

USO DO RESFRIAMENTO EVAPORATIVO EM CLIMAS ÚMIDOS: ESTUDO DE CASO EM PAVILHÃO INDUSTRIAL NA CIDADE DE SANTA MARIA/RS¹

GARLET, Liége (1); CUNHA, Eduardo Grala (2); Santos, Joaquim C. Pizzutti (3)

(1) UFSM, e-mail: liegeg9@gmail.com; (2) UFPEL, e-mail: eduardogralacunha@yahoo.com.br; (3) UFSM, e-mail: joaquimpizzutti@hotmail.com

RESUMO

A falta de renovação de ar em um ambiente de trabalho provoca queda no rendimento dos trabalhadores, favorecendo o aparecimento de doenças devido à exposição ao calor. Como alternativa, sistemas de resfriamento evaporativo produzem aumento da umidade, reduzindo temperatura ambiental, não aconselhado para climas úmidos como o da cidade de Santa Maria/RS. Nesse sentido, este trabalho avaliou a utilização do resfriamento evaporativo direto em pavilhão industrial, na cidade referida, analisando-se o conforto térmico. Na análise, utilizaram-se simulações termodinâmicas com software EnergyPlus, baseadas na operação real da indústria ventilada naturalmente, comparada ao acréscimo do resfriamento evaporativo e, por último, aumentando a ventilação em 5 ren/hr junto ao resfriamento. A avaliação demonstrou melhora de 8,47% no conforto térmico em relação à condição real quando utilizados os resfriadores, sendo mais expressiva na combinação do resfriamento com ventilação com 5 ren/h, que reduziu o desconforto por calor em 27,8%. Observando-se as temperaturas internas, há redução de até 2°C na UR acima de 80% e até 3°C na UR próxima aos 50%. Quando inserida ventilação em 5 ren/h, há redução de 7°C na alta umidade e 12°C na baixa, revelando a importância do projeto arquitetônico e da estratégia de ventilação natural com controle e dimensionamento.

Palavras-chave: Resfriamento evaporativo. Conforto térmico adaptativo. Pavilhão industrial.

ABSTRACT

The lack of air renewal in a work environment causes drop in workers' productivity, favoring the onset of diseases due to exposure to heat. Alternatively, evaporative cooling systems produce increased humidity, reducing environmental temperature, not suitable for humid climates such as the city of Santa Maria / RS. Thus, this study evaluated the use of direct evaporative cooling in industrial building in that city, analyzing the thermal comfort. In the analysis, we used EnergyPlus software thermodynamic simulations, based on actual operation naturally ventilated industry, compared to the increased evaporative cooling and, finally, increasing the ventilation 5 ren/hr by the cooling. The assessment showed improvement of 8,47% in the thermal comfort of the actual condition when used chillers, being more significant in combination with cooling ventilation 5 ren/h, which reduced discomfort by heat in 27,8%. Observing the internal temperature, is decreased by 2 ° C at RH above 80% and up to 3 ° C in the next 50% RH. When inserted ventilation 5 ren / h, there is a reduction of 7° C in high humidity and 12 ° C in low, revealing the importance of architectural design and natural ventilation strategy with control and dimensioning.

Keywords: Evaporative cooling. Adaptive thermal comfort. Industrial building.

1 INTRODUÇÃO

¹ GARLET, Liége; CUNHA, Eduardo Grala; SANTOS, Joaquim C. Pizzutti. Uso do resfriamento evaporativo em climas úmidos: estudo de caso em pavilhão industrial na cidade de Santa Maria/RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2016.

A falta de renovação do ar em um ambiente interno de trabalho provoca queda no rendimento do trabalhador, principalmente nos períodos mais quentes e úmidos, favorecendo o aparecimento de doenças devido à exposição ao calor em excesso. De acordo com Scigiano e Hollo (2001), há perda da eficiência humana de 1,8% a cada grau de temperatura que ultrapassar os 27° C, aumentando os acidentes de trabalho por sobrecarga térmica na proporção que o conforto térmico baixa, podendo chegar a 40% quando a temperatura estiver 10°C acima do nível de conforto (Tabela 1).

Tabela 1 – Consequências do aumento da temperatura no ambiente de trabalho

Temperatura do ambiente	Consequências
> 27°C	Perda na eficiência humana de 1,8% (a cada 1°C)
10°C acima do nível de conforto	Risco de acidentes de até 40%

Fonte: Adaptado de Scigiano e Hollo (2001).

