ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA MORADIA INFORMAL REVESTIDA COM EMBALAGENS CARTONADAS

Thaíse Sebeen (1); Grace Tibério Cardoso (2); Thaísa Leal da Silva (3); Eduardo Grala da Cunha (4); Rodrigo Karini Leitzke (5);

(1) Mestranda no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ), Arquiteta e Urbanista, thaisesebben@gmail.com, Faculdade Meridional – IMED, CEP 99070-220, Passo Fundo-RS, Tel.: (54) 3045-6100

(2) Doutora em Ciências da Engenharia, Arquiteta e Urbanista, grace.cardoso@imed.edu.br, Faculdade Meridional – IMED, CEP 99070-220, Passo Fundo-RS, Tel.: (54) 3045-6100

(3) Doutora em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Bacharel em Ciência da Computação, thaisa.silva@imed.edu.br, Faculdade Meridional – IMED, CEP 99070-220, Passo Fundo-RS, Tel.: (54) 3045-6100

(4) Doutor em Tecnologia de Arquitetura e Urbanismo, eduardograladacunha@yahoo.com.br, Universidade Federal de Pelotas - UFPel, CEP 99060-010, Pelotas-RS, Tel.: (54) 3284-5501

(5) Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PROGRAU), Bacharel em Ciência da Computação, rkleitzke@inf.ufpel.edu.br, Universidade Federal de Pelotas - UFPel, CEP 99060-010, Pelotas-RS, Tel.: (54) 3284-5501

RESUMO

A necessidade de construção de moradias informais, sob condições de vulnerabilidade habitacional pode causar inúmeras consequências relacionadas às condições de conforto térmico e à saúde dos moradores. O objetivo deste trabalho é analisar o desempenho térmico de uma moradia informal revestida internamente com embalagens cartonadas, localizada no município de Passo Fundo - RS, e comparar o seu desempenho na condição de não possuir o revestimento aplicado. Para esta análise, foram realizadas simulações computacionais simplificadas com o software *Energy Plus 8.7*, utilizando o arquivo climático mais recente de 2018, e a identificação dos níveis de conforto térmico sob parâmetros normativos da ASHRAE 55/2017 para 80% de aceitabilidade para ambientes naturalmente ventilados. Foi possível observar os altos índices de desconforto térmico nos períodos de Junho e Janeiro, para o frio e calor respectivamente, mesmo com a aplicação das embalagens TetraPak® como material isolante. Verificou-se que o maior problema está relacionado ao desconforto para o frio, atingindo mais de 40% das horas no ano, consequência da falta de inércia térmica da estrutura. Além disso, as simulações apresentaram índices com mais de 30% das horas no ano em desconforto com o calor, demonstrando a necessidade de ventilar adequadamente o ambiente interno, tanto para o resfriamento passivo da edificação como para a qualidade do ar. Os apontamentos apresentados nesta pesquisa fazem parte de uma pesquisa de caráter qualitativo envolvendo um grupo social atuante e uma comunidade em condições de vulnerabilidade habitacional, o que denota a importância de aproximar a ciência em prol da qualidade de vida de pessoas que dependem de moradias temporárias.

Palavras-chave: Moradias Informais, Conforto Térmico, Simulações, EnergyPlus.

ABSTRACT

The necessity to build informal housing, under conditions of vulnerability, can cause numerous consequences related to thermal comfort conditions and to the health of residents. The objective of this work is to analyze the thermal performance of an informal house covered internally with carton packs, located in the city of Passo Fundo-RS, and to compare its performance in the condition of not having the coating applied. For this analysis, simplified computer simulations were used with the Energy Plus 8.7 software, using the latest climate file from 2018, and the identification of thermal comfort levels under ASHRAE 55/2017 normative parameters for 80% acceptability for naturally ventilated environments. It was possible to observe the high rates of thermal discomfort in the periods of June and January, for cold and heat respectively, even with the application of TetraPak® packaging as an insulating material. It was found that

the biggest problem is related to the discomfort due the cold, reaching more than 40% of the hours in the year, a consequence of the structure´s lack of thermal inertia. In addition, the simulations showed rates more than 30% of the hours in the year in discomfort with the heat, demonstrating the need to adequately ventilate the indoor environment, both for the passive cooling of the building as for the air quality. The notes presented in this research are part of a qualitative research involving a social group and a community in conditions of housing vulnerability, which denotes the importance of bringing science closer to the quality of life of people who depend on temporary housing.

Keywords: Informal Housing, Thermal Comfort, Simulation, Energy Plus.

1. INTRODUÇÃO

As ocupações que se formam irregularmente possuem características de organização particulares, que não se assemelham à configuração formal da cidade, e mesmo as diferentes tipologias das moradias informais estão condicionadas de um modo geral, à privação de acesso aos sistemas de infraestrutura urbana básica, acesso a água potável e saneamento (NADER &LOW, 2019;UN HABITAT, 2018). A maior necessidade para um "sem-teto" é o de possuir um abrigo, um lugar de pertencimento por um período de tempo, em que as condições ambientais e a vulnerabilidade a que podem estar submetidos, e os consequentes problemas relacionados à saúde e a segurança dos indivíduos são menosprezados.

