



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS PAU DOS FERROS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MARIA ULLY EDUARDO MARTINS

**ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA DA EDIFICAÇÃO: ESTUDO DE CASO DE
UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL VERTICAL NO MUNICÍPIO DE
MOSSORÓ/RN**

Pau dos Ferros/RN
2015

MARIA ULLY EDUARDO MARTINS

**ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA DA EDIFICAÇÃO: ESTUDO DE CASO DE
UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL VERTICAL NO MUNICÍPIO DE
MOSSORÓ/RN**

Monografia apresentada pela
aluna **Maria Uly Eduardo
Martins** à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido - UFERSA,
campus Pau dos Ferros para a
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. M.Sc. Almir
Mariano de Sousa Junior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Campus Pau dos Ferros (BCPDF)
Setor de Informação e Referência

M386a Martins, Maria Uly Eduardo.

Análise da envoltória da edificação: estudo de caso de um condomínio residencial vertical no município de Mossoró/RN/ Maria Uly Eduardo Martins -- Pau dos Ferros, 2015.
52f.: il.

Orientador: Prof. Me. Almir Mariano de Sousa Junior

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) –
Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

1. Arquitetura – Conforto térmico. 2. Edificações habitacionais – Desempenho. 3. Isolamento térmico- Construções. I. Título.

RN/UFERSA/BCPDF

CDD: 720.47

Bibliotecário: Eugênio Pacelli Ferreira da Costa
CRB-15/658

MARIA ULLY EDUARDO MARTINS

**ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA DA EDIFICAÇÃO: ESTUDO DE CASO DE
UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL VERTICAL NO MUNICÍPIO DE
MOSSORÓ/RN**

Monografia apresentada pela
aluna **Maria Uly Eduardo
Martins** à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido - UFERSA,
campus Pau dos Ferros para a
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. M.Sc. Almir
Mariano de Sousa Junior

APROVADA EM: 27/01/2015

BANCA EXAMINADORA



Prof. M.Sc. Almir Mariano de Sousa Junior
Presidente



Prof. Dr. Eduardo Raimundo Dias Nunes
Primeiro Membro



Prof. M.Sc. Antonio Carlos Leite Barbosa
Segundo Membro

DEDICATÓRIA

A Maria Docarmo (in memoriam), minha avó, que sempre estará no meu coração, pelo imenso carinho e felicidade que proporcionou a mim e a toda a sua família, pela sua alegria, dignidade, fé, entre muitas outras características marcantes que me servem de incentivo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me guia e protege.

Aos meus saudosos e amados pais, que sempre me proporcionam apoio, carinho, atenção, alegrias, me servindo sempre como exemplos a serem seguidos. Enfim, obrigada por tudo.

A minha avó Docarmo, a melhor avó do mundo, por toda a felicidade e carinho que me proporcionou.

Ao André Passos, meu namorado, que é um dos principais motivos da minha felicidade, obrigada pelo seu amor, companheirismo, carinho, atenção, enfim, por tudo.

Ao meu orientador, Almir, pelos ensinamentos e contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

A todos meus familiares (avôs, tios e primos), amigos e colegas da UFERSA, no qual desfrutamos de vários momentos de amizade, ajuda e descontrações nessa jornada.

EPÍGRAFE

.

"O futuro tem muitos nomes.
Para os fracos: Inalcançável.
Para os temerosos: Desconhecido.
Para os valentes: Oportunidade."

(Victor Hugo)

RESUMO

O crescimento elevado no quantitativo das edificações são responsáveis pelo desperdício de energia elétrica, sendo que um dos seus principais consumos estão na obtenção do conforto térmico, como nos sistemas de condicionamento do ar. Pesquisas são intensificadas para que haja uma apresentação de edifícios, viabilizando uma maior utilização da ventilação e iluminação natural em seus projetos, garantindo sustentabilidade no desempenho das edificações. A partir de estratégias recomendadas para zonas bioclimáticas, pode-se obter maneiras adequadas de implantação no terreno, taxas adequadas de ocupação do solo, dimensionamento das aberturas, forma, especificação de materiais, orientação, sombreamento, cores apropriadas e uso da iluminação e ventilação natural. Considerando então, a normativa brasileira NBR 15575 - Edificações Habitacionais - Desempenho, que entrou em vigor oficialmente desde 2013, constituindo-se de parâmetros técnicos para a classificação de uma edificação em função de seu desempenho, e estabelecendo as responsabilidades de todos os envolvidos. O presente estudo tem como objetivo investigar a aplicação e o atendimento das especificações de acordo com a NBR 15575, fazendo um estudo de caso sobre as condições de desempenho térmico apresentadas em um condomínio do tipo residencial no município de Mossoró/RN, e partindo do seguinte questionamento: os valores apresentados pelos envolvidos no projeto atendem as exigências do desempenho térmico que constam na NBR 15575? Este estudo utiliza a pesquisa bibliográfica, de estudo de caso, e aplicação de *check list* e questionário do tipo estruturado e aberto, para um real entendimento da aplicação da normativa, com total ênfase no desempenho térmico de edificações. Visando através da análise de comparação de dados, apresentar possíveis motivos causadores de contradições, ou do não cumprimento dos critérios, e posteriormente buscar soluções consideráveis, no qual possam tentar advertir todos os envolvidos no projeto de edificações habitacionais, para a obtenção de um possível controle sobre os efeitos contrários à norma.

Palavras-chave: Conforto Térmico. NBR 15575. Desempenho Térmico. Desempenho das edificações.

ABSTRACT

The high growth in the quantity of buildings are responsible for the waste of electricity, and one of its main consumption is in getting the environmental comfort, as in air conditioning systems. Searches are intensified so that there is a performance of buildings, enabling greater use of natural ventilation and lighting in your projects, ensuring sustainability performance of buildings. From recommendations strategies for bioclimatic zones, can provide suitable ways of deploying on the ground, adequate rates of land use, size of the openings, form, specification of materials, orientation, shading, colors and appropriate use of natural lighting and ventilation. Considering then, the Brazilian rules NBR 15575 Housing Buildings - Performance, which entered into force officially from 2013, constituting the technical parameters of the classification of a building within the particular function, and setting out the responsibilities of all involved. The present study aims to investigate the application and meet the specifications according to the NBR 15575, doing a case study on the thermal performance of a building of residential type in the municipality of Mossoró/RN, and based on the following question: the values presented by those involved in the project meet the requirements of thermal performance contained in NBR 15575? This study uses the literature research, case study and application checklist and questionnaire structured and open-ended, for a real understanding of the application of rules, with full emphasis on building thermal performance. Aiming through the data comparison analysis, discuss possible reasons causing these contradictions, or exceeded criteria, and then seek solutions considerable, in which to try to warn everyone involved in the design of residential buildings, to obtain control over possible effects contrary to the norm.

Keywords: Thermal Comfort. NBR 15575. Thermal Performance. Performance of buildings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Isolamento térmico nas construções	18
Figura 2 - Mapas das zonas bioclimáticas brasileiras.....	28
Figura 3 - Zona Bioclimática 7.....	29
Figura 4 - <i>EnergyPlus</i>	31
Figura 5 - Mapa do RN com destaque no Município de Mossoró	37
Figura 6 - Propriedades Térmicas das coberturas.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dificuldades de aplicação à NBR 15575/2008.....	19
Tabela 2 - Exigências do Usuário	21
Tabela 3 - Determinação da vida útil de projeto mínima.....	27
Tabela 4 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão	30
Tabela 5 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno	31
Tabela 6 - Critério de Transmitância térmica de paredes externas.....	33
Tabela 7 - Critério de Capacidade térmica de paredes externas.....	33
Tabela 8 - Critério Área mínima de ventilação em dormitórios e sala de estar	33
Tabela 9 - Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica.....	34
Tabela 10 - Valores teóricos da NBR 15575/2013 e dados obtidos <i>in loco</i> da VUP	38
Tabela 11 - Valores teóricos da NBR 15220/2003 e dados obtidos <i>in loco</i> em relação as aberturas	39
Tabela 12 - Valores teóricos da NBR 15575/2013 e dados obtidos <i>in loco</i> em relação as aberturas em dormitórios e salas.....	40
Tabela 13 - Descrições das paredes da edificação em Mossoró/RN.....	41
Tabela 14 - Transmitância e capacidade térmica para algumas paredes	42
Tabela 15 - Transmitância Térmica admissível para paredes externas.....	42
Tabela 16 - Valores de Transmitância térmica e capacidade térmica das paredes externas.....	42
Tabela 17 - Descrições da cobertura da edificação em Mossoró/RN	43
Tabela 18 - Transmitância Térmica admissível para coberturas	44
Tabela 19 - Valores de Transmitância térmica da cobertura.	44

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Absortância à radiação solar (%)
CT	Capacidade Térmica (kJ/m ² .K)
FV	Fator de ventilação
FT	Fator de correção da transmitância
U	Transmitância Térmica (W /m ² .K)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 CONFORTO TÉRMICO	17
2.2 NBR 15575 - EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS - DESEMPENHO	19
2.3 DESEMPENHO TÉRMICO SEGUNDO A NBR 15220 E NBR 15575	28
3. METODOLOGIA.....	35
3.1 INSTRUMENTOS E MÉTODOS	35
3.2 AMOSTRA	37
3.3 ANÁLISE DE DADOS	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1 VIDA ÚTIL DE PROJETO	38
4.2 DIMENSÕES E SOMBREAMENTO DE ABERTURAS	39
4.3 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E DAS TEMPERATURAS	41
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
REFERÊNCIAS	48
APÊNDICE A - <i>Check list</i>	50
APÊNDICE B - Questionário.....	51

1. INTRODUÇÃO

O desempenho térmico de uma edificação está relacionado com as características dos seus sistemas, que seriam a parte funcional do edifício, e das interações entre os meios interior e exterior. No qual a intensificação do seu estudo é fundamentada pela necessidade da minimização do consumo energético das edificações, e também da obtenção de uma maior satisfação nos ambientes internos das mesmas.