Por vezes, os sistemas de condicionamento de ar convencionais demandam muita energia para que se possam conceber ambientes de trabalho em condições de conforto térmico. Como alternativa mais econômica, está se utilizando, em pavilhões industriais, aparelhos resfriadores evaporativos.

O resfriamento evaporativo é um sistema utilizado para aumentar a umidade do ar e diminuir a sua temperatura. Seu funcionamento está fundamentado na evaporação da água, ou seja, na mudança da fase líquida para a fase vapor, podendo ser obtido de forma direta ou indireta. Os resfriadores mais utilizados nas indústrias são os de resfriamento evaporativo direto e, conforme Masiero (2006), consistem em um dispositivo eletromecânico de ventilação forçada que insufla ar externo, fazendo-o passar para o interior da edificação através de um filtro umeificado de celulose conhecido como *pad cooling* e chamado de painel resfriador.

Para Lamberts et. al (2014), a evaporação da água pode reduzir a temperatura e simultaneamente aumentar a umidade relativa de um ambiente, sendo recomendada apenas quando a temperatura de bulbo úmido (TBU) máxima não exceder os 24° C e a temperatura de bulbo seco (TBS) máxima não ultrapassar os 44 °C para países em desenvolvimento. O resfriamento, segundo o mesmo autor, é também indicado quando a umidade relativa for muito baixa e a temperatura inferior a 27 °C, devido ao desconforto gerado pelo ar seco, em que a umidificação irá melhorar a sensação de conforto.

A Carta Bioclimática de Santa Maria/RS (FLORES, 2014) recomenda como uma das estratégias de projeto para edifícios residenciais, a utilização do resfriamento evaporativo no período quente do ano. Porém, segundo a classificação climática de Köppen, Santa Maria/RS apresenta clima temperado úmido com verão quente, possuindo estações bem definidas e inverno ameno, com chuvas distribuídas em todos os meses, não

apresentando nenhuma estação seca, ou seja, sendo úmido o ano todo (MORENO, 1961). A Agência de Desenvolvimento de Santa Maria (2015) contém dados das normais climatológicas da cidade, para o período entre 1961 a 1990, no qual a umidade relativa do ar aparece acima de 69% em todos os meses do ano e na média dos 76,5%.

Uma das maneiras de se verificar a funcionalidade do resfriamento evaporativo é a avaliação pelo índice de desempenho do resfriamento evaporativo (FI). Este índice avalia, de forma aproximada, o potencial do resfriamento evaporativo, que é obtido subtraindo a depressão de bulbo úmido ($\Delta T = TBS - TBU$; sendo TBS e TBU, respectivamente, temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido) da temperatura de bulbo úmido. O índice será menor quanto maior for a diferença entre as temperaturas de bulbo seco e úmido, ou seja, quanto menor a umidade relativa do ar (CAMARGO, 2008).

Watt (1963 apud CAMARGO, 2008) adverte que, de modo geral, índices menores ou iguais a 10 indicam resfriamento para conforto, entre 11 e 16 resfriamento lenitivo (alívio) e índices acima de 16 classificam o local como não recomendado para utilização de sistemas de resfriamento evaporativo.

Outra maneira de atestar o funcionamento do sistema para os climas quentes e úmidos é a verificação das condições de conforto térmico dos usuários do local, como foi aferido neste trabalho.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência de um sistema de resfriamento evaporativo direto para condicionamento térmico de pavilhão industrial instalado em local de clima temperado úmido e verão quente.

3 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho consistiu na caracterização do objeto de estudo, definição dos parâmetros para a simulação computacional e análise da melhoria do conforto térmico avaliado pelo método adaptativo, utilizando-se a comparação entre simulações da condição real e com o uso do resfriamento evaporativo. Ao final, foi definida uma última análise com ventilação em 5 renovações de ar por hora mais o resfriamento, relacionando o sistema de resfriamento ao uso da ventilação natural.

