



XVIII CONBRAVA - CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DO AR

São Paulo Expo – 13 à 15 de setembro de 2023

EVAPORADOR AUTOLIMPANTE

PAPER 28

RESUMO

Esse trabalho apresenta um Evaporador com Sistema Autolimpante (EA) para aumentar-se a segurança alimentar e a qualidade dos produtos armazenados. Dois pontos principais são o enfoque para isso: sanitização UV-C e equalização operacional. Esse equipamento segue a sequência de um projeto iniciado em parceria com uma ICT e uma empresa. Para os resultados apresentados foram realizados estudos e ensaios com um protótipo em escala real operando em uma câmara fria experimental instrumentada com uma série de sensores. Todas as variáveis lidas foram enviadas remotamente para um servidor online. Todo o controle e monitoramento do experimento foi feito de maneira remota com aplicação de ferramentas IoT. Com todas as variáveis conhecidas efetuaram-se ensaios comparativos entre evaporadores idênticos: um operando de maneira tradicional (com degelo efetuado por resistências) e outro (EA) operando com o SHA - Sistema de Higienização com Água efetuando o degelo. Os resultados obtidos apontaram: a redução no consumo de energia, uma variação de 3 °C na temperatura e 10% na umidade relativa no interior da câmara fria, constatando-se que o EA manteve as curvas de temperatura e umidade constantes durante toda a experimentação. Os valores médios observados para essas duas variáveis foram de: TBS: -8,56 °C e UR: 88,2%. Com esses resultados constata-se que o EA, além de eliminar microrganismos causadores de contaminação, também apresenta a capacidade de reduzir a desidratação dos alimentos.

Palavras-chave: Qualidade e segurança alimentar. Inovação AVACR. UV-C na refrigeração. Desidratação de alimentos.

ABSTRACT

This work presents an Evaporator with Self-Cleaning System (EA) to increase food safety and the quality of stored products. Two main points are the focus for this: UV-C sanitization and operational equalization. This equipment follows the sequence of a project started in partnership with an ICT and a company. For the presented results, studies and tests were carried out with a full-scale prototype operating in an experimental cold chamber instrumented with a series of sensors. All read variables were sent remotely to an online server. All control and monitoring of the experiment was done remotely using IoT tools. With all the variables known, comparative tests were carried out between identical evaporators: one operating in the traditional way (with defrosting carried out by resistances) and another (EA) operating with the SHA - Hygienization System with Water performing the defrost. The results obtained indicated: a reduction in energy consumption, a variation of 3 °C in temperature and 10% in relative humidity inside the cold chamber, verifying that the EA kept the temperature and humidity curves constant throughout the experiment. The mean values observed for these two variables were: TBS: -8.56 °C and RH: 88.2%. With these results, it appears that EA, in addition to eliminating microorganisms that cause contamination, also has the ability to reduce food dehydration.

Keywords: Food quality and safety. HVACR Innovation. UV-C in refrigeration. Food dehydration.

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 – Núcleo aletado com grossa camada de sujidade



Esse filme ocasiona a perda de eficiência do equipamento, haja visto que o coeficiente de troca térmica do alumínio 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. Estes estudos foram realizados em parceria com duas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) 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.

Também se investigaram as características no interior da câmara fria promovidas pelo degelo efetuado com resistências elétricas ou com água aspergida. Além disso, ensaios foram conduzidos para conhecer-se o efeito da desidratação causado pela refrigeração em diversos tipos de alimentos tais quais: frutas e carnes.