É notório que a qualidade nos projetos de edificações tornou-se importante e que reflete diretamente no comportamento das edificações, onde todos os envolvidos no processo (projetistas, fornecedores, construtor, incorporadores) devem proporcionar condições adequadas ao bom desempenho da edificação. Um dos fatores de bastante relevância principalmente para a temática e que merece destaque devido às condições climáticas da região nordeste é a satisfação térmica, objetivando tornar o ambiente edificável mais confortável e eficiente possível.

O conforto térmico está diretamente envolvido na satisfação do homem, para sentir-se termicamente confortável em determinado ambiente. Logo, se uma edificação não possibilitar esse conforto, consequentemente o usuário vai buscar formas de obtenção de conforto, como a utilização de intervenções mecânicas, elevando então o consumo de energia.

Sabe-se que a bioclimatologia estuda as relações entre o ser humano e o clima, no qual estratégias bioclimáticas são utilizadas nos projetos de edificações para criar uma arquitetura com desempenho térmico adequado de acordo com as condições climáticas do local, reduzindo o consumo de energia e melhorando o conforto térmico.

Assim, normas de desempenho são elaboradas e estabelecidas para buscar atender as exigências dos usuários e aos requisitos gerais. Ressaltando a normativa brasileira NBR 15575 - Edificações Habitacionais - Desempenho, que entrou em vigor desde de 19 de julho de 2013, elaborada pelo Comitê Brasileiro de Construção Civil, contendo seis partes. No qual são determinados requisitos e critérios de desempenho para serem

atendidos e considerarem se as edificações satisfazem as exigências dos usuários ao longo dos anos.

Sendo que essa normativa brasileira há alguns anos já havia sido desenvolvida, com algumas exigências que não atendiam as expectativas dos usuários ou até mesmo impossíveis de serem realizadas, por isso o texto não agradou muito os setores da construção civil e sofreu as modificações necessárias até o que é apresentado hoje.

A normativa também apresenta o conceito de vida útil variável dos sistemas, ou mesmo define a durabilidade de uma edificação em diversos sistemas no qual estabelece deveres e responsabilidades aos envolvidos no processo de construção e ao usuário. Para os sistemas satisfazerem essas necessidades primordiais de desempenho, no qual devem ser atendidas em todos os casos, apresentam-se os requisitos mínimos de desempenho. Sendo que também há a existência dos requisitos intermediário e superior, no qual atendem expectativas de desempenho mais elevadas.

É importante ressaltar que a norma não define materiais, deixando então que o projetista e o executor tenham livre escolha, mas ela apresenta as características que o material deve requisitar ou que o sistema deve possuir. E o não cumprimento dos parâmetros e requisitos da norma, por todos os envolvidos, comprometerá a vida útil do imóvel. Portanto, tanto os construtores como também os usuários poderão ser responsáveis em caso do não cumprimento dos seus respectivos requisitos.

Os prazos de garantia, assim como os parâmetros de vida útil de uma edificação sempre se relacionaram com as possíveis contradições em atender à norma. Levando em consideração também alguns questionamentos sobre a norma, que mesmo depois de sua revisão ainda precisam ser discutidos ou mesmo serem esclarecidos para um maior entendimento dos projetistas, incorporadores, entre outros envolvidos.

Sabe-se também que outro fator que pode acarretar na dificuldade em se adequar à norma é o Mercado, já que os requisitos da mesma proporcionam uma elevação de custos (aumento no valor dos imóveis novos, desvalorização de imóveis antigos), inviabilizando por exemplo a conclusão de obras de baixo padrão.

O objetivo geral é analisar a NBR - 15575 Edificações Habitacionais - Desempenho, investigando se os requisitos e critérios estabelecidos pela mesma estão sendo cumpridos, para que assim haja uma compreensão das contradições e formas de como reduzi-las. Dessa maneira, o presente estudo pretende discutir o tema, e analisar os respectivos dados obtidos no estudo de caso realizado numa edificação vertical do tipo residencial em Mossoró/RN, comparando as condições apresentadas pela obra e o que é requerido pela normativa brasileira em relação ao desempenho térmico.

Os objetivos específicos são:

- Avaliar como é realizado o processo de obtenção do desempenho térmico em edificações, os requisitos e critérios necessários ao sistema segundo a norma, e as formas de adequação à mesma.
- Analisar o reflexo que a normativa apresenta nas construções e manutenções de edificações.
- Criar um instrumento metodológico (*check list*) de verificação do atendimento aos requisitos e critérios da NBR 15575.
- Comparar os dados obtidos *in loco*, com os critérios apresentados na NBR 15575.

Sua problematização, então é: Os dados apresentados no estudo de caso atendem as exigências do desempenho térmico que constam na NBR 15575? Caso o contrário quais seriam os principais fatores causadores dessas contradições e as medidas mais importantes para reduzi-las?

Em princípio, têm-se alguns dos fatores causadores da dificuldade de atendimento à NBR 15575 e as respectivas medidas a serem tomadas:

- Falta de preparação de parte das construtoras brasileiras em atender a NBR 15575; Realizar maiores discussões sobre a Norma, entre os envolvidos do segmento da construção civil.
- Fabricação de materiais, que devem adequar-se às exigências; Conscientização dos fabricantes de materiais para melhorar o desempenho de seus produtos, além de certifica-los.
- Elevação de custos; As condições (apesar de mais caras) implantadas pela norma são uma questão de segurança tanto para

a construtora, como para o usuário. As construtoras deverão então buscar formas de agregar valor à suas construções atendendo ao menos os requisitos mínimos de desempenho, e os usuários devem buscar rever formas de pagamento ou mesmo de financiamento por imóveis.

As normas de desempenho são de relevante importância para construção civil, servindo tanto para o avanço técnico, como também no diálogo entre o executor, projetista e o usuário. Em relação ao desempenho térmico, adequar o clima ao projeto arquitetônico tende a solucionar vários problemas de desconforto apresentados nos projetos de edificações. Nota-se então que além das consequências em relação ao desperdício no consumo energético, apresenta-se também a insatisfação térmica dos usuários. Como já foi dito, apesar de já ter sido revisada e estar em vigor, ainda são encontradas dificuldades em atendê-las ou mesmo a falta de interesse em aplicá-las. Propõem-se então alternativas com base na análise do desempenho térmico de uma edificação de Mossoró/RN, que proporcionem a redução dessas controvérsias.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONFORTO TÉRMICO

Sabe-se que são dadas várias definições para o conforto térmico, uma delas é a da ASHRAE - American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers, que o define como uma condição psicológica que expressa a satisfação do indivíduo em relação ao ambiente térmico que o circunda.

Sendo que o conforto térmico é influenciado principalmente pelas variáveis ambientais ou físicas, que são a temperatura do ar, velocidade relativa do ar, umidade do ar e a temperatura média radiante. Além das variáveis pessoais, que são os tipos de vestimentas utilizadas e a atividade que o indivíduo está desempenhando.

Logo, se houver algum desconforto térmico, o indivíduo pode tentar reduzi-lo a partir dessas variáveis pessoais, de reclamações, de mudança do local, através de aberturas ou fechamentos de entradas de ar, ou no controle de algum condicionamento artificial de ar.

Considerando a importância que é dada em relação a obtenção do conforto térmico, o mesmo deve estar envolvido à arquitetura, de forma que os projetos promovam a habitabilidade. É notório, a necessidade de que o projeto esteja envolvido e adequado ao clima do local, atividade esta, que cabe ao projetista e que na maioria das vezes não seria utilizada como solução pelo mesmo, já que existe as possibilidades de incorporação do condicionamento artificial.

Mas, é importante lembrar que o desperdício energético está cada vez mais presente, e outras soluções cabíveis para a obtenção do conforto térmico devem ser repensadas, discutidas e então realizadas.

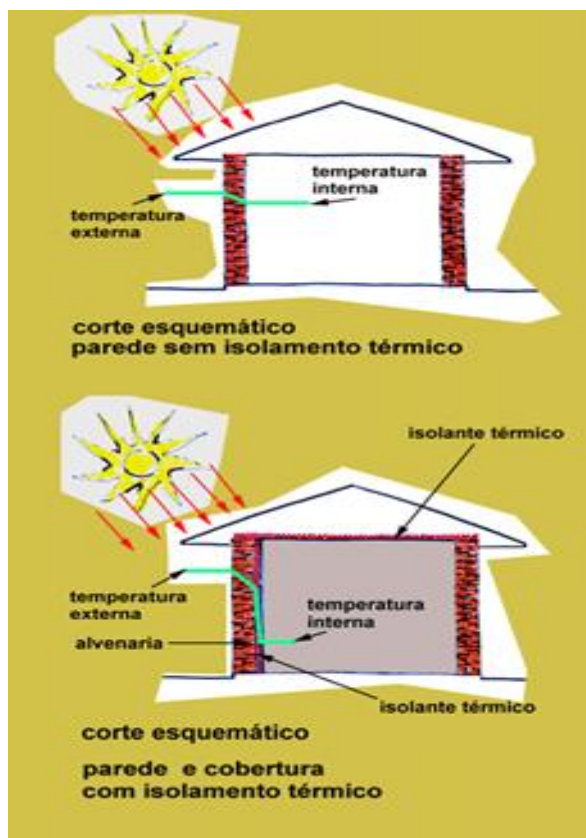
A parte da bioclimática envolvida com a arquitetura servem como uma solução para o alcance da satisfação dos indivíduos que ocupam uma edificação, em termos de conforto térmico, no qual o projeto arquitetônico

pode ser adaptado ao clima. Vários fatores podem interferir o desempenho de um edifício, como os agentes (sol, vento, chuva) que regulam o clima do local, logo é essencial ter um conhecimento do que esses agentes podem propiciar à edificação, considerando-os também no momento de sua projeção.

