XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

DESEMPENHO DE UMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL PELO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM DE EDIFICAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM SÃO LUÍS DO MARANHÃO

Adriana Alice Sekeff Castro (1); Yuri Alencar Chaves (2); Gabriela de Medeiros Lopes Martins (3)

(1) Mestra em Construções Civis IPG/Portugal, Arquiteta, Aluna Especial da Pós-Graduação de Doutorado da UnB, adrianasekeff@gmail.com, (98) 98872-0072

(2) Engenheiro em Segurança do Trabalho e Esp. Engenharia de Qualidade, Arquiteto, Aluno Especial da Pós-Graduação de Mestrado da UnB, yuri.alencarchaves@gmail.com, (98) 98870-5110

(3) Arquiteta, Aluna de Pós-Graduação de Mestrado da UnB, gabrielamlmartins@gmail.com, (83) 99650-6437

RESUMO

Eficiência Energética nas edificações implica tanto em redução de despesas como também diminuição dos impactos ambientais. Em Habitação de Interesse Social – HIS, voltada para à população de baixa renda, o fator econômico para o usuário desta edificação é de suma importância, no entanto, o conforto ambiental, qualidade ambiental e sustentabilidade em que se está inserido não se pode ser menosprezado. Esta investigação busca avaliar um modelo de HIS já construído pelo Método Prescritivo do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE na cidade São Luís do Maranhão. Foram realizados diversos ensaios do seu desempenho baseados na sua estrutura original, segundo a memória descritiva do empreendimento e, posteriormente, foram inseridas nos referidos ensaios novas composições construtivas e arquitetônicas em busca de melhores desempenhos térmicos e energéticos na edificação. Assim como o atendimento as normas: NBR 15220-3/2005, NBR 15515-4/2013 e NBR 15515-5/2013. Como resultado houve um avanço satisfatório na classificação da eficiência energética do projeto inicial → proposta final, no entanto, foram apresentadas algumas fragilidades do Método Prescritivo, sendo assim, foi inserido sugestões para futuras versões. Quanto ao atendimento das normas verificou-se que o projeto original apresentou um bom desempenho. Enseja-se, após análise dos dados obtidos, contribuir para melhorias da qualidade construtiva, do conforto ambiental e de bases sustentáveis para HIS, salvaguardando o meio ambiente.

Palavras-chave: desempenho térmico, eficiência energética, programa brasileiro de etiquetagem, habitação de interesse social.

ABSTRACT

Energy Efficiency in buildings implies both in the reduction of expenses as well as reduction of environmental impacts. Social Interest Housing - ISH, aimed at the low income population, the economic factor for the user of this building is of utmost importance, however, the environmental comfort, environmental quality and sustainability in which it is incased can not be overlooked. This research aims to evaluate a model of ISH already built by the Prescribing Method of the Brazilian Labeling Program in the city of São Luís in Maranhão. Several performance tests were carried out based on their original structure, according to the descriptive memorial of the project and, later, new constructive and architectural compositions were inserted in the tests in search of better thermal and energetic performances in the building. As well as its compliance with brazilian standards: NBR 15220-3/2005, NBR 15515-4/2013 and NBR 15515-5/2013. As a result, there was a satisfactory advance in the energy efficiency classification of the initial project → final proposal, however, some weaknesses of the Prescriptive Method were presented, and therefore, suggestions for future versions were inserted. As for compliance with standards, it was found that the original project performed well. After analyzing the obtained data, it is proposed to contribute to improvements in the constructive quality, environmental comfort and sustainable bases for ISH, safeguarding the environment.

Keywords: thermal performance, energy efficiency, brazilian labeling program; Housing of social interest.

1. INTRODUÇÃO

Uma moradia adequada é um direito humano adquirido em 1948, com a Declaração Universal dos Direitos Humanos (ONU, 1948), estando aceito e aplicável em todo o mundo. Uma moradia não se resume em ter simplesmente um teto e quatro paredes, deve atender requisitos básicos como paz, dignidade, saúde física e mental, e incluindo princípios da sustentabilidade.

No Brasil, milhares de habitações necessitam de intervenções que visam o melhoramento das inadequações para proporcionar melhor habitabilidade aos seus usuários. Para esta investigação, o foco é a Habitação de Interesse Social – HIS, tratando-se de um nicho de pesquisa pouco abordado quanto a sua qualidade e tecnologia construtiva.

Embora os esforços para melhorar a qualidade da HIS no Brasil, como a Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H, e a norma brasileira que regula o Desempenho de edificações habitacionais - ABNT NBR 15575:2013 (ABNT, 2013), ainda há muitos problemas de qualidade nesses empreendimentos, como: qualidade de processos construtivos; manifestações patológicas; avaliações pós-ocupação baseadas na percepção do usuário; e, a própria avaliação de eficácia de sistemas de qualidade (BERR, et al., 2015).

E a qualidade de uma construção perpassa pelas questões sustentabilidade. O Conselho Internacional da Construção – CIB (BRASIL, 2017), informa que "a indústria da construção civil como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais". No âmbito da Agenda 21 para a "Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento", a construção sustentável foi definida como: "um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído, e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica" (BRASIL, 2019). Desta forma, reafirma o conceito de sustentabilidade (WHITE; Ellis, 2007, In: REIS E LAY, 2010) que implica no equilíbrio de três dimensões; os aspectos: econômicos, ambientais e sociais.

