XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE DO NÍVEL DE CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÃO VULNERÁVEL REVESTIDA COM EMBALAGENS TETRA PAK® E PROPOSIÇÕES DE PROJETO[1]

SEBBEN, Thaíse (1); SILVA, Thaísa Leal da (2); CUNHA, Eduardo Grala da (3)

(1) Faculdade Meridional – IMED, thaisesebben@gmail.com
(2) Faculdade Meridional – IMED, thaisa.silva@imed.edu.br
(3) Universidade Federal de Pelotas, eduardogralacunha@yahoo.com.br

RESUMO

A realidade de grande parte das habitações instaladas em assentamentos urbanos é considerada precária, sob o viés construtivo e das condições insalubres de moradia, sobretudo no que tange ao conforto térmico. A utilização das embalagens Tetra Pak® nessas habitações tem se tornado como uma alternativa de revestimento, de modo que cria uma barreira nas frestas decorrentes da precariedade da estrutura. Este trabalho tem por objetivo avaliar o nível de conforto térmico de uma habitação vulnerável, localizada em uma ocupação irregular urbana em Passo Fundo/RS, construída com materiais de descarte e revestida internamente com embalagens cartonadas. Para isso, inicialmente, foi realizado um levantamento no local, e logo após, a modelagem das zonas térmicas no software Sketchup, e a simulação no programa Energy Plus. Foram comparados os resultados da mesma habitação com e sem a aplicação do revestimento, além de simulações com outras proposições de projeto. Os resultados demonstraram que utilizar unicamente as embalagens cartonadas como um isolamento térmico não reduz os níveis de desconforto, principalmente com o frio. No entanto, a utilização de estratégias passivas de aquecimento, podem mitigar as condições de desconforto consequente da precariedade da moradia.

Palavras-chave: *Embalagens Tetra Pak. Conforto térmico. Habitação vulnerável. Energy Plus.*

ABSTRACT

The reality of most of the dwellings installed in urban settlements is considered precarious, under the constructive and unsanitary housing conditions, especially with regard to thermal comfort. The use of Tetra Pak® packaging in these cases has become a coating alternative, so that it creates a barrier in the cracks resulting from the precariousness of the structure. This work aims to evaluate the level of thermal comfort of a vulnerable housing, located in an irregular urban occupation in Passo Fundo / RS, built with waste materials and lined internally with carton packs. For this, initially, a survey was carried out on site, and soon after, the modeling of the thermal zones in the Sketchup software, and the simulation in the Energy Plus program. The results of the same dwelling were compared with and without the application of the coating, in addition to simulations with other design proposals. The results showed that using only carton packs as a thermal insulation does not reduce the levels of discomfort, especially in the cold.

[1] Análise do Nível de Conforto Térmico em habitação vulnerável revestida com embalagens Tetra Pak® e proposições de projeto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

However, the use of passive heating strategies can mitigate the conditions of discomfort resulting from the precariousness of housing.

***Keywords**: Tetra Pak packaging. Thermal Confort. Vulnerable Housing. Energy Plus*

1 INTRODUÇÃO

Segundo o último levantamento sobre o déficit habitacional do Brasil, elaborado pela Fundação João Pinheiro (FJP, 2018), só no estado do Rio Grande do Sul, cerca de 240 mil famílias vivem em habitações construídas predominantemente com material que não seja de alvenaria ou madeira aparelhada - denominadas como habitações precárias. A inadequação dessas moradias e as condições de insalubridade e vulnerabilidade, refletem em problemas na qualidade de vida dos moradores, como o desconforto térmico e o risco de contaminação por doenças (FJP,2018).

No intuito de auxiliar as famílias que vivem nessas condições, o projeto social Brasil Sem Frestas (2010) em Passo Fundo- RS, recolhe e customiza as embalagens Tetra Pak® aplicando-as como barreira de isolamento nas paredes e forro das moradias que possuem frestas em sua estrutura, visto que são construídas na sua grande maioria, com materiais de reaproveitamento, como a madeira, telhas e esquadrias. Neste sentido, a utilização das embalagens cartonadas visa minimizar o consequente desconforto térmico, principalmente relacionado às baixas temperaturas no inverno, evitando uma maior troca térmica do meio externo com o ambiente interno.

Alguns estudos relacionados ao desempenho das embalagens cartonadas como isolante térmico mostraram que o material possui características de baixa emissividade, ou seja, diminuem a transferência de calor para a superfície adjacente resultando em maior controle da radiação térmica. (MICLHES, 2017; SANTOS, 2019).

