tipo de lâmpada, gera fótons UV-C de alta energia os quais são absorvidos por proteínas de células de DNA / RNA, danificando sua estrutura e causando distúrbios metabólicos. Dessa maneira, DNA/RNA são estruturalmente alterados para que os organismos não possam se replicar.

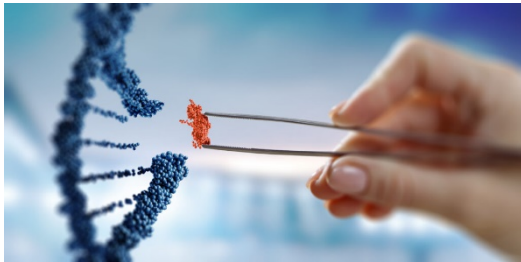


Fig. 3

Evaporadores SHU possuem níveis de desinfecção para as suas superfícies, haja visto que elas ficam próximas às lâmpadas e proporcionam descontaminação do ar que passa pelo aletado. Evitando-se a propagação de agentes infecciosos nocivos nas superfícies dos evaporadores e melhorando a qualidade do o ar que é movimentado no interior das câmaras frias. A dose (D) de desinfecção por intermédio da radiação UV-C, é definida como sendo o produto da intensidade de energia (I) pelo tempo de contato (t). Sendo que esse tempo de contato depende da velocidade do escoamento de ar e da distância entre o evaporador e a parede da câmara fria, conforme Figura 4.

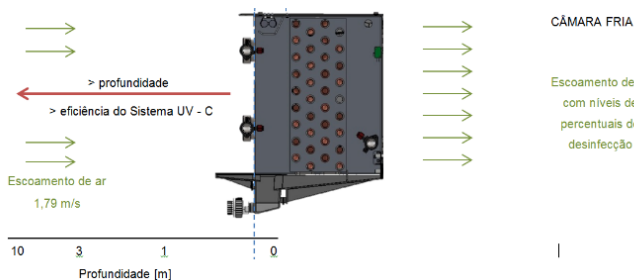


Fig. 4

O índice de decaimento do número de microrganismos no ar da câmara fria é dado pela Lei de Chick – Watson. Assim sendo quanto maior o tempo de contato com o desinfetante UV-C maior será o número de microrganismos inativados.

$$\ln \frac{N}{N_0} = -k t I_M$$

Lei de Chick – Watson

N: número de organismos no tempo t,  
 N<sub>0</sub> é o número de organismos no tempo t=0,  
 k é a constante de decaimento

Calculada a intensidade de radiação fornecida pelo conjunto de lâmpadas UV-C posicionado na admissão de ar do evaporador, atenta-se para as normas de segurança (ASHRAE Handbook) que precisam ser respeitadas para instalação de equipamentos UV-C em locais com a presença de pessoas. A Figura 5, mostra a altura recomendada para a instalação de um equipamento UV-C. Muito embora os Evaporadores SHU possuem inteligência que retira de operação o sistema UV-C sempre quando há a abertura da porta da câmara fria.

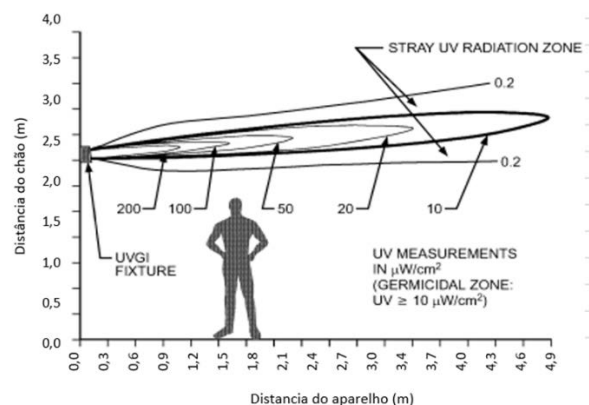


Fig. 5

### SHA – Sistema de Higienização com Água

O sistema de higienização com água conta com um conjunto de bicos com angulação de 120° que abrem um cone de aspersão capaz de remover sujidades da serpentina e também efetuar o degelo do equipamento em um tempo exponencialmente menor se comparado ao degelo por resistências conforme visualiza-se na Figura 5.