Para Frota e Schiffer (2001 p. 15) "A Arquitetura, como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas."

Além de diversas formas que deveriam ser utilizadas na projeção de edificações para o alcance do conforto térmico futuramente, como posicionamento, sombreamento e tamanho de janelas, orientação de fachadas, parte construtiva de coberturas e paredes, inclinação e orientação de telhados, entre outros, deve-se considerar os materiais e suas propriedades, que influenciam também no desempenho das edificações.

Figura 1 - Isolamento térmico nas construções



Fonte: Adaptado pela autora - www.edifique.arq.br/images/cforterm.gif (1999)

Enfim, diversas exigências são continuamente apresentadas por indivíduos que ocupam edificações, com o intuito de que a edificação proporcione um bom desempenho, principalmente em relação ao conforto térmico. Os usuários buscam isso seja através do condicionamento natural ou artificial, mas de acordo com o que foi apresentado, é ideal que seja utilizado o natural, devido ao consumo energético. Portanto, novas formas devem ser desenvolvidas por projetistas e demais envolvidos para a obtenção desse conforto de acordo com o que é desejado pelo usuário.

2.2 NBR 15575 - EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS - DESEMPENHO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT publicou os textos da NBR 15575 em 2008, e planejou que a normativa entraria em vigor em 2010. No dia 12 de maio de 2010 a NBR enfim entrou em vigor, com o intuito de demonstrar e exigir aos construtores e incorporadores os requisitos impostos pelos usuários.

O cumprimento da normativa envolvia edificações habitacionais de até cinco pavimentos na busca da obtenção do desempenho das mesmas. Logo, a NBR com as suas respectivas partes, impusera parâmetros e requisitos que deveriam ser atingidos pelas construtoras e todos os membros envolvidos, inclusive os usuários.

Há muito tempo que o alcance do desempenho nas edificações era um desejo a ser cumprido, mas quando isto se tornou possível, nem todos estavam preparados para atingi-lo, considerando também os que nem possuíam conhecimento da existência da NBR na época. Isto acarretaria as primeiras controvérsias em relação a normativa.

Tabela 1 - Dificuldades de aplicação à NBR 15575/2008

NBR 15575/2008 - Principais dificuldades de aplicação
Na época que foi publicada pela primeira vez a NBR 15575, o Mercado não estava preparado para suprir as exigências da norma.

- Falta de entendimento.
- Apresentação de diversos questionamentos e dúvidas sobre a aplicação da norma.

Fonte: elaborada pela autora (2014)

É notório que essa nova norma proporcionaria muitas dúvidas e questionamentos, que não seriam resolvidos ou entendidos de uma hora pra outra, mas o seu cumprimento era obrigatório e portanto adequar-se rapidamente à normativa tornou-se inviável por grande parte das construtoras, gerando conflitos no setor da construção civil.

A NBR 15575 engloba exigências em relação ao desempenho estrutural, térmico, acústico e lumínico, entre outras, que além de terem causado relevantes discussões, influenciam também na elevação dos custos, no qual ocorrerá alta nos preços dos imóveis que operam de acordo com a norma, já que é utilizado um melhor padrão construtivo. Exemplos que envolvem esse aumento de custos, seriam as soluções de isolamento, de estanqueidade, durabilidade, entre outros. Dúvidas não deixavam de aparecer entre os membros, mesmo os que estudaram a NBR, chegaram a considerar que alguns pontos apresentam dificuldades para serem postos em prática.

Algumas dúvidas necessitavam de esclarecimento, além de quê as elevações nos custos para a obtenção das exigências requeridas poderiam inviabilizar a construção de novos projetos pelas classes menos favorecidas. Com as respectivas contradições na adequação da norma, membros do setor da construção civil pediram maiores prazos para se adequarem. Já que havia problemas com a norma, o ideal seria o seu adiamento, claro que se fosse comprovado tecnicamente esses problemas.

Mas as sugestões ou mesmo críticas foram discutidas, e chegou-se à conclusão que a norma deveria ser revisada, no qual fosse consertado as dificuldades de adequação que foram apontadas.

Enfim, a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT publicou os novos textos da NBR 15575 em 2013, entrando em vigor no dia 19 de julho de 2013, que como já foi dito a mesma já havia sido aprovada em 2008, mas teve que ser revisada devido às dúvidas e questionamentos que causou no setor da construção civil.

A nova versão da norma de desempenho define as propriedades ou características dos elementos de construção em relação ao seu comportamento em uso, que independem do material utilizado, diferentes das normas prescritivas que definem características do produto baseadas na consagração do seu uso.

As normas de desempenho complementam as prescritivas, possibilitando o atendimento das exigências dos usuários em critérios e requisitos.

As exigências requeridas pelos usuários envolvem questões como:

Tabela 2 - Exigências do Usuário

Exigências	Fatores
Segurança	• Estrutural; • No uso e na operação; • Contra o fogo.
Sustentabilidade	• Durabilidade; • Impacto ambiental; • Manutenibilidade.
Habitabilidade	• Desempenho térmico, lumínico, e acústico; • Funcionabilidade; • Conforto tátil, etc.

Fonte: elaboração própria (2014)

De acordo com as necessidades dos usuários apresentadas, é notório o envolvimento de questões como de durabilidade do projeto, que seria o desempenho alcançado no decorrer do tempo e sob determinadas condições, questões de manutenibilidade, que é a facilidade de um componente, elemento, ou sistema de exercer suas funções, questões de estanqueidade, que impossibilita a passagem de fluidos através de um elemento ou um conjunto de componentes, entre outros requisitos.

É preciso ressaltar que todas as disposições que a norma contém são aplicáveis aos sistemas que integram edificações habitacionais, construídos, projetados, operados e submetidos a ações de manutenção.

O desempenho de determinada edificação é avaliado através de ensaios laboratoriais, em campo, simulações, análises de projeto, entre

outros, para então saber se um sistema está sendo utilizado de acordo com sua função.

Enfim, a normativa está estruturada em seis partes, a seguir é apresentado o que a NBR 15575 estabelece para cada parte e um breve resumo sobre as mesmas:

- **ABNT NBR 15575-1 – Parte 1: Requisitos Gerais**

Estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam às edificações habitacionais, como um todo integrado, bem como serem avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas específicos.

Sucintamente, na parte do desempenho estrutural é apresentado como um dos requisitos o conceito de estado-limite último para evitar a ruína de uma estrutura. A segurança no uso e na operação de sistemas também é alvo de preocupação na norma, no qual são apresentadas medidas para minimizar riscos.

Em relação ao desempenho térmico, que é o foco deste trabalho, são estabelecidos procedimentos, que incluem simulações computacionais, e exigências de desempenho nas estações considerando a zona bioclimática.

Já no que diz respeito ao desempenho acústico, são estabelecidas especificações para o atendimento de pelo menos condições mínimas de desempenho acústico entre determinadas situações e componentes.

Sabe-se que a iluminação natural é a requisitada durante o dia nas edificações e a iluminação artificial para a noite, sendo que alcancem a satisfação dos usuários. Logo, na NBR são apresentadas tabelas com os níveis a serem atendidos.

Deve-se também considerar as questões que envolvem a saúde nos projetos de construção, como o atendimento da legislação vigente, e em proporcionar a salubridade no ambiente edificado.

- **ABNT NBR 15575-2 – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais** Estabelece os critérios e requisitos de desempenho que se aplicam aos sistemas estruturais da edificação habitacional.

Proporcionar a segurança estrutural é um requisito que deve ser cumprido, dependendo das condições de exposição, o projeto deve atender os pontos necessários, que foram apresentados na norma.

Os métodos de avaliação podem ser analisados através de modelagens matemáticas, no qual se não forem suficientes pode-se utilizar ensaios. Nessa parte da NBR os requisitos propostos para atendimento vão corresponder ao nível mínimo de desempenho.

Manutenções devem ser realizadas para que a vida útil da edificação seja atingida nas estruturas e em seus elementos. Sendo que as mesmas devem seguir o manual de operação, uso e manutenção, que é disponibilizado pelo incorporador ou construtor.

- **ABNT NBR 15575-3 – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos** Estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao sistema de pisos da edificação habitacional.

No sistema de pisos é requerido, segundo a norma, que não haja ruínas e nem falhas, para que as exigências dos usuários sejam atendidas, e claro que não proporcionem insegurança.

Um dos fatores de degradação dos sistemas é a umidade, e o controle adequado da mesma acarretará no atendimento da vida útil. Requisitos são então estabelecidos para alcançar esse controle, como por exemplo o da estanqueidade de sistema de pisos em contato com a umidade ascendente.

Em relação ao desempenho acústico, a NBR engloba especificações do isolamento acústico entre unidades autônomas. Métodos estão disponíveis para avaliar esse isolamento, como o método de engenharia e o método simplificado de campo, que

determinam o isolamento sonoro adequado, com a presença de determinados ruídos.