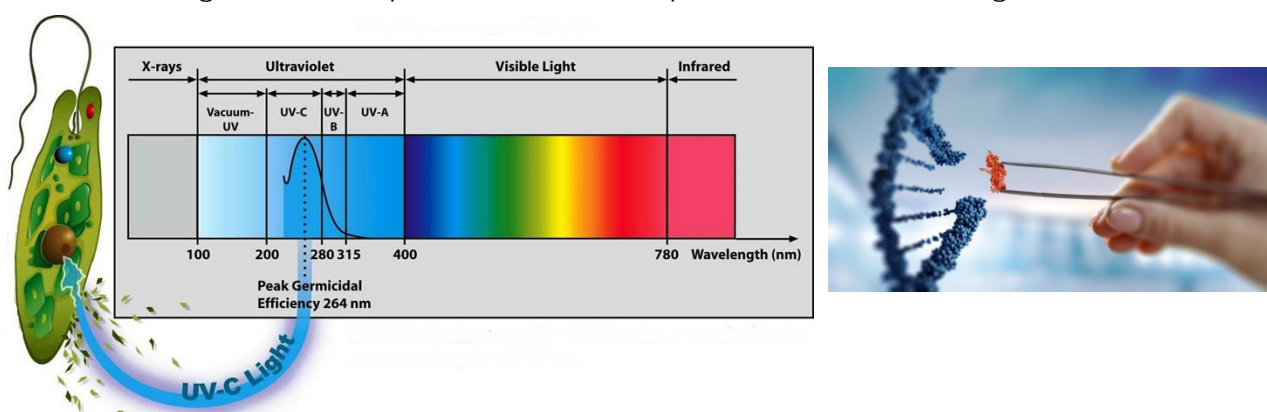
Dessa forma, para que a indústria possa superar esses problemas no ambiente de refrigeração, com vistas à qualidade e segurança alimentar, desenvolveram-se dois sistemas: o SHA - Sistema de Higienização com Água e o SHU – Sistema de Higienização UV-C. O denominado Evaporador Autolimpante, operando com os dois sistemas foi capaz de efetuar a limpeza e degelar a serpentina por intermédio de jatos de água pressurizada, neutralizar os microrganismos presentes na superfície do evaporador e no ar da câmara fria por intermédio de doses de radiação UV-C e manter constante a umidade relativa do ar e a temperatura de bulbo seco durante todo o tempo de experimentação.

2 SISTEMAS DESENVOLVIDOS

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.

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.

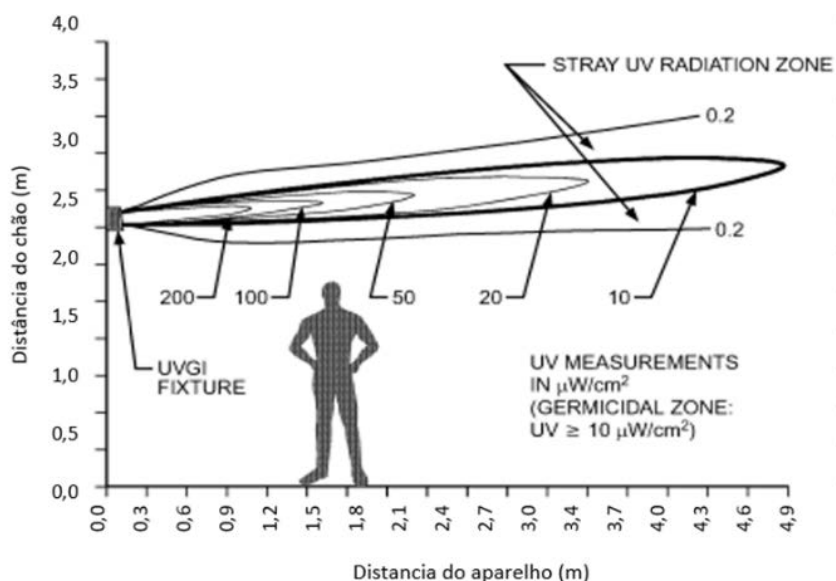
$$\ln \frac{N}{N_0} = -k t I_M \quad (1)$$

em que

N: número de organismos no tempo t, N₀ 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 3, 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 3 – Zona de radiação UV e altura recomendada para a instalação de um equipamento UV-C



2.2SHA – 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.