Essa relação entre as trocas térmicas das superfícies e os fatores ambientais, relacionado ao desempenho das edificações quanto ao clima em que estão inseridas, são elementos capazes de proporcionar determinadas condições de conforto térmico para ser humano. O conceito de conforto térmico se refere ao estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda, por uma avaliação subjetiva de aceitação, dependendo de condições fisiológicas e psicológicas, variando de pessoa para pessoa (LAMBERTS ET. AL, 2016; ASHRAE 55, 2014).

Os parâmetros de avaliação deste estudo estão baseados na normativa internacional ASHRAE 55/2014, que trata sobre o conforto térmico adaptativo para ambientes naturalmente ventilados. Esse modelo de avaliação, define intervalos variáveis de temperatura, determinada pelas condições progressivas exteriores. Os principais fatores de desconforto estão relacionados à diferença de temperatura no sentido vertical (entre os pés e a cabeça), radiação não uniforme sobre o corpo, devido também às superfícies e aberturas não isoladas, como o resfriamento convectivo local (ou correntes de ar frias). O desconforto, portanto, nada mais é do que as respostas da exposição do corpo sob uma condição térmica não favorável. (LAMBERTS ETL.AL, 2016).

É notável que a precariedade das moradias construídas em grande parte dos assentamentos urbanos não possui um desempenho térmico adequado - dentre outros fatores estruturais - que possam satisfazer termicamente os moradores que nelas habitam. A alternativa construtiva com o emprego das embalagens Tetra Pak® como revestimento interno visa criar uma maior hermeticidade aos fechamentos

opacos de madeira frente às intempéries, visto a facilidade de aplicação e aquisição conforme a realidade sócio econômica dessas famílias.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar os níveis de conforto térmico de uma habitação vulnerável com o uso de embalagens Tetra Pak® como isolante térmico, por meio de simulações computacionais, comparando ainda algumas alternativas de projeto e de construção que permitam melhorar as condições da moradia.

2 METODOLOGIA

Este trabalho tem como base o uso de simulações no software Energy Plus 8.7 para análise dos níveis de conforto térmico, de acordo com os índices contidos na normativa ASHRAE 55/2014. Posteriormente foram definidas estratégias de projeto para o melhoramento das condições térmicas da habitação vulnerável de análise.

Na primeira etapa foram realizadas medições e registros fotográficos da habitação estudada. Logo após, modelou-se o seu volume no programa Sketchup 2017 nas reais condições encontradas. Na terceira etapa, a utilização do software Energy Plus 8.7 e de planilhas gráficas, permitiu a verificação dos níveis de conforto térmico de acordo com os dados do arquivo climático de Passo Fundo- RS, extraído do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A configuração quanto à ventilação natural se deu pelo método simplificado, que estabelece que as renovações de ar se dão por forças naturais, sem o uso de equipamentos elétricos.

A partir das análises iniciais, verificou-se- o baixo desempenho da habitação pelas condições insatisfatórias de conforto térmico dos moradores, já que a estrutura da habitação não possui massa térmica capaz de armazenar o calor incidido em sua superfície. Dessa forma, foram realizadas novas simulações, com a implementação de alternativas construtivas e o emprego de outros materiais como comparativo entre revestimentos e seus resultados.

Os métodos e materiais utilizados nas simulações no programa Energy Plus visam aumentar a massa térmica das vedações vertical e superior e utilizar de estratégias como o aquecimento solar passivo para minimizar o maior problema de desconforto térmico com as baixas temperaturas. Os componentes construtivos com maior inércia térmica (elementos de maior volume) e a orientação das superfícies voltadas para onde há maior incidência solar, são estratégias de aquecimento da edificação (LAMBERTS ET.AL, 2016).

2.1 Modelagem e configuração

Após a modelagem do volume na interface gráfica *Sketchup,* foram realizadas as configurações no Energy Plus de acordo com os elementos construtivos da habitação, sua orientação solar, número de aberturas e controle da ventilação, quando atingido a uma temperatura interna de 25ºC. A temperatura estabelecida como setpoint de abertura para ventilação está relacionada a média da temperatura externa com a temperatura operativa de conforto interna. Esse modelo de análise definido pela normativa ASHRAE 55 (2014) e adotado para esta pesquisa considera um limite de 90% de aceitabilidade térmica real dos usuários para o ambiente interno, dentro da uma variação de 2,5 ^{0}C, para mais e para menos, da temperatura neutra de conforto térmico. A habitação foi simulada dentro de uma única zona térmica, visto que há somente a parede do banheiro como divisória de ambientes. Foi considerada como ganho interno de ocupação o número de 4

pessoas, a densidade de potência de Iluminação de 5 W/m^2 e ganho interno de carga de equipamentos elétricos de 1,5 W/m^2.

