

## EVAPORADORES COM HIGIENIZAÇÃO AUTOMATIZADA: SISTEMAS COM ÁGUA PRESSURIZADA E FILTRAGEM GERMINICIDA DO AR

**Saulo de Oliveira Garré** – saulo.garre@senairs.org.br  
Instituto SENAI de Tecnologia em Petróleo, Gás e Energia  
Deltafrio Indústria de Refrigeração

**Marcelo Marx** – marcelo@deltafrio.com.br  
Deltafrio Indústria de Refrigeração

**Andre Luis Ribeiro Thomazoni** – andre.thomazoni@senairs.org.br  
Instituto SENAI de Tecnologia em Petróleo, Gás e Energia

**Renato Ruschel Machado** – renato.machado@senairs.org.br  
Instituto SENAI de Tecnologia em Petróleo, Gás e Energia

**Stanley de Moura Colman** – manutencao@deltafrio.com.br  
Deltafrio Indústria de Refrigeração

**Luís Felipe Rubi** – engenharia3@deltafrio.com.br  
Deltafrio Indústria de Refrigeração

**Arthur de Jesus Staats** – arthur.staats@senairs.org.br  
Instituto SENAI de Tecnologia em Mecatrônica

**Ricardo Silveira** – comercial@deltafrio.com.br  
Deltafrio Indústria de Refrigeração

**Diego Martiny** – producao@deltafrio.com.br  
Deltafrio Indústria de Refrigeração

**Joel Werlang Napivoski** – Pcp@deltafrio.com.br  
Deltafrio Indústria de Refrigeração

### R1. Sistemas, Equipamentos e Componentes.

**Resumo.** *Esse trabalho apresenta o Evaporador Autolimpante da empresa Deltafrio desenvolvido após a execução das atividades planejadas e norteadas pelo Edital Gaúcho de Inovação para a Indústria – EGII executado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio Grande do Sul – SENAI RS. Para os resultados apresentados foram realizados estudos e ensaios em parceria com o Instituto SENAI de Tecnologia em Petróleo, Gás e Energia e o Instituto SENAI de Tecnologia em Alimentos e Bebidas, tais quais 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. Comprovando-se, com isso, os cenários indicados por outros estudos técnicos desenvolvidos no mundo e que também apontaram a presença de diversos tipos de microrganismos nas superfícies das câmaras frias, inclusive dos evaporadores. De posse dessa problemática, desenvolveram-se dois sistemas que integram o Evaporador Autolimpante: o SHA - Sistema de Higienização com Água e o SHU – Sistema de Higienização UV-C. O Evaporador operando com os dois sistemas é capaz de efetuar a limpeza da serpentina por intermédio de jatos de água pressurizada. Além disso, também possibilita a neutralização de microrganismos na superfície do evaporador e no ar da câmara fria por intermédio de doses de radiação UV-C. Esse tipo de radiação é capaz de reduzir a quantidade de microrganismos no ambiente refrigerado. Os ensaios, desenvolvidos com protótipos, indicam a aptidão do SHA para além de lavar o aletado periodicamente, promover degelo. Perfurando uma placa sólida de 100 mm de espessura em cerca de 45 segundos. Aponta-se uma eficiência média para melhoria na qualidade do ar utilizando-se o SHU, removendo-se cerca de 57% dos microrganismos formadores de bolores e leveduras e aproximadamente 55% das bactérias suspensas no ar. Já no que diz respeito às superfícies do evaporador, as doses germinicidas fornecidas pelo SHU neutralizaram a maioria dos microrganismos, inclusive os mais resistentes, como E. coli e Listeria monocytogenes. Os ensaios laboratoriais, apontam que com acionamento de 15 minutos do SHU neutralizam-se 100% dos microrganismos. Garantindo que o equipamento não fornece ambiente favorável para o desenvolvimento de bactérias e fungos, além de promover benefícios à qualidade do ar no interior das câmaras frias.*

**Palavras-chave:** UV-C, Evaporador, Câmara fria, Jatos de água, Degelo por água

## 1. INTRODUÇÃO

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.



Figura 1. Evaporador obstruído por sujidades e microrganismos

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.

Evans et. al 2006, visitou quinze plantas de processamento de alimentos duas vezes em um período de seis meses. As plantas foram escolhidas para representar uma variedade de diferentes tamanhos de operação, produtos alimentícios e estágios na cadeia refrigerada. Após sua análise criteriosa com coletas de swab microbiológico e placas de Petri, afirma que embora os evaporadores em câmaras frigoríficas de alimentos sejam geralmente mantidos à temperaturas abaixo das quais as bactérias possam crescer, existem evidências capazes de tornar a contaminação microbiana um problema indesejado em algumas plantas de alimentos. Isso pode ser devido ao degelo, onde as temperaturas no evaporador e próximo a ele aumentam durante os períodos em que o gelo acumulado no evaporador é derretido e removido. Além disso, a maioria dos evaporadores possui bandejas de gotejamento sob o evaporador, projetadas para coletar a água derretida durante o degelo. Essas bandejas raramente são limpas e podem coletar sujeira e detritos que fornecem nutrientes para as bactérias. Sujeira e detritos também podem se acumular nas aletas do evaporador e, se desprendidos, podem ser distribuídos pela sala refrigerada através da ação dos ventiladores do evaporador.