No que diz respeito ao efeito da transferência térmica durante o degelo, observou-se experimentalmente que em 5 minutos de operação as resistências elétricas conseguem elevar a temperatura do núcleo em 6 °C

(partindo de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e atingindo $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$), enquanto que com água aspergida a $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, pelo dinamismo da operação, o incremento de temperatura é de $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, partindo de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e atingindo-se $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ no mesmo intervalo de tempo. Também é importante mencionar que, desejando-se, o SHA é capaz 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 e do volume de ar da câmara fria.

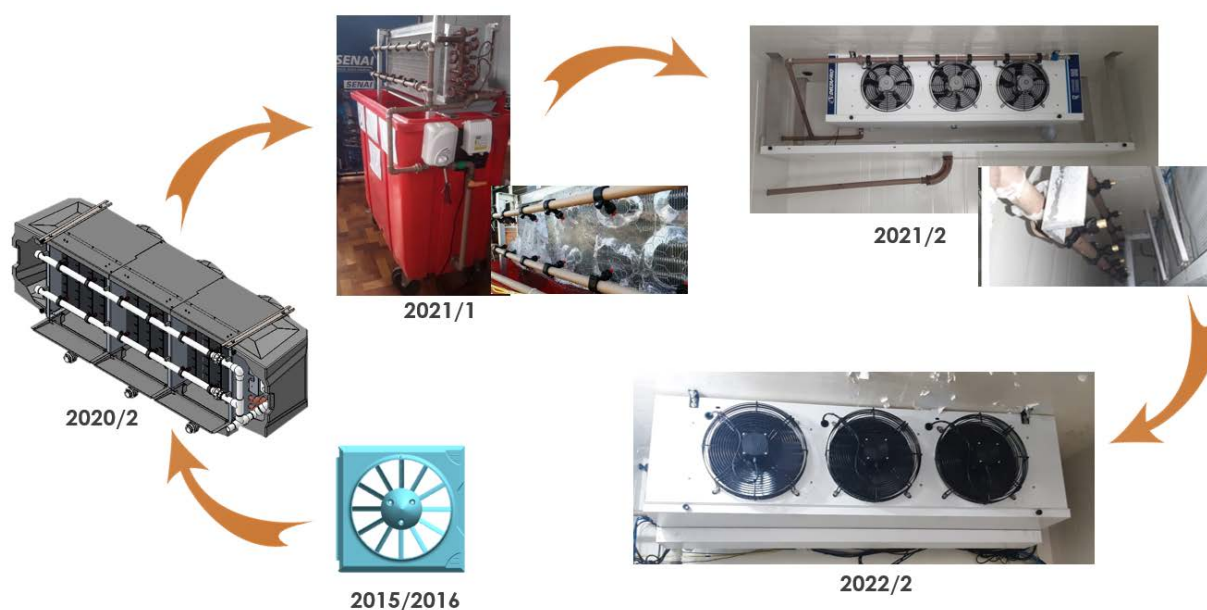
Com o SHA é possível reduzir-se o consumo de energia elétrica, pois não necessita-se de resistências elétricas ou qualquer outro tipo de aquecimento para o degelo. O SHA opera num circuito de ciclo fechado, ou seja a água aspergida é reciclada no interior de um reservatório de 150 L o qual ainda possui uma bomba hidráulica e lâmpadas UV-C. A bomba pode ser programada para efetuar a aspersão em uma série de evaporadores, intermitentemente, enquanto as lâmpadas UV-C neutralizam os microrganismos provenientes do (s) aletado (s).

Além disso, a programação para 30 segundos de aspersão de água por hora além de manter o aletado limpo e desobstruído também eleva a umidade relativa do ar da câmara fria. Experimentalmente, comprovou-se a relação da umidade relativa do ar com a desidratação de alimentos, conforme Subcapítulo 4.

3 PROTÓTIPO

Antes de abordarem-se os experimentos é importante que se elucide, vide Figura 4, alguns marcos até chegar-se no nível de maturidade tecnológica - TRL 7 - apresentado neste artigo.