A HIS são quase sempre projetos padrões e replicados com poucas distinções em todo o país. Suas obras normalmente buscam rapidez e baixos custo, o que acaba gerando edificações de baixa qualidade, gerando resultados que não atendem às necessidades dos usuários de muitas maneiras, incluindo conforto térmico e desempenho energético. (DALBEM *et al*., 2018). A Eficiência Energética na arquitetura pode ser entendida como "inerente à edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual [...] um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia" (LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R., 2014) nas edificações implica tanto em redução de despesas como também diminuição dos impactos ambientais. Em HIS, voltada para à população de baixa renda, o fator econômico para o usuário desta edificação é de suma importância, no entanto, o conforto ambiental em que se está inserido não se pode ser menosprezado.

No mundo muitos artigos falam de eficiência energética nas edificações como pode ser visto nas plataformas de pesquisa como Science Direct (2019) entre outras. Assim como no Brasil diversas pesquisas são referência, especialmente as vinculadas nas universidades, como repositórios e laboratórios especializados no assunto, como o Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética – LACAM/UnB, o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE/UFSC etc.

Este material é parte da dissertação para o Mestrado de Construções Civis pelo Instituto Politécnico da Guarda/Portugal (CASTRO, 2017), que teve como justificativa a falta de pesquisa no âmbito da qualidade construtiva e eficiência em HIS no Brasil. Desta forma, buscou-se analisar a qualidade de um projeto de um projeto de HIS em São Luís/MA, zona bioclimática 8 (NBR15.220-3/2005), com o uso de uma ferramenta brasileira, ou seja, uma avaliação desenvolvida especialmente para as edificações brasileiras. A proposta era que após a primeira avaliação de performance, verificar se era possível a otimização dos seus elementos da envoltória e pequenas adequações de projeto para adquirir uma edificação com melhor desempenho. Desta forma, buscar resultados para que se possa contribuir para HIS de melhor qualidade.

A metodologia utilizada nesta investigação foi uma abordagem sobre cenário do HIS no Brasil (ABIKO, 1995; MORENO, 2016; LOGSDON, 2012; ROLNIK, 2015), sobre questões sobre o bioclimatismo (CORBELLA; CORNER, 2011; LAMBERTS, 2016; LAMBERTS et al.,2014) nas edificações e sobre programas e normas brasileiras que buscam auxiliar na questão de eficiência e qualidade nas habitações. Esta etapa inicial contou com diversos materiais teóricos (livros, artigos, normas etc). Na segunda etapa, passou-se pelo processo de escolha do método de avaliação e a escolha do objeto de estudo e pesquisa de campo.

As duas etapas iniciais não serão enfatizadas neste material, pois trata-se de uma compilação de uma dissertação (CASTRO,2017) com diversos dados coletados. Portanto este artigo, optando-se por uma abordagem mais objetiva em que apresenta o "método de avaliação utilizado", o cenário escolhido para

aplicação e os "ensaios e resultados" (tabelas) obtidos. Por fim, um parecer sobre questões pertinentes observadas tanto pelo método aplicado quanto pelo objeto de estudo.

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é analisar o desempenho de um projeto de uma unidade habitacional unifamiliar de interesse social (HIS), zona bioclimática 8 (NBR15.220-3/2005), e realizar diversos ensaios de desempenho desta mesma edificação, modificando aspectos construtivos, em busca da otimização dos resultados originais. Desta forma, comparar e verificar de que forma poderíamos ter habitações populares com maior qualidade.

O desempenho da edificação será avaliado sob o Método Prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) do Programa Brasileiro de Etiquetagem para edificação, o PBE Edifica. E por fim confrontado se o objeto do estudo atende às normas da NBR 15220-3/2005, NBR 15515-4/2013 e NBR 15515-5/2013.

3. MÉTODO E APLICAÇÃO

3.1. Seleção dos Programas de Habitação Social

O programa MCMV é o programa habitacional social com maior destaque no país, portanto, sendo este o mais indicado para ter um dos seus projetos analisados.

3.2. Seleção do Programa de Certificação

A Etiqueta PBE Edifica faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e foi desenvolvida em parceria entre o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro e a Eletrobras/PROCEL Edifica. Sendo assim, foi criado no Brasil de acordo com as necessidades bioclimáticas e técnicas construtivas aplicadas no país. Nesta pesquisa serão utilizados apenas os documentos no âmbito da habitação residencial, utilizando o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R, Versão 01 (PBE Edifica, 2017), abordando somente a avaliação para residências unifamiliares com tipologia isolada.

3.3. Escolha do objeto de estudo

A procura do objeto de estudo foi feita por meio de diversas visitas a construtoras na busca da obtenção de alguma memória descritiva de imóvel unifamiliar de tipologia isolada referente à faixa 1 ou 1,5 do programa MCMV. Portanto, foi escolhido com base em empreendimento que obtivesse maior quantidades de dados e que apresentasse características tipológicas de casas populares - dimensões, materiais e técnicas de construção usuais etc.