Já o desempenho térmico não tem prescrições nessa parte da norma, e o desempenho lumínico tem suas especificações nos Requisitos Gerais, nos Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, e nos Requisitos para os sistemas de coberturas, da NBR. Não esquecendo que resistir aos desgastes (perda de dimensões ou qualidades devido ao uso contínuo) para garantir a vida útil do projeto, é também um requisito.

Além dos requisitos funcionais, também são desejados os estéticos, logo requisitos sobre homogeneidade e planeza são definidos.

- **ABNT NBR 15575-4 – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE**

Estabelece os requisitos, os critérios e os métodos para a avaliação do desempenho de sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) de edificações habitacionais ou de seus elementos.

As ações transmitidas por portas internas e externas também devem ser levadas em consideração nos sistemas de vedações verticais internas e externas, sendo que é preciso satisfazer as condições expostas, e posteriormente vão ser submetidas à avaliações de desempenho.

O desempenho térmico na parte de vedações verticais externas possui também especificações e avaliações. Assim como o desempenho acústico, que é apresentado para especificações em relação ao isolamento acústico entre o meio interno e externo, no qual valores são obtidos por ensaios de campo. Os métodos utilizados são os de precisão, os de engenharia e o simplificado de campo, sendo que o de engenharia é o mais preciso.

Tratando-se da vida útil e manutenção do projeto, é necessário que eles sejam especificados de acordo com a NBR, e se a vida útil for menor do que a que é estabelecida para a parte dos SVVIE, então os prazos de manutenções e substituição também deve ser mencionados.

- **ABNT NBR 15575-5 – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas** Estabelece os critérios e requisitos de desempenho exigidos dos sistemas de coberturas para edificações habitacionais.

A importância dos sistemas de cobertura é relevante, já que além de impedir a infiltração da umidade, contribui para a preservação da saúde dos usuários e previnem a proliferação de micro-organismos e de processos de degradação. Logo, sua função é proteger os demais sistemas, e isso é o que está como disposição na norma, dando importância ao planejamento, execução e avaliação do mesmo.

No que se fala sobre desempenho estrutural, é um requisito, que os sistemas de cobertura sejam resistentes e que não haja muitas deformações. De acordo com as condições são apresentadas as premissas de projetos, além de cálculos e ensaios que fazem parte das formas de avaliação.

Requisitos para o desempenho térmico são determinados, de acordo com conceitos e tabelas com critérios que estão presentes na norma. Por conseguinte, também nessa norma são determinados o isolamento acústico de acordo com os métodos e parâmetros utilizados.

A vida útil do sistema de cobertura deve ser especificado e atendido de acordo com o que consta na parte 1 da NBR. É importante ressaltar que neste sistema os fabricantes devem estabelecer as condições de uso, operação e manutenção através do manual.

- **ABNT NBR 15575-6 – Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários** Estabelece os critérios e requisitos de desempenho que se aplicam aos sistemas hidrossanitários.

O sistema hidrossanitário é responsável tanto para compor funções humanas, como para fornecer condições de saúde e higiene. Ele é incorporado a construção, e deve possuir resistência mecânica às solicitações durante o uso.

As peças do sistema hidrossanitário que vão ser utilizadas pelos usuários devem permitir segurança. Se ocorrer algum incêndio, alguma parte do sistema tem que está preparada para suprir esse combate.

Nesta parte da NBR 15575, o desempenho térmico e o lumínico não é aplicado, logo não há especificações para esses tipos de desempenho. Já o desempenho acústico pode ser medido e avaliado segundo métodos que constam na norma.

Em relação à riscos de contaminação ou estagnação, são apresentados critérios que devem ser atendidos. Condições para evitar o desperdício de água também são discutidas e exigidas.

Lembrando que o atendimento da normativa não se aplica à obras já concluídas e construções pré-existentes, obras reformadas, edificações provisórias, *retrofits* (reforma customizada), projetos protocolados nos órgãos competentes até a data de entrada de vigor da norma, e obras em andamento na data da entrada em vigor da norma. E que a norma tem abrangência nacional, ou seja a mesma deve ser atendida e respeitada de acordo com as legislações regionais.

Além da regulamentação de questões como conforto térmico, acústica arquitetônica e desempenho hidrossanitário através dos critérios mínimos para técnicas e materiais, a norma define a durabilidade de uma edificação com seus respectivos sistemas, o conforto tátil, entre outros conceitos

aplicados. Também insere novas definições de responsabilidades aos incorporadores, projetistas, construtores e usuários.

O cumprimento da NBR 15575 é obrigatório, ressaltando que a cada interveniente é estabelecido a sua incumbência, por exemplo, uma das incumbências do projetista (interveniente) é estabelecer a vida útil do projeto.

Em seguida tem-se um exemplo de uma determinação de cumprimento de uma lei relacionada ao assunto, no qual segundo a Lei 8.078/90 (Código de Defesa do Consumidor):

–Art. 39: É vedado ao fornecedor de produtos e serviços dentre outras práticas abusivas:

VIII – colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO.

O projetista deve determinar a vida útil do projeto, que seria o período de tempo estimado no qual o sistema seria projetado a fim de cumprir os requisitos de desempenho presentes na norma, diferente do conceito de vida útil, que não é um prazo ou valor teórico. Além de que, o projetista também deve considerar as ações de manutenção que podem ou não serem realizadas pelos usuários.

Tabela 3 - Determinação da vida útil de projeto mínima

Sistema	Vida Útil de Projeto (VUP)* mínima
Estrutura	≥ 50 anos
Pisos internos	≥ 13 anos
Vedação vertical externa	≥ 40 anos
Vedação vertical interna	≥ 20 anos
Cobertura	≥ 20 anos
Hidrossanitário	≥ 20 anos

Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2013)

***Considerando periodicidade e processos de manutenção, segundo a ABNT NBR 15575, especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção.**

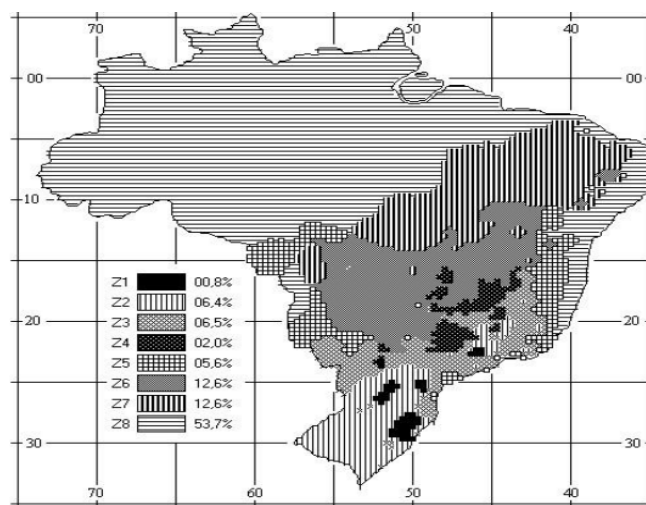
É notório, que o cumprimento da lei é um dever legal, que se não for atingido pode proporcionar consequências como multa, interdição, rejeição do produto, diminuição da vida útil do projeto, danos morais, entre outras desvantagens, lembrando que a NBR em si não é uma lei, mas tem força de lei, devido à determinações de seu cumprimento.

2.3 DESEMPENHO TÉRMICO SEGUNDO A NBR 15220 E NBR 15575

As especificações de desempenho estabelecidas nas normativas não se enquadram ao condicionamento artificial, mas sim as condições naturais de ventilação ou insolação. O desempenho térmico de um edifício vai depender do comportamento interativo de alguns dos seus sistemas.

Segundo a ABNT NBR 15575, as edificações devem reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a região de implantação da obra e as respectivas características bioclimáticas definidas na ABNT NBR 15220-3, no qual o Brasil é dividido em oito zonas bioclimáticas.

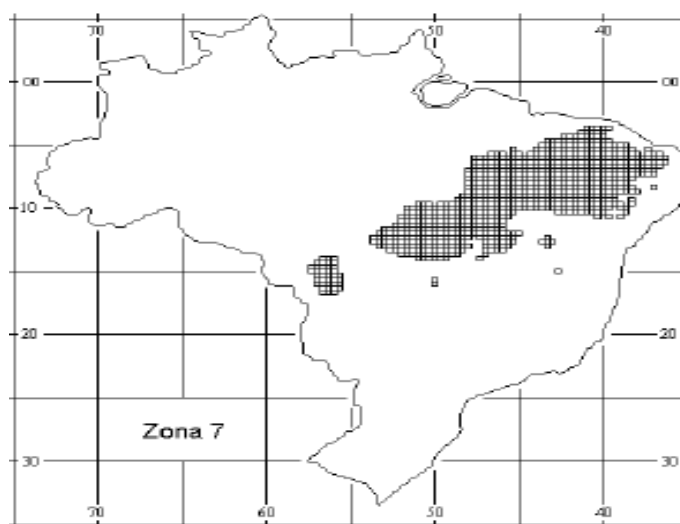
Figura 2 - Mapas das zonas bioclimáticas brasileiras



Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2013)

Para cada zona bioclimática brasileira são fornecidas respectivas estratégias, sendo considerados os tamanhos das aberturas para ventilação, a proteção das aberturas, as vedações externas e as estratégias de condicionamento térmico passivo. No qual para inserir algumas cidades na sua respectiva zona, foi considerado as variáveis climáticas do local (médias mensais das temperaturas máxima e mínima do ar e umidade do ar) e o posicionamento geográfico. O presente trabalho terá como enfoque a zona bioclimática 7, no qual a cidade Mossoró/RN é pertencente:

Figura 3 - Zona Bioclimática 7



Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2013)

Sabe-se então, que os critérios de desempenho térmico são estabelecidos com base nas zonas bioclimáticas brasileiras. Além de que o mesmo depende tanto das edificações, com suas respectivas dimensões, tipos de janelas, número de pavimentos, pé direito, materiais utilizados, orientação de fachadas, entre outros, quanto das características da localização da obra, como a temperatura e umidade do ar, velocidade e direção do vento, entre outros.