De posse das problemáticas apontadas por Evans, 2006 e levando-se em consideração as normas técnicas para utilização de UV-C desenvolvem-se estudos técnicos que visam o desenvolvimento do Evaporador Autolimpante. Este estudos foram realizados em parceria com o Instituto SENAI de Tecnologia em Petróleo, Gás e Energia e o Instituto Senai de Tecnologia em Alimentos e Bebidas e indicaram a presença (em câmaras frias) de microrganismos que possuíam potencial para causar a contaminação de alimentos.

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

Dessa forma, para que a indústria possa superar esse problema no ambiente de refrigeração, criaram-se dois sistemas: o SHA - Sistema de Higienização com Água e o SHU – Sistema de Higienização UV-C. O Evaporador da Deltafrío, operando com os dois sistemas foi capaz de efetuar a limpeza da serpentina por intermédio de jatos de água pressurizada, e também neutralizar os microrganismos presentes na superfície do evaporador e no ar da câmara fria por intermédio de doses de radiação UV-C reduzindo-se a quantidade de microrganismos no ambiente refrigerado.

## 2. SISTEMAS QUE COMPÕE O EVAPORADOR AUTOLIMPANTE

### 2.1 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.

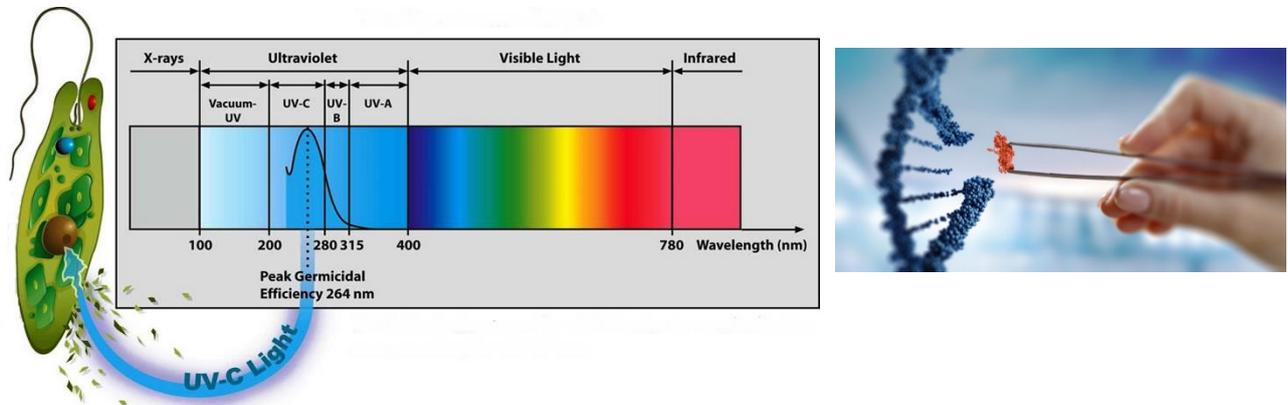


Figura 2. Comprimentos de onda para neutralizar microrganismos

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.

Evaporadores com 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 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 3.

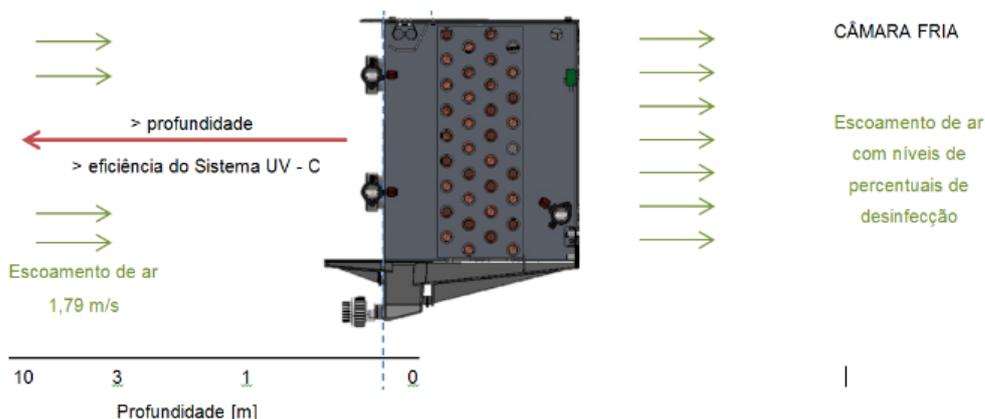


Figura 3. Ar antes e após o evaporador. Quanto maior o número de recirculações de ar maior será a neutralização de microrganismos.