Para Fayazy e Lizarralde (2013) existe uma relação entre a condição de vulnerabilidade e a capacidade de resiliência dos indivíduos frente às dinâmicas sociais, históricas, econômicas e políticas, cujo limitado acesso aos recursos materiais e imateriais possibilitam o desenvolvimento de soluções de adaptabilidade ao meio. Neste caso, os autores analisam a formação de assentamentos informais em locais de risco pós desastres, e a forma como estes abrigos emergenciais efêmeros podem se tornar moradias de uso prolongado, mesmo sob condições inadequadas de habitabilidade; daí a capacidade de resiliência em encontrar recursos de adaptação diante da necessidade de habitar (FAYAZI & LIZARRALDE, 2013).

Dentro do contexto brasileiro, a questão da capacidade de resiliência dos indivíduos pelas condições de vulnerabilidade habitacional está relacionada aos componentes sociais e econômicos do país, já que os históricos índices de desigualdade ainda são elementos de maiores entraves ao atendimento das políticas públicas a essa população mais carente (SIS, 2020). A relação imediata do déficit habitacional pela baixa renda das famílias e o processo histórico de desigualdades no Brasil favorecem a exposição dos indivíduos a situações de risco e os forçam a buscar por alternativas que visem mitigar os efeitos da precariedade construtiva das moradias, ou seja, a desenvolver um estado de resiliência.

De acordo com o levantamento sobre a falta de moradia e ou a inadequação dos espaços construídos, os últimos dados coletados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) mostram que cerca de 21,6% do total da população brasileira (equivalente a 45 milhões de pessoas) residem em domicílios que possuem algum tipo de inadequação e ou precariedade construtiva, localizados nos denominados Aglomerados Subnormais. Dentre os aspectos considerados nestes índices estão a ausência de banheiro de uso exclusivo, paredes externas não duráveis, a implantação em áreas de adensamento excessivo, possuir ônus excessivo de aluguel, bem como a ausência de documento que comprove a sua propriedade (SIS, 2020).

O fator econômico é o principal elemento que dificulta o acesso dessas famílias aos meios e recursos financeiros necessários para adquirir uma moradia adequada, tampouco a possibilidade de obter materiais de construção que proporcione melhores condições de habitabilidade e consiga minimizar os efeitos da vulnerabilidade e do desconforto (RAMALHETE, 2020). A consequência desta inadequação é o aumento dos problemas relacionados à qualidade de vida e saúde dos moradores, atualmente em destaque face à crise sanitária causada pelo novo coronavírus (SARS-Cov-2) e a maior disseminação do vírus nestes grupos, onde há uma densidade maior de pessoas dividindo um mesmo espaço, dificultando as recomendações de isolamento, acesso à produtos de higiene, dentre outras vulnerabilidades (IBGE,2020).

Em se tratando de moradias informais, é inevitável relacionar os processos das ocupações irregulares com os processos de autogestão e autoconstrução. Bedoya (2004) assim descreve como a busca pelo aproveitamento de materiais disponíveis no local para construir suas próprias moradias, visto os condicionantes ambientais e sociais que encontram, numa espécie de adaptação ao que é possível para determinada condição, também chamada de resiliência.

Sendo assim, esta pesquisa destaca a utilização de material reciclável como forma de minimizar os efeitos da vulnerabilidade habitacional de moradias informais no município de Passo Fundo – RS. Trata-se do grupo de voluntários do Projeto Social Brasil Sem Frestas, que utiliza as embalagens cartonadas, comercialmente conhecidas como embalagens Tetra Pak®, como revestimento interno em habitações em

situação de vulnerabilidade. Esta técnica visa minimizar os problemas de desconforto térmico como consequência da precariedade construtiva das moradias, visto que maioria das habitações são construídas utilizando materiais de reaproveitamento como a madeira, telhas e esquadrias, que proporcionam uma baixa estanqueidade da estrutura, aliado ao elevado nível de infiltração das intempéries ambientais pelas paredes, piso e cobertura, justificando a aplicação das embalagens como isolante destas frestas (BSF, 2020). (

Neste tipo de situação, não há um controle do fluxo e da renovação do ar no ambiente interno, e em se tratando de uma região com características de clima temperado, onde o inverno tem temperaturas abaixo de 10ºC, a incidência do vento pode indesejável nestes períodos, já que a condição permanente da entrada do ar por entre as frestas pode proporcionar um resfriamento ainda maior do ambiente, e a consequente perda de calor do ambiente interno para o exterior (LAMBERTS et.al., 2010).

Mesmo assim, a ventilação natural possibilita a eliminação das impurezas do ar acumuladas, minimizando os problemas de contaminação, tornando o ambiente mais salubre. Já no verão com as altas temperaturas, a ventilação natural é a principal estratégia passiva de resfriamento que está ao alcance dos usuários, capaz de reduzir o calor acumulado com o aquecimento das superfícies pela radiação solar, onde grande parte das moradias informais, não utilizam de elementos artificiais para este tipo de controle, como o uso de ar condicionado por exemplo. Para isso, é necessário que as aberturas estejam instaladas perpendicularmente entre si, orientadas ao fluxo dos ventos predominantes, para assim permitir uma corrente de ventilação cruzada no ambiente interno (LAMBERTS, et.al, 2011).