De acordo com a NBR 15220-3, é recomendado para a adequação ao clima local dos projetos construtivos nas cidades pertencentes à zona 7, que a abertura para ventilação seja pequena, isto é a abertura deve possuir uma área entre 10% e 15% da área do piso, assim como deve haver um sombreamento nessas aberturas. Também é recomendado que as vedações

externas (paredes e coberturas) sejam pesadas, ou seja, com transmitância térmica (Transmissão de calor em unidade de tempo e através de área unitária de um elemento construtivo) - $U \leq 2,20 \text{ W/m}^2.\text{K}$ para paredes, e $U \leq 2,00 \text{ W/m}^2.\text{K}$ para coberturas, entre outros fatores.

O desempenho térmico de edifícios está relacionado com os requisitos gerais, os requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, e os requisitos para os sistemas de coberturas da NBR 15575. Na parte 1, dos requisitos gerais, são apresentados dois procedimentos para avaliação de adequação dos edifícios, um normativo e um informativo. O primeiro procedimento estabelece que, se os valores de transmitância térmica e capacidade térmica (Quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema) não estiverem adequados aos critérios requeridos nas partes dos requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, e coberturas, cabe ao projetista avaliar a edificação através do método da simulação computacional, que também é descrito na norma. Já o segundo procedimento está envolvido com as medições e análise do alcance ou não das especificações dos requisitos gerais.

Os níveis de desempenho são classificados entre mínimo, intermediário e superior, e na seguinte tabela são apresentadas a caracterização desses níveis para o desempenho térmico no verão:

Tabela 4 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível	Zona 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i_{\max}} \leq T_{e_{\max}}$	$T_{i_{\max}} \leq T_{e_{\max}}$
I	$T_{i_{\max}} \leq (T_{e_{\max}} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i_{\max}} \leq (T_{e_{\max}} - 1^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i_{\max}} \leq (T_{e_{\max}} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i_{\max}} \leq (T_{e_{\max}} - 2^{\circ}\text{C})$
		$T_{i_{\min}} \leq (T_{e_{\min}} + 1^{\circ}\text{C})$
$T_{i_{\max}}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e_{\max}}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação ($^{\circ}\text{C}$); $T_{i_{\min}}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação ($^{\circ}\text{C}$); $T_{e_{\min}}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação ($^{\circ}\text{C}$);		

Fonte: Adaptada pela autora - ABNT NBR 15575-1 (2013)

Considerando que no verão, o interior do edifício deve possuir condições térmicas iguais ou melhores ao do ambiente externo à sombra, além de uma temperatura do ar no interior de espaços que o ocupante

permanece mais tempo, igual ou menor que a temperatura máxima do exterior, para assim alcançar o nível de aceitação (M).

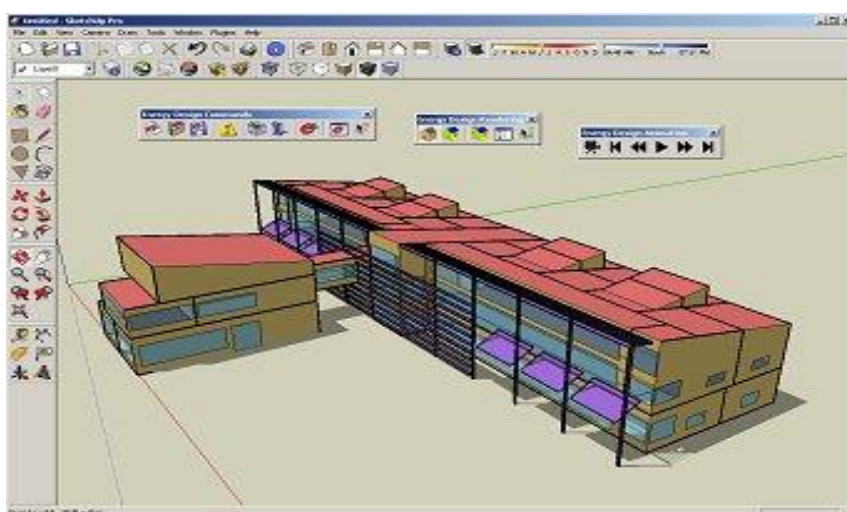
Tabela 5 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

Nível	Zona 1 a 5	Zona 6, 7 e 8
M	$T_{i_{min}} \geq (T_{e_{min}} + 3^{\circ}\text{C})$	Não é necessário a verificação
$T_{i_{min}}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação ($^{\circ}\text{C}$);		
$T_{e_{min}}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação ($^{\circ}\text{C}$);		
Fonte: Adaptada pela autora - ABNT NBR 15575-1 (2013)		

Sendo que no inverno, a parte interna da edificação deve possuir condições térmicas melhores ao do ambiente externo, além de uma temperatura do ar no interior de espaços que o ocupante permanece mais tempo, igual ou maior que o acréscimo de 3°C à temperatura mínima do exterior, para então, também alcançar o nível de aceitação (M).

O desempenho térmico pode ser analisado através de simulação computacional, no qual para realizar essa avaliação é necessário possuir dados climáticos da cidade ou de uma cidade próxima que possui as mesmas características. Há alguns programas de simulação com os requisitos e critérios necessários, mas o que se é recomendado pela norma, é o programa *EnergyPlus*.

Figura 4 - *EnergyPlus*



Fonte: <https://bldgsim.wordpress.com/tag/energyplus/> (2009)

De acordo com a NBR 15575/2013 - Parte 1, são destacados os seguintes pontos para simulação computacional de edificações em fase de projeto em todos os recintos de uma unidade habitacional:

- Simular todos os espaços da unidade;
- Considerar nos dados de entrada que os recintos próximos apresentam condições térmicas semelhantes ao do edifício que está sendo simulado;
- A edificação deve ser conduzida de acordo com a implantação, senão o seu posicionamento deve estar do ponto mais crítico de vista térmica. Enfim de acordo com a NBR 15575/2013 - parte 1, é recomendado para condição crítica:

a) verão: janela do dormitório ou da sala voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para oeste;

b) inverno: janela do dormitório ou da sala de estar voltada para sul e a outra parede exposta voltada para leste. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para sul;

c) Obstrução no entorno: considerar que as paredes expostas e as janelas estão desobstruídas, ou seja, sem a presença de edificações ou vegetação nas proximidades que modifiquem a incidência de sol e/ou vento. Edificações de um mesmo complexo, por exemplo um condomínio, podem ser consideradas, desde que previstas para habitação no mesmo período. Esta informação deve constar na documentação de comprovação de desempenho;

d) Obstrução por elementos construtivos previstos na edificação: dispositivos de sombreamento (exemplos: parasóis, marquises, beirais) devem ser consideradas na simulação;

A taxa de ventilação do ambiente deve ser de 1 ren/h.

Em relação a absorvência à radiação solar, analisa-se as características e a cor das superfícies externas das paredes e coberturas, de acordo com o que é orientado na NBR. No qual, comumente define-se para as paredes externas, as cores clara, média ou escura, com os valores de absorvência 0.3, 0.5, e 0.7 respectivamente.

Se os critérios estabelecidos não forem atendidos, é preciso realizar a simulação novamente, mas com a presença de algumas alterações, como na ventilação e sombreamento, que são determinadas na normativa.

Já em relação ao desempenho térmico do sistema de vedações verticais externas - SVVE que é tratado na parte 4 da NBR, têm-se determinadas especificações, que se não forem atendidas, é requerido que no processo de simulação deste caso, sigam as condições padrão de sombreamento e ventilação que constam na parte 1.

Para o alcance do desempenho térmico mínimo, as paredes externas devem possuir capacidade térmica e transmitância térmica adequadas, conforme descrito na tabela 6 e 7:

Tabela 6 - Critério de Transmitância térmica de paredes externas

Nível de desempenho térmico	Zona 1 e 2	Zona 3, 4, 5, 6, 7 e 8
M	$U \leq 2,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$\alpha \leq 0,6$ $U \leq 3,7 \text{ W/m}^2.\text{K}$
		$\alpha > 0,6$ $U \leq 2,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Fonte: Adaptada pela autora - ABNT NBR 15575-4 (2013)

Tabela 7 - Critério de Capacidade térmica de paredes externas

Nível de desempenho térmico	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$\geq 130 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$	Sem exigência

Fonte: Adaptada pela autora - ABNT NBR 15575-4 (2013)

Para recintos de longa permanência, é requerido que haja aberturas para ventilação, seja de acordo com a legislação do local ou com a tabela 8:

Tabela 8 - Critério Área mínima de ventilação em dormitórios e sala de estar

Nível de desempenho térmico	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
M	$A \geq 7\%$	$A \geq 12\%$ (Região Norte Brasileira)
		$A \geq 8\%$ (Região

Fonte: Adaptada pela autora - ABNT NBR 15575-4 (2013)

Para essa avaliação na edificação, tem-se:

$$A = 100 \cdot (A_A / A_P) (\%) \quad (1)$$

No qual, A_A é a área efetiva de abertura de ventilação, de acordo com o que é prescrito na norma, e A_P é a área do piso do recinto.

