



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

**LINIK ARAÚJO DO NASCIMENTO**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA  
EDIFICAÇÃO EM BLOCO ESTRUTURAL CERÂMICO,  
NA CIDADE DE PARAÍSO DO TOCANTINS – TO**

**Palmas – TO  
2018**



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

## **LINIK ARAÚJO DO NASCIMENTO**

### **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO EM BLOCO ESTRUTURAL CERÂMICO, NA CIDADE DE PARAÍSO DO TOCANTINS – TO**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil, sob orientação do Prof. MSc. Hider Cordeiro de Moraes

# **LINIK ARAÚJO DO NASCIMENTO**

## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO EM BLOCO ESTRUTURAL CERÂMICO, NA CIDADE DE PARAÍSO DO TOCANTINS – TO**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil, sob orientação do Prof. MSc. Hider Cordeiro de Moraes

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_\_/2018.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. MSc. Hider Cordeiro de Moraes  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. MSc. Murilo de Pádua Marcolini  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. MSc. Thyago Phellip França Freitas  
Centro Universitário Luterano de Palmas

**Palmas – TO  
2018**

*Aos meus pais, **José Antônio do Nascimento** e **Eliete Azevedo Araújo do Nascimento**, por todo amor e incentivo recebido ao longo da vida para sempre seguir em busca da realização dos meus objetivos de vida.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **José Antônio do Nascimento** e **Eliete Azevedo Araújo do Nascimento** aos meus avós, **Wilton Pereira de Araújo** e **Luiza de Azevedo Araújo**, por toda sabedoria, conselhos e educação recebida ao longo de minha vida e que me tornaram a pessoa que hoje sou.

À minha **Família**, em especial, ao meu irmão, **Lellio Araújo do Nascimento**, meu primo, **Denilson Azevedo Araújo** e sua esposa, **Diuly Tavares Deusdará Bogéa**; pela força, carinho e incentivo recebidos em todos os momentos desta jornada.

À minha namorada, **Thays Maciel Luz**, pelo apoio e compreensão de minhas ausências para estudar.

À **Deus** pela oportunidade de vivenciar momentos de grande aprendizado profissional e acreditar em meu potencial para a realização dos meus sonhos.

Aos **Amigos** e **Colegas** de curso, companheiros inesquecíveis desta caminhada.

A todos os **Professores** do **Centro Universitário Luterano de Palmas-Tocantins (CEULP/ULBRA)**.

Ao meu Orientador **Prof. MSc. Hider Cordeiro de Moraes**, por todo o aprendizado compartilhado ao longo do curso e durante os encontros de orientação do TCC.

Meus sinceros agradecimentos, por tudo.

*“O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”.*

**Fernando Pessoa**

## RESUMO

NASCIMENTO, Linik Araújo do. **Avaliação do Desempenho Térmico de uma Edificação em Bloco Estrutural Cerâmico, na Cidade de Paraíso do Tocantins – TO**. Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA. Palmas, TO. 2018. 66 f.

Este trabalho teve por objeto de estudo o desempenho térmico em edificações residenciais. Para tanto, teve como objetivo geral avaliar o desempenho térmico de uma edificação residencial em bloco estrutural cerâmico, na região central de Paraíso do Tocantins, TO, tendo-se como parâmetro a NBR 15575. E como objetivos específicos conhecer as etapas do processo de avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais em bloco estrutural cerâmico e analisar mediante um estudo de caso, se o quesito conforto térmico de uma edificação em bloco estrutural cerâmico, em Paraíso do Tocantins, TO, atende às determinações da NBR 15575. Para tanto foram realizadas medições de temperaturas externas e internas, no referido imóvel. A realização deste estudo foi de grande relevância para conhecer os diferentes aspectos do setor construtivo no que se refere aos novos paradigmas da sustentabilidade ambiental; que visam obter maior otimização energética e atender as novas demandas de conforto dos usuários. A metodologia utilizada foi do tipo descritiva dedutiva, buscando avaliar se o desempenho térmico da edificação estudada atende aos quesitos de conforto térmico dos usuários. Para alcançar os objetivos propostos foram realizadas medições de temperaturas da edificação por meio de dois procedimentos: simplificado e medição in loco. Concluiu-se que todas as medições realizadas foram satisfatórias; tanto a de iluminação e ventilação como de temperatura. A temperatura interna manteve-se sempre abaixo da temperatura externa, conforme determina a norma. Além disso, a área de ventilação também ficou de acordo com o que a norma especifica, tendo em vista ser necessário os valores ficarem acima de 7% da área de piso.

**Palavras-Chaves:** Edificação. Conforto. Desempenho Térmico.

## ABSTRACT

*NASCIMENTO, Linik Araújo do. **Evaluation of the Thermal Performance of a Building in a Ceramic Structural Block, in the Paraíso of Tocantins – TO.** Monograph presented as a partial requirement of the Course of Completion Work Course II (TCC II) of the Civil Engineering course of CEULP / ULBRA. Palmas, TO. 2018. 66 f.*

*The objective of this work was to study thermal performance in residential buildings. The objective of this study was to evaluate the thermal performance of a residential building in a ceramic structural block, in the central region of Paraíso do Tocantins, State of Para, with parameter NBR 15575. The specific objectives are to know the stages of the evaluation process of the thermal performance of residential buildings in a ceramic structural block and to analyze, through a case study, whether the thermal comfort of a building in a ceramic structural block in Paraíso do Tocantins, TO, complies with the determinations of NBR 15575. For this purpose, of external and internal temperatures, in said property. The accomplishment of this study was of great relevance to know the different aspects of the construction sector with respect to the new paradigms of the environmental sustainability; which aim to achieve greater energy optimization and meet the new demands of user comfort. The methodology used was of the descriptive deductive type, trying to evaluate if the thermal performance of the studied building meets the requirements of thermal comfort of the users. In order to reach the proposed objectives, measurements of building temperatures were carried out using two procedures: simplified and in loco measurement. It was concluded that all measurements were satisfactory; both lighting and ventilation as well as temperature. The internal temperature has always remained below the external temperature, as determined by the standard. In addition, the ventilation area was also in accordance with what the standard specifies, in view of the need for the values to be above 7% of the floor area.*

**Keywords:** *Building. Comfort. Thermal Performance.*

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**CT** – Capacidade Térmica

**NBR** – Norma Brasileira Regulamentadora

**T Máxima Externa** – Temperatura Máxima Externa

**T Mínima Externa** – Temperatura Mínima Externa

**SVVIE** – Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas

**U** - Transmitância Térmica

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Aberturas para ventilação .....	55
<b>Tabela 2:</b> Aberturas para ventilação – Síntese dos Resultados .....	55
<b>Tabela 3:</b> Valores mínimos, máximos, médios e amplitudes aferidas para temperatura .....	57
<b>Tabela 4:</b> Valores mínimos, máximos, médios e amplitudes aferidos para temperatura, considerando-se o último dia de coleta.....	59
<b>Tabela 5:</b> Temperaturas máximas e um comparativo entre todos os sensores.....	59
<b>Tabela 6:</b> Desempenho térmico – Procedimento 2 (Medição <i>In loco</i> ) – Resultados.	60