O índice de decaimento do número de microrganismos no ar da câmara fria é dado pela Lei de Chick – Watson, vide Equação 1. Assim sendo quanto maior o tempo de contato com o desinfetante UV-C maior será o número de microrganismos inativados.

$$\ln \frac{N}{N_0} = -k t I_M \quad (1)$$

em que

$N$ : número de organismos no tempo  $t$ ,  $N_0$  é o número de organismos no tempo  $t=0$  e  $k$  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 4, mostra a altura recomendada para a instalação de um equipamento UV-C. Muito embora os Evaporadores com SHU possuem inteligência que retira de operação o sistema UV-C sempre quando há a abertura da porta da câmara fria.

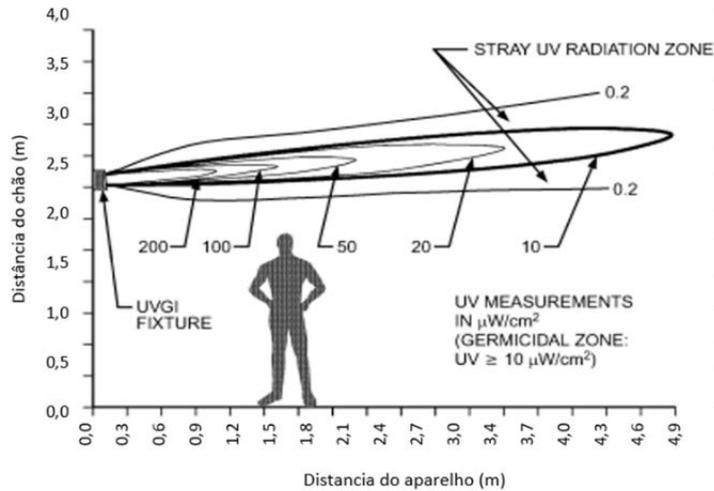


Figura 4. Zona de radiação UV e altura recomendada para a instalação de um equipamento UV-C

## 2.2 SHA – Sistema de Higienização com Água

O sistema de higienização com água conta com um conjunto de bicos com angulação para abrir 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.

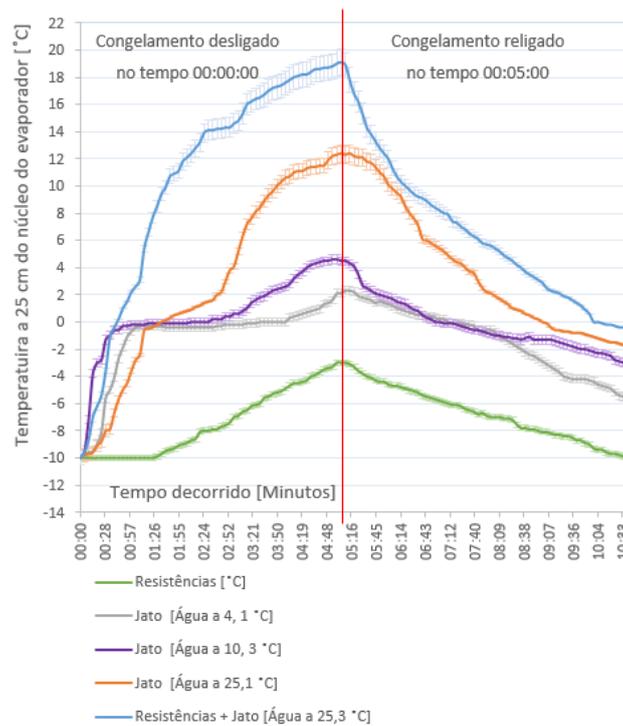


Figura 5. Curvas experimentais para o tempo de degelo

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 à baixa temperatura. Sendo a temperatura da água diretamente proporcional à elevação dessa diferença.

Também é importante mencionar que os Evaporadores com 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 de um dos produtos da Deltafrio traz consigo ambos os sistemas previstos. Na vista explodida, evidenciada na Figura 6, apresentam-se os dois sistemas. Sendo o SHA indicado no item número 4 e SHU no item número 5. Partindo-se desse layout submetem-se ambos sistemas ao processo de depósito de patente junto ao INPI.