3.4. Aplicação do Método Prescritivo da RTQ-R

O Método Prescritivo foi usado neste objeto de estudo por se tratar de uma ferramenta que auxilia no planejamento da edificação. Permitindo, assim, corrigir e ajustar projetos futuros em busca de melhor desempenho. O método do RTQ-R (PBE Edifica, 2017) foi elaborado com diferentes equações que se propunham a se adequar aos diversos zoneamentos bioclimáticos da NBR 15.220 - Parte 3 (BRASIL,2005), avaliando o seu nível de eficiência energética em cinco níveis (Tabela 1). Desta forma, este método atende a maior parte das possíveis edificações sem a necessidade de simulação. O objeto de estudo faz parte de um modelo projetual que se adequa ao Método Prescritivo.

Tabela 1 – Equivalente Numérico (EqNum) / Classificação por pontuação. (CASTRO, 2017).

EqNum	Pontuação (PT)	Nível de Eficiência	
5	PT ≥ 4,5	A	← mais eficiente
4	3,5 ≤ PT < 4,5	B	
3	2,5 ≤ PT < 3,5	C	
2	1,5 ≤ PT < 2,5	D	
1	PT < 1,5	E	← menos eficiente

A orientação da fachada influencia os resultados por interferir a eficiência da envoltória. Neste método, a determinação é feita por meio da implantação, fachada principal, apenas 4 orientações possíveis (norte, leste, sul ou oeste), dentro dos seguintes quadrantes e variações por proximidade. Na Figura 1 é visto a planta baixa aplicada nesta pesquisa, sinalizando sua fachada principal e como será aplicação da determinação da orientação.

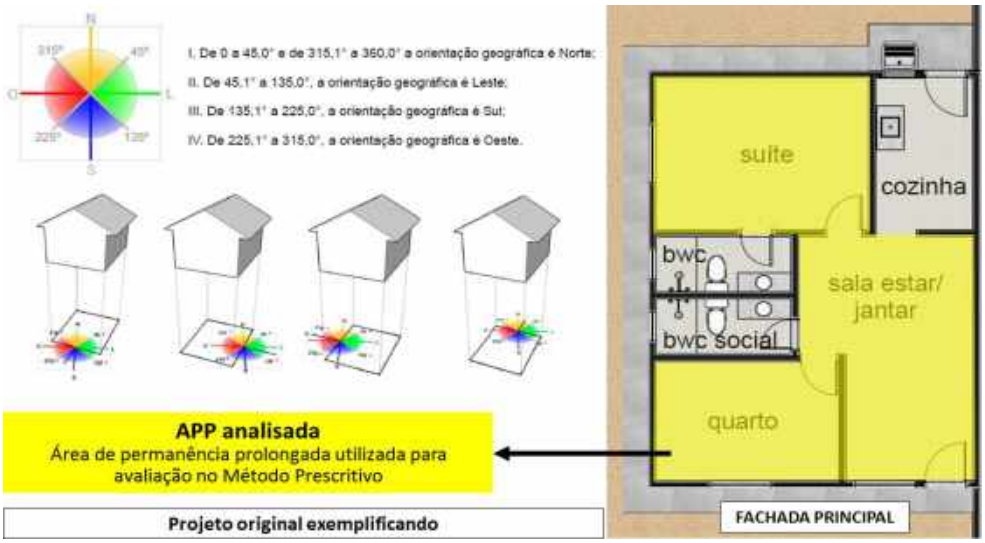


Figura 1 – Orientação da fachada principal. (CASTRO, 2017).

Para os ensaios foram preenchidos todos os dados necessários para efetuar a análise exigida para a obtenção de uma classificação final; no entanto, duas partes do processo devem ser ressaltada a Bonificação, item opcional: só foram preenchidos os itens referentes à "Bonificação Ventilação Natural" e "Bonificação Iluminação Natural", pois estes setores na folha de cálculo referem-se a apenas a questões referentes à arquitetura da edificação. Os itens seguintes referentes a "Outras Bonificações", apresentam questionamentos que fogem das questões arquitetônicas, como veneziana, equipamentos etiquetados e lâmpadas econômicas (Figura 2).

Figura 2 – Sistemas individuais que compõem o nível de eficiência energética. (CASTRO, 2017).



3.5. Sistematização e análise dos resultados

O Método Prescritivo tem como base o programa Excel da Microsoft Office, portanto, gerando um vasto material em forma de folhas de cálculo. Ao fim dos 15 ensaios propostos para a Unidade Habitacional - UH, foram produzidas 28 páginas A4 por ensaio, ou seja, ao fim dos 15 ensaios, 420 páginas. Os ensaios na folha de cálculo pelo Método Prescritivo RTQ-R foram da seguinte forma dentro das três etapas (Tabela 2):

Tabela 2 – Organização das etapas. (CASTRO, 2017).

Etapas	Ensaios	Projeto Arq. e composição Original	Projeto Arq. Original	Alteração				
				Composição Cobertura	Composição Parede	Projeto Arq.	Absortância (α)	
							Cobertura	Parede
1ª	1°							
2ª	1°							
	2°							
	3°							
	4°							
	5°							
	6°							
3ª	1°							
	2°							
	3°							
	4°							
	5°							
	6°							
	7°							
	8°							

- A 1ª Etapa (1 ensaio) buscou avaliar o projeto de acordo com sua memória descritiva, foi aplicada sua composição de envoltória (parede e cobertura), tamanho das aberturas dos vãos, sistemas de fechamento dos vãos (de correr, de abrir, basculantes) conforme documento cedido pela construtora;
- A 2ª Etapa (6 ensaios) buscou avaliar o projeto com melhorias na sua composição de envoltório (parede e cobertura) colocando composições que apresentem índices de transmitância térmica (U) menores e/ou índices de capacidade térmica maiores e/ou diminuindo o índice de absortância da superfície externa;
- A 3ª Etapa (8 ensaios), além de fazer melhorias na sua composição de envoltório (parede e cobertura), foram feitas intervenções arquitetônicas simples, como: aumento da abertura para ventilação e iluminação; alteração de sistemas de fechamento dos vãos para melhor vazão da ventilação; criação de aberturas para melhora da permeabilidade nas fachadas; criação de dispositivos para sombreamento das aberturas (porta e janela).