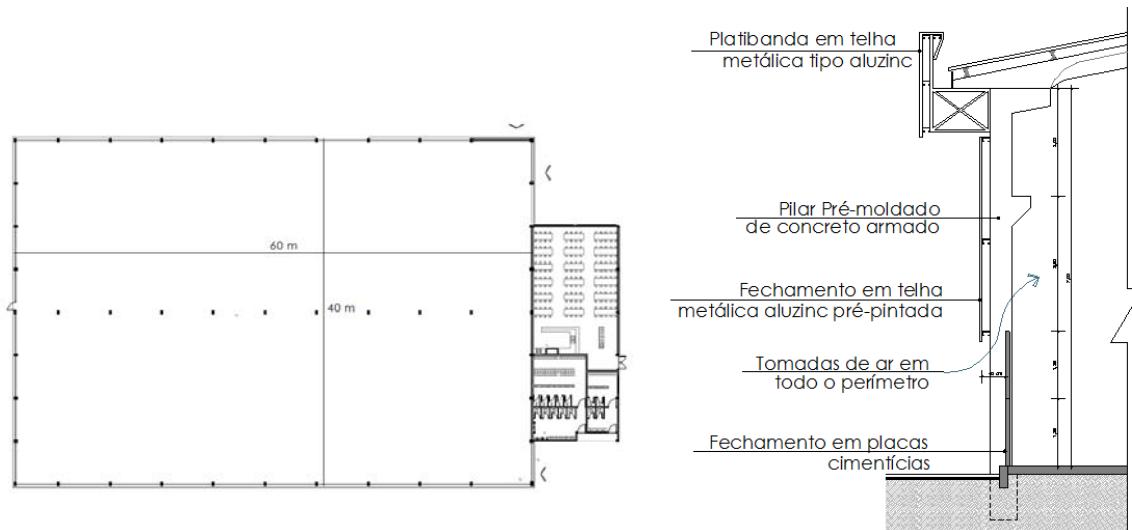
3.1 Objeto de estudo

A edificação objeto de estudo, localizada na cidade de Santa Maria - RS, Zona Bioclimática Brasileira 2, com área de 2.392,00 m² e pé-direito de 7,25m, caracteriza-se por ser um pavilhão industrial e aloca uma indústria metalomecânica, principal tipologia industrial encontrada na cidade.

Para o estudo do resfriamento evaporativo foram comparados modelos diferentes da edificação: o primeiro considerou a condição real do pavilhão, com uso de ventilação natural nas 24h do dia, e o segundo, mantido o uso da ventilação natural, acrescentado um sistema de resfriamento evaporativo nos períodos de funcionamento da edificação. Ao final destas análises, configurou-se um novo modelo com aumento na taxa de ventilação para 5 ren/h, além do resfriamento evaporativo, avaliando a condição de ventilação no projeto.

As características construtivas de ambos os modelos são as mesmas. O pavilhão apresenta estrutura pré-moldada de concreto revestida por placas cimentícias ($\Delta = 0,7$) até meia-altura, e o restante composto por fechamento de telhas metálicas na cor azul escuro ($\Delta = 0,7$) com espaçamento entre os dois materiais para a ventilação (Figura 1). A iluminação natural no pavilhão é feita através de fechamentos laterais translúcidos que substituem uma das fileiras do fechamento metálico na parte próxima à cobertura. Esta última também utiliza telhas metálicas da mesma cor das utilizadas na parede ($\Delta = 0,7$).

Figura 1 – Planta Baixa do Pavilhão Industrial e corte detalhando a ventilação entre os fechamentos



Fonte: Empresa proprietária do pavilhão industrial

As características termofísicas dos materiais e fechamentos estão expressas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Materiais componentes da edificação objeto de estudo e suas características termofísicas

Materiais utilizados	Características Termofísicas
----------------------	------------------------------

Materiais	Espessura Total (cm)	Conduativ. Térmica (W/m ² -K)	Densidade (kg/m ³)	Calor espec. (J/kg-K)	Absort. Térmica	Absort. Solar
Laje de Concreto	10	1,75	2200	1000	0,90	0,70
Telha: aço galv.	0,5	55	7800	460	0,25	0,70
Placa cimentícia	8	1,75	2200	1000	0,90	0,70

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005

Tabela 3 – Propriedades térmicas dos fechamentos

Fechamento	Transmitância térmica (W/m ² .K)	Capacidade térmica (kJ/m ² .K)
Parede cimentícia	5,118	176
Parede telha galvanizada	6,676	17,94
Cobertura telha galvanizada	7,275	17,94