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico.....	52
<b>Quadro 2:</b> Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico.....	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Zoneamento Bioclimático Brasileiro .....	27
<b>Figura 2:</b> Estratégias de ganho solar indireto .....	32
<b>Figura 3:</b> Tipos de <i>brises</i> de sombreamento móveis .....	33
Figura 4: Diferença de temperatura.....	34
<b>Figura 5:</b> Retenção de impurezas .....	34
<b>Figura 6:</b> Proteção solar de árvores com vegetação caducifólia .....	35
<b>Figura 7:</b> Sistemas de iluminação natural.....	36
<b>Figura 8:</b> Esquema do aquecimento da água .....	37
<b>Figura 9:</b> Planta baixa da edificação.....	44
<b>Figura 10:</b> Mapa de localização da Casa .....	44
<b>Figuras 11, 12 e 13:</b> Montagem dos equipamentos .....	48
<b>Figuras 14:</b> Preparação para as medições .....	49
<b>Figuras 15:</b> <i>Logger</i> U12-013 .....	50
<b>Figuras 16:</b> <i>Data Logger</i> UA-001-64.....	50
<b>Figuras 17:</b> Medição à sombra na área de serviço .....	51
<b>Figura 18:</b> Tijolo utilizado na edificação residencial.....	53
<b>Figura 19:</b> Configuração geométrica do sistema de vedação.....	53
<b>Figura 20:</b> Resultados do Desempenho Térmico .....	60

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 Objetivos .....	15
1.1.1 Objetivo Geral .....	15
1.1.2 Objetivos Específicos .....	15
1.2 Justificativa .....	16
1.3 Problema .....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1 A Questão Energética na Contemporaneidade .....	18
2.2 Sustentabilidade na Construção Civil .....	19
2.2.1 Reduzir, Reutilizar e Reciclar .....	22
2.3 A Eficiência Energética nas Edificações .....	24
2.3.1 Medidas para aumento da eficiência energética e conforto ambiental .....	29
2.3.2 Estratégias adicionais de eficiência energética .....	35
2.4 Norma de Desempenho Térmico: NBR 15575 .....	37
2.4.1 Capacidade de isolamento térmico .....	38
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>42</b>
3.1 Estudo de Caso: Caracterização da Pesquisa .....	42
3.2 Procedimentos .....	45
3.3 Instrumento de Coleta de Dados .....	46
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>47</b>
4.1 Medição e Levantamento dos Dados .....	47
4.2 Estudo de Caso: Conforto Térmico de uma Edificação em Bloco Cerâmico ...	51
4.2.1 Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas – SVVIE .....	51
4.2.2 Aberturas para ventilação .....	54
4.2.3 Sistemas de Cobertura .....	56
4.2.4 Procedimento 2 – <i>Medição in loco</i> .....	57
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade, as questões ambientais passaram quase despercebidas. Durante muito tempo, o homem utilizou os recursos da natureza sem se preocupar em repô-los. Uma das primeiras mudanças significativas da vida humana aconteceu com o desenvolvimento da agricultura. Posteriormente, vieram a Revolução Industrial e mais recentemente, a Tecnológica. Estas transformações impactaram os recursos naturais, comprometendo a vida no planeta (GALVÊAS, 2016).

A partir de então, até os dias atuais, a humanidade tem presenciado uma degradação ambiental sem precedentes, comprometendo o nível de produção que o planeta pode sustentar. Com isso, ambientalistas, cientistas e líderes governamentais de muitos países vêm debatendo a questão e se mobilizando em busca de soluções para amenizar os impactos causados ao meio ambiente: empreendendo ações para combater o desperdício, desenvolvendo alternativas sustentáveis de produção e consumo visando à coexistência pacífica entre o ser humano e o meio ambiente (BORGES; TACHIBANA, 2005).

Dentre as questões relacionadas a alternativas sustentáveis de consumo, está a eficiência energética, ou seja, o uso eficiente da energia como estratégia para reduzir a taxa de crescimento do consumo da eletricidade sem, contudo diminuir os bens e serviços oferecidos (GELLER, 2003).

Trata-se, portanto, da otimização do consumo energético, colaborando para a redução do consumo de energia, principalmente no que diz respeito à iluminação e condicionamento artificial (INEE, 2001).

Essa perspectiva surgiu em função da rápida evolução tecnológica, verificada após a revolução industrial; que possibilitou grandes transformações sociais e econômicas graças à energia, insumo que impulsiona e movimenta o mundo (HOBBSAWN, 2005).

Desta maneira, todos os setores da economia globalizada estão tendo que rever suas formas de atuação mercadológica sob o conceito da sustentabilidade. Nesse sentido, a ordem é consumir apenas o necessário e sem desperdícios (SEBRAE, 2012).

Segundo um levantamento realizado pela Agência Internacional de Energia (AIE, 2012), o setor construtivo responde pelo consumo de quase metade do total de quilowatts produzido no mundo. No Brasil, as edificações consomem 42% de toda a energia gerada (BRASIL, 2013). O uso residencial equivale a 23% do total produzido no país, enquanto nos setores comercial e público este consumo é de 11% e 8%, respectivamente (BRASIL, 2013).

Além desses aspectos, o consumo de energia pela classe média nos países emergentes é cada vez maior o que colabora para o aumento da demanda global das formas tradicionais de geração energética. Com isso, tornam-se cada vez mais necessárias mudanças nas formas de construção direcionadas a reduzir o consumo de energia, fazendo melhor uso dos recursos naturais ao construir edificações com condicionamento térmico aceitável aliado a um consumo mínimo de energia (BALTAR et al., 2006).

Nesse contexto, a construção civil, setor com maior demanda de energia no mundo tem o desafio de aumentar o desempenho e a eficiência energética de suas edificações, mediante a execução de projetos arquitetônicos que levem em consideração a eficiência térmica das edificações que se iniciam com os princípios do conforto térmico: o clima, elemento determinante no que diz respeito à quantidade e de radiação solar, iluminação e ventilação natural recebida (SILVA, 2007).

No Brasil, a Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece os requisitos e os 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.

Dada à importância do tema e para responder a questão de pesquisa foram utilizados os seguintes objetivos:

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Avaliar o desempenho térmico de uma edificação residencial em bloco estrutural cerâmico, na região central de Paraíso do Tocantins, TO, tendo-se como parâmetro adotado a Norma de Desempenho NBR 15575.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Identificar os aspectos relevantes para que uma edificação residencial executada em bloco estrutural cerâmico atenda aos critérios da NBR 15575 no que se refere a desempenho térmico;
- ✓ Conhecer as etapas do processo de avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais em bloco estrutural cerâmico;
- ✓ Realizar medições de temperaturas externas e internas, na edificação, em três dias seguidos e no mesmo horário;
- ✓ Analisar mediante um estudo de caso, se o quesito conforto térmico de uma edificação em bloco estrutural cerâmico, na cidade de Paraíso do Tocantins, TO, atende às determinações da NBR 15575;
- ✓ Recomendar, caso necessário, adequações da NBR 15575, no que se refere ao desempenho térmico da edificação pesquisada ou as mudanças necessárias.

## 1.2 Justificativa

A realização deste estudo é de relevância social e acadêmica já que possibilita ao futuro engenheiro ampliar conhecimentos técnicos, práticos e metodológicos sobre a NBR 15575 (ABNT, 2013), no que se refere ao desempenho térmico de edificações residenciais.

Desta maneira, este estudo foi de grande importância para conhecer os diferentes aspectos do setor construtivo no que se refere aos novos paradigmas da sustentabilidade ambiental, direcionados ao desempenho térmico das edificações; que visam obter maior otimização energética e atender as novas demandas de conforto térmico dos usuários.

## 1.3 Problema

O surgimento de edifícios envidraçados nos mais diversos lugares e indiferentes às condições climáticas locais tem sido uma tendência construtiva amplamente utilizada nos últimos anos. Entretanto, este uso intensivo tem sido questionado por diversos pesquisadores pelo fato de que pode comprometer o conforto ambiental dos edifícios; tornando-se necessário a adoção de equipamentos mecânicos para aquecimento e esfriamento das fachadas envidraçadas (MICHELATO, 2007).