Figura 03 – Sistematização e análise dos resultados (CASTRO, 2017).

A intenção foi fazer alterações mais simplificadas possíveis observando seu comportamento/evolução pelo Método Prescritivo.

Ao finalizar todas as etapas, ao fim, 15 ensaios com tabelas unificadas com dados gerais, estas passaram por uma nova compilação para extração de dados específicos (Figura 03), por exemplo, foi extraído das tabelas unificadoras um dado específico formando, desta forma, uma tabela específica de um único assunto, quanto: classificação por nível (A, B, C, D ou E) pontos obtidos; resultados do envoltório e refrigeração artificial; ao comportamento da edificação na alteração da orientação da fachada principal (pontos cardeais); ao atendimento às normas de conformidade do país. A produção de várias tabelas apresentando dados específicos permite uma análise categórica e possibilita compreender como a UH se comportou nas adversidades ensaiadas.

Os dados utilizados para a composição da envoltória (parede e cobertura) de todos os ensaios foram adquiridos do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro /Portaria INMETRO nº 50/2013 (BRASIL, 2017a). A aplicação da folha de cálculo se dá por meio de avaliação dos ambientes de permanência prolongada da UH, conforme PBE Edifica (2017) ambientes de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, incluindo sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitórios, escritório, sala de TV ou ambientes de usos similares (Figura 1). A cozinha só é inserida na tabela quando está se encontra no mesmo ambiente da sala.

Um dos critérios para escolha dos materiais do envoltório/técnica construtiva adotada para os ensaios, foram consideradas as opções com fácil aplicabilidade, sem necessidade de mão de obra especializada. Uso de materiais de fácil acesso, tanto financeiro quanto disponibilidade do mercado brasileiro.

4. OBJETO DE ESTUDO

Localizada a 02º 31' 47" S e 44º 18' 10" W, a cidade de São Luís, capital do Estado do Maranhão, está inserida na ilha de São Luís. A Região Metropolitana de São Luís, composta pelos municípios: São Luís (maior parte), São José de Ribamar, Raposa e Paço do Lumiar, sendo esta última a região onde se localiza o conjunto habitacional estudado (Figura 4).



Figura 4 – Localização da cidade de São Luís no Brasil e indicação da localização da Unidade Habitacional-UH (CASTRO, 2017).

4.1. Macroclima

Nesta pesquisa os dados do macroclima serão usados referente à capital São Luís, por possuir maior quantidade de dados, visto que por questões geográficas não alteram o resultado, pois os dois municípios (São Luís e Paço do Lumiar) possuem o mesmo macroclima. A distância aproximada entre os municípios é em torno de 20km e os dois encontram-se inseridos na mesma ilha (Figura 4).

O clima de São Luís é típico da zona equatorial onde está inserida, não desenvolve bem as quatro estações do ano, tendo destaque para duas situações climáticas distintas (Figura 5): inverno, (janeiro/junho) e o verão (julho/dezembro).



Figura 5 – Localização geográfica do Município de São Luís do Maranhão/Brasil pelo Programa ZBBR. (LABEEE, 2017)

Segundo dados do Laboratório Meteorológico da Universidade Estadual do Maranhão - LabMet (2017), São Luís possui uma baixa amplitude térmica e com temperatura elevada durante todo o ano. Sua precipitação é alta principalmente no início do ano e sua ventilação anual costuma ser mais forte entre setembro e novembro. Sua zona bioclimática, conforme a NBR 15.220-3_2005 é a zona 8, a mais abrangente do país

4.2. Residencial Cidade Verde

Residencial Cidade Verde, localiza-se em Paço do Lumiar/MA, região metropolitana de São Luís/MA, possuindo a UH unifamiliar isolada com área construída de 56,06 m² (Figuras 6, 7 e 8).



Figura 6 – Residencial Cidade Verde. (CASTRO, 2017)



Figura 7 – Vista Satélite (GOOGLE EARTH,2017)



Figura 8 – Planta. (CASTRO, 2017)

Dados básicos do projeto original: cobertura em telha canal; sem laje; forro em PVC na cor branca; alvenaria de tijolos cerâmicos (10 x 15 x 20 cm); reboco foi executado somente nas paredes externas; reboco de gesso interno nas áreas "secas"; emboço e revestimento com cerâmica das paredes internas dos banheiros, cozinha e área de serviço (h = 1,50 m); janelas de alumínio e vidro (120 x 100 cm); basculante (60 x 40 cm); porta externa em madeira e internas em madeirite 80, 70 e 60 x 210 cm; pintura interna PVA cor não especificada; pintura externa acrílica cor não especificada.

