



CLIMATIZADOR EVAPORATIVO DE BAIXO CUSTO

JONAS DE SOUSA CORREA; ANA CLAUDIA WENDLING; GUILHERME ARAGÃO MIRANDA; RODRIGO MARTINS DE ALMEIDA; PRISCILA SCHOEMBERNER DE CARVALHO

RESUMO

Reduzir os impactos ambientais atmosféricos a partir de tecnologias limpas e eficientes resultam em melhoria das condições de bem-estar dos seres vivos. A busca por equipamentos e tecnologias simples são primordiais para redução de impactos ambientais e custos adicionais de energia para a população, principalmente de baixa renda. Este trabalho objetivou propor um sistema de resfriamento evaporativo para melhoria das condições de bem-estar. Nas dependências do Laboratório do Centro Educacional Profissionalizante, foi confeccionado e testado pelos professores e alunos, unidades de cones de feitos a partir de argila de olaria, apoiados em uma placa de PVC de 3,00 mm, previamente umedecido com água destilada até verificação de percolação e posicionado 10 cm à frente de um ventilador de 4 pás convencional de uso doméstico. O aparato foi testado em ambiente hermeticamente fechado, contendo volume de 3 m³ foram mensurados em triplicata: Temperatura (°C) e Umidade Relativa do Ar (%) com auxílio de 2 termo- higrômetros nos ambientes externos e interno para comparação com a presença dos cones de argila, e somente com o ventilador por tempo predeterminado. A temperatura ambiente no interior da capela registrou média de 27,2 °C antes dos testes. Os resultados apontaram que houve uma ligeira melhoria no ambiente, apresentando decréscimo na temperatura ambiente em 7% e a umidade do ar ocorreu um aumento de 18,4 % com a presença dos cones de argila umedecidos (p<0,05). Por se tratar de um protótipo e temperatura e umidades relativamente normais ao clima da região, recomenda-se testar com temperaturas ambientes mais elevadas e por maior tempo, a fim de avaliações mais reais e substanciais.

Palavras-chave: Tecnologia; Climatização de ambientes; Bem-estar.

ABSTRACT

Reducing atmospheric environmental impacts from clean and efficient technologies results in improved conditions for the well-being of living beings. The search for simple equipment and technologies are essential to reduce environmental impacts and additional energy costs for the population, especially those with low incomes. This work aimed to propose an evaporative cooling system to improve well-being conditions. In the premises of the Laboratory of the Vocational Educational Center, units of cones made from pottery clay were made and tested by teachers and students, supported on a 3.00 mm PVC plate, previously moistened with distilled water until verification of percolation and positioned 10 cm in front of a conventional 4-blade fan for domestic use. The apparatus was tested in a hermetically closed environment, containing a volume of 3 m³ and measured in triplicate: Temperature (°C) and Relative Air Humidity (%) with the aid of 2 thermohygrometers in the external and internal environments for comparison with the presence of clay cones, and only with the fan for a predetermined time. The ambient

temperature inside the hood recorded an average of 27.2 °C before the tests. The results showed that there was a slight improvement in the environment, with a decrease in ambient temperature by 7% and the air humidity increased by 18.4% with the presence of moistened clay cones ($p < 0.05$). As it is a prototype and temperature and humidity are relatively normal to the climate of the region, it is recommended to test with higher ambient temperatures and for a longer time, to obtain more real and substantial evaluations.

Key Words: Technology; Air conditioning of environments; Welfare.

INTRODUÇÃO

A busca por tecnologias mais sustentáveis para a melhoria nas condições de vida da humanidade e ao meio ambiente são mais frequentes e importantes.

Atualmente as demandas no setor tecnológico impactam significativamente as relações econômicas da sociedade e, de certa forma ainda existem lacunas nos setores básicos (VERASTO et al., 2011).

A fim de preencher as demandas, uma das saídas apontadas por Gonçalves (2021), encontra-se na inovação e empreendedorismo que com o passar dos anos vem contribuindo significativamente para o meio ambiente.

Um dos problemas ambientais que impactam diretamente na sensação de bem-estar no homem e vem despertando interesse, estão nas pesquisas que envolvem conforto térmico (ENESCU, 2017; ARAÚJO et al., 2021). De acordo com os mesmos autores esses estudos buscam equalizar a relação do equilíbrio de temperatura nos ambientes utilizados pelas pessoas em sistemas fechados.

A concepção e utilização de aparatos evaporativos que resfriam o ambiente, conforme Santos et al. (2020) é uma opção viável para a sociedade para sensação de conforto térmico agradável e redução de custos de energia.

Assim, buscar um condicionamento do ar em locais fechados por equipamentos mais eficazes, que utilizam água como meio líquido pode ser uma opção como contraponto de sistemas usuais como condicionadores de ar (Casas e Vieira, 2021), visto que estes impactam a atmosfera, pelo fato de utilizarem como fluidos em seu sistema gases refrigerantes (MASIERO, 2020).