A estratégia passiva de resfriamento da edificação pela ventilação natural é também apontada como uma premissa técnico-projetual na NBR 15220/3 (2005), que estabelece também outros critérios que podem ser observados tanto em fase de projeto como em edificações já construídas, delimitadas à habitações de interesse social, conforme a localização geográfica de cada clima regional especificado. Também é possível verificar o desempenho térmico através das ferramentas de simulações computacionais termoenergéticas, de acordo com a volumetria da edificação, e materiais empregados, diante doscondicionantes climáticos do local(NBR 15220/3, 2005). Estes parâmetros apontados pela norma brasileira podem ser observados neste estudo, afim de proporcionar melhores condições de habitabilidade, de conforto e de higiene, mesmo se tratando de uma moradia informal em situação de vulnerabilidade. Este trabalho justifica-se pela importância da verificação das condições de habitabilidade das moradias vulneráveis, atendidas pelo Projeto Brasil Sem Frestas, que há mais de dez anos desenvolve um trabalho social aplicando embalagens Tetra Pak® como revestimento interno em habitações em precariedade construtiva no município de Passo Fundo-RS. Atualmente o projeto tem expandido o trabalho a outros municípios do território brasileiro, incluindo localidades com climas mais quentes (BSF,2020).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar o nível de conforto térmico de uma moradia informal revestida com embalagens cartonadas em comparação ao seu desempenho sem o revestimento aplicado, com base nos parâmetros da normativa internacional ASHRAE55/2017. A análise também observa os períodos com maiores índices de desconforto térmico para o frio e calor.

3. MÉTODO

O desenvolvimento desta pesquisa foi realizado em três etapas. Na primeira etapa coletou-se dados no local, com o reconhecimento do entorno, a medição da edificação e registros fotográficos.

Na segunda etapa foi realizada a modelagem da volumetria do objeto de estudo no *software Skerchup 2017* e posterior simulação dos dados no programa *EnergyPlus 8.7*, utilizando o arquivo climático mais recente de 2018 do município de Passo Fundo - RS (LabEEE,2021).

A partir dos resultados de saída das simulações computacionais, foi possível analisar o percentual de horas em conforto térmico da moradia para o ano climático definido, comparando o desempenho com a aplicação e sem a aplicação do material cartonado, assim como verificar quais os meses em que ocorreram períodos de maior desconforto, tanto para o frio como para o calor, para a condição real da moradia atualmente (revestida com Tetra Pak®). Estas análises estão embasadas de acordo com os parâmetros de avaliação de conforto térmico para ambientes naturalmente ventilados para o limite de 80% de aceitabilidade dos indivíduos (ASHRAE 55,2017).

3.1. Caracterização da área de ocupação e do modelo da edificação

A área de estudo está delimitada a uma ocupação irregular dentro do território urbano, que atualmente abriga cerca de 150 famílias, denominada ocupação Bela Vista. Estas famílias vivem em habitações desprovidas de infraestrutura básica, como o abastecimento de água, esgotamento, tratamento sanitário e instalações elétricas regulares. A área ocupada está circundada por uma Área de Preservação Permanente (APP), com vegetação de grande porte ao entorno do principal efluente do município (Rio Passo Fundo). O acesso principal à ocupação se dá por uma via principal do bairro, que liga a área central do município aos bairros periféricos. A abordagem tipológica do entorno da ocupação é majoritariamente residencial, com edificações de no máximo dois pavimentos de altura, exceto os blocos verticais construídos na face oposta à Ocupação, possuindo vários blocos de apartamentos com altura média de 30m. Já as moradias da Ocupação pontualmente, são em totalidade edificações térreas, com um afastamento considerável entre as habitações, separadas por lotes pré-determinados pela própria comunidade, que permitem neste caso, a percolação do vento por entre os espaços construídos. Na Figura 1, é possível observar a descrição dos condicionantes do entono urbano da área ocupada, e a localização do objeto de estudo.



Figura 1 – Area delimitada.

Área de Preservação Permanente
Área da Ocupação Bela Vista
Área de Condomínio Residencial – Edificações em altura
Objeto de Estudo
Zona de edificações residenciais térreas regulares (máx.2 pavimentos)

Sobre o contexto climático, Passo Fundo, RS possui Clima Temperado do tipo Subtropical, com 17,70°C de temperatura média anual, chuva bem distribuída durante o ano e ventos predominantes a Nordeste no verão e Sudoeste no inverno (INMET, 2010; PROJETEEE, 2021). As características bioclimáticas da região, de acordo com a Norma de Desempenho Térmico de Edificações Parte:3 NBR 15220/3 (2005b) considera Passo Fundo e a região sul pertencente à Zona Bioclimática 2, e que dentro dessa categoria, existem algumas diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento térmico passivo para as edificações que podem ser implementadas em fase de projeto, afim de otimizar o desempenho térmico dos ambientes internos pós ocupação.

A habitação analisada foi escolhida por conveniência devido à aceitabilidade e disponibilidade dos moradores em participar da pesquisa. A moradia também possui semelhanças construtivas com as demais moradias instaladas na ocupação, no que se refere a dimensões, materiais empregados e número de moradores por área construída.

Na Figura 2, é possível observar as características da edificação. Ela possui uma área construída com cerca de 28 m², sua fachada principal está voltada à orientação Norte, com uma janela principal de vidro e ferro com sistema de abertura de correr, servindo de abertura principal para iluminar e ventilar o espaço interno. Além desta janela, há uma porta de acesso de madeira simples na parede lateral, orientada à Leste.

A planta esquematizada da habitação mostra a proximidade entre as principais aberturas, e que neste caso, dificultam a circulação do ar pela ventilação natural de forma adequada, dentro de todo o ambiente interno.