Figura 4 – Evolução do desenvolvimento do Evaporador Autolimpante



O protótipo obtido no segundo semestre de 2022 foi concebido a partir de desenho de fabricação, o qual também foi utilizado para embasar o pedido de depósito de patente junto ao INPI. Na Figura 5, alguns detalhes do protótipo, testado em ambiente operacional, são apresentados. Maiores detalhes explicativos sobre a operação, a geometria e os componentes aguardam a aceitação do INPI para poderem ser externados.

Figura 5 – Detalhes do protótipo do Evaporador Autolimpante



4 ENSAIOS E RESULTADOS

Com o protótipo instalado na câmara fria efetuaram-se ensaios operacionais com propósito de validarem-se os conceitos: do degelo com água aspergida, da desidratação de alimentos e da automação via IoT.

Dessa forma elucidam-se algumas características importantes:

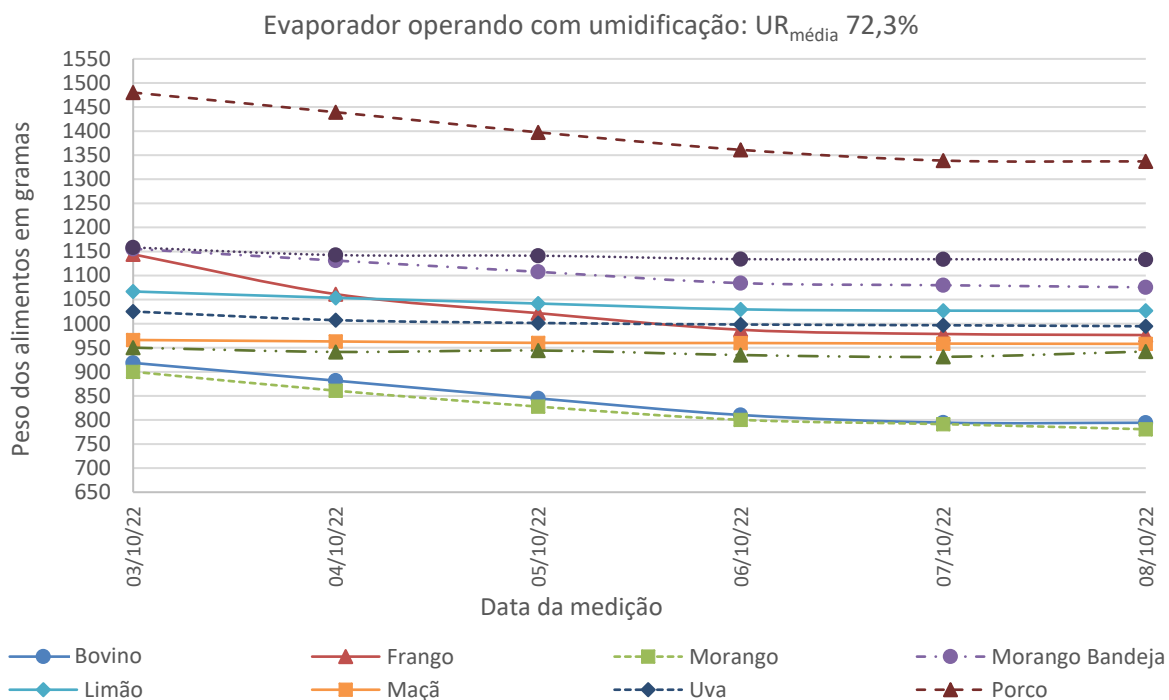
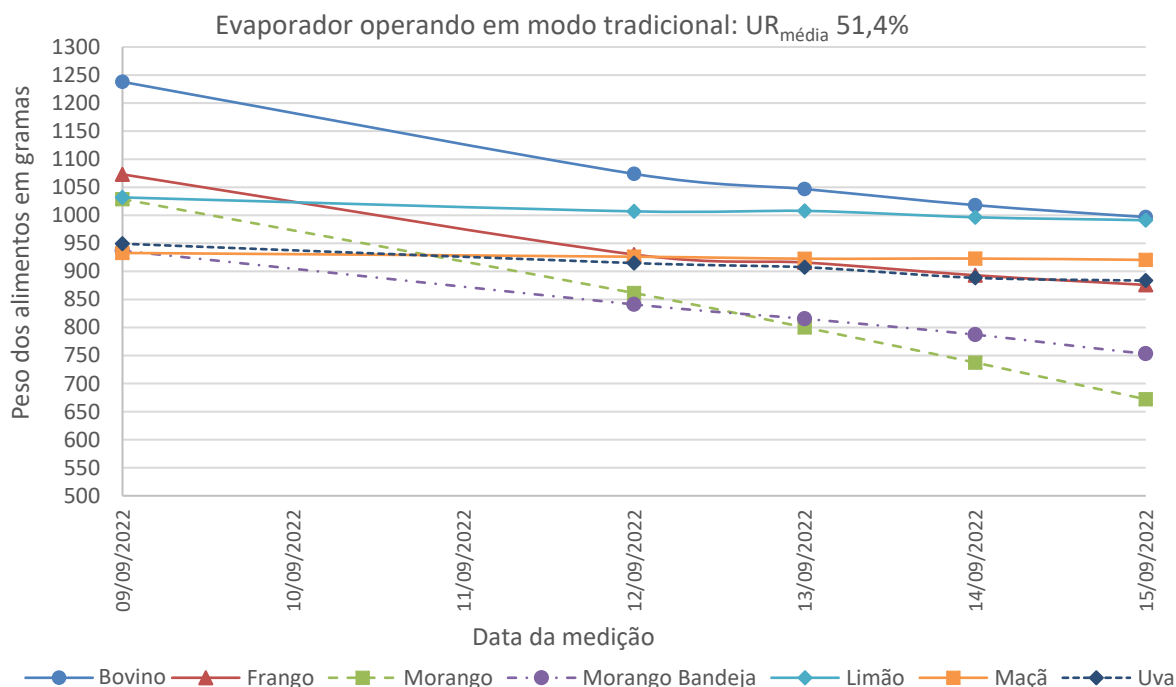
- O sistema de fluxo contínuo operou conforme projetado, notando-se um incremento no volume de água do reservatório, pois o mesmo recebe água oriunda do degelo;
- Em alguns locais do evaporador foi notada a formação de sincelos de gelo, que se desfazem após aspersão prolongada. Por esse motivo além dos 24 acionamentos de 30 segundos um outro de 3 minutos foi programado para acontecer no período noturno;
- Os ensaios de aspersão foram conduzidos com a câmara fria operando em -10 °C (congelados) e 3 °C (resfriados).