Os dados de condutividade térmica, calor específico e densidade de massa aparente foram extraídos da norma de Desempenho Térmico de Edificações/Parte 2, a NBR 15220 (2005). Para as paredes da edificação, foram considerados a madeira de Pinus de espessura de uma polegada, índice de condutividade térmica (CT) de 0,23 W/m.K , calor específico (CE) de 1340 J/kg.K e índice de absortância térmica de 0,5, além de uma camada de ar de 2cm não ventilada, para superfícies de baixa emissividade e índice de resistência térmica de 0,29 m^2.K/W. As propriedades de condutividade térmica das embalagens cartonadas foram considerados de acordo com cada material de que a embalagem é composta, como o alumínio (CT 0,38 e 896 CE), o papel (CT 0,2 e 1885 CE) e o polietileno (CT 0,38 e 1900 CE).

Já para a cobertura, considerou-se a telha de fibrocimento com condutividade térmica de 0,95 W.m/K e calor específico de 840 J/kg.K, absortância térmica de 0,7, incluindo a camada de ar não ventilada de mesmo valor e espessura presumida nas paredes, bem como os dados das embalagens mencionados anteriormente.

2.2. Objeto de Estudo

O objeto de estudo se localiza em um assentamento urbano ocupado irregularmente, no município de Passo Fundo – RS. Nesse local, existem cerca de 150 moradias, a maioria em situação de precariedade e vulnerabilidade. A ocupação denominada Bela Vista se distribui em pequenos lotes regulares, quadras e ruas de acesso interno, desprovidas de infraestrutura básica de moradia, como abastecimento de água, instalações elétricas regularizadas, captação de efluentes domésticos e tratamento de despejo, bem como coleta seletiva do lixo.

A habitação analisada possui 5,30 x 5,30m, com um pé direito de 2,50m (altura média), e piso com 0,30 de afastamento do solo (Figura 1). Os materiais construtivos são a madeira de envoltória da edificação, e madeira na parede interna que delimita o banheiro, com espessura de uma polegada (0,0254m).

Figura 1 – Foto externa da habitação estudada



Fonte: Os autores.

Conforme apresentado na Figura 2, na sua face interna estão montados os painéis feitos com as ripas de madeira com 1,5 centímetro de espessura e com as embalagens cartonadas costuradas e por vezes grampeadas. Essa modulação possui dimensão de 0,30(L) x 0,90m(A) uma técnica desenvolvida pelo projeto social *Brasil Sem Frestas* para facilitar as instalações.

Figura 2 – Foto interna da habitação estudada



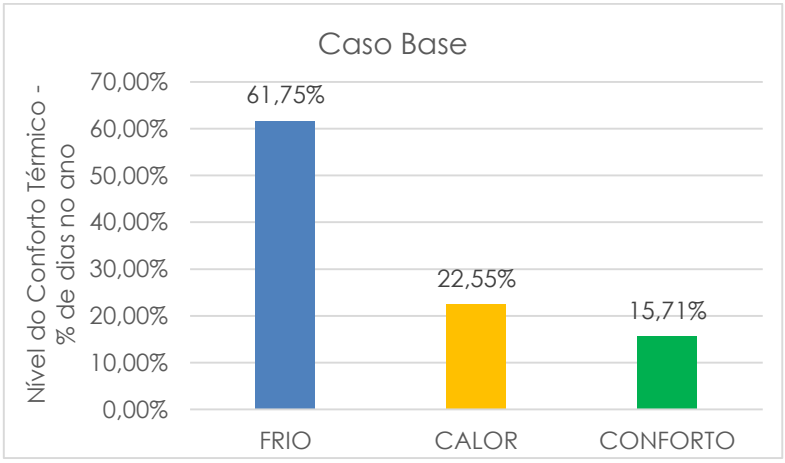
Fonte: Os autores.

Ainda a partir da Figura 2, é possível notar que o piso da habitação também é de madeira com frestas e sem isolamento. A cobertura é de telha de fibrocimento, e abaixo delas, foram adicionadas as embalagens cartonadas, com o mesmo afastamento de 1,5cm entre as telhas e as placas de Tetra Pak.

3 ANÁLISE DE RESULTADOS

O ensaio inicial foi determinado como Caso Base. Nesta primeira análise não houve a aplicação de revestimento interno com as embalagens cartonadas nas paredes e forro. Essa simulação inicial se aproxima das condições reais da maioria das habitações vulneráveis, e o intuito é comparar os níveis de conforto térmico da mesma casa sem a aplicação do revestimento cartonado. Como resultado dessa primeira simulação, verificou-se que os moradores dessa habitação passariam mais de 60% dos dias do ano sob condições de desconforto térmico (Figura 3).