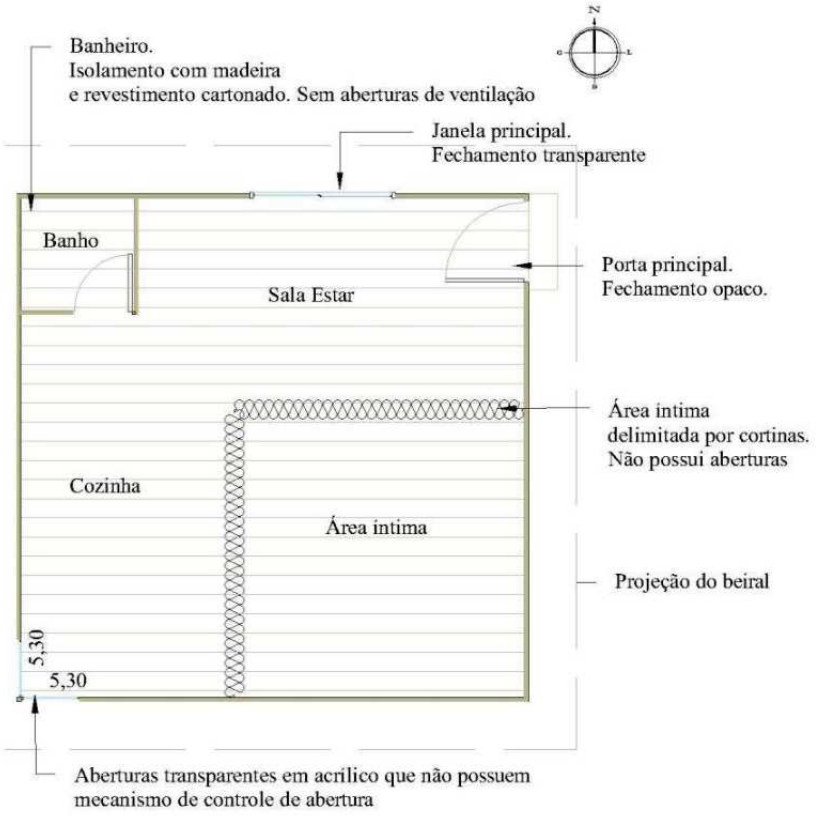


Figura 2 – Planta Baixa da habitação

Os materiais construtivos utilizados são a madeira de reaproveitamento para paredes externas e uma única divisão interna que delimita o banheiro, com espessura de uma polegada (0,025m). Na cobertura são utilizadas telhas de fibrocimento e a janela é de ferro e vidro simples 3 mm.

As Figuras 3 e 4 mostram a fachada externa e o interior da edificação com a aplicação das embalagens cartonadas como material de revestimento. Para facilitar as instalações nas casas, os voluntários do Projeto BSF (2020) desenvolveram uma técnica que permite costurar as embalagens com uma modulação de 0,30m de largura por 1,10m de comprimento, e posteriormente, esse módulo pré-montado é grampeado sobre um quadro de ripas de madeira com 0,015cm de espessura. Na Figura 4 é possível observar que o isolamento das paredes e do forro não limita a entrada de ar por entre a estrutura do piso, também executado com madeira não aparelhada.

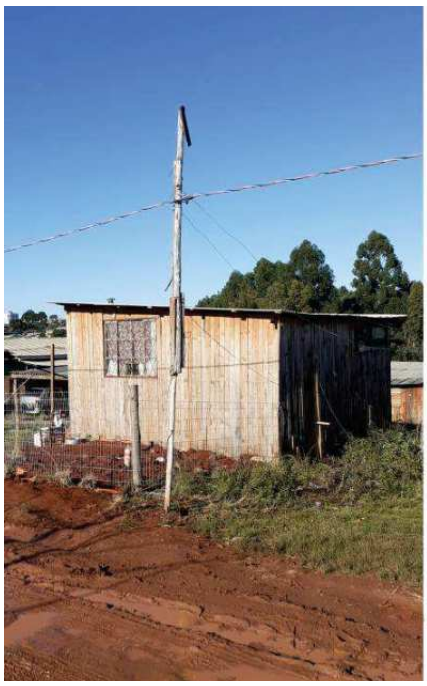


Figura 3 – Fachada externa. Orientação Norte

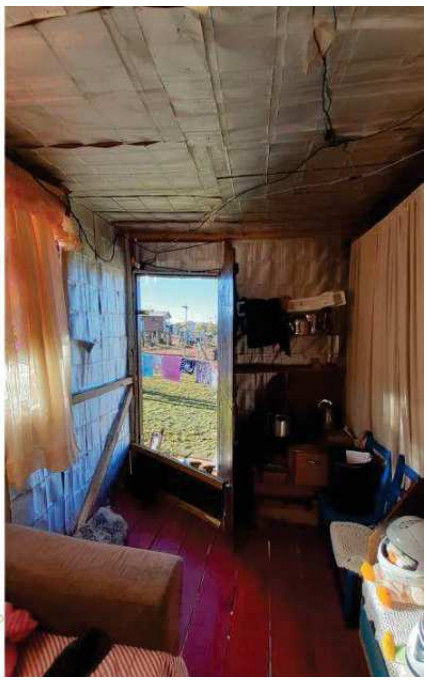


Figura 4 – Interior da edificação com paredes e piso revestidos com embalagens cartonadas

3.2. Caracterização modelo da edificação para a simulação computacional

As configurações do modelo foram realizadas no programa *Energy Plus v.8.7*, após a modelagem do volume no programa *Sketchup 2017*, de acordo com as dimensões reais, números de aberturas, controle de ventilação e orientação solar. O arquivo climático utilizado para a simulação foi definido pelos últimos registros publicados da cidade de Passo Fundo-RS, referentes ao ano de 2018 (LabEEE, 2021).