- Os resultados obtidos para desidratação dos alimentos envolveram uma outra experimentação a qual comparava um evaporador operando na câmara fria, primeiramente sem intervenção e em seguida com acionamento de um umidificador. De qualquer sorte, eles estão aqui registrados para que se trace o paralelo de umidade relativa do ar versus desidratação de alimentos, uma vez que o Evaporador Autolimpante produziu uma elevação na umidade relativa do ar quando entrou em operação.
- Com o Evaporador Autolimpante a temperatura de bulbo seco (TBS) e umidade relativa do ar (UR) mantiveram-se constante durante todo o experimento. Os resultados apresentados são a média de 3 ensaios conduzidos de maneira idêntica.

Informadas algumas relevâncias, explica-se sucintamente a metodologia aplicada para os ensaios de desidratação e de degelo.

Desidratação dos alimentos: (Câmara fria para resfriados) para os ensaios de desidratação a temperatura no interior da câmara fria foi mantida orbitando os 3 °C e os produtos foram retirados das embalagens para que o efeito da desidratação fosse mais evidenciado. Os alimentos tiveram sua massa aferida antes de serem posicionados sobre uma bancada de metal. A velocidade do escoamento do ar entre os alimentos foi medida e orbitou os 0,55 m/s. Os alimentos foram pesados com balança de precisão durante todos os dias e os resultados foram registrados graficamente ao final do experimento.