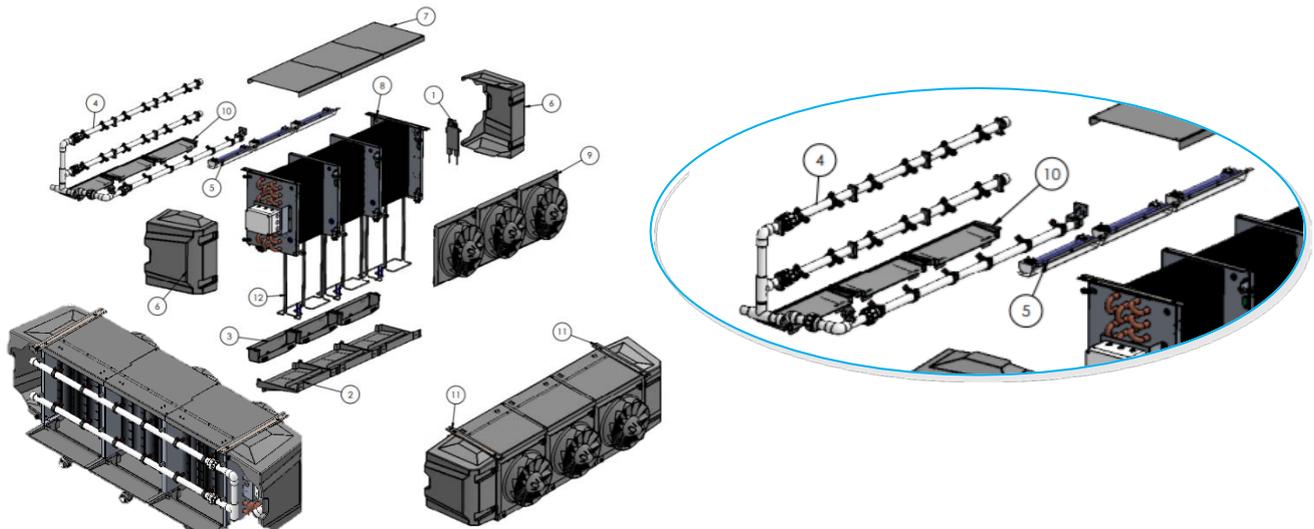


Figura 6. Vista explodida evaporador Deltafrio. SHA item número 4 e SHU item número 5

### 3. ENSAIOS

Para validação dos sistemas SHA e SHU, são conduzidos, em ambiente de câmara fria, os ensaios de função crítica. Nesses ensaios validam-se as operações de aspersão de água em ambiente de congelamento, com aplicação de gel luminoso para avaliar-se a força de remoção de material particulado do aletado. Ainda no ambiente de câmara fria, efetuam-se diversos acionamentos das lâmpadas germinicidas, mensurando-se a eficiência do sistema para o tratamento do ar do volume de controle da câmara fria.

A bancada de testes pode ser vista na Figura 7, e é dotada de um evaporador da linha DF da Deltafrio, montado com ambos os sistemas, o qual é posicionado no interior da câmara fria de testes da empresa para utilização nos ensaios operacionais. Também efetuam-se os testes para validação da operação do degelo, o qual além de ser conduzido no ambiente de congelamento da câmara fria, é também executado em um teste individualizado, no qual são posicionadas placas de gelo de 100 mm simulando-se o cenário de quando o aletado está totalmente obstruído durante a operação de um evaporador.



Figura 7. Evaporador Deltafrio protótipo montado com os sistemas SHA e SHU

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;

#### 4. RESULTADOS

O primeiro resultado que se dá ênfase nessa seção é o efetuado com gel luminescente para simular-se a remoção de sujidade para quando o aletado encontra-se com níveis intermediários de particulado preso às aletas, vide Figura 8.



Figura 8. Remoção do gel do núcleo do evaporador durante a operação do SHA

Elucidando-se o resultado do teste exposto na Figura 8, 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 de cerca de 70% da área luminescente, até que aos 5 minutos não existe mais a presença do gel na superfície do aletado, informando

que o tempo de 5 minutos de operação diária é suficiente pra manter o aletado livre da formação de sujidades que geram microclimas ideais para a formação de colônias de bactérias, fungos e leveduras que transformam o evaporador num agente potencial da contaminação da câmara fria e do que nela está estocado.

Já para quantificar-se a eficiência do sistema UV-C no ambiente refrigerado, posicionaram-se placas de Petri no interior da câmara fria (Figura 9). Como forma de comparativo, inicialmente o evaporador opera por 30 minutos sem o SHU acionado e em seguida com este operando.



Figura 9. Câmara fria de testes e placas de Petri posicionadas

Após o período de testes e coleta de dados e amostras a análise efetuada pelo Instituto Senai de Tecnologia em Alimentos e Bebidas concluiu que o SHU produz efeito germinicida no ar da câmara fria, conforme observa-se na Figura 10.