Para a definição do modelo foi definido uma única zona térmica, visto que a edificação possui apenas uma divisória interna que delimita o banheiro. Como ganho interno de ocupação, está sendo considerado quatro moradores, somados aos ganhos provenientes da iluminação uma densidade de potência de iluminação com 6W/m² e ganho interno de equipamentos elétricos com densidade de potência de 1,5 W/m², conforme estabelece o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) para ambientes de permanência prolongada (INMETRO, 2012). O RTQ-R (INMETRO, 2012) também foi a referência para a configuração das agendas de uso e utilização de sistema de iluminação e equipamentos. As aberturas foram configuradas e controladas com um *setpoint* de temperatura interna de 25,0°C para abertura e renovação do ar interior.

Os dados das propriedades dos materiais da envoltória foram extraídos da Norma de Desempenho Térmico de Edificações – NBR 15220 - Parte 2 (ABNT, 2005a), conforme mostra a Tabela 1, onde apresenta as principais propriedades da envoltória, calculadas de acordo com o método apresentado na NBR 15220 – Parte 2 (ABNT, 2005).

Tabela 1 - Principais propriedades da envoltória, conforme NBR 15220/2 (2005a)

Elemento	**Composição**		**λ W/mK)**	**C (kJ/kgK)**	**μ (kg/m³)**	**α**	**U(W/m²K)**
Paredes	Madeira Pinus (1 pol)		0,23	1,340	650	0,5	1,80
	Tetra Pak	Alumínio	0,896	0,38	2700		
		Papelão	1,885	0,20	970		
		Polietileno	1,900	0,38	958		

Piso	Madeira Pinus(1 pol)		0,23	1,340	650	0,5	3,67
	Tetra Pak	Alumínio	0,896	0,38	2700		
		Papelão	1,885	0,20	970		
		Polietileno	1,900	0,38	958		
Cobertura	Telha metálica		0,95	0,840	2000	0,7	1,09
	Tetra Pak	Alumínio	0,896	0,38	2700		
		Papelão	1,885	0,20	970		
		Polietileno	1,900	0,38	958		

λ= Condutividade térmica; c= Calor específico; α= Absortância solar; μ=Densidade U= Resistência térmica do conjunto.

As simulações computacionais simplificadas do modelo foram executadas pelo *software Energy Plus v.8.7*, e com os resultados das temperaturas operativas internas, pode-se analisar qual o percentual de horas em conforto térmico no ano dentro dos parâmetros da normativa ASHRAE 55/2017 para ambientes naturalmente ventilados. Para análise comparativa dos dados, verificou-se também o nível de conforto térmico anual do modelo na condição de não possuir o revestimento cartonado aplicado. Com base nos resultados obtidos, foram identificados os períodos em que ocorreram os piores desempenhos, tanto para o frio como para o calor, na condição da moradia em seu estado original, ou seja, com o revestimento cartonado aplicado, identificados para o mês de junho com registros de média de temperaturas mais baixas e mês de janeiro, com a média das temperaturas mais altas, de acordo com o mesmo arquivo climático de 2018 (INMET,2021).

4. RESULTADOS

A análise inicial realizada, verificou qual o percentual de horas no ano em que os indivíduos estariam em conforto térmico na moradia em condições reais encontradas, possuindo neste caso, o revestimento interno aplicado em paredes e abaixo da cobertura.

Conforme mostra a Figura 5, verificou-se que o desconforto térmico para o frio é maior, chegando a 41% das horas do ano, quando atinge apenas cerca de 26% em conforto térmico. Ainda, é possível observar o índice de desconforto para o calor, com cerca de 32% do total das horas no ano. Estes resultados consideram uma variabilidade de temperatura de 3,5ºC acima e abaixo da temperatura neutra do período calculado.