Note-se que no mesmo intervalo de tempo (5 minutos) o acréscimo de temperatura é de cerca de 6 °C para o degelo com as resistências e de pouco mais de 12 °C quando o degelo é feito por água pressurizada a baixa temperatura. Sendo a temperatura da água diretamente proporcional à elevação dessa diferença.



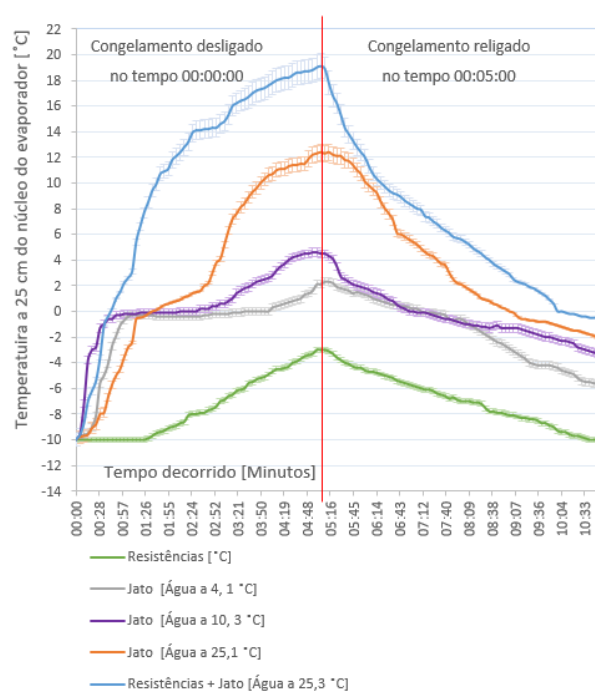


Fig. 6

Também é importante mencionar que os Evaporadores SHA são capazes de produzir uma fina névoa na saída dos ventiladores ocasionando o aumento da umidade relativa no interior da câmara fria. Dentro de limites estabelecidos pelo tempo de acionamento dos bicos aspersores.

Para câmaras frias que necessitam de um número grande de evaporadores o acionamento dos bicos se dá intermitentemente. Sendo assim, uma bomba consegue pressurizar toda a linha de evaporadores, acionando um por um e com tempo pré-programado para cada SHA.

O projeto tridimensional inicial traz consigo ambos os sistemas previstos. Na vista explodida, evidenciada na Figura 7, apresentam-se os dois sistemas. Sendo o SHA indicado no item número 4 e SHU no item número 5.

Já a Figura 8 mostra fotos do primeiro protótipo montado com ambos os sistemas e instalado numa câmara fria experimental para utilização nos ensaios de função crítica.

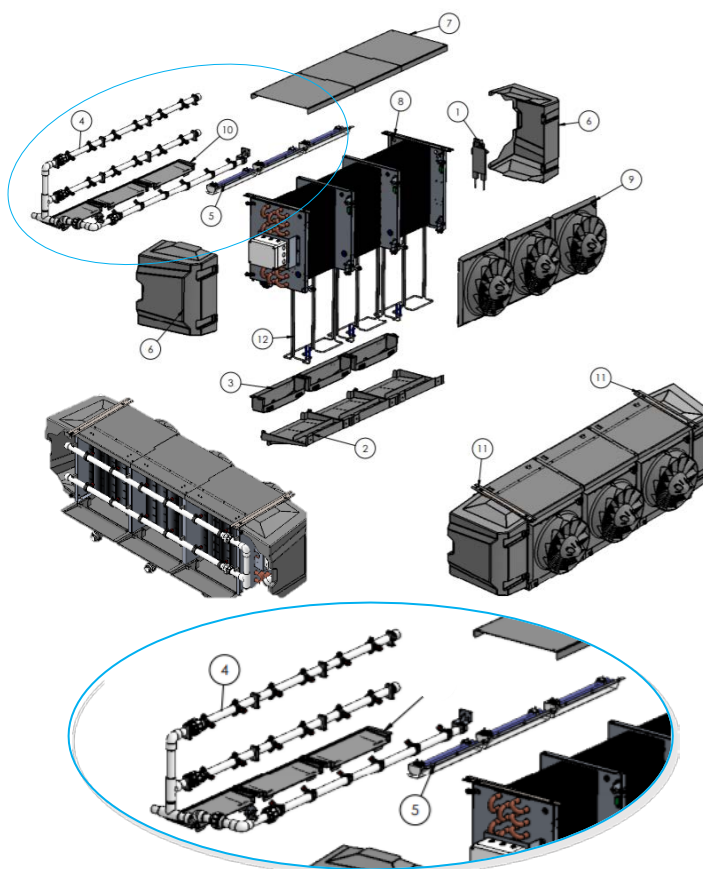


Fig. 7



Fig. 8

Desta montagem são efetuados ensaios que investigam:

- A formação de camadas de gelo dentro da câmara fria;
- A eficiência da remoção de microrganismos pelo sistema UV-C;
- A formação de névoa;
- A eficiência de remoção de sujidade por atrito;
- O degelo;
- A operacionalidade do evaporador montado com SHU e SHA;

Fora da câmara fria promove-se o ensaio para identificar-se a aptidão do SHA ao ser aplicado para desobstruir o aletado. Para tanto utiliza-se uma placa de gelo sólido com 100 mm de espessura que perfaz toda a área de entrada do evaporador.

Assim, as imagens a seguir referem-se a essa bateria de testes. Inicialmente apresenta-se, na Figura 9 o ensaio de remoção de sujidade pelo atrito das partículas de água.

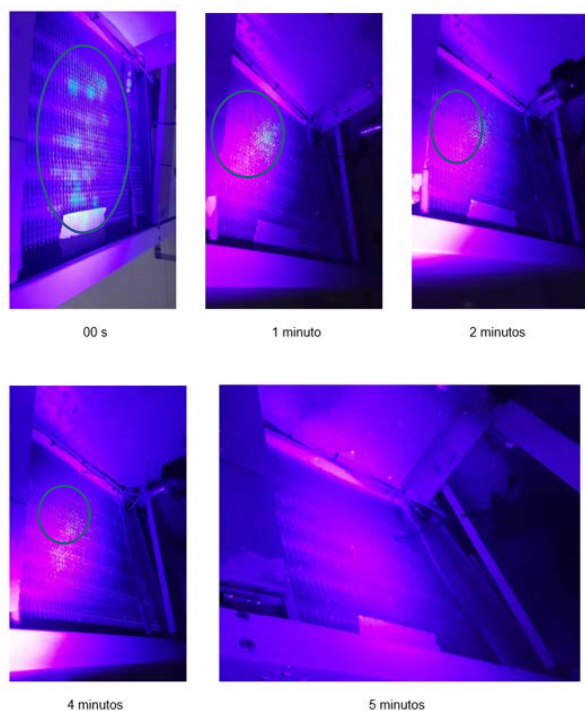


Fig. 9

Elucidando-se o resultado do teste exposto na Figura 9, pulveriza-se no aletado um gel que após secar reage apresentando luminescência sempre que atingido por um feixe de luz negra. Esse tipo de gel, só é removido por atrito de pano ou escovação, sendo utilizado para analisar a eficiência de limpeza em hospitais. Note-se que após o acionamento dos bicos aspersores (no tempo 1 minuto) apresenta-se uma redução da área luminescente, até que aos 5 minutos não existe mais a presença do gel na superfície do aletado.

Para analisar-se a eficiência do sistema UV-C posicionam-se placas de Petri no interior da câmara fria. Inicialmente sem o SHU acionado e, em seguida, com este operando. Os resultados são apresentados na Figura 10.

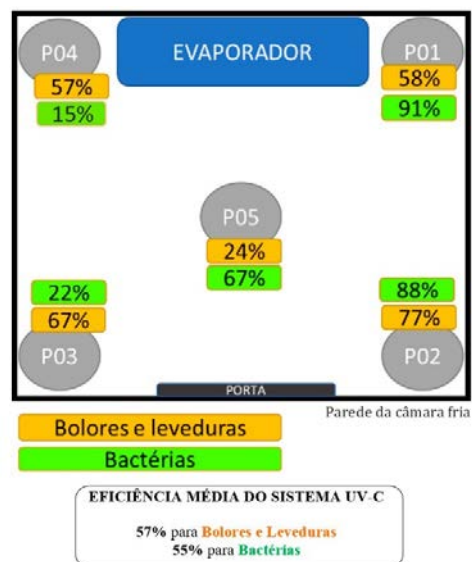


Fig. 10

Os itens com a letra P da Figura 10 são os quais foram posicionadas as placas de Petri. As eficiências percentuais são obtidas ao efetuar-se a razão entre a coleta feita com o evaporador operando sem o acionamento do SHU e num segundo momento quando o SHU está acionado.