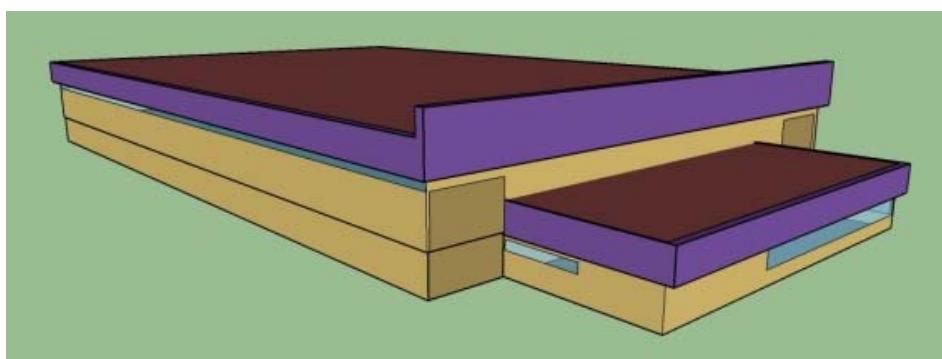
Fonte: Os autores

3.2 Parâmetros da Simulação Computacional

Para a avaliação comparativa dos sistemas de resfriamento evaporativo e da edificação ventilada naturalmente, utilizou-se de simulação computacional realizada através do programa EnergyPlus versão 8.3.0 com auxílio do software Sketchup 15 Make com plugin Legacy Open Studio para a interface gráfica.

A modelagem (Figura 2) baseou-se nas características construtivas do edifício e dados climáticos da cidade de Santa Maria/RS, representados pelo arquivo climático TRY. Aos parâmetros atribuídos ao modelo do pavilhão, além de materiais, estrutura e dimensionamento, somam-se os padrões de comportamento do edifício e dos ocupantes (schedules), e o cálculo da temperatura do solo que foi realizado com auxílio do Pré-processador Slab.

Figura 2 – Modelagem do pavilhão com a interface do software Sketchup



Fonte: Os autores

3.2.1 Condições de uso, ocupação e iluminação

As condições de uso nos modelos elaborados referem-se à condição real da indústria. Quanto à atividade metabólica, considerou-se a atividade relacionada à indústria mecânica de trabalho em máquina ferramenta, do tipo pesado, com taxa metabólica de 210 W/m^2 (3,6 Met), de acordo com o definido na ASHRAE 55 (2010). Foram considerados 56 trabalhadores com Schedule de ocupação de 100% no período das 07h30min às 12h00min e das 13h00min às 17h18min e 5% de ocupação das 12h00min às 13h00min.

O mesmo parâmetro é usado para as *schedules* de iluminação e de equipamentos. A iluminação é feita por lâmpadas de vapor metálico, suspensas, de 250 W cada, totalizando a carga de 28.000 W de potência. Os equipamentos elétricos juntos somam a carga de 175.000 W de potência e foram configurados com fração radiante de 0,5 e 0 para fração latente.

3.2.2 Configuração da situação real

O método de simulação com uso do *software* EnergyPlus considerou para o pavilhão industrial na situação real, os parâmetros de uso do *AirflowNetwork:Simulation Control*. Nesta situação, as esquadrias foram configuradas para abrir 100% ao longo de todo o dia, no campo *Ventilation Control Mode* do *AirflowNetwork:MultizoneSurface* para ventilação constante, determinada pela *Schedule AlwaysOn* (sempre ligada) que é inserida como objeto do *AirflowNetwork: MultizoneZone*.

3.2.3 Configuração do resfriamento evaporativo

Para a configuração do resfriamento evaporativo considerou-se um sistema de resfriamento evaporativo direto com parâmetros de uso do *EvaporativeCooler:Direct:CelDeckPad*. Segundo o Manual de uso do EnergyPlus, o sistema apresenta uma esponja rígida que faz a recirculação de água a partir de um reservatório, provendo a saturação adiabática do ar, fornecendo uma menor temperatura de bulbo seco enquanto que o teor de umidade do ar que sai é maior do que do ar que entra.

O uso do resfriamento evaporativo foi configurado para funcionar apenas nos horários de ocupação do edifício.

3.2.4 Configuração da situação de ventilação com 5ren/h

Esta última configuração foi utilizada para verificar as condições de ventilação na situação real em relação ao resfriamento evaporativo. Para realizá-la, consideraram-se os parâmetros de uso do *ZoneVentilation:DesignFlowRate*, com taxa de ventilação em 5 renovações de ar por hora (5 ren/h) nas 24h do dia, como é a situação do caso real, porém com mais renovações.