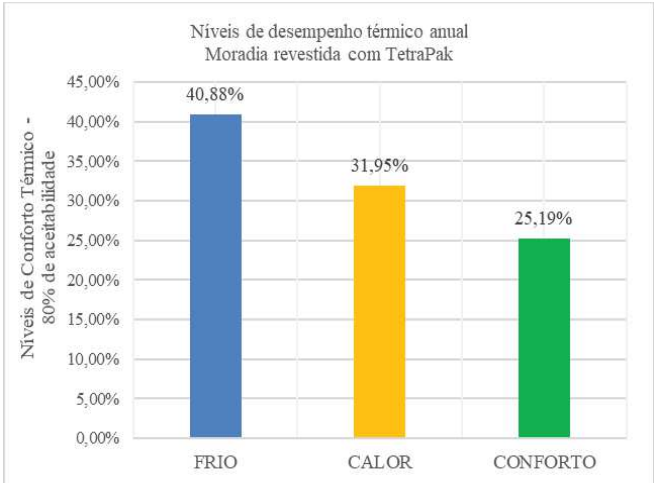


Figura 5 –Níveis de desempenho térmico com TetraPak/Anual

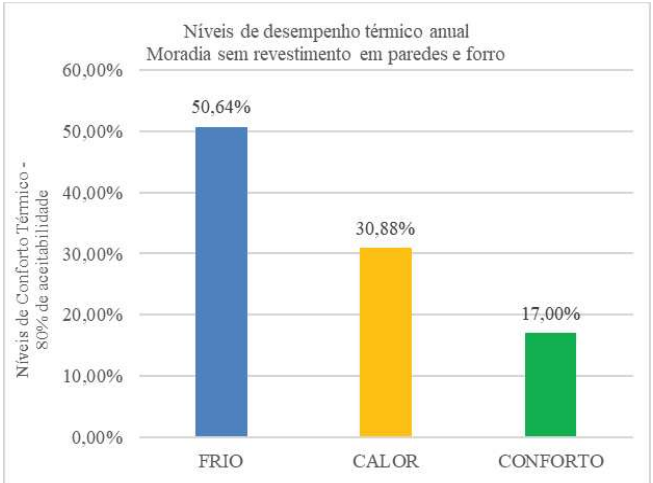


Figura 6 –Níveis de desempenho térmico sem TetraPak/Anual

Já na Figura 6, os resultados apresentados mostram o desempenho térmico da moradia caso não houvesse o revestimento cartonado em seu interior como material isolante. Nesta condição, percebe-se um significativo aumento do desconforto para o frio, passando para cerca de 51% das horas do ano, concomitantemente à diminuição dos níveis de conforto térmico, que alcançou apenas 17%. O aumento dos níveis de desconforto para o frio sem o isolamento, é equivalente a passar mais 30 dias no ano com sensação térmica mais baixa do que quando há Tetra Pak® aplicada.

Neste sentido, as embalagens cartonadas exercem uma ação importante no controle de calor entre o meio externo com o ambiente interno, haja vista as condições precárias de moradia, na qual qualquer elemento que permita minimizar os problemas de desconforto, bem como a principal característica que é isolar as frestas da estrutura, mostra-se enfim como uma medida paliativa, mas eficaz dentro deste cenário. A razão destas características se dá pela baixa emissividade da superfície aluminizada e a diminuição da transferência de calor entre as superfícies (JANKHE,2006).

É importante também observar de um modo geral, a vulnerabilidade da estrutura da moradia e a incapacidade do sistema em diminuir a amplitude térmica do ambiente interno. Isto se dá pela falta de massa térmica do envoltório, que é o principal elemento responsável pelo controle da variação de temperatura entre as superfícies, tanto para o frio como para o calor (LAMBERTS, *et,al*, 2010).

Ainda, em ambas as simulações, mostram-se níveis representativos de desconforto térmico para o calor. Neste caso, é importante observar que as principais aberturas da moradia, a janela principal e a porta de acesso ao interior do ambiente, não estão orientadas paralelamente a ponto de formar uma corrente cruzada de ventilação, quando poderia favorecer a troca do ar interno e o resfriamento da edificação pelo controle das aberturas (LAMBERTS, *et.al*.,2016). Esta é também uma diretriz de projeto recomendada pela NBR 15220/3 (2005) para projetos de habitações de interesse social localizados na Zona Bioclimática 2, e que pode vir a ser empregada pelos moradores durante o processo de autoconstrução de suas moradias, visando minimizar o desconforto térmico para os períodos mais quentes no ano.

Devido à grande amplitude térmica entre as estações do ano, caracterítica da zona climática onde se localiza o município de Passo Fundo-RS, buscou-se verificar o desempenho térmico da habitação dentro da sua condição real de moradia, sob a influência das temperaturas mais extremas, tanto para inverno como para o verão, de acordo com os registros do próprio arquivo climático de 2018 já utilizado (INMET,2021). As médias das temperaturas mais baixas registradas neste período ocorreram no mês de junho, atingindo a média de 12,07ºC, enquanto que para o verão, o mês de janeiro obteve a média das temperaturas mais altas, com 21,7ºC graus.

Sendo assim, este recorte temporal foi observado conforme mostra os gráficos das Figuras 7 e 8 abaixo, correspondentes aos meses especificados.