Além disso, devido à crise de energia tornou-se estratégico estabelecer critérios para elaboração de projetos que garantam à arquitetura uma identificação maior com o lugar, considerando o conforto térmico dos indivíduos e a redução no consumo de energia (GOULART et al., (1998).

Nesse contexto, vale lembrar que a fachada de uma edificação deve sempre atuar como uma mediação entre o interior e o exterior, para controlar as variáveis climáticas que influenciam no conforto do edifício (MICHELATO, 2007). Pois, o conforto térmico influencia diretamente o estado de ânimo, bem como a produtividade, satisfação e a qualidade de vida dos usuários.

No Brasil, a Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece os requisitos e os 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.

Nesse contexto, vale ressaltar que Paraíso do Tocantins, TO, cuja localização está na Zona Bioclimática 7, está dentre as cidades mais quentes do Estado apresentando temperaturas elevadas durante quase todo o ano, cuja média anual é de 26° NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Dada à relevância do tema, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: Qual o desempenho térmico de uma edificação residencial, em bloco estrutural cerâmico, na cidade de Paraíso do Tocantins, tendo-se como parâmetro a Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013)?

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A Questão Energética na Contemporaneidade

Nos últimos vinte anos, várias experiências políticas vem sendo realizadas para melhorar a eficiência energética, ou seja, o suprimento de energias renováveis. Da energia elétrica consumida no país, 42% é utilizada em edificações residenciais, comerciais e públicas. Em 1992, este percentual representou 96 TWh de consumo, o que em uma analogia “equivale a um potencial instalado semelhante a duas hidrelétricas iguais a Itaipu”. No setor residencial, o consumo de energia chega a 23% do total nacional, sendo que nos setores comercial e público chega a 11% e 8% respectivamente (GELLER, 1994; LAMBERTS et al., 1997, p. 20).

Na avaliação de Lamberts (1997) o consumo de energia elétrica residencial é o que mais tem crescido nos últimos anos, enquanto o consumo total do país quase triplicou nos últimos dezoito anos. A continuidade deste ritmo de consumo pode comprometer o potencial elétrico do país, que já dá sinais de insuficiência para breve, tornando inevitável a construção de novas usinas e o conseqüente impacto ambiental.

Nesse sentido, vale ressaltar que as reservas de combustíveis necessários às usinas termelétricas estão diminuindo, não sendo viável também a construção de hidrelétricas indefinidamente, já que os locais para sua implantação são limitados. Desta maneira, para alguns estudiosos como Lamberts et al., (1997), em vista desta realidade, torna-se cada vez mais evidente para o mercado futuro de energia elétrica, a necessidade de conservação.

Nesse contexto, Lamberts et al., (1997) lembra que os engenheiros e arquitetos precisam ter mais conhecimento sobre a eficiência energética no mercado construtivo, tanto no que diz respeito a projetos como também a especificação de materiais e equipamentos. Pois, desta forma estes valores poderiam ser reduzidos.

Outro aspecto a ser ressaltado refere-se à energia elétrica consumida pelas máquinas industriais, que independe do projeto da obra, limitando a atuação do engenheiro no sentido de economizar energia.

Assim sendo, os setores residencial, comercial e público são os que concentram maior significado à atuação do projetista para aumentar a eficiência energética nas edificações. Desta forma, quando este sistema está devidamente organizado, é possível ter um controle eficiente aliado a um bom gerenciamento de suas funções e sua implantação é justificada pelo fato de agregar economia e conforto, além de uma excelente relação custo-benefício (LAMBERTS et al., 1997).

Em meio a esta realidade, verifica-se que na atual conjuntura, a eficiência energética surge como mecanismos de políticas públicas que visam a restringir a comercialização de produtos não adequados ao consumo energético. Esses procedimentos têm por objetivo eliminar equipamentos ineficientes do mercado e promover a conservação de energia (MELO; JANUZZI, 2009).

Nesse sentido, as opções de mecanismos para promoção de conservação de energia, “os índices mínimos de eficiência energética estão dentre os que têm apresentado resultados mais efetivos em relação aos ganhos de conservação de energia”, colaborando assim para transformar os mercados de eficiência energética (MELO; JANUZZI, 2009, p. 50).

Segundo Rosenquist et al (2006; apud MELO; JANUZZI, 2009), a experiência de outros países, como os Estados Unidos, mostra que os padrões de eficiência energética para os equipamentos de uso residencial e comercial são os que geram maior economia de energia.

## **2.2 Sustentabilidade na Construção Civil**

Nos últimos anos, com o aquecimento global e o agravamento das mudanças climáticas, as condições ambientais tornaram-se extremamente preocupantes, pois deixou de ameaçar apenas algumas espécies animais e vegetais, para se tornar uma ameaça à vida das atuais e futuras gerações.

Em função desta realidade, cabe ao homem comum marcar os rumos do consumo responsável, conduzindo os processos produtivos, até que se possa impor a mudança fundada na sustentabilidade, garantindo assim os bens ambientais na expressão do desenvolvimento econômico administrado com ética responsável (BORGES & TACHIBANA, 2005).

Nesse sentido, governantes, empresas, instituições públicas e privadas e organizações não-governamentais (ONGs) passaram a empreender ações para combater o desperdício, desenvolvendo para tanto alternativas sustentáveis de consumo visando a *coexistência pacífica entre o ser humano e o meio ambiente*.

Desta maneira, a incorporação de práticas de sustentabilidade tornou-se uma tendência cada vez mais crescente no mercado globalizado. Segundo Correa (2009, p. 20), esta prática é “um caminho sem volta, pois diferentes agentes – tais como governos, consumidores, investidores e associações – alertam, estimulam e pressionam o setor da construção a incorporar essas práticas em suas atividades”.

Nesse contexto, segundo o Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção (CIB) a definição de construção sustentável é “o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes natural e construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CIB, 2000, p. 8).

A partir desta definição, verifica-se que o restabelecimento da harmonia, envolve diversos processos como o aproveitamento de fatores naturais, como luz, calor, ventilação, dentre outros, os quais foram deixados de lado devido ao advento das tecnologias de aquecimento e resfriamento artificiais.

Mas, na avaliação de Correa (2009), existe espaço para resgatar antigas tecnologias e processos produtivos que podem ampliar o aumento da sustentabilidade das edificações. Pequenas mudanças, adotadas por todos, podem trazer grandes benefícios sem grandes impactos no custo final do empreendimento.

No entanto, Romero (2009, p. 55) explica que a construção da sustentabilidade nas cidades brasileiras está associada ao enfrentamento das grandes desigualdades sociais, fazendo-se necessário lidar com várias questões desafiadoras como:

[...] concentração de renda e a enorme desigualdade econômica e social, o difícil acesso a educação de boa qualidade e ao saneamento ambiental, o déficit habitacional e a situação de risco de grandes assentamentos, além da degradação dos meios construído e natural, e dos acentuados problemas de mobilidade e acessibilidade (ROMERO, 2009, p. 55).

Em função disso, faz-se necessário que o setor da construção civil se adapte a este novo contexto socioeconômico. Com isso, as empresas devem rever seu modelo de produção e de gestão de suas obras, procurando adotar “uma agenda de

introdução progressiva de sustentabilidade, buscando, em cada obra, soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis para o empreendimento” (CORREA, 2009, p. 21).

Nesse sentido, vale ressaltar que para um empreendimento ser considerado sustentável deve atender a quatro requisitos básicos: “adequação ambiental, viabilidade econômica, justiça social e aceitação cultural” (CORREA, 2009, p. 22).