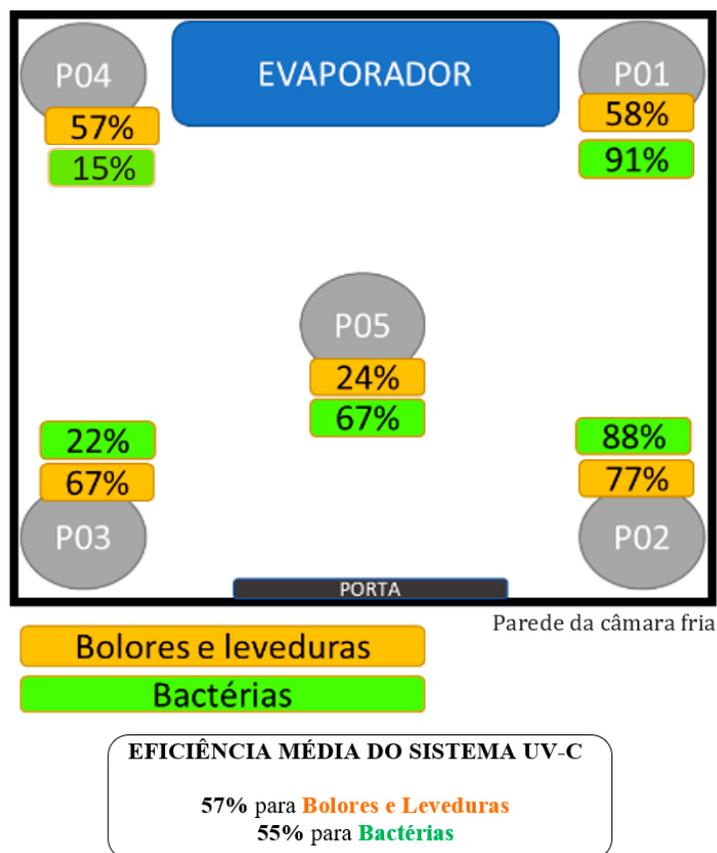


Figura 10. Níveis de eficiência do SHU dado o posicionamento das placas de Petri

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 estava 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, além das eficiências médias apontadas, 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 se observarem pontos com formação de gelo no interior da câmara fria operando em temperaturas negativas.

Ao operarem-se, concomitantemente, os dois sistemas (SHA e SHU) as lâmpadas germinicidas 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.

Como dito anteriormente, 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 admissão do evaporador conforme Figura 11. É notável, através do registro quadro a quadro exposto na referida figura, que em 45 segundos a placa é perfurada, sendo que em pouco menos de 5 minutos a placa de gelo já encontra-se seccionado e com mais de 80% do gelo desfeito, conforme registro da câmera térmica.

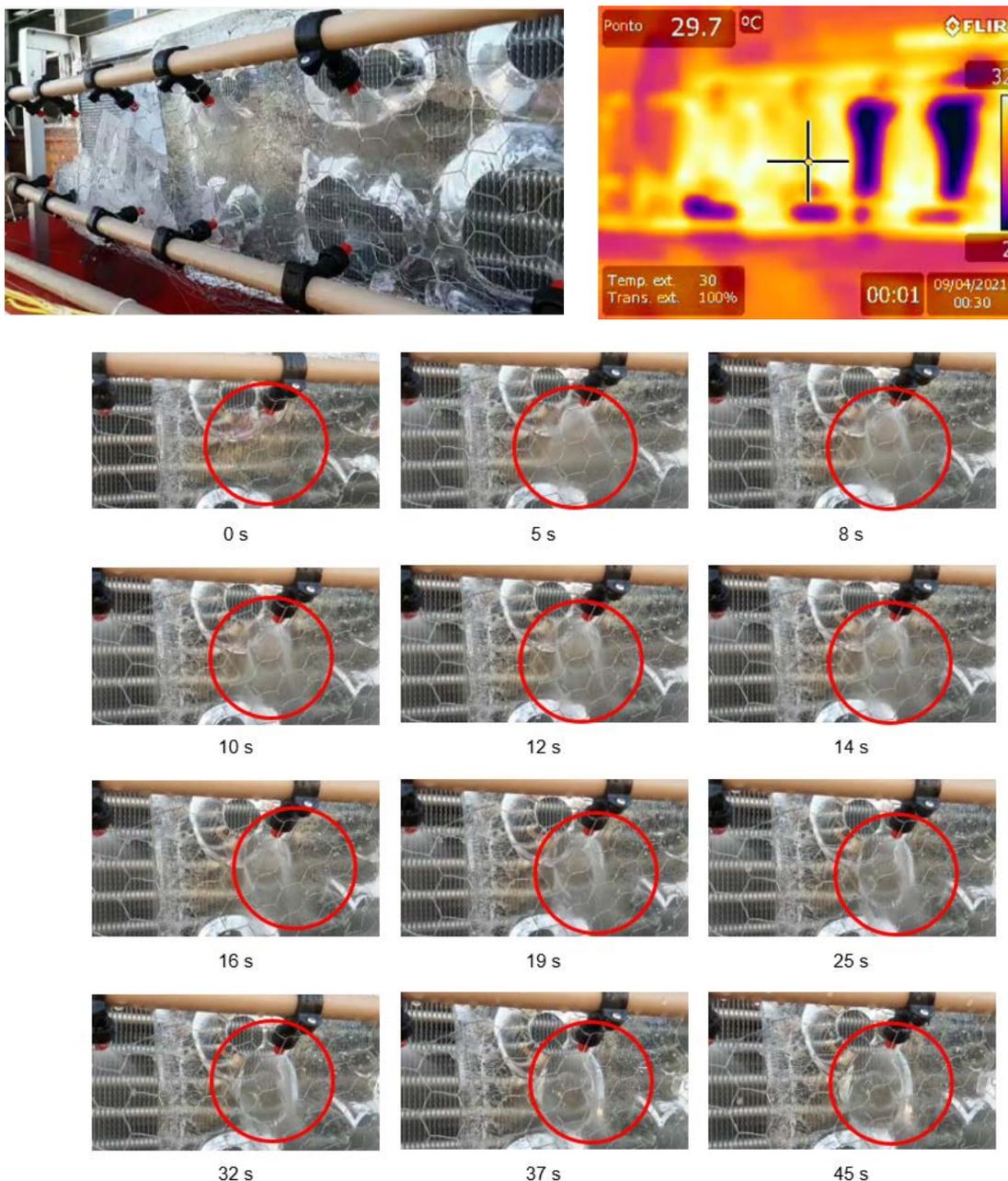


Figura 11. Montagem da placa de gelo na admissão do núcleo, registro do derretimento do gelo via imagem termográfica e registro quadro a quadro do poder de perfuração do SHA.