Para a análise comparativa, como já mencionado, o ambiente foi inicialmente mantido constante com umidade relativa média de 51,4%. Decorridos 7 dias, os alimentos foram modificados e devidamente descartados. A câmara fria foi higienizada e novos alimentos foram pesados e disponibilizados para o início de uma outra experimentação. Nesse caso acionou-se o EA (umidificador) para elevar-se a UR no interior da câmara fria. Sendo assim a UR média registrada foi de 72,3% (Vide Figura 6).

Figura 6 – Desidratação de alimentos em câmara fria

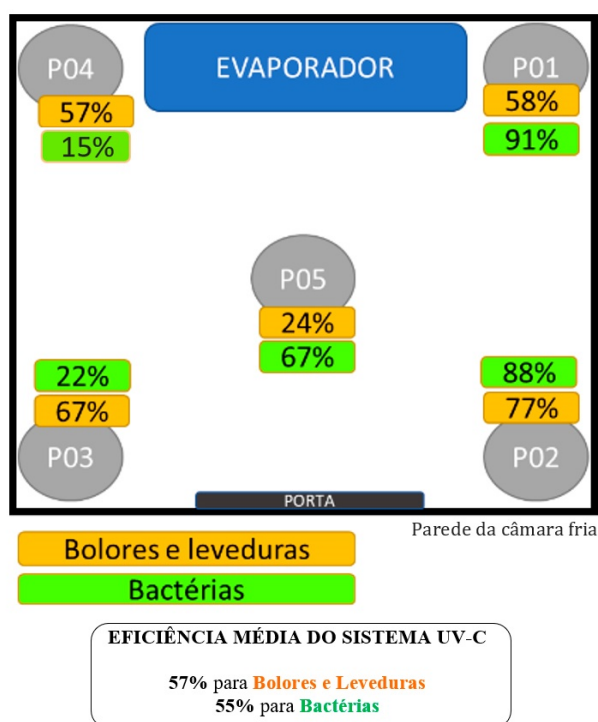


De posse da Figura 6, utiliza-se o caso que apresentou o maior percentual de desidratação para início da análise. Notou-se que os morangos armazenados com a UR_{média} de 51,4% e acondicionados soltos em pilhas perderam 34,7% do seu peso. Já a carne bovina sem embalagem desidratou 19,5%. Em termos comparativos, quando o ensaio foi conduzido com UR_{média} de 72,3% a perda de peso do morango a granel foi de 13,1% e para a carne bovina foi de 13,3%. Dessa maneira é possível constatar-se que a elevação da umidade relativa

do ar no interior da câmara fria influencia de forma significativa na desidratação dos alimentos. Para os dois alimentos citados, a redução na perda de peso ficou na ordem de 21,6% para o morango e 6,2% para carne. Em ambos os experimentos a maçã e o limão perdem menos que 5% do seu peso, sendo os produtos cárneos desembalados, em seguida dos morangos, os que sofrem maiores perdas por desidratação.