E por fim, em relação ao desempenho térmico de coberturas, que é tratado na parte 5 da NBR, verifica-se os requisitos e critérios estabelecidos para sua adequação. No qual é requerido que para cada zona bioclimática, seja alcançado o desempenho térmico, através da absorvância à radiação solar e transmitância térmica da cobertura.

Na tabela 9 consta os critérios com os valores máximos de transmitância térmica em relação às coberturas, considerando as zonas bioclimáticas.

Tabela 9 - Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica

Nível	Zona 1 e 2	Zona 3 a 6	Zona 7 e 8
M	$U \leq 2,3$	$\alpha \leq 0,6$ $U \leq 2,3$	$\alpha \leq 0,4$ $U \leq 2,3$ FV
		$\alpha > 0,6$ $U \leq 1,5$	$\alpha > 0,4$ $U \leq 1,5$ FV
I	$U \leq 1,5$	$\alpha \leq 0,6$ $U \leq 1,5$	$\alpha \leq 0,4$ $U \leq 1,5$ FV
		$\alpha > 0,6$ $U \leq 1,0$	$\alpha > 0,4$ $U \leq 1,0$ FV
S	$U \leq 1,0$	$\alpha \leq 0,6$ $U > 1,0$	$\alpha \leq 0,4$ $U \leq 1,0$ FV
		$\alpha > 0,6$ $U \leq 0,5$	$\alpha > 0,4$ $U \leq 0,5$ FV

Transmitância Térmica - U em W/m².K.

Na zona 8 também estão atendidas coberturas de telhas cerâmicas.

Fator de ventilação - FV é estabelecido na ABNT NBR 15220/2

Fonte: Adaptada pela autora - ABNT NBR 15575/2013

O fator de ventilação (FV) não aparece na parte 2 da NBR 15220, mas sim na parte 3, como fator de correção da transmitância (FT). Logo, de acordo com a NBR 15220/2003 - Parte 3:

$$FT = FV = 1,17 - 1,07 \cdot h^{-1,04} \quad (2)$$

h = altura de abertura entre beirais (cm)

Para coberturas sem forro e áticos não ventilados FV = 1.

Ou mesmo o projetista escolhe o fator de ventilação (em %) da área de abertura para ser modelado.

Para a obtenção do desempenho térmico é preciso alcançar pelo menos o nível mínimo de desempenho (M). Sendo que, se esses critérios e requisitos não forem atendidos, faz-se necessário utilizar simulação computacional, que é descrito na parte 1 da normativa brasileira.

3. METODOLOGIA

3.1 INSTRUMENTOS E MÉTODOS

Inicialmente, a metodologia de estudo pode ser classificada como uma pesquisa descritiva, utilizando-se de pesquisas bibliográficas e qualitativas, como procedimentos de coleta, realizando-se abordagens sobre o desempenho térmico de acordo com a NBR 15220 e 15575.

Marconi e Lakatos (2003, p. 183) informam sobre a pesquisa bibliográfica que:

Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos por alguma forma, quer publicadas, quer gravadas.

Posteriormente, a metodologia da pesquisa foi de um estudo de caso, no qual utiliza-se apenas de um cenário ou situação que pode representar casos semelhantes, escolha esta, em virtude que:

A essência de um estudo de caso está, pois, no fato de ser uma estratégia para pesquisa empírica empregada para a investigação de um fenômeno contemporâneo, em seu contexto real, possibilitando a explicação de ligações causais de situações singulares. (Gomes, 2008)

Para a obtenção dos dados, a técnica utilizada na pesquisa foi a aplicação de questionário e um *check list*. Para Severino (2007), o questionário é uma técnica de coleta de dados, contendo perguntas a serem preenchidas, sem a necessidade da presença do entrevistador. Ainda segundo o mesmo, a utilização do questionário apresenta várias vantagens, como a obtenção de respostas precisas e rápidas e em não ser necessário a realização de viagens para a obtenção de dados.

O *check list* é um instrumento de tabulação similar ao questionário, preenchido pelo próprio pesquisador e permitindo que ele mesmo avalie o sistema, apontando os seus pontos fortes e fracos. (LIMA, 2003, p. 28)

O questionário e o *check list* foram divididos e aplicados de acordo com as perguntas, no *check list* só há questões fechadas, de múltipla escolha com parâmetros determinados, e o questionário com questões livres (abertas), possibilitando a obtenção de dados mais concretos, logo mais eficazes e contribuintes para a pesquisa.

Enfim, o *check list* e o questionário, foram elaborados com as seguintes categorias: vida útil do projeto da edificação, aberturas para ventilação e sombreamento de aberturas, descrições das paredes e coberturas, número de pavimentos, tipo de empreendimento, andamento da obra, valores máximos e mínimos diários das temperaturas do ar no interior e exterior da edificação e elevação de custos.

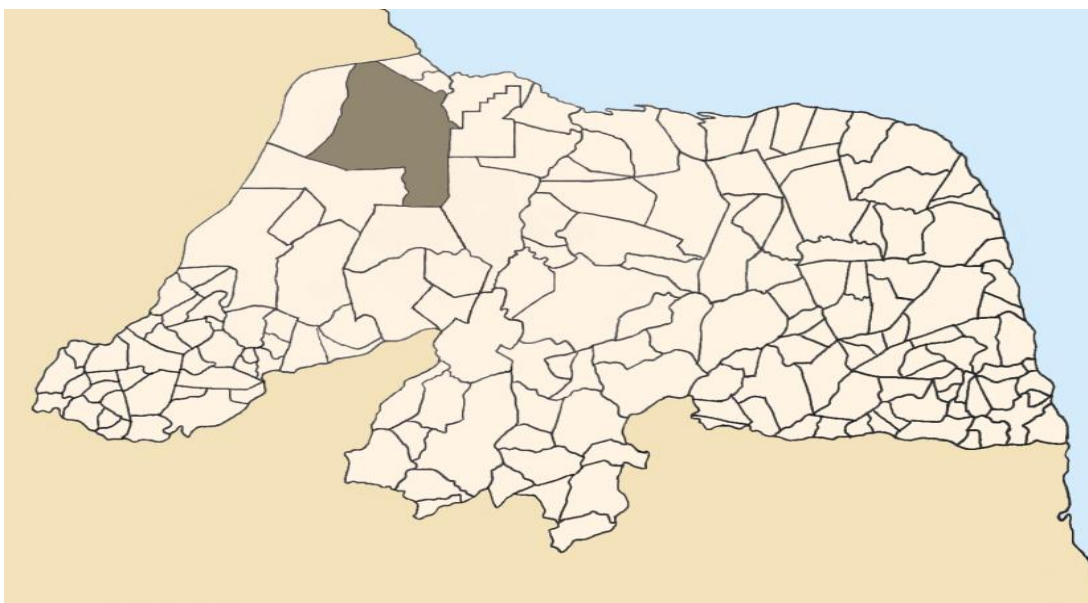
3.2 AMOSTRA

Foi analisado um condomínio vertical do tipo residencial dentro da cidade de Mossoró/RN. A edificação, em período de construção, constitui dois blocos com 5 pavimentos cada, 6 apartamentos por andar, e cada apartamento com área de 65 m².

O município de Mossoró está localizado no Oeste Potiguar, situado entre duas capitais, Fortaleza e Natal. Possuindo a segunda maior população do estado do Rio Grande do Norte, 284.286 habitantes. (IBGE, 2014)

Em relação ao clima, Mossoró é caracterizado como semiárido, apresentando clima quente e seco, pertencente à zona bioclimática 7.

Figura 5 - Mapa do RN com destaque no Município de Mossoró



Fonte: <http://www.riograndedonorte.net/projeto-cria-regiao-metropolitana-para-mossoro-com-mais-25-cidades-do-rn/> (2014)

3.3 ANÁLISE DE DADOS

Por fim, a partir dos dados obtidos e com a formação de algumas descrições, pôde-se obter os valores das propriedades térmicas. Posteriormente foram comparados todos os dados com os que constam na

NBR 15575/2013 e com algumas recomendações da NBR 15220/2003, agrupando-os em tabelas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para analisar as condições de desempenho térmico apresentadas pela edificação foi-se aplicado um *check list* e um questionário, no qual os resultados coletados serviram como base para a análise dos materiais utilizados, proporcionando a obtenção dos valores de transmitância térmica, absorptância e capacidade térmica, decorrendo no comparativo com os critérios e requisitos exigidos na NBR 15575/2013 e algumas recomendações da parte 3 da NBR 15220.

4.1 VIDA ÚTIL DE PROJETO

A NBR 15575/2013 recomenda que o projetista deve determinar a vida útil do projeto, de acordo com os valores especificados na mesma. Segue-se então, os valores da vida útil determinados pelo engenheiro responsável pelo projeto e os valores estabelecidos pela norma.