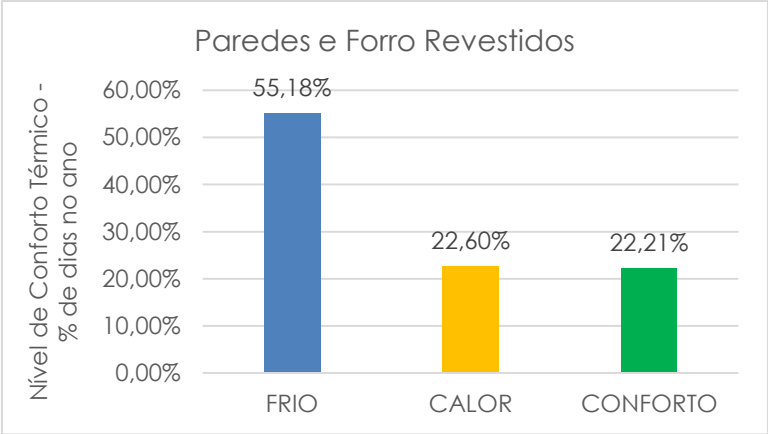
Figura 3 – Simulação do Conforto Térmico no Caso Base



Fonte: Os autores.

Na segunda análise realizada, considerou-se a situação real do objeto de estudo, com revestimento interno cartonado aplicado nas paredes e forro, somada a camada de ar de 1,5cm entre as placas e a estrutura da casa. A partir dessa simulação, verificou-se a relação do aumento do nível de conforto térmico e a consequente diminuição do desconforto causado pelo frio (Figura 4).

Figura 4 –Simulação do Conforto Térmico com revestimento de paredes e forro

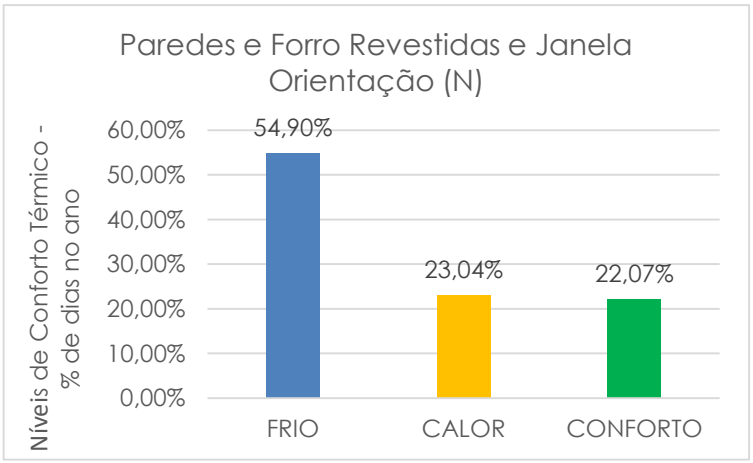


Fonte: Os autores.

No entanto, verificou-se que mesmo a simples aplicação das embalagens Tetra Pak® como material isolante não mostrou uma melhora considerável no nível conforto térmico.

Sendo assim, no estudo analisaram-se alternativas construtivas que pudessem ser implementadas no projeto. Uma das possibilidades adotadas foi adicionar uma abertura voltada para a fachada Norte da edificação, aproveitando a face de maior incidência solar no período de inverno para o aquecimento do ambiente pela superfície transparente. Os dados a seguir mostram que ainda assim, os efeitos da estratégia projetual foram insuficientes no âmbito de conforto térmico (Figura 5). Vale ressaltar que essa simulação também considera as paredes e forro revestidos com as embalagens cartonadas, de acordo com a condição anterior.

Figura 5 – Simulação do Conforto Térmico com revestimento de paredes e forro e inclusão de janela voltada para o Norte

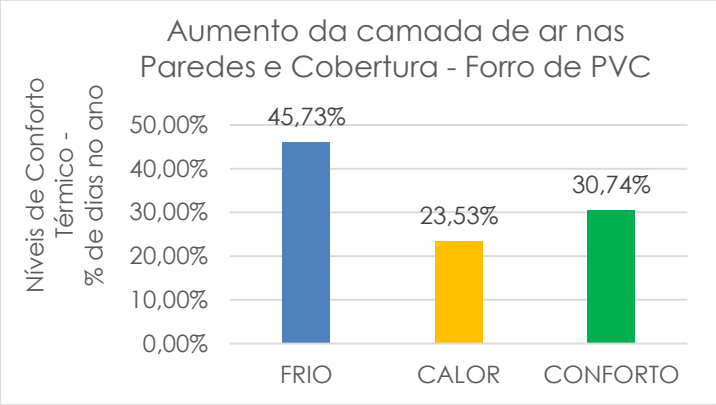


Fonte: Os autores.