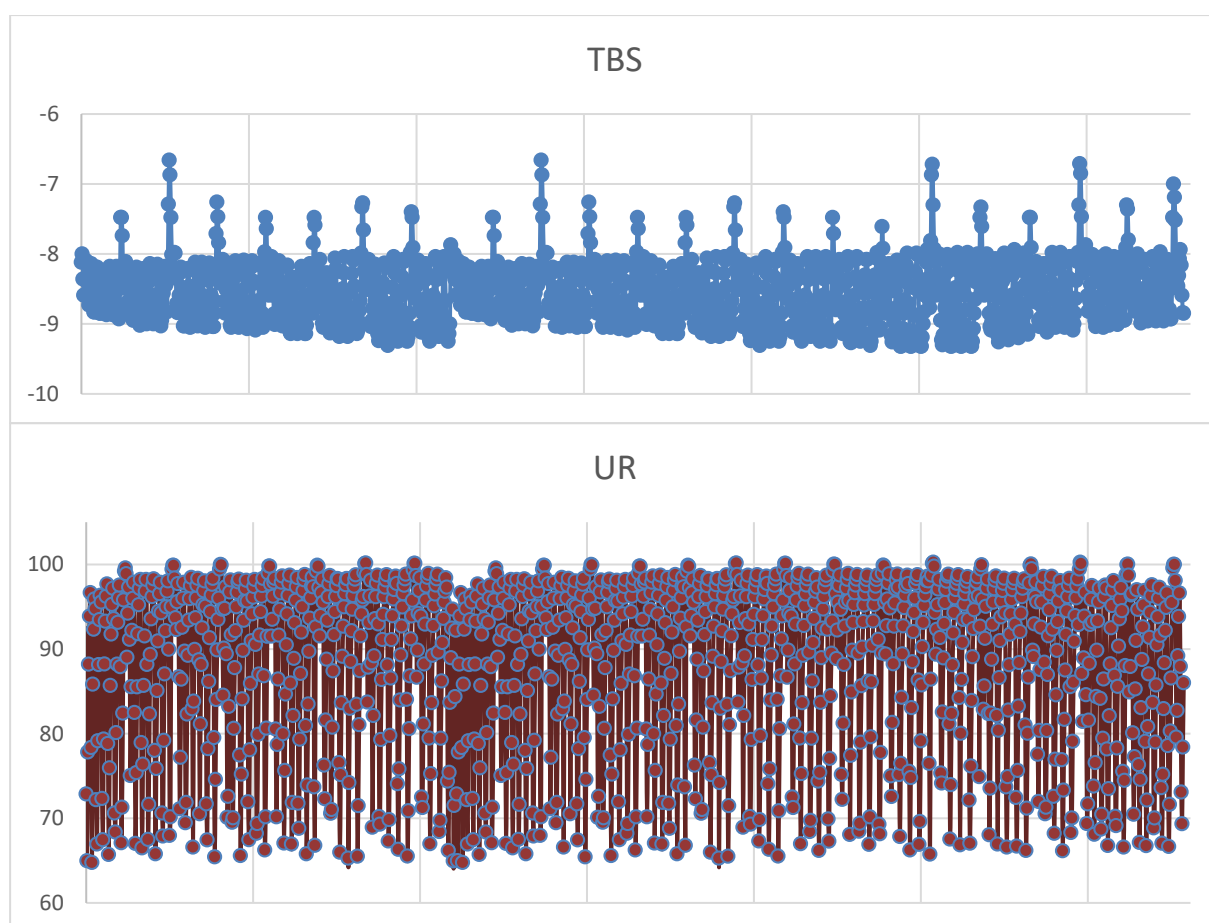
Degelo por aspersão e equalização operacional: (Câmara fria para congelados) para conhecerem-se as características operacionais do EA em ambiente congelado, uma série de sensores foram posicionados interna e externamente na câmara fria e nos componentes que integram a refrigeração. Dessa maneira foram adquiridas, em diversos pontos, a TBS, a UR, a temperatura na superfície externa das tubulações (evaporador e condensador), a pressão do sistema (de baixa e de alta), correntes e tensões de operação além das velocidades do escoamento do ar de cada ventilador. Todas as variáveis lidas, eram enviadas remotamente para um servidor online. Todo o monitoramento e controle do experimento foi feito de maneira remota, com aplicação de ferramentas IoT. Diversas programações de acionamentos do SHA foram testadas, bem como as pressões e vazões da operação. Quanto ao SHU nada foi modificado uma vez que os experimentos conduzidos pela ICT e descritos por Garré et al., 2022, já foram definitivos para prever o tempo de acionamento do sistema (15 minutos). Lembrando que na ocasião, as lâmpadas utilizadas no protótipo possuíam potência três vezes menor que as utilizadas no equipamento atual. Dessa forma espera-se que os valores de eficiência germinicida registrados na Figura 7 sejam otimizados.