Com todas as informações supracitadas, desenvolve-se o Evaporador Autolimpante para aplicação na indústria. Conforme apresenta-se na Figura 12.

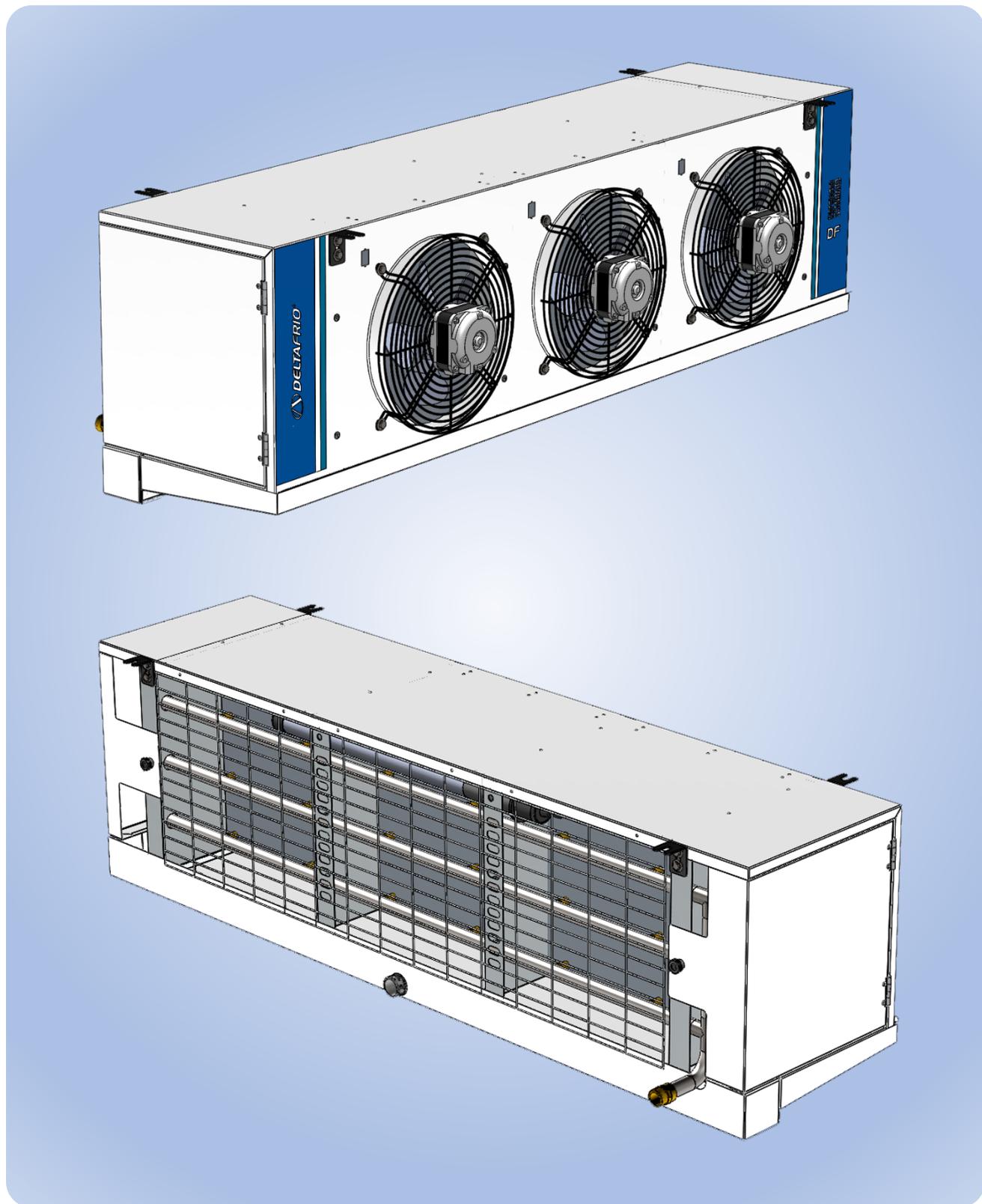


Figura 12. Evaporador Autolimpante

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados sintetizados nesse artigo foram fruto de anos de desenvolvimento técnico e investigações de áreas pouco exploradas que culminam em resultados expressivos para o setor de refrigeração certificando o potencial do Evaporador Autolimpante da Deltafrio 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. Entretanto, 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.

Um ponto de atenção para a montagem e operação dos Evaporadores com SHA são as instalações hidráulicas do local que se pretende montar os equipamentos. Sendo necessários pontos de água que cheguem até o evaporador, bem como sistema de esgotamento para eliminação da água aspergida. Ressalta-se aqui, que durante os ensaios, a vazão medida foi de 38 L/min e não se operou o SHA em intervalos maiores que 5 minutos, uma vez que os testes não apontaram uma necessidade maior.