Tabela 10 - Valores teóricos da NBR 15575/2013 e dados obtidos *in loco* da VUP

Sistema	Vida Útil de Projeto (VUP)* mínima estabelecida por norma	Parâmetro de Vida Útil de Projeto (VUP)* estabelecida pelo projetista
Estrutura	≥ 50 anos	$50 < VUP < 60$
Pisos internos	≥ 13 anos	$10 < VUP < 20$
Vedação vertical externa	≥ 40 anos	$VUP \leq 13$
Vedação vertical interna	≥ 20 anos	$VUP \leq 13$
Cobertura	≥ 20 anos	$20 < VUP < 30$
Hidrossanitário	≥ 20 anos	$VUP \leq 13$

Fonte: Elaborada pela autora (2015)

De acordo com a tabela 10, nota-se que os sistemas de estruturas, pisos internos e cobertura apresentam parâmetros que se adéquam a normativa, pois a vida útil do projeto está dentro dos limites especificados. Mas em relação as vedações e o sistema hidrossanitário, os valores determinados são muito inferiores aos dos valores do critério apresentado, constando-se que a vida útil de projeto determinada será menor que 13 anos. Isso deve ocorrer pela falta de utilização de materiais adequados, no qual essa situação pode ser decorrente tanto pelos fabricantes, que não fornecem componentes que se adéquem ao menos à esses valores mínimos, ou por escolha da própria construtora em não elevar os custos da obra.

Ressaltando que, as vedações tem relevante influência em relação ao desempenho térmico da edificação. Então, no decorrer das análises, será verificado se as vedações cumprem os critérios necessários, pelo menos alcançando os níveis de desempenho mínimo para a obtenção do desempenho térmico, mas tratando-se da VUP as mesmas estão fora e bem abaixo do que é requerido.

4.2 DIMENSÕES E SOMBREAMENTO DE ABERTURAS

Inicialmente, em relação as dimensões e sombreamento de aberturas da edificação, foram verificadas as especificações da NBR 15220/2003. Nesta norma as recomendações apresentadas para a zona bioclimática 7, a qual Mossoró se encontra, são que todas as aberturas sejam pequenas e sombreadas. Lembrando que, o valor obtido das dimensões das aberturas são de acordo com a porcentagem da área da abertura de ventilação em relação a área do piso. Foi-se então constado que:

Tabela 11 - Valores teóricos da NBR 15220/2003 e dados obtidos *in loco* em relação as aberturas

Aberturas	Dado requerido por norma	Dado obtido in loco
-----------	--------------------------	---------------------

Pequenas	Pequenas (10 % a 15%)	Pequenas (10 % a 15%)
Sombreadas	Todas	Somente uma parte

Fonte: Elaborada pela autora (2015)

Perante o exposto, percebe-se que as dimensões das aberturas da edificação em Mossoró estão de acordo com sua respectiva zona bioclimática, proporcionando então, a ventilação interna adequada. Em relação ao sombreamento, o requerimento não é alcançado pois apenas algumas aberturas são sombreadas.

Devido Mossoró possuir clima quente e seco, essa dimensão de abertura proporciona entrada de ventilação adequada, ou seja, não há um excesso do vento quente no recinto. Ao contrário de Natal/RN que está na zona bioclimática 8, possuindo clima quente e úmido, sendo então recomendado aberturas grandes para a ventilação do recinto.

Em relação ao sombreamento, o requerimento não é alcançado pois apenas algumas aberturas são sombreadas.

A NBR 15575/2013 também apresenta critérios envolvidos com as dimensões das aberturas. Com exceção que, são somente avaliadas as aberturas de recintos de longa duração, como salas e dormitórios. Sendo que o valor percentual é determinado da mesma forma apresentada anteriormente.

Tabela 12 - Valores teóricos da NBR 15575/2013 e dados obtidos *in loco* em relação as aberturas em dormitórios e salas.

Aberturas	Dado requerido por norma para zona 7	Parâmetro obtido in loco
Médias	$A \geq 7\%$	10 % a 15%

Fonte: Elaborada pela autora (2015)

Como pode ser notado, a classificação não é a mesma da NBR 15220, mesmo a área mínima sendo 7%, a classificação da abertura de ventilação na NBR 15575 é como média. A edificação continuou com o

mesmo parâmetro para recintos de longa permanência, de 10% a 15%, constatando-se então que as aberturas atendem o nível mínimo de desempenho.

4.3 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E DAS TEMPERATURAS

Para edificações habitacionais construídas em Mossoró/RN, a NBR 15220/2003 determina que as paredes e coberturas sejam pesadas, ou seja são estabelecidos valores limites de transmitância térmica para as mesmas. Já a NBR 15575/2013, necessita dos valores de transmitância térmica, absorvância e capacidade térmica de paredes e coberturas, para estabelecer e verificar os critérios. Em seguida, tem-se a forma de obtenção desses valores, de acordo com a junção de alguns dos dados obtidos no estudo de caso.

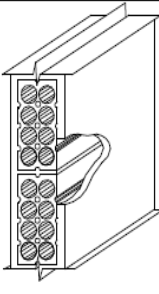
Tabela 13 - Descrições das paredes da edificação em Mossoró/RN

Descrição	Dados obtidos
Tipo de parede	De tijolos com 8 furos circulares assentados na menor direção
Cor da superfície externa das paredes	Clara
Espessura total da parede	15 cm
Dimensões dos tijolos	10,0 x 20,0 x 20,0 cm

Fonte: Elaborada pela autora (2015)

De acordo com a NBR 15220/2003, pode-se obter os valores de transmitância térmica e capacidade térmica, com os dados apresentados anteriormente. As descrições das paredes adquiridas em obra encaixam-se a seguinte descrição disponível na normativa:

Tabela 14 - Transmitância e capacidade térmica para algumas paredes

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24	167

Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2013)

E para a absorvância à radiação solar, a NBR 15575 diz que, para paredes externas com cores claras, a absorvância pode ser considerada como 0,3.

Em seguida é verificado se as paredes externas se enquadram ao que é recomendado na NBR 15220/2003:

Tabela 15 - Transmitância Térmica admissível para paredes externas

Paredes	Transmitância Térmica Teórica	Transmitância Térmica Obtida
Pesadas	$U \leq 2,20 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U = 2,24 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Fonte: Elaborada pela autora (2015)

O valor da transmitância térmica da parede da edificação, 2,24 W/m².K, não condiz com o valor teórico, concluindo-se que a especificação de paredes pesadas para a zona 7 não foi atendida.

Agora, pode-se avaliar os critérios da NBR 15575/2013 para as paredes externas, de acordo com sua zona bioclimática:

Tabela 16 - Valores de Transmitância térmica e capacidade térmica das paredes externas

Paredes externas	Valores requeridos para a zona 7	Valores apresentados para a edificação
Absorvância	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha = 0,3$
Transmitância Térmica (W/m ² .K)	$U \leq 3,7$	$U = 2,24$
Capacidade Térmica	$CT \geq 130$	$CT = 167$

Fonte: Elaborada pela autora (2015)

Os valores apresentados na tabela 16 de transmitância térmica e capacidade térmica estão aceitáveis, logo as paredes externas proporcionam o nível de desempenho térmico mínimo.

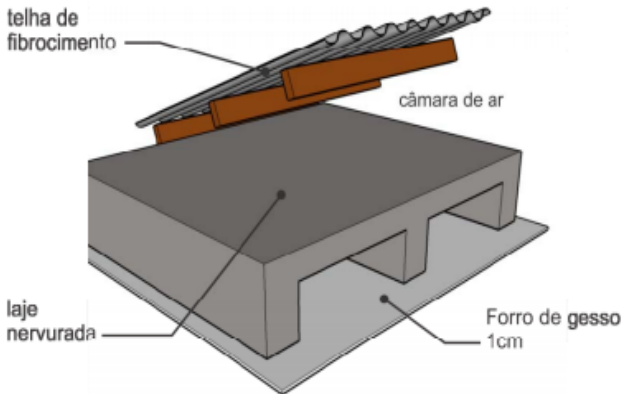
Tabela 17 - Descrições da cobertura da edificação em Mossoró/RN

Descrição	Dados obtidos
Tipo de cobertura	Telha de Fibrocimento
Absortância solar na cobertura	0,7
Forro	Gesso
Laje	Maciça com laje nervurada (altura de nervura 15 cm) sem preenchimento

Fonte: Elaborada pela autora (2015)

Para a obtenção das propriedades térmicas das coberturas consultou-se um catálogo do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO. Logo, as descrições da cobertura da edificação habitacional se inserem com a seguinte descrição disponível no catálogo:

Figura 6 - Propriedades Térmicas das coberturas

		Descrição:	24						
		Forro de gesso (1cm) Laje nervurada - Altura 22,5cm (altura da nervura 15cm, largura da nervura 10cm, espessura da lâmina 7,5cm, Distância entre vãos 50cm) Vazios sem preenchimento (câmara de ar) 40 x 40cm Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha de fibrocimento							
		<table><tr><th>U</th><th>C_T</th></tr><tr><th>[W/(m²K)]</th><th>[kJ/m²K]</th></tr><tr><td>1,55</td><td>237</td></tr></table>	U	C _T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	1,55	237	
U	C _T								
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]								
1,55	237								

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf> (2013)

Como já foi dito, segundo a NBR 15220, para a zona 7 as coberturas devem ser pesadas. Logo em seguida, há a comparação dos valores teóricos e os valores obtidos:

Tabela 18 - Transmitância Térmica admissível para coberturas

Cobertura	Transmitância Térmica Teórica	Transmitância Térmica Obtida
Pesadas	$U \leq 2,00 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U = 1,55 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Fonte: Elaborada pela autora (2015)

Constata-se então na tabela 18, que a cobertura possui transmitância térmica aceitável, atendendo o que é exposto na norma.

Para verificar os critérios da NBR 15575 em relação á transmitância térmica, é necessário saber o fator de ventilação - FV. Na aplicação do questionário constatou-se que os áticos da edificação não são ventilados, logo para coberturas com áticos não ventilados o $FV = 1$.