Para a superfície do evaporador, a dose fornecida pelas lâmpadas garante que não há formação de colônias no equipamento. Já para a eficiência de redução dos microrganismos suspensos no ar, nota-se que em alguns pontos essa eficiência supera 90% para bactérias e aproxima-se de 80% para bolores e leveduras.

Para a formação de névoa, quando esta não é desejada, é possível aplicar-se uma corrente de contra fluxo que direciona a água aspergida para baixo, reduzindo sua penetração no ambiente da câmara fria. Isso fica comprovado por não observarem-se pontos com formação de gelo no interior da câmara fria operando a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Ao operarem-se, concomitantemente, os dois sistemas (SHA e SHU) as lâmpadas germicidas precisam possuir grau de proteção contra água. Assim sendo, as lâmpadas utilizadas no SHU podem ser submersas em água com até 2 m de profundidade, sem que apresentem defeito ou falha.

Quanto ao teste de situação crítica para quando o evaporador se encontra obstruído por gelo (Figura 11), efetuaram-se ensaios com placas de 100 mm de espessura, as quais foram perfuradas em menos de 1 minuto, conforme observa-se na Figura 12.

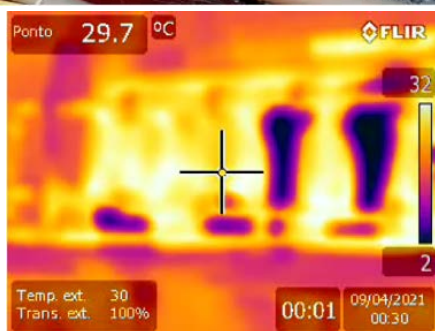


Fig. 11

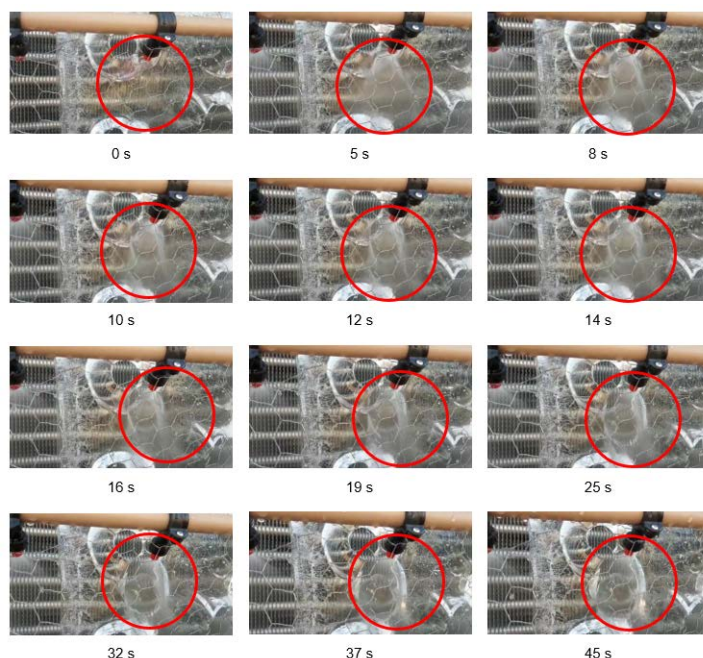


Fig. 12

## Produto

Após todas as análises e considerações supracitadas e desenvolvimentos com protótipos, um novo modelo de produto é produzido com vistas ao aumento da segurança alimentar e redução dos desperdícios em ambientes refrigerados. O Evaporador DFTEC Autolimpante com Controle e Monitoramento IoT (Figuras 13 e 14), é dotado de iluminação germicida de elevada potência para tratamento do volume de ar da câmara fria, jatos de água para limpeza e impedimento da formação de sujidades no aletado, bem como equalização da umidade relativa e da temperatura do ar no interior da câmara fria (Figura 15), com conectividade total via internet, permitindo monitoramento e modificações de setpoints operacionais em modo remoto, com vistas à refrigeração 4.0.