3.3 ANÁLISE DE CONFORTO TERMICO

A análise do conforto térmico foi realizada pelo método adaptativo seguindo o modelo de De Dear e Brager (1998), para a ASHRAE 55 (2010). O modelo relaciona as temperaturas médias mensais externas com as temperaturas internas para estabelecer limites aceitáveis de conforto em edificações naturalmente ventiladas, com atividade próxima à sedentária. Para estabelecer limites de 80% de aceitabilidade, a temperatura neutra deve estar entre $-3,2^{\circ}\text{C} \leq T_{oc} \leq 3,5^{\circ}\text{C}$. A Equação 1 define a temperatura operativa de conforto.

$$T_{oc} = 18,9 + 0,255T_{ext} \quad (1)$$

Em que:

T_{oc} = temperatura operativa de conforto

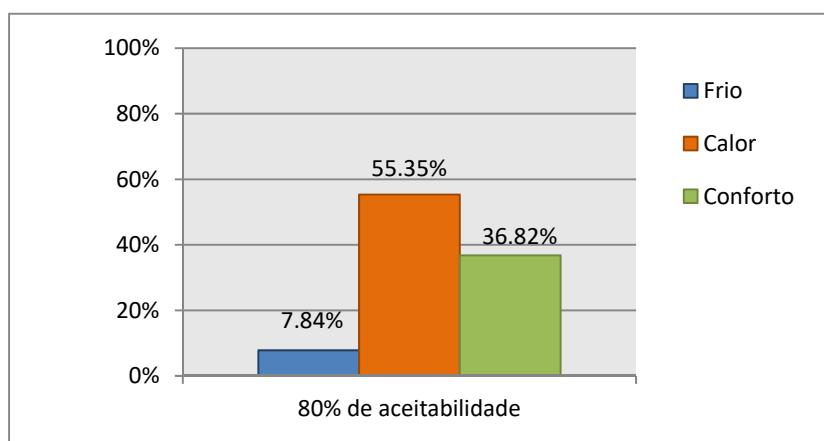
T_{ext} = temperatura mensal média externa

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A simulação computacional dos modelos, com características distintas de ventilação, gerou dados para a análise do conforto adaptativo realizada a partir de gráficos que apresentam o percentual de horas ocupadas em conforto térmico.

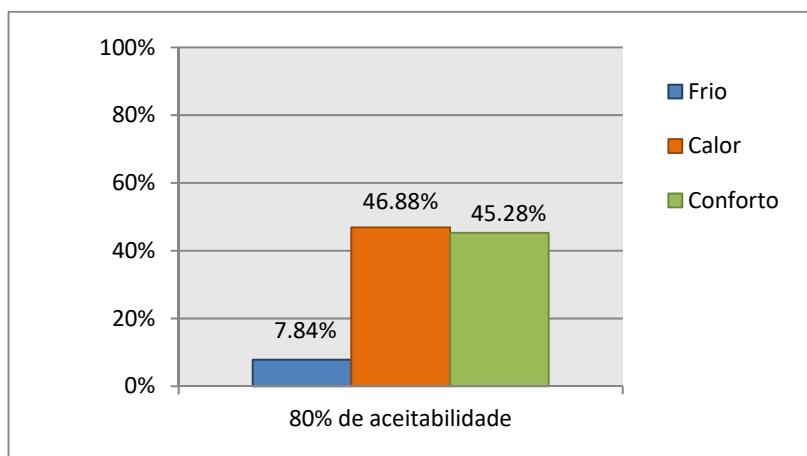
A Figura 3 apresenta a análise para o modelo na situação real de uso da ventilação natural e a Figura 4, a situação real acrescida do resfriamento evaporativo. Na figura 5, o resfriamento evaporativo é configurado junto à ventilação natural com taxa de renovação de ar de 5ren/h.

Figura 3 - Análise do conforto adaptativo para a situação de ventilação natural no pavilhão