Segundo a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (Asbea), e o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) (apud CORREA, 2009, p. 22), para que uma construção seja considerada sustentável, deve seguir os seguintes princípios básicos:

- ✓ Aproveitamento de condições naturais locais;
- ✓ Utilizar mínimo de terreno e integrar-se ao ambiente natural;
- ✓ Implantação e análise do entorno;
- ✓ Não provocar ou reduzir impactos no entorno – paisagem, temperaturas e concentração de calor, sensação de bem-estar;
- ✓ Qualidade ambiental interna e externa;
- ✓ Gestão sustentável da implantação da obra;
- ✓ Adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários;
- ✓ Uso de matérias-primas que contribuam com a ecoeficiência do processo;
- ✓ Redução do consumo energético e do consumo de água;
- ✓ Reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- ✓ Introduzir inovações tecnológicas sempre que seja possível e viável;
- ✓ Educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo.

Desta maneira, verifica-se que a ideia de construção sustentável fazer parte de todo o ciclo de desenvolvimento do empreendimento, da concepção até sua requalificação, desconstrução ou demolição. Além disso, segundo Correa (2009), deve-se fazer uma descrição do que pode ser realizado durante cada fase da obra, demonstrando os aspectos e impactos ambientais e como estes devem ser trabalhados para que assim se torne um empreendimento sustentável e/ou moradia sustentável.

Na avaliação de Romero (2009, p. 61), um urbanismo sustentável deve sempre se basear em “premissas de desenho participativo, arquitetura da paisagem, bioclimatismo e eficiência energética”. Pois, a sustentabilidade surge a partir da integração de quatro elementos:

- a) Desenvolvimento econômico, que inclui habitação acessível, segurança pública, proteção do meio ambiente e mobilidade;
- b) Inclusão social, reconciliando interesses para identificar e alcançar valores e objetivos comuns;
- c) Previsão de objetivos em longo prazo (preservação para as gerações futuras);
- d) Qualidade pela preservação da diversidade e não a quantidade.

Diante do exposto, verifica-se que estes conceitos são de grande relevância e se complementam, permitindo uma maior compreensão sobre a questão da sustentabilidade e seus amplos significados na construção civil. No entanto, Romero (2009) destaca que para uma ação seja classificada como plenamente sustentável, nesta deve estar inclusa a dimensão social, o que irá contribuir para diminuir a pobreza e promover a igualdade social nas cidades.

### **2.2.1 Reduzir, Reutilizar e Reciclar**

Na segunda metade do século XX, o acelerado processo da industrialização e o surgimento de novas tecnologias, bem como a explosão populacional e o aumento da concentração de pessoas vivendo nas grandes cidades serviram para impulsionar e diversificar o consumo de bens e serviços, aumentando com isso, o volume de resíduos gerados que se transformaram em graves problemas urbanos devido a um gerenciamento oneroso e complexo do volume e massa acumulados (PINTO, 1999).

Nesse contexto, vale lembrar que o aumento da conscientização e a mobilização global efetiva para as questões ambientais ocorreu apenas a partir da ECO/92, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (UNCED) (BORGES & TACHIBANA, 2005).

Durante a Conferência da Rio/92, também foi concebida e aprovada a Agenda 21, que além da Declaração de Princípios sobre o Uso das Florestas, da Convenção sobre Diversidade e da Convenção sobre Mudanças Climáticas, um dos destaques foi a urgente necessidade de se implementar um adequado sistema de gestão ambiental para os resíduos sólidos (BORGES & TACHIBANA, 2005).

Em relação a tal problemática, verifica-se que uma das formas indicadas pela ECO/92, para solucionar os problemas gerados é o da reciclagem de resíduos, já que a construção civil detém grande potencial de utilização dos resíduos, chegando a consumir até 75% de recursos naturais (ÂNGULO et al., 2000).

Em função do exposto, verifica-se que na atualidade a reciclagem de resíduos pela indústria da construção civil vem se tornando uma prática de grande relevância para a sustentabilidade, tanto por atenuar o impacto ambiental gerado pelo setor, como também, reduzindo os custos operacionais dos processos de produção (ÂNGULO et al., 2000).

Na análise de John (2000), ações isoladas de sustentabilidade não irão solucionar os problemas causados por este resíduo. Por isso, o recomendável é que a indústria busque alternativas para concluir seu ciclo produtivo de maneira a minimizar a saída de resíduos e a entrada de matéria-prima não renovável.

Na avaliação de Ângulo et al. (2007), ciclos para a construção tentam aproximar a construção civil do conceito de desenvolvimento sustentável, definido neste contexto como sendo um processo que resulta em mudanças na forma de exploração dos recursos, bem como na direção dos investimentos, na orientação do desenvolvimento tecnológico e nas mudanças institucionais, todas tem por objetivo alcançar a harmonia e o entrelaçamento nas aspirações e necessidades humanas presentes e futuras. Nesse sentido, verifica-se que tal conceito não implica somente em multidisciplinariedade, mas, sobretudo, em mudanças culturais, educação ambiental e uma visão sistêmica.

No entanto, os benefícios da reciclagem na construção civil são inúmeros, dentre os quais se destacam:

- ✓ Redução no consumo de recursos naturais não-renováveis: os quais podem ser substituídos por resíduos reciclados (JOHN, 2000).
- ✓ Redução de áreas necessárias para aterro: como grande parte do volume de resíduos é destinada à reciclagem, há uma minimização de áreas para aterro. Segundo Pinto (1999), a reciclagem dos resíduos

de construção e demolição representam mais de 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos.

- ✓ Redução do consumo de energia durante o processo de produção: Na indústria do cimento usa-se resíduos de bom poder calorífico para se obter a matéria-prima por meio da co-incineração, ou seja, utilizando a escória de alto-forno, resíduo com composição semelhante ao cimento (JOHN, 2000).
- ✓ Redução da poluição: no caso da indústria de cimento, há uma redução na emissão de gás carbônico pelo fato de utilizar-se escória de alto forno em substituição ao cimento *portland* (JOHN, 2000).

Colaborando com a visão dos autores acima citados, John, (2000) explica que embora a redução na geração de resíduo seja uma necessidade, esta ação é limitada, já que existem impurezas na matéria-prima, envolvendo custos e desenvolvimento tecnológico e o uso de tecnologias alternativas para a construção civil.

### **2.3 A Eficiência Energética nas Edificações**

Nos últimos anos, observa-se a tendência de projetar edificações sem considerar adequadamente o clima do local. O chamado “estilo internacional” da arquitetura teve grande influência no surgimento de edifícios envidraçados nos mais diversos lugares, indiferentes às condições climáticas. Com a crise de energia da década de 1970, tornou-se importante estabelecer critérios para o desenvolvimento de projetos que “garantissem à arquitetura uma identificação maior com o lugar, levando em consideração a questão do conforto térmico dos indivíduos, bem como a redução no consumo de energia” (GOULART et al., 1998, p. 15).

Nesse contexto, o conhecimento das condições climáticas externas em edificações tornou-se relevante, pois representam os requisitos básicos para o projeto de sistemas de ar condicionado, cálculos simplificados do consumo de energia e para simulações mais detalhadas de energia em edificações. Entretanto, verifica-se que quando os dados meteorológicos são disponíveis, estes não estão voltados para a solução dos problemas de projetos de edificações, fazendo com que

muitas vezes os profissionais da área os ignorem. Além disso, nos países em desenvolvimento, a climatologia tem se desenvolvido mais em função da aviação e da agricultura (GOULART et al., 1998).