Regiões com climas quentes e secos, destas a região norte, nordeste e centro-oeste e em contrapartida com a irradiação solar nas edificações que ainda não possuem sistemas de isolamento térmico e por fim utilizam sistemas de condicionador de ar usual, refletem de ordem direta o custo de energia elétrica (MORAES et al., 2021).

Sistemas evaporativos estão sendo levados em consideração nos projetos arquitetônicos para garantir bem-estar animal e dos trabalhadores da área rural (NASCIMENTO E ANDREATTA, 2021).

Utilizar materiais a base de argila (artefatos de cerâmica), é uma possibilidade e um apelo sustentável de ser considerado em projetos evaporativos Moraes e Prado (2020). Em compartimentos de acondicionamento de produtos perecíveis utilizam refrigeradores com o mesmo princípio e material argiloso para conservação (BARROS, 2020).

O objetivo do presente trabalho foi propor um modelo adaptado de condicionador evaporativo.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nas dependências do Centro Estadual de Educação Profissional Hércules Maymone no Laboratório de Química, na cidade Campo Grande, MS.

O clima da cidade possui classificação tropical (Aw de Köppen-Geiger) apresentando duas condições bem características com relação a Temperatura (T) máxima e Umidade Relativa do Ar (UR) mínima: Na época de seca no período de março a setembro 30,2 °C e 59 % e, estação chuvosa de outubro a fevereiro 36,6 °C e 81% respectivamente (INMET, 2021).

A região está inserida no Bioma Cerrado. Os períodos de seca caracterizam-se por muitos advenços de umidade muito baixas, resultando em valores abaixo de 20%, o que implica em quadros adversos respiratórios da população (ALMEIDA E STEINKE, 2016). Para compor o experimento foram utilizados: um ventilador de uso doméstico, da marca *BRITANIA SUPER TURBO MODELO 4000®*, com diâmetro de 400 mm, com 6 hélices, 2 unidades de Termo-higrômetro modelo Oregon para medição da T e UR, e uma capela de laboratório.

Foram modeladas 4 unidades de esfriamento e adsorção de água com material a base de argila utilizadas para confecção de tijolos de 8 furos tradicionais da construção civil (Figura 1).

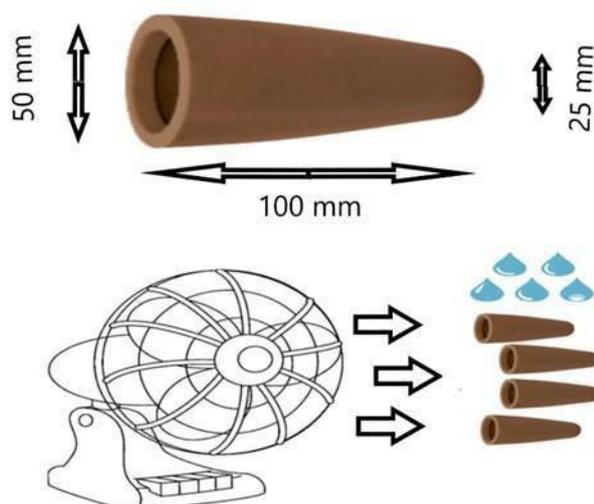


Figura 1. Dimensional e esquemático de montagem do experimento O

experimento ocorreu no interior de uma capela de exaustão de segurança de laboratório, com a porta de vidro de acesso fechado a fim de evitar trocas de calor e umidade, sendo conferidas e registradas as medidas das variáveis de T e UR do Ar por dentro e fora da unidade de teste. Para padronizar a velocidade, foi colocada na posição de velocidade máxima de rotação das hélices.

Duas etapas foram consideradas para o teste designadas: Etapa 1 (E1) sem os cones de argila, e, Etapa 02 (E2) com a presença dos cones de argila, ambas com tempo de medição de 10 minutos cada.

No início de E2 os cones de argila foram previamente umedecidos com o auxílio de uma pisseta contendo água destilada (250mL), e reposição imediata até o ponto de saturação de adsorção para as outras repetições até o desprendimento da primeira gota.

Inicialmente o experimento iniciou com E1, sendo observadas e registradas em planilha as variáveis, seguidas posteriormente com a E2 repetidas em triplicata

simultaneamente.

Os resultados foram tabelados em planilhas e posteriormente receberam tratamento estatístico de inferência no programa Excel for Windows 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) em T e UR (antes e depois) em E2, ao contrário de E1 onde não foi evidenciado em ambas as variáveis (Tabela 1). Na condição E2, ocorreu redução em Td em média de 7%, e para Ur o aumento de umidade foi registrado em 18,4% em um período de 10 minutos.