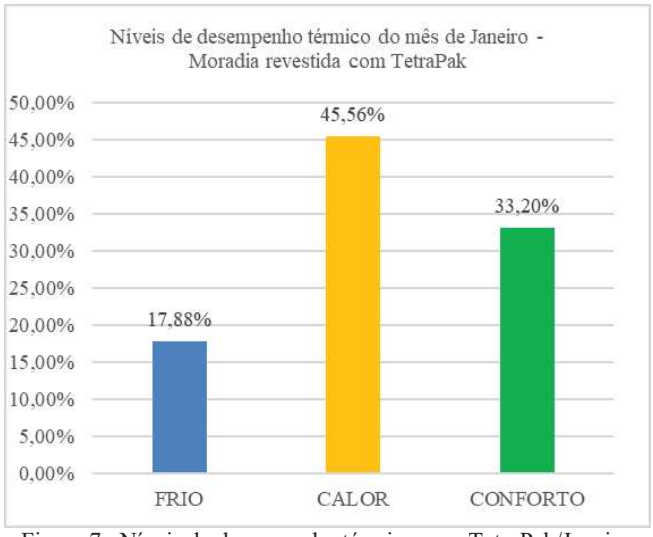


Figura 7 –Níveis de desempenho térmico com TetraPak/Janeiro

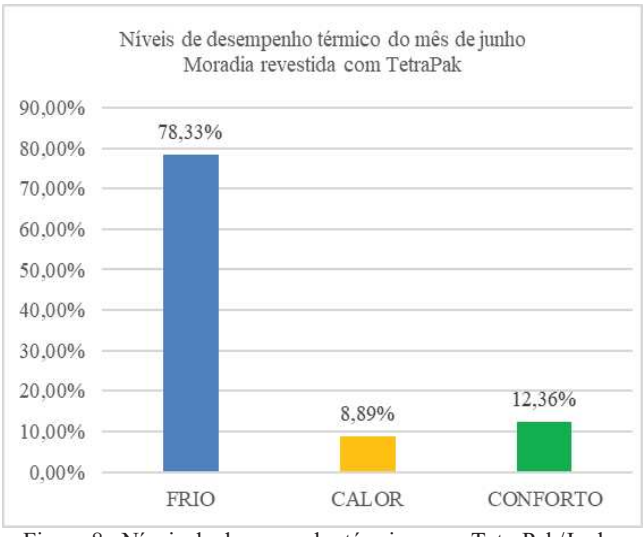


Figura 8 –Níveis de desempenho térmico com TetraPak/Junho

Para os resultados do mês de janeiro, nota-se a proximidade dos índices de conforto térmico com os níveis de desconforto para o calor. Destacam-se os dados climatológicos de 2018 com registro de 21,7ºC de temperatura média para o mês de janeiro, que neste caso, possui valor aproximado com a média variavel de

3,5ºC da temperatura neutra (25,5ºC). Isto quer dizer que, para um índice de 80% de aceitabilidade, a temperatura neutra pode atingir até 22ºC e ainda assim estar dentro de uma zona de conforto, segundo critérios da normativa ASHRAE 55/2017. Neste caso, justifica-se os 33,20% de horas em conforto térmico em um período de altas temperaturas, embora ainda seja perceptível o desconforto para o calor demonstrado nos gráficos.

Isto se deve ao fato da precariedade construtiva da moradia devido a falta de massa térmica da envoltória, que poderia controlar melhor a variabliadade de temperatura entre o meio externo e o ambiente interno, assim como pela falta de um mecanismo que permita a ventilação cruzada para o resfriamento passivo do interior do ambiente, sem demandar de equipamentos artificiais para amenizar o desconforto (LAMBERTS, et.al, 2010).

Vale ressaltar que a ventilação natural não somente possibilita o resfriamento da edificação com o calor, mas acima de tudo, favorece a renovação e higienização do ambiente, que consequentemente, vem a proporcionar uma melhor qualidade de vida e de saúde para os moradores, condição necessária para minimizar os riscos de contaminações e doenças infecciosas, tão em voga atualmente devido ao vírus da Covid 19 (WHO, 2018).

Os números que demonstram o elevado grau de desconforto térmico com o frio reiteram a vulnerabilidade da estrutura e a sua relação com a falta de inércia térmica dos materiais componentes da habitação, que em condições de baixa temperatura, não permitem o isolamento do calor gerado internamente pela atividade metabólica, equipamentos elétricos entre outros, tampouco pela fonte de calor que incide nas superfícies externas pela radiação solar durante o dia (LAMBERTS, et.al, 2011).

Essa também é uma das principais estratégias bioclimáticas passivas de projeto apontadas pela NBR 15220/3 para a Zona Bioclimática 2, onde está localizado Passo Fundo-RS, já que a inércia térmica é capaz de diminuir a troca de calor com o meio externo aliado à orientação de maior insolação. No caso do objeto de estudo, tanto paredes como cobertura da moradia possuem fechamentos opacos de pouca espessura, o que favorece uma maior troca térmica entre as superfícies, mesmo que possua uma abertura transparente voltada a melhor orientação solar – Norte (LAMBERTS et.al, 2010; NBR 15220/3,2005).

Buscou-se também observar qual seria o desempenho da moradia no mesmo período do mês de junho sem o revestimento cartonado em seu interior. Nesse caso, o nível de desconforto térmico para frio se mostrou com valores equivalentes comparados à condição real de possuir o isolamento com a Tetra Pak®. Os valores encontrados indicam o potencial limitador do revestimento cartonado como barreira isolante, que em situações de temperaturas mais baixas, a barreira formada pelas embalagens não possibilita melhorar a sensação de conforto térmico, quando o principal elemento construtivo necessário para mitigar os efeitos do clima da região é a necessidade de possuir fechamentos opacos com massa térmica, capaz de reter o calor dentro do ambiente (NBR15220/3, 2005).

5. CONCLUSÕES

As análises realizadas através das simulações computacionais simplificadas avaliaram o nível de conforto térmico anual de uma moradia informal com precariedade construtiva que possui internamente embalagens cartonadas como barreira de isolamento, seguido da análise comparativa na circunstância de não possuir o revestimento interno. Foram também verificados os períodos com os piores desempenhos tanto para o frio como para o calor, para a condição da moradia em seu estado original.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se identificar os longos períodos no ano em desconforto térmico para o frio e calor. Em maior escala, foi possível concluir que os moradores passam mais de 140 dias dos 365 dias no ano em desconforto térmico para o frio. Essa simulação é também uma representação das condições precárias de habitabilidade de outras moradias similares construídas na área de ocupação Bela Vista, onde a maioria delas empregam materiais de reuso devido os recursos financeiros limitados das famílias.