Isto explica a localização das estações meteorológicas e a natureza dos parâmetros medidos. Porém, visando integrar os diferentes elementos climatológicos em todos os níveis de projeto, exige-se um tratamento específico destes elementos, voltado para o uso dos profissionais. Isto requer um prévio tratamento estatístico ou métodos que transformem uma grande quantidade de registros em ferramentas práticas de trabalho. Algumas metodologias foram desenvolvidas com este propósito.

Na avaliação de Balestiere (2002), a conservação de energia e o uso responsável das fontes energéticas foram as alternativas encontradas por muitos países para vencer a crise do petróleo na década de 1970. Em função dessa crise, é que os custos das fontes disponíveis tornaram-se elevados e os períodos para implantação, tornaram-se longos. Com isso, o uso racional de energia passou a ser uma opção vantajosa, devido ao fato de que reduzindo o consumo de energia elétrica não haveria necessidade de realizar novas instalações de fontes de energia.

Entretanto, com o avanço tecnológico surgiram equipamentos mais eficientes e o conceito de eficiência energética passou a fazer parte do cotidiano das empresas (BALTAR et al., 2006). Corroborando com tal perspectiva Kaehler (1993), explica que o conceito de eficiência energética está diretamente relacionado ao serviço energético produzido e se refere à cadeia energética como um todo, ou seja, desde a extração (por exemplo, a extração de petróleo) ou transformação (a geração hídrica) até o uso final (o aparelho de ar condicionado).

Conforme Baltar et al., (2006) a eficiência energética no setor da indústria da construção civil deve ser considerada desde a fase do planejamento até o processo construtivo. No entanto, o baixo custo da energia elétrica produzida no país, aliada à crença de que as fontes energéticas são inesgotáveis, muitos projetistas e construtores desenvolvem uma arquitetura universalista, baseada em instalações elétricas e eletromecânicas, o que resulta no elevado custo da energia nas edificações.

Nesse contexto, vale ressaltar que o consumo de energia elétrica, na indústria da construção civil, é fundamental para atender aos requisitos de conforto dos usuários no que diz respeito aos aspectos térmico, luminoso, e ainda os

equipamentos de circulação como elevadores e escadas rolantes; e comunicação dentre outros (BALTAR et al., 2006).

Desta maneira, quando se fala em eficiência energética verifica-se que esta é relacionada a estes aspectos de consumo. E no que se refere ao requisito de conforto, a avaliação da eficiência energética envolve “aspectos culturais e de hábitos, juntamente com considerações de ordem fisiológica, sendo estes responsáveis pela concepção do projeto arquitetônico” (BALTAR et al., 2006, p. 2).

No entanto, segundo o PROCEL (1994), havendo um bom planejamento, é possível construir edifícios com demanda de 45% menos energia do que outros com as mesmas características. Para tanto, basta que se faça uma adequação dos recintos habitáveis com as condições climáticas do local, buscando usar materiais e técnicas apropriadas, visando o uso racional de energia.

Existem também estudos aplicados à demanda final de energia por setor econômico, que incorporam modelos de revisão do potencial de economia de energia, quando considerada a eficiência energética dos equipamentos mais modernos. Para o setor comercial, por exemplo, estes estudos mostram que é possível diminuir a demanda de energia em até 50%, com projetos de edifícios energeticamente eficientes (EPE/BEN, 2009).

A eficiência energética é uma atividade que procura otimizar o uso das fontes de energia, ou seja, usar menos energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético (MME, 2010).

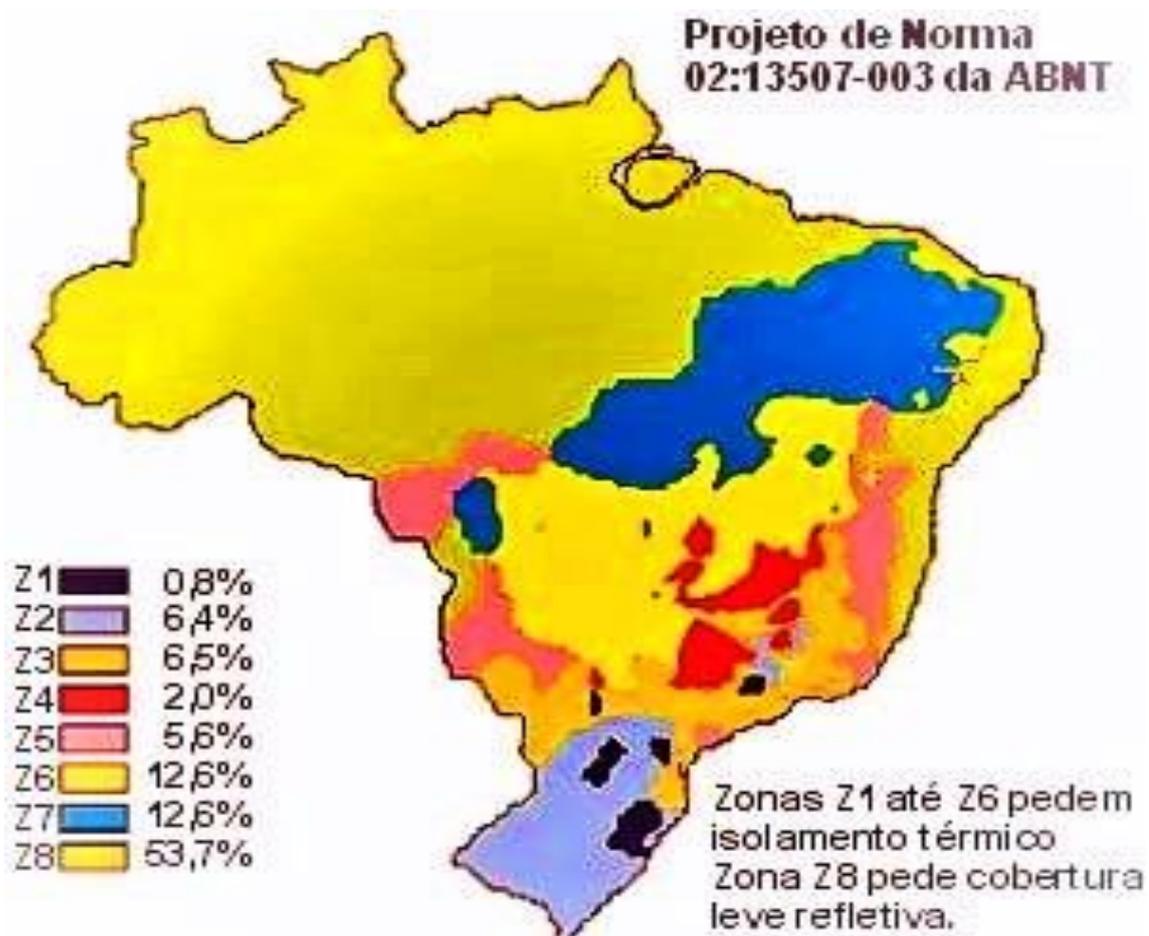
Assim sendo, segundo Baltar et al. (2006), para se avaliar o desempenho térmico de uma edificação, torna-se importante analisar seu comportamento térmico em relação aos requisitos pré-estabelecidos, que são direcionados a atender as necessidades térmicas do usuário frente às ações climáticas às quais a edificação está sujeita.

Nesse contexto, vale ressaltar em que consiste o desempenho térmico e o comportamento térmico. O comportamento térmico é caracterizado pela resposta física que a edificação apresenta quando submetida às solicitações do clima externo (variáveis climáticas) e às condições de uso dos ambientes, destacando-se a geração de calor interno advindo da presença de pessoas e equipamentos no interior dos ambientes LAMBERTS et al., 2010).