Tabela 3 – Classificação por nível e ponto (CASTRO, 2017)

Etapas	Ensaio	DADOS APLICADOS NA FOLHA DE CÁLCULO							Nota
		Proj. Arq. e composição Original	Projeto Arq. Original	Alterações dados do projeto original					
				Comp. Cobertura	Comp. Parede	Projeto Arq.	Absortância (α).		
							Cobertura	Parede	
1ª	1°	x							D 1,75
2ª	1°		x				x		C 2,54
	2°		x				x	x	C 2,755
	3°		x	x	x		x		C 2,87
	4°		x	x	x		x		C 2,76
	5°		x	x	x				D 1,86
	6°		x	x	x		x		C 2,66
3ª	1°					x			C 3,16
	2°					x			C 3,32
	3°			x		x	x		A 4,665
	4°				x	x		x	C 3,38
	5°			x	x	x	x		A 4,665
	6°			x	x	x	x	x	A 4,98
	7°			x	x	x	x	x	A 5,125
	8°			x	x	x	x	x	A 4,695

5. ENSAIOS E RESULTADOS

Foram 3 etapas, ao todo 15 ensaios, sendo que em cada ensaio foram geradas 4 folhas de cálculo, uma folha para cada ponto cardeal ensaiado. Ao fim foram geradas 60 folhas de cálculo que foram compiladas e sintetizadas em tabelas específicas para ser analisadas de forma mais objetiva e, assim, compreender os resultados obtidos.

5.1. Classificação por nível e ponto

A Tabela 3 apresenta, as etapas, os ensaios, alteração ou não alteração (em relação ao projeto original) na folha de cálculo e o resultado obtido na forma de classificação por nível (letra) / pontuação, respectivamente. Para cada ensaio foram geradas 4 folhas de cálculo, equivalente a cada ponto cardeal, e tirada a média aritmética simples, ou seja, somou-se os 4 resultados gerados ao fim de cada ensaio, e dividido por 4. Após a pontuação ser obtida, esta foi classificada conforme o Equivalente Numérico (EqNum) / Classificação (Tabela 1 e 3).

A 1ª etapa usou dados originais do projeto cedido. Portanto, sua classificação geral é o nível D e pontuação 1,75, obtendo o pior resultado de todos os ensaios desta investigação. Na Portaria INMETRO nº 50/2013, foi encontrada uma composição similar do envoltório da edificação. No primeiro ensaio da 1ª Etapa foram utilizados os seguintes dados do envoltório (INMETRO nº 50/2013):

- **Cobertura** = forro de PVC (1 cm) + câmera de ar (> 5 cm) + telha cerâmica sem pintura cor terracota (α = 0,75);
- **Parede** = gesso interno (2,0 cm) + bloco cerâmico (9 x 14 x 24 cm) + argamassa externa (2,5 cm) + pintura externa (α = 0,30), totalizando a espessura de 13,5 cm;
- Fechamento dos vãos conforme projeto original.

A 2º etapa do estudo era modificar a composição da envoltória, mantendo a arquitetura original, tendo o 3º Ensaio o seu melhor resultado, Nível C e 2,87. Foram utilizados os seguintes dados (INMETRO nº 50/2013):

- **Cobertura** = telhado vegetado com laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + lajota cerâmica 7 cm + argamassa (1 cm), terra argilosa seca (10 cm), vegetação (α = 0,20). Dado da absortância (α) foi retirado do Manual de aplicação do RTQ-R;
- **Parede** = argamassa interna (2,5 cm) + bloco cerâmico (12 x 19 x 19 cm) + argamassa externa (2,5 cm) + pintura externa (α = 0,30), totalizando a espessura de 17 cm.
- Foi mantido o mesmo valor da absortância da superfície externa da parede, 0,3, cor amarelada, por ser uma cor padrão implantada comumente nas edificações, como apresenta a memória descritiva do projeto original, provavelmente por não ter a necessidade de uma manutenção mais rígida quanto a pinturas brancas que facilmente mancham devido a cidade ter um alto índice pluviométrico durante o ano (LABMET, 2017), mesmo sabendo que a cor branca apresenta menor fator de absortância, ou seja, reflete mais luz e absorve menos energia e promoveria um ambiente mais fresco internamente.

E por fim, a 3ª Etapa teve ensaio em que foi teve mudança no projeto e alterações na composição do projeto, o 7º ensaio obteve o melhor resultado com o nível A e pontuação de 5,125, com a seguinte solução (INMETRO nº 50/2013):

- Cobertura = laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7 cm + argamassa (1 cm)), câmera de ar (> 5cm), telha metálica (0,1 cm), poliestireno (4 cm), cor alumínio natural (α = 0,15);
- Parede = argamassa interna (2,5 cm) + bloco cerâmico (9 x 14 x 24 cm) + argamassa externa (2,5 cm) + pintura externa (α = 0,20), totalizando a espessura de 14 cm.;
- Alterações projetuais, conforme Figura 9.

Figura 9 – Classificação por nível e ponto (CASTRO, 2017)



A Figura 10 apresenta o esquema de composição do pior com o melhor ensaio.