Experimento envolvendo sistemas de resfriamento evaporativo em instalação de aviários promovido por Sartor et al. (2001), obteve resultados satisfatórios no bem-estar animal, resultando em melhores índices de produtividade.

De acordo com Casaes e Vieira (2021) que utilizando simulação computacional em salas de aula com climatizadores, apontaram baixo rendimento no quesito conforto térmico, porém os mesmos autores recomendam novos trabalhos com apuração de maior tempo na aquisição de dados ambientais.

Tabela 1. Resultado T e UR do experimento.

	E1		E2		E1				E2
	Ta (°C)	Td (°C)	Ta (°C)	Td (°C)	URa (%)	URd (%)	URa (%)	URd (%)	
I	27,8	27,2	27,2	25,4	54	53	53	64	
II	27,6	27,5	27,3	25,4	54	54	54	65	
III	27,6	27,5	27,4	25,6	53	52	53	67	
Média	27,7 ± 0,1	27,4 ± 0,2	27,3 ± 0,1	25,5 ± 0,1	53,7 ± 0,6	53,0 ± 1,0	53,3 ± 0,7	65,3 ± 1,5	

Uma proposta de ventilação natural em salas de espera em uma Unidade de Pronto Atendimento Hospitalar (UPA), realizado em uma região com mesmas características climáticas conforme trabalho de Sanches et al. (2021), sem o emprego de ar forçado, foi considerado como Potencialmente Razoável.

Com ventilação em ambientes a partir de resfriamento evaporativo direto, em pesquisa de Masiero et al. (2020), foi registrado diminuição de temperatura de 6,69 °C em dias frios e 1,74 °C em dias quentes.

Experimento conduzindo sistemas de resfriamento com placas evaporativas, foram satisfatórias (Hanauer e Freitas, 2018). Segundo os autores com esse material houve desempenho nas condições zootécnicas de aves ($p < 0,05$).

Redução de temperatura com evaporadores indiretos conforme Cobas (2018), são mais eficazes com adução de ar mais seco com temperaturas mais altas no sistema para obtenção de melhores rendimentos em relação redução de temperatura e aumento de umidade relativa do ar. Utilizando um protótipo de climatizador pessoal evaporativo por efeito capilar conforme

Junior e Oliveira (2016), constataram eficiência em resfriamento apresentando média de 44% e variação com redução de temperatura de entrada e saída de 3,5 °C.

A partir de painéis construídos a partir de filetes lixados de garrafas PET, como trocador de calor com o ambiente em pesquisa de Pereira (2017) registrou redução na temperatura com eficiência de 11,26%.

CONCLUSÃO

Em relação a temperatura ambiente o sistema proposto se tornou uma opção viável de acordo com os resultados apresentados nesse trabalho. Necessita-se aprimorar o protótipo e suas metodologias aumentando o tempo de exposição em sala controlada.

Utilizar também sensores mais adequados com sistema de monitoramento para verificar as oscilações em função das variáveis externas

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.K., STEINKE, E.T. Casos de internação hospitalar por doenças do aparelho respiratório e sua relação com variáveis meteorológicas no Distrito Federal, entre 2003 e 2012. *Geografia*, v. 41, n. 1, p. 147-165, 2016.

ARAÚJO, M.R., TAVARES, D.F., CAETANO, M.M.O., BITTENCOURT, L.S. Conforto térmico em salas de aula climatizadas para o clima quente e úmido. *Caderno De Graduação - Ciências Humanas E Sociais - UNIT - ALAGOAS*, 2021; 6(3), 169.

BARROS, M.P. Um modelo Simplificado para análise de desempenho de um refrigerador evaporativo de cerâmica. *Pesquisa e Ensino em Ciências exatas e da Natureza*, 5. 2021. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Paes-De-Barros-2/publication/348913298_Um_modelo_simplificado_para_analise_de_desempenho_de_um_refrigerador_evaporativo_de_ceramica/links/6021424ea6fdcc37a81106d9/Um-modelo-simplificado-para-analise-de-desempenho-de-um-refrigerador-evaporativo-de-ceramica.pdf. Acessado em 20 de julho de 2021.

CASAES, E.C.B., VIEIRA, V.M. Simulações computacionais de desempenho termoenergético de climatizador evaporativo em salas de aula. *Revista Scientia*. 2021, 15(6); Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/scientia/article/view/9586>.

COBAS, A.L. Estudio del ahorro energético de distintas configuraciones de enfriamiento evaporativo indirecto. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Energético e Fluidomecânica da Universidade de Valladolid. Novembro de 2018. p. 113. Disponível em: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/34014/TFG-I-1042.pdf?sequence=1&isAllowed=y> acessado em 10 de agosto de 2021.