Esta resposta pode ser identificada observando-se fatores como a variação da temperatura e umidade do ar interno ou dos fluxos de calor transmitidos através

das vedações (paredes e cobertura, principalmente). Quando tais fatores são confrontados com parâmetros de referência, ou seja, pré-requisitos que enfocam o atendimento das exigências dos usuários quanto ao comportamento da edificação em uso, tem-se uma avaliação do desempenho térmico (BALTAR et al., 2006).

**Figura 1: Zoneamento Bioclimático Brasileiro**



**Fonte:** (ABNT, 2005)

Segundo Lamberts et al. (2010), muito embora se verifique que a NBR 15220-3 faz referência à habitação de interesse social, as recomendações e diretrizes que expressa tem por objetivo à otimização do desempenho térmico, sendo fundamentadas, portanto, em estratégias de adaptação da edificação ao clima. Assim, esta norma é de grande importância como referência normativa à prescrição de estratégias bioclimáticas a serem incorporadas em projetos de edificações.

As estratégias de condicionamento ambiental recomendadas pela NBR

15220-3 são baseadas na carta bioclimática de Givoni e nas planilhas de Mahoney (KOENIGSBERGER et al., 1977; apud LAMBERTS et al., 2010).

A classificação de cada cidade em uma determinada zona depende das estratégias bioclimáticas, que são definidas previamente, tendo sido utilizadas as planilhas de Mahoney para a definição dos limites das propriedades térmicas dos elementos construtivos (paredes e coberturas): Fator Solar, Atraso Térmico e Transmitância Térmica (ABNT, 2005). Também são indicados percentuais de área de piso relativos às aberturas para ventilação, classificando-as em pequenas, médias ou grandes (LAMBERTS et al., 2010).

Após explanar sobre a importância das NBR nos projetos de construção, vale ressaltar que é errônea a ideia de associar o trabalho do engenheiro apenas à execução da obra, passando a outros profissionais a responsabilidade dos projetos complementares.

Segundo Lamberts et al. (1997, p. 35), “os problemas precisam ser corretamente definidos, um processo que tem sido enormemente negligenciado. O ideal é que um projeto ao invés de produzir resultados superpostos, deve chegar a resultados integrados”. O engenheiro deve ter conhecimento básico de todos os conceitos relativos ao desempenho energético de edificações, para tornar possível e eficiente a multidisciplinaridade de seu projeto.

Os materiais de construção têm uma forte influência sobre as condições de conforto do ambiente interior. A especificação dos materiais exige o entendimento de suas propriedades e de sua adequação às características plásticas do projeto. O uso de isolamento térmico ou proteção solar em paredes, janelas e telhados, o tipo de telha e o vidro empregado nas janelas devem ser estudados a fim de se evitar ganhos térmicos excessivos e obter melhorias nas condições de conforto no interior; e estes conceitos devem estar desde as etapas iniciais do projeto.

Lamberts et al., (1997 p. 44) diz que, “Um melhor aproveitamento do clima pode ser obtido pelo planejamento apropriado de detalhes da edificação”. Além disso, tanto o paisagismo como a orientação de um arquiteto sobre a escolha da tipologia arquitetônica é importante para adequar a edificação ao clima. Outro aspecto muito interessante refere-se à localização de aberturas, para melhorar a ventilação cruzada de um ambiente e o ganho de calor solar no inverno. E quanto aos dispositivos de sombreamento, estes devem ser utilizados de uma maneira a evitar a radiação direta do sol durante o verão e ao mesmo tempo permitir a entrada

de radiação para aquecer as salas nos períodos frios.

Em relação à energia que a edificação vai consumir, Lamberts et al., (1997) explica que atualmente, este é um fator determinante na decisão dos sistemas de controle ambiental utilizados, pois, “a análise do consumo de energia de uma edificação é tão importante para o processo de projeto quanto qualquer das outras ferramentas usadas comumente”. Assim sendo, é função do engenheiro coordenar a comunicação entre os vários profissionais envolvidos na execução da obra de forma a se obter e melhorar a eficiência energética.

### **2.3.1 Medidas para aumento da eficiência energética e conforto ambiental**

No Brasil, diversas iniciativas sistematizadas vêm sendo empreendidas há mais de 20 anos. Destacam-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), cuja coordenação executiva está a cargo das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), e o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), cuja coordenação executiva é de responsabilidade da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras) MME (2010, p. 1-2).

Assim, nos estudos da demanda de energia que a EPE desenvolve, em especial aqueles que se aplicam aos planos de expansão de energia, tanto os de horizonte decenal quanto os de mais longo prazo, é inevitável que a questão da eficiência energética seja tratada com destaque e da forma mais explícita possível.

É claro que a projeção da demanda considera, intrinsecamente, eficiência energética no uso da energia. Ocorre que há limitações metodológicas e de dados primários que restringem uma abordagem mais abrangente e detalhada da questão. Tem-se, então, que definir critérios e prioridades.

Mais da metade do potencial de eficiência energética no Brasil, conforme as estimativas realizadas a partir do Balanço de Energia Útil (BEU), encontra-se no consumo das famílias (setor residencial) e das indústrias, que, em 2008, representaram juntos quase 60% do consumo final energético do país (exclusive setor energético). Esses setores são naturalmente elegíveis para uma abordagem

mais detalhada da eficiência energética implícita na projeção da demanda de energia.

Mais recentemente, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) criou uma linha de financiamento específica para apoio a projetos de eficiência energética, o PROESCO. A experiência acumulada ao longo desses anos evidencia que é possível, de fato, “retirar” uma parcela do consumo de energia por meio de iniciativas na área de eficiência energética.

O consumo final energético no Brasil atingiu 211,7 milhões de tep no ano de 2008. Com base no Balanço de Energia Útil (BEU), é possível estimar que, considerando as tecnologias disponíveis no mercado, há um potencial de eficiência energética que corresponde a 8,6%.

A eficiência energética do sistema de condicionamento ambiental encontra-se diretamente relacionada às características das edificações, clima, uso e tipo de ar condicionado. Através da interação destas características é possível determinar o desempenho energético e o conforto térmico das edificações. Além disso, o desempenho energético está ligado às trocas de calor de uma edificação com o meio ambiente, que variam de acordo com a temperatura ambiente, velocidade dos ventos, radiação solar e umidade relativa do local que se encontra inserida a construção, além das condições de ocupação e de operação da edificação.

A eficiência energética está diretamente relacionada com as questões ambientais, tendo em vista que a energia é obtida a partir do meio ambiente e, após ser transformada e utilizada, é rejeitada em sua totalidade de volta ao meio ambiente sob diferentes formas de rejeitos (KAEHLER, 1993).

Atualmente, devido ao processo de globalização da economia, o gerenciamento energético tem recebido atenção, principalmente nos requisitos de eficiência e competitividade. Assim, faz-se necessário a adoção de medidas que proporcionam a racionalização no uso de energia, eliminando desperdícios. Desta forma a racionalização energética na indústria da construção civil passou-se a ser prioritária. Isto exige uma revisão dos padrões vigentes, sobretudo nos grandes centros urbanos, onde a concentração de edificações resulta numa demanda de energia bastante elevada.

Um dos maiores responsáveis pelo consumo elevado de energia elétrica é o sistema de condicionamento térmico ambiental, devido a este fato, os projetos arquitetônicos devem englobar desde o princípio o processo de aquecimento e

resfriamento ambiental que tem como finalidade atender o conforto humano nos ambientes habitados.