A unidade fabril a qual receberá o evaporador também pode optar por um sistema de ciclo fechado, que reaproveita a água do degelo. Dessa forma, a água dessa origem é direcionada a um reservatório dotado de uma bomba submersa e um reator de luz UV-C que fornece doses de neutralizações de microrganismos originários do aletado pelo sistema de drenagem do evaporador. Como o reator UV-C não garante o tratamento total da água, é necessário que o setor de qualidade alimentar da empresa analise biologicamente a água do reservatório e preveja o tratamento químico, uma vez que a carga microbiológica de cada câmara fria é variável e depende de variados fatores.

Com tudo dito, o Evaporador dotado dos sistemas SHA e SHU é o novo produto a ser entregue à indústria, com depósito de pedido de patente aberto no INPI e com vocação para melhorar a qualidade dos produtos armazenados e acondicionados em câmaras frias.

Agradecimentos são feitos a Leonardo Kich (*in memoriam*), à Instituição SENAI - Edital Gaúcho de Inovação para Indústria e aos institutos parceiros Instituto SENAI de Tecnologia em Petróleo, Gás e Energia e Instituto Senai de Tecnologia em Alimentos e Bebidas que participaram de maneira efetiva e comprometida com esse projeto.

## 6. REFERÊNCIAS

A. Pascual, I. Llorca, and A. Canut, "Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 18, no. SUPPL. 1, pp. 29–35, 2007, doi: 10.1016/j.tifs.2006.10.006.

ASHRAE, "FILTRATION / DISINFECTION Guide to the COVID-19 Pages."

ASHRAE. 2010. Designation and safety classification of refrigerants. ANSI/ASHRAE *Standard* 34-2010.

B. Gin, M. M. Farid, and P. K. Bansal, "Effect of door opening and defrost cycle on a freezer with phase change panels," *Energy Convers. Manag.*, vol. 51, no. 12, pp. 2698–2706, 2010, doi: 10.1016/j.enconman.2010.06.005.

B. Meigs and S. Mohr, "Can HVAC systems help prevent transmission of COVID-19?," 2020.

B. Peris, J. Navarro-Esbrí, F. Molés, J. P. Martí, and A. Mota-Babiloni, "Experimental characterization of an Organic Rankine Cycle (ORC) for micro-scale CHP applications," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 79, pp. 1–8, 2015, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2015.01.020.

C. S. Heu, H. Jang, J. Jeon, K. S. Lee, and D. Rip Kim, "Recent progress on developing anti-frosting and anti-fouling functional surfaces for air source heat pumps," *Energy Build.*, vol. 223, p. 110139, 2020, doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110139.

D. Nichols, "Biocides in Plastics," vol. 15, no. 12, pp. 28–39, 2004.

E. Oró, L. Miró, M. M. Farid, and L. F. Cabeza, "Thermal analysis of a low temperature storage unit using phase change materials without refrigeration system," *Int. J. Refrig.*, vol. 35, no. 6, pp. 1709–1714, 2012, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2012.05.004.

H. Müller-Steinhagen, M. R. Malayeri, and A. P. Watkinson, "Heat exchanger fouling: Mitigation and cleaning strategies," *Heat Transf. Eng.*, vol. 32, no. 3–4, pp. 189–196, 2011, doi: 10.1080/01457632.2010.503108.