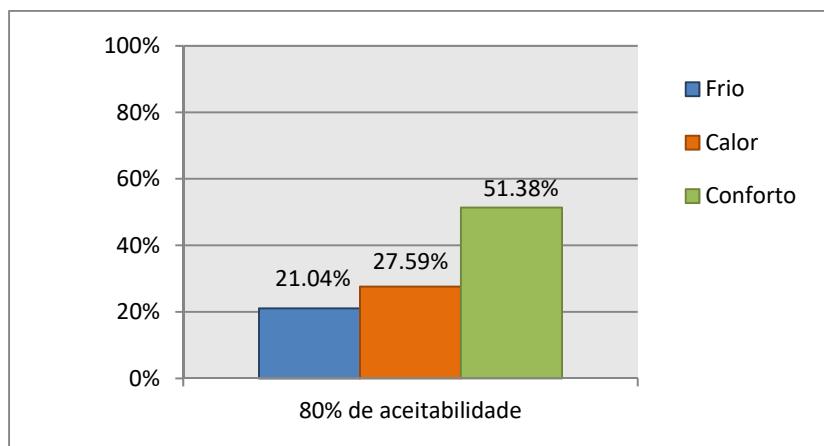
Fonte: Os autores

Figura 4 - Análise do conforto adaptativo para a situação de ventilação natural + resfriamento evaporativo.



Fonte: Os autores

Figura 5 - Análise do conforto adaptativo para a situação de ventilação com 5ren/h + resfriamento evaporativo.

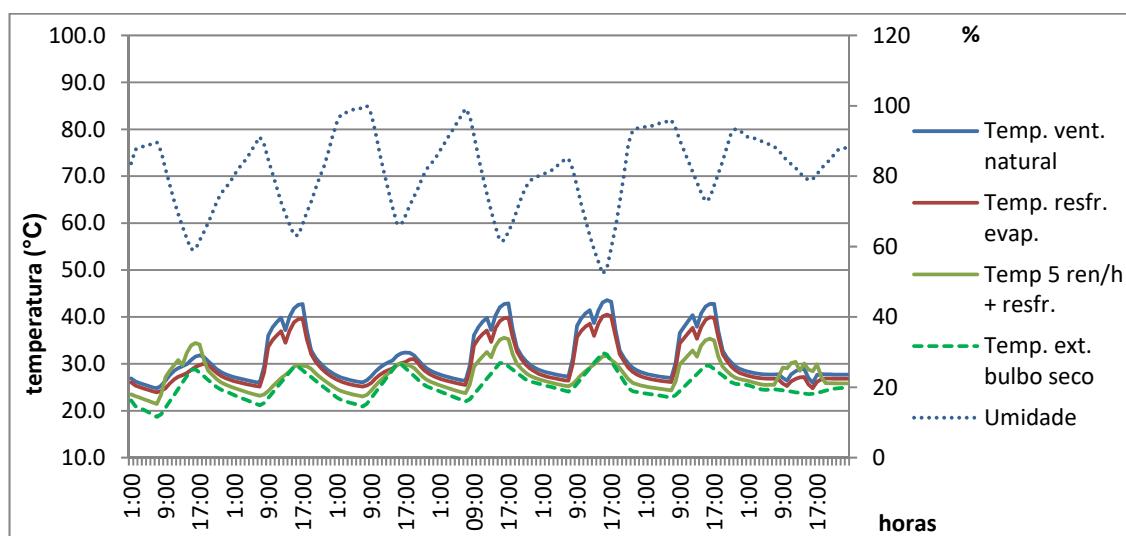


Fonte: Os autores

Observa-se que o percentual de horas ocupadas em conforto térmico é 8,47% maior para a situação do uso do resfriamento evaporativo comparada à situação do caso real. Esta relação é ainda mais expressiva, quando o resfriamento é combinado a uma ventilação com 5 ren/h, reduzindo o desconforto por calor em 27,8%. Nesta última situação, o desconforto por frio aumentou devido à configuração de abertura das esquadrias em 100% durante as 24h do dia.

A melhora no conforto térmico também é perceptível quando observadas as temperaturas internas do local (Figura 6), na análise da semana do dia típico de verão no nível 2,5%, de 17/2 a 23/2, com base no dia 20/2, abordado no trabalho de Flores (2014) e localizado no ano de referência do arquivo climático TRY de Santa Maria/RS.