Segundo Goulart et al. (1998), para se realizar o processo de aquecimento ambiental em uma edificação, existem duas alternativas: o aquecimento por meios artificiais e o aquecimento por meios naturais.

No aquecimento por meios artificiais é baseado na energia elétrica ou combustível fósseis, mediante o uso de equipamentos e instalações específicas como aquecedores e caldeiras, entre outros. Na segunda alternativa, o aquecimento é fornecido por meio do calor gerado pelo sol, podendo ser utilizado como forma de melhorar as condições de conforto quando a temperatura de um determinado ambiente estiver entre 10,5°C e 20°C (GOULART et al., 1998).

Quando a temperatura ficar entre 14°C e 20°C o aquecimento pode ser obtido através do aquecimento solar passivo com isolamento térmico, que ocorre quando se utilizam os ganhos de calor interno (pessoas, aparelhos elétricos, entre outros) evitando a perda de calor da edificação para o exterior, através de isolamento térmico ou pelo o uso de massa térmica com aquecimento solar passivo. Neste caso, o calor solar fica armazenado nas paredes das edificações e é devolvido para o interior do ambiente nas horas mais frias, quase sempre no período noturno. Quando a temperatura ficar entre 10,5°C e 14°C o uso do aquecimento solar passivo é indicado, porém o isolamento deve ser mais intenso, pois quanto mais baixas as temperaturas, maiores serão as perdas de calor (LAMBERT et al., 1997).

A utilização do aquecimento por meios naturais deve ser utilizada em projetos de edificações para racionalizar o uso de energia elétrica. Dentre as estratégias de projeto que podem ser utilizadas destacam-se as seguintes:

a) amplas aberturas com vidro, posicionando-as de maneira que as maiores permitam a entrada do sol no inverno, e se existirem aberturas no sul devem ser pequenas, no caso do Hemisfério Sul.

b) uso de vidros de múltiplas camadas, os quais permitem isolamento entre as placas (geralmente ar ou algum tipo de gás) e a entrada do calor solar, evitando as perdas de calor do interior.

c) uso de cores escuras nas superfícies exteriores. Estas fazem com que os ganhos de calor solar sejam maiores, pois absorvem maior quantidade de radiação. No interior deve-se optar por cores claras, pois refletem mais luz.

d) uso de paredes tipo Trombe (parede de acumulação). Consiste em criar uma convecção induzida pelo aquecimento do ar no espaço entre o vidro e a parede. Para que isto ocorra devem ser utilizadas paredes com elevada massa térmica nas orientações mais expostas a insolação. Isto faz com que calor do sol acumulado nas paredes seja devolvido ao ambiente por radiação de ondas longas e convecção. O vidro evita que a parede perca calor por convecção e por radiação para o exterior (Figura 2).

e) jardins de inverno, que captam a radiação solar e distribuem indiretamente aos ambientes internos (Figura 2).

**Figura 2:** Estratégias de ganho solar indireto



Fonte: Lamberts et al. (1997)

f) calefação por meio de água quente. Este método é realizado usando coletores solares, preferencialmente na cobertura, orientados nas regiões com mais insolação com uma inclinação de  $40^\circ$  em relação a horizontal e usando um reservatório de acumulação que deve ser colocado no subsolo. Em Porto Alegre, Brasil, Hemisfério Sul, por exemplo, a máxima captação de energia durante o inverno ocorre para a latitude mais  $10^\circ$ .

As estratégias de projeto apresentadas anteriormente são indicadas quando a preocupação é exclusivamente aquecer os ambientes, isto é, quando não existe preocupação com a variação de temperatura entre os períodos frios e quentes.

Quando este tipo de preocupação existe, segundo Lamberts et al. (1997), podem ser utilizadas estratégias alternativas, dentre as quais:

a) varandas fechadas com vidros, as quais podem ser totalmente abertas em dias com temperaturas elevadas, dias de verão. Para isto, as paredes e o telhado devem ser orientados com seu eixo longitudinal no sentido leste oeste, para que o plano do telhado fique voltado para o norte.

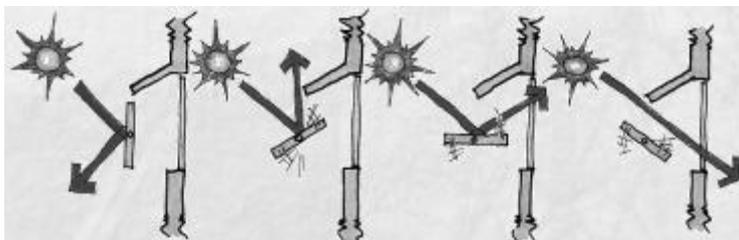
b) coberturas com inclinações acentuadas, orientadas adequadamente, para o norte. Isto faz com que diminua a insolação da cobertura no verão. Os raios solares atingem a cobertura de forma tangencial (projeção da área menor) e de forma perpendicular no inverno (projeção da área maior), no caso do Hemisfério Sul.

c) ambientes amplos devem ser compartimentados na estação fria (inverno). O melhor é que estes sejam flexíveis, isto é, na estação quente (verão) possam ser abertos e na estação fria, fechados.

d) aberturas zenitais (domus e/ou clarabóias), fixas ou controláveis, de modo que à noite sejam fechadas. Com estes elementos transparentes pode-se gerar o efeito estufa quando necessário, para aquecer os ambientes internos. Para resfriar os ambientes, as aberturas devem ser abertas para que seja retirado o ar quente, que tende a se acumular nas partes mais elevadas do interior das edificações.

e) aberturas que possibilitem a ventilação cruzada, utilizando o fato de a circulação do ar no interior das edificações durante o verão resfria os ambientes internos naturalmente. Quando necessário, o controle da radiação solar das aberturas este pode ser feito através de proteção solar (brises de sombreamento fixos ou móveis (Figura 3).

**Figura 3:** Tipos de *brises* de sombreamento móveis



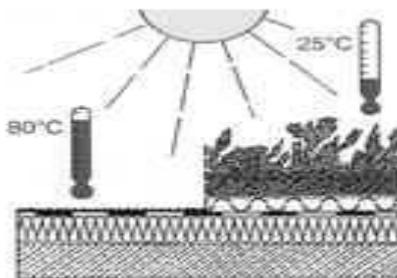
**Fonte:** Lamberts et al. (1997)

g) janelas preferencialmente com bandeiras basculantes, as quais permitem a ventilação seletiva necessária para higiene do ar interno.

h) telhado verde, isto é, ao invés de usar um telhado convencional de telhas ou somente laje, pode-se usar superfícies gramadas, que quando expostas aos

efeitos dos raios solares retardam o aquecimento e resfriamento do telhado e, conseqüentemente, do interior da edificação. As plantas quando expostas ao sol consomem uma parte do calor recebido para realizar a fotossíntese, e outra parte é absorvida para evaporar água, criando um microclima ameno nos espaços interiores das edificações (Figura 4).

**Figura 4:** Diferença de temperatura

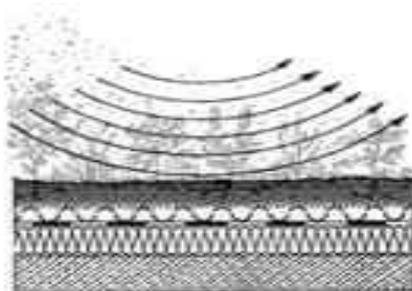


**Fonte:** Baltar et al. (2006)

Este tipo de telhado, conforme Baltar et al. (2006), possui os seguintes aspectos:

- \* ecológico - proporciona continuidade ao ecossistema, retém a água da chuva em seu substrato. Além disso, impede que os poluentes da chuva se incorporem ao pluvial através da ação filtrante dos substratos e raízes, agindo como um filtro, retendo as impurezas do ar, tornando-o mais respirável (Figura 5).