A estratégia consiste na prática de aquecimento solar passivo, que permite o acesso à radiação solar diretamente no interior da edificação, criando o "efeito estufa" (LAMBERTS ET.AL, 2014). Porém, para que a edificação mantenha o aquecimento recebido, ela precisa ter elementos construtivos de maior inércia térmica, ou seja, fechamentos opacos mais espessos para acumular o calor incidido em sua superfície e liberá-lo em forma de ondas longas.

Neste sentido, foi simulado o aumento do isolamento térmico da cobertura com a aplicação de forro de PVC, e também o aumento da camada de ar entre a cobertura inclinada e o forro plano, obtendo uma área de maior resistência térmica entre as superfícies não ventiladas. Além disso, ampliou-se a camada de ar entre a parede e as placas de revestimento cartonado, que passou de 1,5 cm para 5 cm de espessura e, consequente aumento da resistência térmica da parede. Assim, o valor de condutividade térmica da parede e da cobertura passou de 0,29 m².K/W para 0,61 m².K/W, considerando que suas superfícies são de baixa emissividade, de acordo com a NBR 15220/2005. Assim, observa-se um aumento do nível de conforto térmico, e uma relação direta com a diminuição no desconforto térmico com o frio (Figura 6).

Figura 6 – Simulação do Conforto Térmico com aumento da camada de ar nas paredes e cobertura



Fonte: Os autores.

Conforme os dados da simulação acima, evidencia-se a importância de aumentar a massa térmica e a densidade da estrutura para armazenar o calor incidido, dificultando assim uma maior variação de temperaturas entre o ambiente interno e o meio externo, independente da aplicação do revestimento cartonado, já que na comparação da habitação com e sem revestimento, os ganhos térmicos foram inexpressivos.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho fez uso da ferramenta de simulação computacional Energy Plus 8.7 para analisar os níveis de conforto térmico de uma habitação vulnerável, revestida com embalagens Tetra Pak®.

O estudo partiu da análise de um Caso Base onde não houve a aplicação das embalagens cartonadas. Posteriormente, simulou-se a situação real da moradia onde há o revestimento instalado em paredes e forro. Conforme os resultados apresentados pelas simulações, percebeu-se que os ganhos nos níveis de conforto térmico entre essas duas situações foram baixos e que somente a utilização de embalagens cartonadas como revestimento interno não se caracteriza como um isolante térmico eficiente.

Assim, buscou-se implementar outras alternativas de projeto, como o aumento do nível de isolamento térmico das paredes e forro e a abertura transparente voltada à fachada Norte, visando o ganho de calor na habitação.

As simulações computacionais implementadas no objeto de estudo permitiram verificar que a inclusão de uma janela voltada para a fachada Norte, juntamente com a aplicação de forro de material plástico (PVC) e o amplitude da resistência térmica das camadas de ar não ventiladas de paredes e forro e o revestimento cartonado, foi possível atingir o nível de conforto térmico de 30,74% na edificação. Além disso, foi possível verificar a diminuição do desconforto causado pelo frio que era de 61,75% (Caso Base sem revestimento) para 45,73% com a implementação das estratégias passivas de aquecimento.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220. **Desemprenho 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.

ASHRAE. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Standard 55.** Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Ais- Conditioning Engineers, INC, 2014

BSF. **Projeto Brasil Sem Frestas.** Passo Fundo, 2009**.** Disponível em: <http://caixadeleite-brasilsemfrestas.blogspot.com/p/sobre.html>. Acesso em: 07 Jul. 2020.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil 2011-2012**. Centro de Estatística e Informações. Minas Gerais, 2015.

LAMBERTS,R.; GHISI, E.; ABREU, A.L.P.; CARLO, J.C.; BATISTA, J.O.; MARINOSKI, D.L.; NARANJO, A.; DUARTE, V.C.P.; **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis, 2016. Disponível em: <http://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf>. Acesso em: 10 Jun. 2020LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F.O.R.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3º edição. 2014. 382p.

MICHELS, Caren. **Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes.** Florianópolis: Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

SANTOS, ALYNE R.C. **Avaliação da emissividade de embalagens cartonadas por termografia e modelagem computacional.** Cuiabá: Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu Mestrado em Ciências Ambientais. Universidade de Cuiabá, 2019.