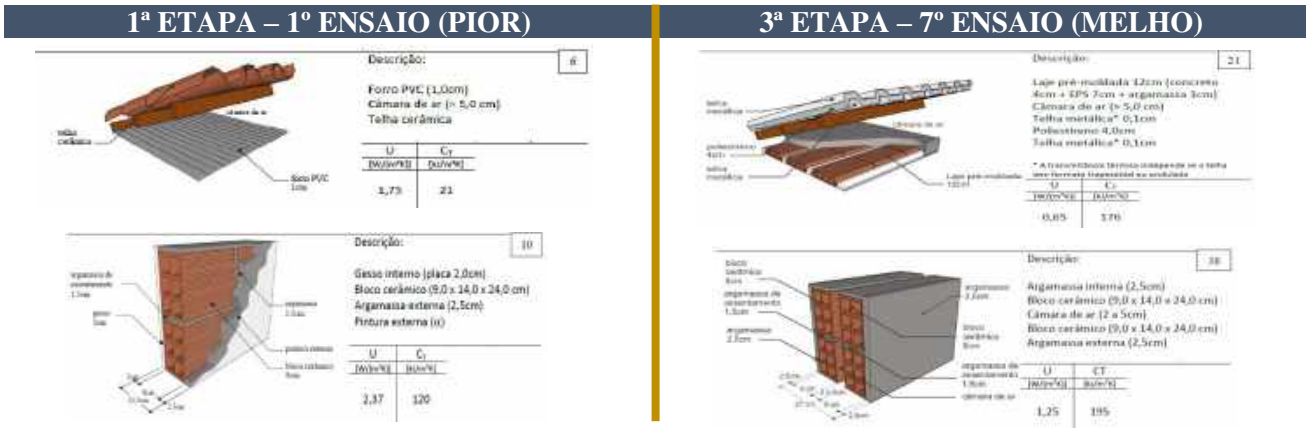


Figura 10 – Classificação específica (INMETRO nº 50/2013 modificado pelo os autores)

5.2. Resultados do envoltório, refrigeração artificial e aquecimento da água

A Tabela 4 apresenta o comportamento da envoltória, refrigeração artificial, estes dados são um subproduto dos ensaios realizados.

A UH Envoltória apresentou uma evolução positiva nos resultados do projeto original até a última etapa em que passou por alterações de materiais na composição e na arquitetura da edificação. Do nível E, projeto original, passou a ser nível A. Outro ponto a ser observado é que na 2ª Etapa, quando foi modificada apenas a composição da parede e/ou cobertura, atingiu seu melhor resultado no nível C. Apenas quando houve as combinações de alterações da composição e da arquitetura é que foi possível atingir o nível desejado neste estudo de caso.

A UH Refrigerada Artificial é apenas um dado informativo para se ter um parâmetro de gasto energético e seu resultado não influencia no resultado da pontuação final da UH. A edificação não deve ser pensada em ter o seu condicionamento de ar artificial como solução de projeto, no entanto, como este projeto encontra-se na zona bioclimática 8, segundo a NBR 15.220-3 (2005), o condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes. Houve uma evolução, não de nível, mas em sua pontuação. Ao fim da 3ª etapa sua pontuação aproxima-se do nível subsequente, ou seja, o nível B.

ETAPA	ENSAIO	UH Envoltória	UH Refrigeração Artificial
1ª	1º	E	C
		1,385	2,60
2ª	1º	D	C
		2,265	2,70
	2º	C	C
		2,505	2,90
	3º	C	C
		2,6275	2,70
	4º	C	C
		2,505	2,60
	5º	D	C
		1,505	2,60
	6º	C	C
		2,385	2,60
3ª	1º	C	C
		3,16	3,00
	2º	C	C
		3,32	3,00
	3º	B	C
		4,43	3,30
	4º	C	C
		3,00	3,00
	5º	B	C
		4,43	3,30
	6º	A	C
		4,78	3,45
	7º	A	C
		4,94	3,45
	8º	A	C
		4,46	3,45

Tabela 4 – Classificação específica (Autores)

5.3. Quanto à orientação da fachada principal (pontos cardeais)

No Método Prescritivo é adotado somente os principais pontos cardeais, conforme abordado no subcapítulo 3.4. Fazendo uma contabilização das frequências de melhor desempenho em cada ensaio foram feitas tabelas para análise.

As orientações norte, sul e leste empataram na quantidade de vezes que obtiveram melhor resultado nos ensaios. Como 2º Lugar, ou seja, segunda melhor pontuação do ensaio, a orientação oeste obteve maior quantidade de frequência neste quesito. Contabilizada a frequência dos desempenhos nos ensaios verificou-se que não há uma supremacia nos resultados para afirmar que orientação (norte ou sul ou leste ou oeste) possui uma melhor opção para fachada principal da UH estudada nesta investigação.

5.4. Quanto às normas de conformidade da NBR 15.220-3_2005, NBR 15.575-4_2013 e NBR 15.575_2013.

As legislações que foram estudadas para analisar se há conformidade do projeto original e o projeto modificado (o melhor resultado obtido), foram: a NBR 15.575-4 (2013): edificações habitacionais – desempenho - parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, NBR 15.220-5 (2013): edificações habitacionais – desempenho - parte 5: requisitos para os sistemas de cobertura, Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais - RTQ-R. Todas direcionadas a zona bioclimática 8 da NBR 15.220-2 (2005): 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.

Foram analisadas Transmitância térmica (U) e Capacidade Térmica (CT) da parede e da cobertura, Abertura para Ventilação (A) e Sombreamento das Aberturas.