Figura 6 – Análise da Ventilação Natural X Resfriamento Evaporativo para a semana do dia típico de verão



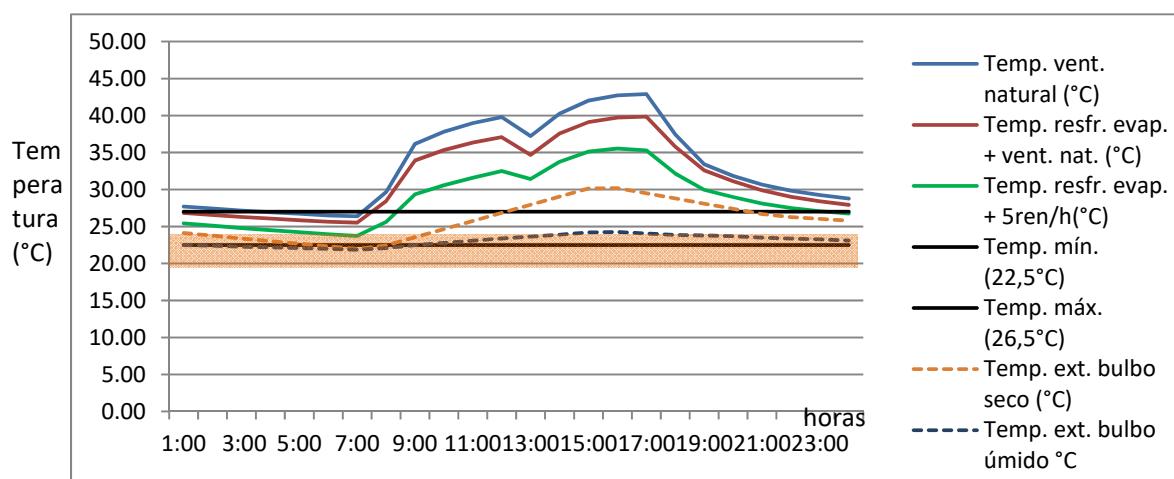
Fonte: Os autores

Na Figura 6, observa-se a redução que ocorre com a temperatura interna quando do uso do resfriamento evaporativo. O pico de temperatura ocorre simultaneamente à redução da umidade relativa, momento em que o funcionamento do sistema de resfriamento é mais eficiente.

Nota-se que a temperatura interna em ambos os casos é maior que a externa e apresenta uma pequena queda no horário de intervalo dos funcionários (entre 12 e 13h), no momento em que a geração interna de calor é diminuída.

O comportamento da edificação se repete ao longo dos dias analisados, tendo o perfil baseado no dia típico (20/2), como pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 – Análise da Ventilação Natural X Resfriamento Evaporativo para o dia típico de verão 2,5% (dia 20/2)



Fonte: Os autores

Na análise do dia típico, a temperatura interna com uso apenas da ventilação natural (condição real), chegou ao seu pico em torno das 17h, alcançando 42,91°C. Quando adicionado o resfriamento evaporativo à situação de ventilação natural, esta temperatura baixa para 39,84 °C e, na situação do resfriamento evaporativo com a ventilação em 5 ren/h, a temperatura passa para 35,30 °C, considerando a umidade relativa de 64% e temperatura de bulbo úmido em 23,90 °C.

O gráfico também demonstra que as temperaturas internas da edificação raramente encontram-se na faixa de conforto (destacada na Figura 7) entre os 22,5 °C e 26,5 °C.

Apesar das falhas do projeto arquitetônico em relação à ventilação no ambiente, o que pode ser percebido quando inserida uma taxa maior de renovações de ar, a competência do resfriamento evaporativo, de maneira geral, demonstra que a relação de funcionamento na situação de elevada umidade relativa do ar (acima de 80%) é de redução em torno de 2°C na temperatura interna. Para os períodos em que a umidade está próxima aos 50%, ocorre redução de até 3°C, como observado para a análise da semana típica de verão apresentada na Figura 6.

Para a conjuntura de uso do resfriamento mais a ventilação em 5 ren/h, a redução na temperatura é mais significativa, alcançando quase 12°C na baixa umidade (em torno de 50%) e até 7°C na alta umidade relativa.

O pico de temperatura na semana típica é representado pelo dia 21/2, em torno de 16h, em que na condição real de uso da ventilação natural, a temperatura é de 43,56 °C, e quando acrescido o resfriamento evaporativo, baixa para os 40,5 °C. Na situação do resfriamento evaporativo com a taxa de ventilação de 5 ren/h, chega aos 31,72 °C, para uma umidade relativa de 54% e temperatura de bulbo úmido de 24,36 °C (Tabela 4).