DOREA, R. D.; COSTA, J. N.; BATITA, J. M.; FERREIRA, M. M.; MENEZES, R. V.; SOUZA, T. S. Reticuloperitonite traumática associada à esplenite e hepatite em bovino: relato de caso. *Veterinária e Zootecnia*, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 199-202, 2011. Supl. 3. ENESCU, D. A. Review of thermal comfort models and indicators for indoor environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017; 79; 1353-1379. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117308109?via%3Dihub>.

GONÇALVES, F.L.P. Contribuições da inovação social e empreendedorismo social para a sustentabilidade. *Revista de Estudos de Gestão e Tecnologia*. Fatec- Itaquaquecetuba, 2021;

15(1); 75-88.

HANAUER, F.M.A., FREITAS, E.S. Sistemas de resfriamento evaporativo em aviários de frango de corte. Arquivos Brasileiros de medicina veterinária FAG, Vol. 1, n. 1, jan/jul. 2018. Disponível em <http://www.themaetscientia.fag.edu.br/index.php/ABMVFAG/article/view/739/758> acessado em 10 de agosto de 2021.

JUNIOR, J.G.S. Oliveira, AM. Climatizador pessoal evaporativo por efeito capilar. Revista META, Belo Horizonte, v. 1. n. 1, p. 64 – 69, 2016. Disponível em: <https://www.periodicos.cefetmg.br/index.php/revistadameta/article/view/820/774>. Acessado em 10 de agosto de 2021.

MASIERO, E., OLIVEIRA, D.K., COSTA, O.P., VECCHIA, F.A.S. Estudo experimental de condicionamento ambiental com resfriamento evaporativo direto. Revista Ambiente Construído. 20(2), April – Junho. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/bwkQMWq6FJgJmkzgTNfQskd/abstract/?lang=pt> acessado em 22 de julho de 2021. MORAES, J., PRADO, E. Hidrocerâmica: conforto térmico sem ar-condicionado. Revolução na ciência. V16, n.16 (2020). Disponível em: <http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/8586/67649882> acessado em 20 de julho de 2021.

MORAES, M.R., SANTOS, E.M., RAELE, M.P. Avaliação do desempenho térmico das alvenarias de uma edificação em região de clima quente e seco. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n., p. 15205-15216, Fevereiro 2021. DOI:10.34117/bjdv7n2-238. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/24602> , acessado em 26 de julho de 2021.

NASCIMENTO, D.R., ANDREATTA, E.R.Z. Arquitetura em edificações rurais: Implantação de um núcleo de suinocultura no município de Ponte Serrada (SC). V.1 (2021): anais do Seminário Internacional de Arquitetura e Urbanismo – SIAU. Disponível em <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/siau/article/view/27915> , acessado em 21 de julho de 2021.

PEREIRA, J.M. Avaliação de desempenho do painel de plástico PET para resfriamento evaporativo. Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de pos graduação em ciências mecânicas da Universidade de Brasília. Brasília, 2017. p. 192. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/31082>. Acessado em 10 de agosto de 2021.

RODRIGUEZ, R.P., DEL ROVERI, C., BERGERMAN, M.G., HORTA, D.G., BARUFI, A.O., NAVARRO, F. Análise do comportamento das rochas alcalinas do Planalto de Poços de Caldas. Tecnologia dos Minerais 2011; 8(8);90–6.

SANCHO, T.A.V., SILVA, J.C.R., SILVA, C.F., SALES, G.L. Potencial de aproveitamento da ventilação natural em unidades de pronto atendimento (UPA) no pós-pandemia. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n. 1, p. 11031 -11050, jan. 2021.

Disponível em <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/23956/19225>
acessado em 10 de agosto de 2021.

SANTOS, A.F., HOFFMAN, M.L., SOUZA, J.L., GASPAR, P.D. Climatizadores evaporativos indiretos ecológicos e populares para redução do estresse térmico em ordenhadeiras para humanos e animais. Editora Atena, 2020, Cap. 11, Ampliação e Aprofundamento de Conhecimentos nas Áreas das Engenharias 2, p. 110-116.

SARTOR, V., Baêta FC, Luz ML, Orlando, RC. Sistemas de resfriamento evaporativo e o desempenho de frangos de corte. Revista Scientia Agrícola, v. 58, n. 1, p. 17-20, jan/mar. 22001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/SVMsG6PQ3R7mnCpyk6cwFBM/?format=pdf&lang=pt>. acessado em 10 de agosto de 2021.

VERASTO V.V, SILVA, D, FILHO, J.B, MIRANDA, SIMON, F.O. Educação, tecnologia e sustentabilidade para a consolidação do Espaço Iberoamericano do Conhecimento: percepção pública das atitudes de graduandos brasileiros do Estado de São Paulo. Revista Iberoamericana de Educacion 2011; 57; 145–164.