Quanto a Transmitância térmica (U) e Capacidade Térmica (CT): o projeto original, o descrito na memória descritiva, apesar de não apresentar bons resultados, nível D pelo Método Prescritivo, apresenta dados que se encontram compatíveis com as normas quanto ao seu envoltório da parede e cobertura

Quanto às aberturas para ventilação: observa-se que nenhum ensaio, mesmo com o projeto modificado, conseguiu a proporção de área de abertura > 40% da área de piso solicitado na NBR 15220-3/2005, porém, na NBR 15515-4/2013, que é uma norma mais recente, os dois projetos, original e o modificado, atendem às especificações.

Quanto ao sombreamento nas aberturas: só há orientação quanto a este assunto na NBR 15220-3/2005, no entanto, no RTQ-R não há uma exigência, mas adiciona na pontuação do desempenho final da UH.

A habitação modificada, portanto, atende às normas vigentes brasileiras de conforto térmico.

6. CONCLUSÕES

Observando os resultados obtidos nos ensaios propostos, de acordo com o método de análise indicado nesta investigação, as seguintes alterações resultaram em dados positivos:

- Uso de cores na superfície com baixa absortância, principalmente na superfície da cobertura: faz que parte do calor não seja absorvida pela envoltória;
- Uso de materiais no envoltório da habitação, parede e cobertura, com alta resistência térmica e baixa transmitância térmica: permitindo que menos calor adentre o interior da edificação;
- Aumento de área para iluminação (aumento das aberturas): possibilitando menos uso de luz artificial;
- Aumento de permeabilidade com aumento de ventilação cruzada com a criação de formas para circulação de ar com uso de bandeiras nas portas e janelas: correntes de ar permitem a renovação e a retirada do ar quente, possibilitando menor uso possível de condicionadores de ar;
- Aberturas estanques: permitem o uso de ar-condicionado sem que este seja forçado a trabalhar mais que o necessário e, evitando assim, um maior consumo de energia.
- Uso de sombreamento nas aberturas: menos calor adentrando a edificação. Aumento nos beirais do telhado e uso brises/aletas para criar uma proteção solar são boas soluções.

Ao fim dos ensaios verificou-se que o projeto com o melhor resultado da 3ª etapa obteve seus requisitos aprovados na legislação brasileira quanto ao conforto térmico, o que sugere melhores resultados na eficiência energética. Ao fim das análises ficaram alguns questionamentos quanto ao método aplicado para os ensaios:

→ Por que não houve variação significativa na orientação das fachadas? Mesmo que não haja grande variação durante o ano na posição solar, o sol da tarde na cidade estudada faz diferença significativa quanto ao frescor nos ambientes quando desprotegidos;

→ Por que o material da janela não foi avaliado? O aumento de janelas com vidros poderá gerar maior irradiação e aumento de calor no interior dos ambientes; e,

→ Por que a ventilação predominante não foi solicitada na planilha de cálculos? Este dado foi ignorado para os ensaios.

A orientação das fachadas, seleção dos materiais de vedação, uso de ventilação cruzada e proteção solar podem minimizar o desconforto térmico. No entanto um dos itens mais trabalhados nos ensaios, a orientação solar, a responsável pela criação de 4 folhas de cálculo por ensaio (uma para cada sentido cardeal – norte, sul, leste e oeste), não se mostrou essencial pelo Método Prescritivo da PBE no RTQ-R.

Estudou-se a realidade do PBE não só para se obter resultados de um programa feito para a realidade brasileira, ou seja, mas compatível com a realidade regional e geográfica do projeto, porém, para servir como contribuição para futuras adequações, visto que este método ainda se encontra com adesão voluntária, que para futuramente, ao tornar-se obrigatório, deve ter seu estudo no maior nível de aprimoramento possível.

Em São Luís a ventilação predominante é nordeste/leste (LABMET, 2017). Sabendo-se de dados como a fachada com maior incidência solar (oeste) e as fachadas com maior predominância de ventilação natural (nordeste e leste), poderia ter a uma pressuposição de imaginar que haveria uma orientação de fachada principal, conforme proposto na metodologia dos ensaios. Os resultados quanto às orientações solares foram inconstantes a cada ensaio, gerando ao fim três orientações empatadas em primeiro lugar na frequência dos ensaios: norte, sul e leste.

Outro questionamento que pode ser levantado é o por que na folha de cálculo do Método Prescritivo não questiona maiores detalhes sobre o tipo de material utilizado para o fechamento do vão. No material "Determinação do nível de eficiência energética de um edifício exemplo utilizando o RTQ-R" (PBE EDIFICA, 2017) não aplica dados sobre a composição do fechamento dos vãos na folha de cálculo, apenas questiona quanto da área desta é permeável à iluminação e à ventilação, além de questionar qual é a porcentagem sombreada da área de abertura. Como o Método Prescritivo é utilizado comumente em sua fase projetual, principalmente no início (após esta fase é ideal o uso de simulação), poderia ser sugestivo que se utilizasse também destes dados que tanto influência no conforto ambiental e na eficiência energética.

Para um trabalho futuro, pode-se estudar um exemplar construído aplicando o Método de Simulação com o Energy Plus e comparar com os seus resultados no Método Prescritivo.