- H. Müller-Steinhagen, M. R. Malayeri, and A. P. Watkinson, "Recent advances in heat exchanger fouling research, mitigation, and cleaning techniques," *Heat Transf. Eng.*, vol. 28, no. 3, pp. 173–176, 2007, doi: 10.1080/01457630601064397.
- J. Evans, S. Russell, C. James, and J. Corry, "Microbial contamination of food refrigeration equipment," in *13th World Congress of Food Science & Technology*, 2006, pp. 1901–1909, doi: 10.1051/IUFoST:20060800.
- J. Markarian, "Steady growth predicted for biocides," *Plast. Addit. Compd.*, vol. 8, no. 1, pp. 30–33, 2006, doi: 10.1016/S1464-391X(06)70524-4.
- K. S. Huang, C. H. Yang, S. L. Huang, C. Y. Chen, Y. Y. Lu, and Y. S. Lin, "Recent advances in antimicrobial polymers: A mini-review," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 17, no. 9, 2016, doi: 10.3390/ijms17091578.
- L. Yang, J. E. Braun, and E. A. Groll, "The impact of evaporator fouling and filtration on the performance of packaged air conditioners," *Int. J. Refrig.*, vol. 30, no. 3, pp. 506–514, 2007, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2006.08.010.
- M. Amer and C. C. Wang, "Review of defrosting methods," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 73, no. December 2015, pp. 53–74, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.01.120.
- M. G. Schmidt et al., "Characterization and control of the microbial community affiliated with copper or aluminum heat exchangers of HVAC systems," *Curr. Microbiol.*, vol. 65, no. 2, pp. 141–149, 2012, doi: 10.1007/s00284-012-0137-0.
- M. H. Macagnan, "Princípios Básicos de Refrigeração Capítulo 9 - Evaporadores," in *Princípios Básicos de Refrigeração*, no. xxx, 2018, pp. 1–33.
- M. Song, S. Deng, C. Dang, N. Mao, and Z. Wang, "Review on improvement for air source heat pump units during frosting and defrosting," *Appl. Energy*, vol. 211, no. December 2017, pp. 1150–1170, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.12.022.
- M. Traverse and H. Aceto, "Environmental Cleaning and Disinfection," *Vet. Clin. North Am. - Small Anim. Pract.*, vol. 45, no. 2, pp. 299–330, 2015, doi: 10.1016/j.cvsm.2014.11.011.
- N. Epstein, *Fouling of Heat Exchangers.*, no. April. 1986.
- P. Hugenholz and J. A. Fuerst, "Heterotrophic bacteria in an air-handling system," *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 58, no. 12, pp. 3914–3920, 1992, doi: 10.1128/aem.58.12.3914-3920.1992.
- P. Wargocki et al., "ASHRAE Position Document on Filtration and Air Cleaning," 2015, [Online]. Available: [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org).
- R. Padash, G. S. Sajadi, A. H. Jafari, E. Jamalizadeh, and A. S. Rad, "Corrosion control of aluminum in the solutions of NaCl, HCl and NaOH using 2,6-dimethylpyridine inhibitor: Experimental and DFT insights," *Mater. Chem. Phys.*, vol. 244, no. January, p. 122681, 2020, doi: 10.1016/j.matchemphys.2020.122681.
- W. . STOECKER and J. . S. JABARDO, *Refrigeração Industrial*. 2002.
- W. A. Rutala and D. J. Weber, "Disinfection and Sterilization in Health Care Facilities: An Overview and Current Issues," *Infect. Dis. Clin. North Am.*, vol. 30, no. 3, pp. 609–637, 2016, doi: 10.1016/j.idc.2016.04.002.
- W. Rodrigo, "Molhabilidade e rugosidade de superfícies : Caracterização interferométrica e sua correlação com a rugosidade Molhabilidade e rugosidade de superfícies : Caracterização interferométrica e sua correlação com a rugosidade," p. 37, 2014.
- Y. T. Du, H. L. Wang, Y. R. Chen, H. P. Qi, and W. F. Jiang, "Synthesis of baicalin derivatives as eco-friendly green corrosion inhibitors for aluminum in hydrochloric acid solution," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 5, no. 6, pp. 5891–5901, 2017, doi: 10.1016/j.jece.2017.11.004.
- Z. Liu, S. Ma, G. Cao, C. Meng, and B. J. He, "Distribution characteristics, growth, reproduction and transmission modes and control strategies for microbial contamination in HVAC systems: A literature review," *Energy Build.*, vol. 177, pp. 77–95, 2018, doi: 10.1016/j.enbuild.2018.07.050.

## **EVAPORATORS WITH AUTOMATED HYGIENIZATION: SYSTEMS WITH PRESSURIZED WATER - WHS AND GERMINICIDE AIR FILTRATION - UVHS**

**Abstract.** This work presents the Self-Cleaning Evaporator of the company Deltafrío, developed after the execution of the activities planned and guided by the Gaúcho Public Notice for Innovation for Industry - EGII executed by the National Service of Industrial Learning of Rio Grande do Sul - SENAI RS. For the results presented, studies and tests were carried out in partnership with the SENAI Institute of Technology in Oil, Gas and Energy and the SENAI Institute of Technology in Food and Beverages, which indicated the presence (in cold chambers) of microorganisms that had the potential to cause food contamination. During the tests, bacteria, molds and yeasts were observed on the surfaces of the cold chambers, evaporators and suspended in the air of the refrigerated environment. This confirms the scenarios indicated by other technical studies developed in the world and which also indicated the presence of different types of microorganisms on the surfaces of cold rooms, including evaporators. De posse dessa problemática, desenvolveram-se dois sistemas que integram o Evaporador Autolimpante: o SHA - Sistema de Higienização com Água e o SHU – Sistema de Higienização UV-C. The Evaporator operating with both systems is capable of cleaning the coil by means of pressurized water jets. In addition, it also enables the neutralization of microorganisms on the surface of the evaporator and in the air of the cold chamber through doses of UV-C radiation. This type of radiation is capable of reducing the amount of microorganisms in the refrigerated environment. The tests, developed with prototypes, indicate the suitability of the SHA, in addition to washing the fin periodically, to promote defrosting. Drilling through a 100mm thick solid plate in about 45 seconds. An average efficiency for improving air quality is pointed out using the SHU, removing about 57% of the microorganisms that form molds and yeasts and approximately 55% of the bacteria suspended in the air. As for the evaporator surfaces, the germicidal doses provided by the SHU neutralized most microorganisms, including the most resistant ones, such as *E. coli* and *Listeria monocytogenes*. Laboratory tests indicate that with 15 minutes of activation of the HUS, 100% of the microorganisms are neutralized. Ensuring that the equipment does not provide a favorable environment for the development of bacteria and fungi, in addition to promoting benefits to the quality of the air inside the cold rooms.

**Keywords:** UV-C, Evaporator, Cold room, Water jets, Water defrost