Um dos fatores que mais desponta neste estudo é a diferença majoritária no índice de desconforto para o frio no período do inverno – mês de junho - comparado com os outros números. O índice de mais de 78% das horas do mês em desconforto para o frio, fundamenta a ideologia do grupo Brasil Sem Frestas no emprego das embalagens cartonadas como medida paliativa para mitigar os efeitos precariedade construtiva das moradias com o fechamento das frestas das paredes e da cobertura, e o consequente melhoramento na sensação térmica do ambiente interno. As embalagens Tetra Pak® foram escolhidas para este fim devido a fácil manipulação do material, o valor econômico agregado e os resultados positivos com a técnica, obtidos durante os mais de 10 anos de atividade do Projeto (BSF, 2020).

Além disso, é importante destacar a dificuldade em promover a renovação do ar adequadamente no ambiente pela ventilação natural, consequência da má localização das principais aberturas de ventilação. Em

tempos atuais, essa estratégia de projeto não somente cria condições mais adequadas de habitabilidade no sentido de conforto térmico, como também se torna um elemento necessário para minimizar os problemas relacionados à má qualidade do ar e problemas de saúde dos moradores. A simples orientação de instalação de aberturas em faces opostas por exemplo, favorece a ventilação adequada e o resfriamento do ambiente, proporcionando melhores condições de conforto térmico, diretriz de projeto também apontada pela NBR 15220/3 (2005) para edificações de interesse social localizadas na Zona Bioclimática 2.

Neste caso, os moradores conseguem controlar o sistema de abertura de acordo com a necessidade do período, elemento fundamental no conforto térmico da moradia no verão, e com a higiene do espaço pela renovação das impurezas do ar, principalmente quando se tratam de moradias em situação de vulnerabilidade habitacional e o risco de contaminação por doenças respiratórias, como pelo vírus SARS-Cov-2, por exemplo. O fato é que, diferentemente da entrada de ar por entre as frestas da estrutura da habitação, a estratégia da ventilação natural adequada é um dos elementos mais importantes a ser avaliado e aplicado em qualquer condição de moradia.

A precariedade construtiva da moradia mostrou também a incapacidade da moradia em controlar os fluxos térmicos do meio externo, e manter o ambiente aquecido quando em condições de temperaturas baixas. A falta de massa térmica das paredes e da cobertura, com a simples utilização da madeira como parede de fechamento vertical, faz com que haja uma troca térmica imediata com o meio externo, e nestas condições, a barreira de isolamento com as embalagens cartonadas não permitem o isolamento adequado da envoltória e o melhoramento nas situações de desconforto térmico para o frio.

As técnicas de simulação simplificadas que foram aplicadas neste trabalho puderam contribuir com a compreensão e para a continuidade das pesquisas sobre moradias informais e o uso de embalagens Tetra Pak® como revestimento interno como medida paliativa de controle térmico do ambiente, buscando envolver também a comunidade e o Projeto Social Brasil Sem Frestas neste processo de pesquisa de caráter científico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: 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, 2005a.

_____. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.

BOGO, A.; et.al. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico.** Relatório Interno. Núcleo de Pesquisa em Construção. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis,1994.

BSF. **Projeto Brasil Sem Frestas.** Passo Fundo, 2010. Disponível em: <http://caixadeleite-brasilsemfrestas.blogspot.com/p/sobre.html>. Acesso em: 07 Jul. 2020 <https://pt-br.facebook.com/brasilsemfrestas/<. Acesso em: 15 Out. 2020

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Aglomerados Subnormais 2019: Classificação preliminar e informações de saúde para o enfrentamento à COVID-19. Notas Técnicas. Rio de Janeiro, 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R**. INMETRO, 2012.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas**. Disponível em https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1981-2010. Acesso em 08/04/2021 e 25/05/2021.

JAHNKE, Karin A. **Análise do desempenho térmico de painéis de vedação e mantas para subcobertura com a reutilização de embalagem LV**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2006. https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88997

LAMBERTS, R;GHISI, E;PEREIRA, C.D; BATISTA, J.O. **Casa Eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico**. UFSC. Florianópolis, 2010

LAMBERTS, R. XAVIER, A.; GOULART, S.; VECCHI, R. De. **Conforto e Stress Térmico**. UFSC, 2011. https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%202011.pdf_2.pdf

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

ARQUITECTURA, Doutoramento. M**odelo de Habitação Adaptativa a Custos Reduzidos** Modelo de Habitação Adaptativa a Custos Reduzidos. *[S. l.]*, 2020.

FAYAZI, Mahmood; LIZARRALDE, Gonzalo. **The role of low-cost housing in the path from vulnerability to resilience**. Archnet-IJAR, *[S. l.]*, v. 7, n. 3, p. 146–167, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v7i3.56

GORDILLO BEDOYA, Fernando. **Hábitat transitorio y vivienda para emergencias**. Tabula Rasa, *[S. l.]*, n. 2, p. 145–166, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.25058/20112742.211

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho térmico em edificações**. Universidade Federal de Santa Catarina, *[S. l.]*, v. 7º, p. 239, 2016.

PROJETEEE. **Projetando Edificações Energeticamente Eficientes**. **Dados Climáticos – Passo Fundo-RS**. Disponível em http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos . Acesso em 11/04/2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE). **Who housing and health guidelines**. *2018. https://www.who.int/publications/i/item/9789241550376*