Nesta investigação, o projeto original já construído, obteve Nível E quanto sua envoltória. O objeto de estudo, encontra-se na área de zona bioclimática 8, onde o condicionamento passivo é insuficiente nas suas horas de temperatura mais elevada, conforme NBR 15.220-3 (2005). Este resultado é preocupante, pois não houveram grandes diferenciações no projeto e execução para as diferentes zonas bioclimáticas do Brasil (CASTRO, 2017).

Existem poucos estudos relacionando conforto ambiental/ eficiência energética em HIS. Espera-se que novas pesquisas possam ser exploradas não só no âmbito da etiquetagem, como em diversos outros aspectos como qualidade ambiental, qualidade na tecnologia da construção etc.

Regulamentações por si não garantem qualidade em níveis de eficiência em uma edificação. Maiores níveis podem ser alcançados por estratégias de projeto e pelos melhores hábitos dos usuários, os quais

poderão ser decisivos para diminuir os desperdícios. Todos os envolvidos na concepção e utilização podem contribuir para criar e manter edificações energeticamente eficientes (PBE EDIFICA,2017).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abiko, A. K. (1995). **Introdução à gestão habitacional**. Texto técnico – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/12 - São Paulo/Brasil.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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, 2005.

_____. **Desempenho de edificações habitacionais - ABNT NBR 15575:2013**. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/curs.aspx?ID=157> Acesso em: 10 de abril de 2018a

_____. **NBR 15.575-4:** Edificações habitacionais: desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013b.

_____. **NBR 15.575-5:** Edificações habitacionais: desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013c.

BERR, Letícia Ramos et al. **Indicador de falhas de qualidade baseado na percepção dos usuários de Habitação de Interesse Social**. Ambient. constr., Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 19-35, Dec. 2015. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212015000400019&lng=en&nrm=iso>. access on 02 April 2019. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000400037.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade E Tecnologia - INMETRO. **ANEXO DA PORTARIA INMETRO Nº 50/2013: anexo geral V – catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros.** Documento do serviço público federal brasileiro. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf. Acesso em: 10 de dezembro de 2017

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Construções Sustentáveis**. Acessado em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html> Disponível em: abril de 2019

CASTRO, Adriana Alice Sekeff Castro. **Desempenho de uma habitação pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem de edificação: estudo de caso em São Luís do Maranhão / Brasil**. 2017. Dissertação (Mestrado em Construções Civis) – Instituto Politécnico da Guarda, Guarda (Portugal). Disponível em: http://bdigital.ipg.pt/dspace/bitstream/10314/3820/1/CC%20-%20Adriana%20A%20S%20Castro.pdf>. Acesso em: 20 de abril de 2019.

CORBELLA, O.; CORNER, V.; **Manual de Arquitetura Bioclimática Tropical para Redução de Consumo Energético**. Rio de Janeiro: REVAN,. v. 1. 114p, 2011.

DALBEM, R. *et al*. Optimisation of a social housing for south of Brazil: From basic performance standard to passive house concept. **Energy**, v. 167, p. 1278-1296, 2019. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544218322576>. Acesso em: 10 de março de 2019.

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. **LACAM - Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética**. Disponível em: <http://www.fau.unb.br/index.php/pesquisa/55-lacam/>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2019.

LABEEE. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2019.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS EDIFICAÇÕES - LABEEE. **Laboratório pertencente a Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC**. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/> Acesso em: jan. de 2017.

LABORATÓRIO METEOROLÓGICO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – LABMET. **Dados meteorológicos de São Luís do Maranhão/ Brasil.** São Luís: 2017.

LAMBERTS, R. **Desempenho Térmico De Edificações**. Disciplina: ECV 5161. Laboratório de Eficiência Energética Em Edificações (LabEEE). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). CTC - Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf.> Acesso em: 15 de abril de 2017.

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

LOGSDON, L. **O Programa Minha Casa, Minha Vida em Cuiabá-MT:** uma análise da qualidade dos projetos destinados às famílias de baixa renda. Florianópolis, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

MORENO, Ana Cecília Rodrigues. **Minha Casa Minha Vida:** Análise de Desempenho Térmico Pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, SELO Casa Azul E RTQ-R. Dissertação de Mestrado, Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/AMFE-9HXPCY/minha_casa_minha_vida_an_lise_de_desempenho_t_rmico_pela_nbr_15.220_3__nbr__15.575__selo_casa_azul.pdf?sequence=1>. Acesso em: 14 de abril de 2017.

PBE EDIFICA. **Manual para Aplicação do RTQ-R. Versão 01. Com base na Portaria: nº18/2012.** Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_de_aplica%C3%A7%C3%A3o_do_%20RTQ-R-v01.pdf>. Acesso em: 15 de janeiro de 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Normais Climatológicas 1961 – 1990**. Brasília: INMET, 1992, 84p.

ONU. Assembleia Geral das Nações Unidas. **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. 1948. Disponível em <http://www.onu-brasil.org.br/documentos_direitoshumanos.php>. Acesso em: 10 de dezembro de 2017.

REIS, A, T. da L.; LAY, M. C. D. O projeto da habitação de interesse social e a sustentabilidade social. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 99-119, jul.; set. 2010. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/viewArticle/12816>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017.

ROLNIK. R.. **Guerra dos lugares:** a colonização da terra e da moradia na era das finanças. Editora Boitempo. 423p., 2015.

SCIENCEDIRECT. **Explore Scientific, Technical, And Medical Research On Sciencedirect**. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2019.