Ao contrário do que aponta a bibliografia (LAMBERTS, 2014) citada no início do trabalho, mesmo nas situações com a temperatura de bulbo úmido acima de 24°C, o resfriamento evaporativo mostrou-se efetivo na redução da temperatura, embora não tenha sido possível a verificação em temperaturas de bulbo seco acima dos 44°C, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Análise do resfriamento evaporativo relacionado às altas e baixas UR do ar e Temp. de bulbo úmido

Data/Hora	Temp. c/ vent. natural (°C)	Temp. vent. nat + resfr. evap. (°C)	Temp. vent. 5 ren/h + resfr. evap. (°C)	Umidade relativa (%)	Temp. ext. bulbo seco (°C)	Temp. ext. bulbo úmido (°C)
...
20/02 14:00	40,25	37,57	33,74	66	29,04	23,90
20/02 15:00	42,02	39,12	35,13	62	30,14	24,19
20/02 16:00	42,74	39,73	35,54	62	30,19	24,25
20/02 17:00	42,91	39,84	35,30	64	29,49	24,05

...
21/02 14:00	41,34	38,56	30,69	56	31,24	24,06
21/02 15:00	43,08	40,10	31,58	52	32,34	24,34
21/02 16:00	43,56	40,50	31,72	54	31,98	24,36
...
22/02 15:00	42,23	39,41	35,03	73	29,63	25,60
22/02 16:00	42,78	39,90	35,34	74	29,59	25,71
22/02 17:00	42,77	39,85	35,01	77	28,89	25,62
22/02 18:00	36,98	35,69	31,51	81	28,19	25,48
...

Fonte: Os autores

Realizando a análise do índice de desempenho do resfriamento evaporativo (IF) e seguindo o exposto por Camargo (2008), que avalia as temperaturas externas de bulbo seco e bulbo úmido, constatou-se que em 99,3% dos horários do ano, segundo o arquivo climático TRY de Santa Maria, o uso do resfriamento evaporativo se encontra em situação de resfriamento para conforto e o restante em situação de alívio.

Porém, apesar da redução das temperaturas internas devido ao resfriamento evaporativo, em raros momentos a temperatura interna do ar esteve menor que a temperatura externa.

5 CONCLUSÕES

Os resultados das simulações permitiram observar que o uso do sistema de resfriamento evaporativo como estratégia de climatização do pavilhão industrial amenizou a temperatura do ar e gerou um nível de conforto térmico maior do que no ambiente apenas sendo ventilado naturalmente. As análises relacionadas ao índice de resfriamento também atestaram para o uso da estratégia, confirmando o indicado na carta bioclimática de Santa Maria/RS.

Porém, as temperaturas internas do pavilhão na semana típica analisada encontram-se acima dos 27° C, chegando aos 43,56 °C, o que configura risco de ocorrência de acidentes de trabalho por sobrecarga térmica (mais de 10°C acima dos 27°C). Com o uso do resfriamento aliado à ventilação natural existente, embora reduzindo a temperatura para os 40,5 °C, esta condição não muda. No entanto, na situação de aumento da taxa de renovações de ar para 5 ren/h, a temperatura passa para 31,72 °C, saindo da faixa crítica de risco de acidente e entrando na faixa anterior, de perda da eficiência humana, conforme a Tabela 1.

Tal constatação aponta que o resfriamento evaporativo direto, como um sistema isolado, não se configura como a alternativa ideal de implantação ao pavilhão industrial estudado, devido às falhas no projeto arquitetônico que não fazem um bom uso da estratégia de ventilação natural. A estratégia de ventilação natural é determinante para climas como o de Santa Maria/RS, melhorando o aproveitamento do sistema de resfriamento

evaporativo e do conforto térmico de seus usuários, quando utilizada de forma controlada e bem dimensionada.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE SANTA MARIA. Santa Maria em dados. Disponível em: <<http://santamariaemdados.com.br/1-aspectos-gerais/1-2-localizacao/>>. Acesso: 17 dez. 2015.

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE 55**: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, GA, 2010.

CAMARGO, J. R. Evaporative cooling: water for thermal comfort. **Revista Ambiente e água**. Taubaté –SP, 2008. Disponível em: <<http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/118/510>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

FLORES, M. G. **Geração da base climática de Santa Maria - RS – Para Análise de Desempenho Térmico e Eficiência Energética de Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Preservação Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3 ed. Eletrobrás/Procel, Rio de Janeiro, 2014.

MASIERO, E. Resfriamento evaporativo e condicionamento de ar convencional: Estudo experimental comparativo. Dissertação (mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

SCGLIANO, S. e HOLLO, V. **Conforto térmico em edifícios comerciais e industriais em regiões de clima quente**. Ed. Pini. São Paulo, 2001.