Tabela 19 - Valores de Transmitância térmica da cobertura.

Cobertura	Valores requeridos para a zona 7	Valores apresentados para a edificação
Absortância	$\alpha > 0,4$	$\alpha = 0,7$
Transmitância Térmica ($\text{W/m}^2.\text{K}$)	$U \leq 1,5 \text{ FV}$	$U = 1,55$

Fonte: Elaborada pela autora (2015)

A tabela 19 apresenta valores teóricos para os níveis mínimos de desempenho, sendo notório o não cumprimento do critério, já que a transmitância térmica é superior ao valor limite estabelecido para absortância maior que 0,4. A cobertura é de fundamental importância para o conforto térmico, e se ela não atende nem os requisitos mínimos de desempenho, pode influenciar muito no desempenho térmico da edificação, e na insatisfação do usuário.

Sabe-se que quando as propriedades térmicas não alcançam pelo menos os níveis mínimos de desempenho, é necessário avaliar por simulação computacional. E no questionário foi constatado, que não utilizou-se da simulação computacional, sendo que nem era do conhecimento dos

envolvidos no projeto algum programa que avaliasse o desempenho, para determinar se o mesmo era insatisfatório ou não.

E por fim, em relação as temperaturas mínimas e máximas do ar tanto no interior, como no exterior da edificação também não foram respondidas, pois os envolvidos no projeto não verificaram os respectivos valores. Logo, o cumprimento ou não dos critérios de desempenho para condições de verão ou de inverno , não serão apresentados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo comparar as condições de desempenho térmico da edificação do tipo residencial vertical em Mossoró/RN, com o que é requerido na NBR 15220 e 15575 para a zona bioclimática 7 brasileira, demonstrando se há ou não o cumprimento do que se é requerido, e os possíveis fatores que causam a falta de atendimento.

A metodologia utilizada proporcionou tanto um aprofundamento na teoria sobre o desempenho térmico, como resultados aceitáveis nas medições *in loco* para serem discutidos. E através da revisão bibliográfica compreendeu-se a importância do envolvimento da bioclimática com o projeto arquitetônico, para o alcance do desempenho.

A análise dos elementos construtivos, com suas respectivas propriedades térmicas, proporcionou uma comparação com a NBR 15220 e a NBR 15575, sendo possível constatar inicialmente, que as paredes apresentaram valor superior ao limite de transmitância térmica estipulado para a zona 7 na NBR 15220, enquanto na NBR 15575 tanto os valores de transmitância térmica, como os de capacidade térmica estão de acordo com o que é estipulado na norma, alcançando então o nível mínimo de desempenho.

Ao contrário dos valores admissíveis para as paredes, as coberturas atendem ao valor limite estabelecido para a zona 7 na NBR 15220, mas não possuem áticos ventilados, e em relação ao alcance do desempenho térmico

de acordo com os valores limites da NBR 15575, o sistema de cobertura não alcança nem o desempenho mínimo. Sendo que a cobertura exerce funções essenciais nas edificações, e se a mesma não está adequada à norma, pode influenciar no conforto térmico, acarretando portanto um maior consumo de energia.

Apesar das dimensões das aberturas estarem de acordo com a norma, somente parte das aberturas são sombreadas, o qual não é recomendado para a zona 7, que deve possuir sombreamento em todas as aberturas.

Como já foi dito, se os valores das propriedades térmicas não alcançarem o nível mínimo de desempenho, deve-se fazer uma simulação computacional para determinar se o desempenho é insatisfatório ou não. Mas esse procedimento não foi realizado pelos envolvidos no projeto, aliás eles nem conhecem algum programa que faça esse tipo de avaliação. Demonstrando então a falta de envolvimento, e de preocupação no atendimento do desempenho térmico, mesmo após a normativa tornar-se obrigatória e a edificação ser aplicável às disposições da norma.

O município de Mossoró, integrado na zona 7, apresenta clima quente e seco, logo o cumprimento pelo menos dos requisitos mínimos em relação ao alcance do desempenho térmico deveria apresentar atenção e preocupação relevante, mas não é isso que ocorre.

Apesar de ser uma construtora renomada em Mossoró, e o cumprimento da NBR 15575 ser obrigatório, ainda não há a preocupação no atendimento e aplicação do que consta na norma. Conclui-se ainda mais a presença dessa falta de interesse, principalmente em virtude de que não foram verificados e apresentados os valores mínimos e máximos da temperatura do ar, no qual não ocorreu nenhuma medição do tipo, e nem dos outros critérios apresentados anteriormente. Provavelmente os valores que estão de acordo com as normas, aparecem não devido à um possível seguimento das especificações, mas sim por serem medidas habituais utilizadas pela construtora, que provocam a minimização da insatisfação térmica.

Logo é preciso que haja o interesse dos executores e projetistas em verificar as condições de desempenho térmico, incluindo escolha dos

materiais adequados, baseados com a respectiva zona, na avaliação do desempenho a ser alcançado, enfim buscando seguir o que consta na normativa, que apesar da elevação dos custos, propicia também na própria valorização do imóvel.

É notório também, a necessidade do envolvimento do usuário tanto na manutenção, como na fiscalização de desempenho, mas se muitos engenheiros e arquitetos nem tem conhecimento e nem entendimento da normativa, imagina-se a situação dos usuários, que como solução para a satisfação térmica apenas utilizam-se nas suas residências a ventilação artificial, acarretando como consequência o aumento do consumo energético.

Enfim, no decorrer do trabalho pode-se constatar que existe a necessidade de aprofundamento em pesquisas relacionadas ao atendimento do desempenho térmico na região, servindo assim como um alerta a todos os envolvidos nos projetos de edificação, para que haja uma possível conscientização dos mesmos e o então cumprimento dessas especificações.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 55 Handbook - Fundamentals**. Atlanta, 2004.

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, 2003.

_____. **NBR 15575-1**: Edifícios Habitacionais - Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-2**: Edificações habitacionais - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-3**: Edificações habitacionais - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-5**: Edifícios Habitacionais - Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-6**: Edifícios Habitacionais - Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2013.

Código de Defesa do Consumidor. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078.htm> Acesso em 11 dez. 2014, 16:32:10.

Conforto Térmico. Disponível em:
<<http://www.edifique.arq.br/images/cforterm.gif>> Acesso em 20 nov. 2014, 13:20:10.

FROTA, Anésia Barros; SHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GOMES, A. A. **Nuances**: estudos sobre Educação. Presidente Prudente, SP, ano XIV, v. 15, n. 16, p. 215-221, jan./dez. 2008. Disponível em:

<<http://revista.fct.unesp.br/index.php/Nuances/article/viewFile/187/257>>
Acesso em 11 dez. 2014, 18:11:00

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados Gerais**. Disponível em:
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=240800&search=rio-grande-do-norte|mossoro|infograficos:-informacoes-completas>>
Acesso em 30 out. 2014.

INMETRO, **Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros**. Disponível em:
<<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf>>

LIMA, João Ademar de Andrade. **Metodologia de Análise Ergonômica**. 2003. 73 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2003.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.

APÊNDICE A - *Check list*

1) Dados de inspeção						
Número de Pavimentos	1	2	3	4	5	Mais de 5
Tipo de edificação	Residencial Unifamiliar		Residencial Multifamiliar		Conjuntos Habitacionais	
Andamento da obra	Construído		Projetado		Em manutenção	
2) Vida útil do projeto estabelecida pelo projetista (anos)						
Sistemas	Estrutura	Pisos internos	Vedação vertical interna	Vedação vertical externa	Cobertura	Hidrossanitário
VUP ≤ 13						
10 < VUP < 20						
20 < VUP < 30						
30 < VUP < 40						
40 < VUP < 50						
50 < VUP < 60						
60 < VUP < 75						
VUP ≥ 75						
3) Aberturas para ventilação e sombreamento de aberturas						
Aberturas para ventilação (em % da área de piso)	Pequenas (10 % a 15%)		Médias (15% a 25%)		Grandes (> 40%)	
Sombreamento das aberturas	Todas as aberturas são sombreadas		Nenhuma abertura é sombreada		Parte das aberturas são sombreadas	
4) Descrição das paredes						
Tipo de parede	Concreto maciço	Tijolos maciços	Tijolos com furos quadrados	Tijolos com furos circulares	De blocos cerâmicos	
Furos dos tijolos	2	3	4	6	8	21
Assentamento dos tijolos	Na menor direção			Na maior direção		
Cor da superfície externa das paredes	Clara		Média		Escura	
5) Descrição das coberturas						
Compõe a cobertura	Forro		Laje		Não se aplica nenhuma	

APÊNDICE B - Questionário

1. Qual a sua espessura total da parede da edificação?

2. Se a parede for de tijolos, quais são as dimensões do tijolo?

3. Qual o valor especificado no projeto da absorvência solar na cobertura?

4. Qual o tipo (material constituinte) e espessura da telha utilizada na cobertura da edificação?

5. Se houver forro na cobertura, qual é o seu tipo e espessura?

6. Se houver laje na cobertura, qual é o seu tipo e espessura?

7. Os áticos da edificação são ventilados? Se sim qual a altura (cm) de abertura entre os beirais?

8. Qual o valor máximo e mínimo diário da temperatura do ar no interior (salas e dormitórios) da edificação em °C?

9. Qual o valor máximo e mínimo diário da temperatura do ar no exterior da edificação em °C?

10. Utilizou-se algum tipo de simulação computacional para avaliar o desempenho térmico? Se sim, qual o programa utilizado?

11. Enfim, alternativas de desempenho térmico elevam os custos? Porque?