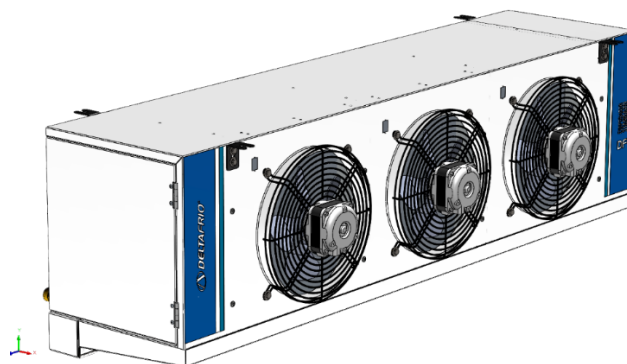


Fig. 13

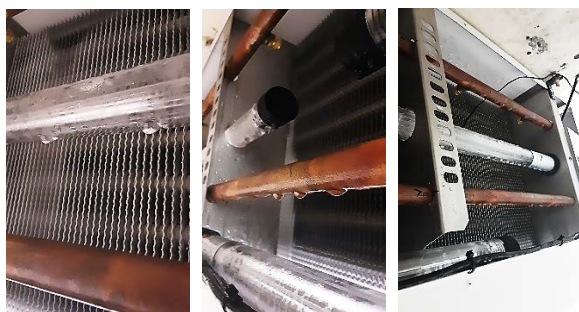


Fig. 14

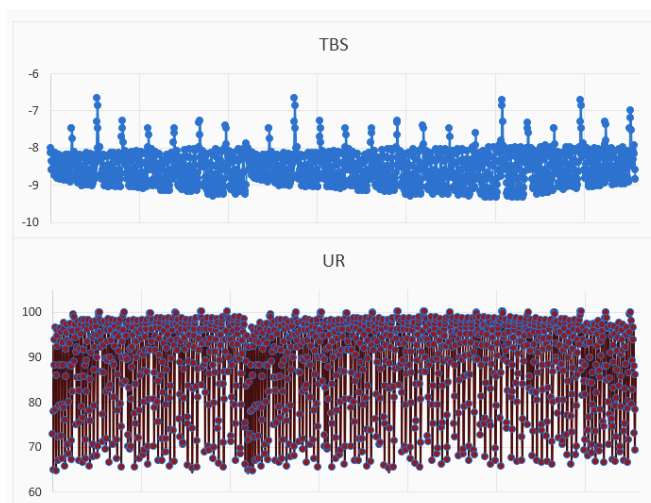


Fig. 15

## Encerramento

Os estudos técnicos que culminam nos dados sintetizados nesse boletim, certificam o potencial do Evaporador Autolimpante para melhorar a qualidade da armazenagem de câmaras frias.

Os sistemas são idealizados para operar em comunhão, afinal um sistema garante a limpeza do equipamento e outro além de garantir que o evaporador não seja fonte de contaminação também fornece doses de neutralização de microrganismos no ar. Adicionalmente, pode ser que em alguma demanda técnica específica um dos sistemas seja preferido frente ao outro. Nesse caso existe a possibilidade de montarem-se evaporadores apenas com um dos sistemas, ou SHA ou SHU.

Outra questão importante é o uso racional da água, uma vez que se projetam aspersões de água de 30 s a cada hora. A água aspergida retorna, pelo dreno do equipamento, a um reservatório onde permanece recebendo doses de UV-C até ser novamente aspergida sobre o aletado. Dessa maneira garante-se um ciclo fechado sem desperdícios de água potável.

Com SHA e SHU integrando o evaporador, almeja-se uma refrigeração mais eficiente com índices de higienização satisfatórios e com menores oscilações de temperatura e umidade relativa do ar dentro da câmara fria. Isso reflete diretamente na melhoria da segurança e da qualidade alimentar, em comunhão com a redução do impacto ambiental, uma vez que além de reduzir-se o consumo de energia elétrica, com aplicação do Evaporador Autolimpante reduz-se os desperdícios de alimentos originados pela desidratação. Isso, por sua vez, impacta proporcionalmente na redução da área necessária para plantio e criação de animais, redução na necessidade de combustíveis fósseis, redução no volume de agrotóxicos, entre outros tantos fatores.

Complementa o equipamento, um controlador robusto, desenvolvido pelo Instituto SENAI de Tecnologia em Mecatrônica, que possui IHM e supervisor próprio e remoto, o qual recebe leituras em tempo real de um conjunto de sensores integrados ao evaporador, permitindo o monitoramento e o controle via internet (através de celulares, tablets e computadores) das principais configurações operacionais da refrigeração.