Figura 7 – Níveis de neutralização de microrganismos suspensos no ar da câmara fria que é recirculado pelo Evaporador Autolimpante.



A experimentação para o acionamento do SHA em baixas temperaturas foi conduzida com a câmara fria operando a -10°C . A programação utilizada retirava os ventiladores de operação sempre que o sistema era acionado. Já a refrigeração permanecia ligada ininterruptamente durante todo o período de ensaio. Também foram conduzidos 3 ensaios e o resultado gráfico apresentado na Figura 8 é oriundo dos valores médios de TBS e UR adquiridos durante um dia de operação do Evaporador Autolimpante.

Figura 8 – Equalização das características do ar no interior da câmara fria durante meio dia de operação



Debruçando-se sobre os resultados apresentados na Figura 8 é possível notar-se que, para um dia de operação, a refrigeração mantém-se constante apresentando variações pequenas para a temperatura, com 24 picos bem pronunciados originados a cada ativação do SHA. Já para a umidade relativa do ar, a nuvem de pontos originada pelas inúmeras aquisições efetuadas pelos sensores, registra uma variação maior nos valores, embora a grande maioria dos pontos permaneçam agrupados em números superiores a 90%. Ao efetuarem-se as médias para os valores de temperatura de bulbo seco e de umidade relativa do ar obtém-se, respectivamente, $-8,56^{\circ}\text{C}$ e 88,2 %.

5 CONCLUSÕES

No universo de investigações disruptivas é comum deparar-se com algo que ainda não reflete uma necessidade pronunciada para o mercado. Entretanto o Evaporador Autolimpante, que surgiu inicialmente para promover a segurança alimentar por meio de sistemas de higienização, também mostra-se capaz de atuar diretamente na qualidade alimentar.

Segundo, as inúmeras experimentações, conduzidas por empresas idôneas que encontram-se envolvidas nesse projeto em confluência com as pesquisas de diversos autores internacionais é possível afirmar-se que os sistemas que integram o Evaporador Autolimpante já são uma necessidade.

Por esse motivo, espera-se que a tecnologia aqui apresentada seja capaz de primeiramente manter o evaporador e o ar da câmara fria sempre limpos e higienizados para que os riscos à saúde humana sejam reduzidos.

Uma segunda expectativa é que o Evaporador Autolimpante seja capaz de manter a umidade relativa e temperatura do ar constantes num ambiente de refrigeração real com diversas oscilações operacionais decorrentes de quando se abre a porta ou se aumenta a quantidade de alimentos, por exemplo.

Com SHA e SHU integrando o evaporador, poderemos ter 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.

Em última análise, vale ressaltar que esse artigo é a sequência de um desenvolvimento que iniciou-se em 2015, com resultados preliminares apresentados no MERCOFRIO 2022. Logo informações anteriores ao desenvolvimento aqui apresentados estão contidos em Garré et al. 2022. Outras, que por ventura, não puderam ser inseridas nesse artigo, comporão o próximo, o qual será escrito tão logo receba-se o aceite do depósito de patente.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos são feitos a Leonardo Kich (in memoriam), à empresa Deltafrio Indústria de Refrigeração, 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.

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.

Garré, S. O.; Marx, M.; Thomazoni, A. L. R.; Machado, R. R.; Colman, S. M.; Rubi, L. F.; Staats, A. J.; Martiny, D.; Napivoski, J. W.; Silveira, R.; Evaporadores com higienização automatizada: sistemas com água pressurizada e filtragem germicida do ar. in: Mercofrio 2022 - 13º Congresso Internacional de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação. Porto Alegre, 2022.

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. Hugenholtz 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.

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.

CONBRAVA 2023 – São Paulo Expo, 13 à 15 de setembro de 2023 - São Paulo, Brasil

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.