**Figura 5:** Retenção de impurezas



**Fonte:** Baltar et al. (2006)

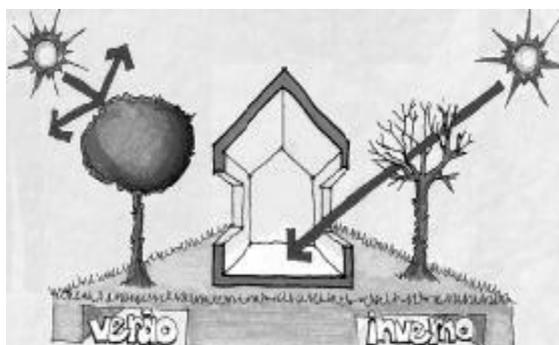
- \* econômico - diminui gastos com energia utilizada para aquecimento e resfriamento dos ambientes, possuindo grande durabilidade e isolamento acústico superior ao obtido por métodos convencionais;

- \* estético - obtenção de um visual paisagístico em um espaço antes inutilizável, integração da edificação na paisagem;

\* psicológico - como o ser humano reage positivamente a espaços naturais verdes, opondo-se a aridez do concreto e do asfalto, há uma melhoria da sensação de bem-estar.

i) vegetação externa caducifólia, como por exemplo, a Parreira. A vegetação permite a incidência de sol, aproveitando assim o calor solar e, no verão, a temperatura da parede pode ser reduzida por evapotranspiração do vegetal e pelo sombreamento da radiação solar.

**Figura 6:** Proteção solar de árvores com vegetação caducifólia



**Fonte:** Lamberts et al. (1997)

j) materiais construtivos com ótimo nível de isolamento térmico para manter a temperatura armazenada, tanto o calor quanto o frio. Um fato que não pode ser esquecido é que em locais muito frios, com temperatura inferior a  $10,5^{\circ}$ , o aquecimento solar passivo por meios naturais pode não ser suficiente para o conforto. Neste caso o uso do aquecimento artificial é adequado. O aconselhado é o uso dos dois sistemas (natural e artificial) para que o consumo energético seja menor para o condicionamento térmico desejado.

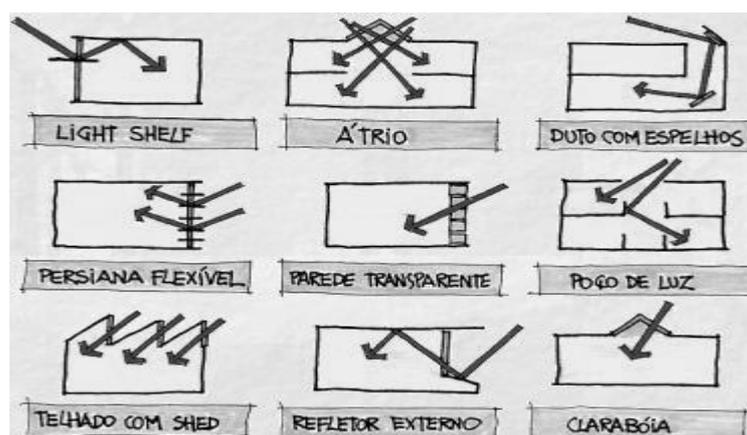
### **2.3.2 Estratégias adicionais de eficiência energética**

Além das estratégias de projeto apresentadas, a indústria da construção civil deveria se preocupar com outros princípios de eficiência energética, dentre eles, o uso da iluminação natural e o aquecimento de água por meio de energia solar.

O uso da luz natural em edificações durante o dia substitui a luz artificial e contribui com a redução do consumo de energia elétrica, além de melhorar o conforto visual e o bem-estar dos ocupantes. As aberturas para o uso da luz solar possibilitam que os ocupantes obtenham contato visual com o mundo exterior, permitindo o relaxamento do sistema visual pela mudança das distâncias focais. A presença da luz natural pode garantir uma sensação de bem-estar e um maior relacionamento com o ambiente. A iluminação natural pode ser realizada de diversas maneiras conforme apresentado na Figura 7 (BALTAR et al., 2006, p. 4).

O sistema de iluminação natural, além de proporcionar o contato visual com o interior, contribui também com o sistema de ventilação e ganho de calor solar das edificações.

**Figura 7:** Sistemas de iluminação natural



**Fonte:** Lamberts et al. (1997)

O consumo de energia elétrica nas edificações diminuiu em média 35% com o uso do sistema de aquecimento de água através da energia solar. A economia deste sistema proporciona que o investimento possa ser recuperado em um curto prazo de tempo, em média de seis meses a dois anos considerando a realidade brasileira. O aquecimento de água por energia solar é realizado por um equipamento composto por placas coletoras e um reservatório térmico (boiler) (BALTAR et al., 2006). As placas coletoras são responsáveis pela absorção da radiação solar, transferindo o calor para a água que circula em tubulações de cobre no interior do equipamento.

Aquecida, a água vai para o reservatório térmico até que seja consumida (Figura 8). Quando a insolação é insuficiente para aquecer a água ou o consumo de

água quente for superior à capacidade do boiler, um método auxiliar de aquecimento (elétrico) entra em ação.

**Figura 8:** Esquema do aquecimento da água



Fonte: Baltar et al. (2006)

## 2.4 Norma de Desempenho Térmico: NBR 15575

A NBR 15575 – Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais – está organizada, respectivamente em seis partes: 1) requisitos gerais; 2) requisitos para os sistemas estruturais; 3) requisitos para os sistemas de pisos; 4) requisitos para os sistemas de vedação vertical; 5) requisitos para os sistemas coberturas; e 6) requisitos para os sistemas hidrossanitários (ABNT, 2013).

Como essas normas são destinadas às edificações habitacionais estabelece os requisitos e critérios de desempenho como um todo relacionado à “segurança, habitabilidade, higiene e saúde, durabilidade e adequação ambiental, considerando as necessidades dos usuários e as condições de exposição da edificação ao longo de sua vida útil mínima obrigatória” (NEVES, 2015, p. 17).

Vale ressaltar que a NBR 15575 não trata de condicionamento artificial, mas de todos os critérios de desempenho baseados em condições naturais de insolação e ventilação, dentre outras. Segundo Matozinhos (2014, p. 86), o desempenho térmico depende de diversas características:

[...] do local da obra (topografia, temperatura e umidade do ar, direção e velocidade do vento etc.) e da edificação (materiais constituintes, número de pavimentos, dimensões dos cômodos, pé direito, orientação das fachadas,

dimensões e tipo de janelas etc.). Os critérios de desempenho térmico são estabelecidos com base nas zonas bioclimáticas brasileiras.

Como o foco deste estudo é o conforto e o desempenho térmico em edificações de alvenaria estrutural de cerâmico, a NBR 15575 – Parte 4 será a principal referência neste trabalho de pesquisa, que trata mais especificamente dos critérios e processos de avaliação do desempenho térmico de uma edificação habitacional.

Nesse contexto, vale esclarecer que o conceito de desempenho refere-se ao comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas nos quais são determinados os requisitos (qualitativos) e os critérios (quantitativos), bem como os métodos de avaliação, que tornam possível a mensuração bem definida de seu atendimento (FREITAS; LORENZO, 2016).

Segundo a NBR 15575-4, pode-se avaliar o desempenho térmico de uma edificação por três métodos: método simplificado, método de medições e método por simulação computacional.

No método simplificado, os parâmetros térmicos dos fechamentos são comparados com valores limites estabelecidos pela norma, enquanto no método de medições e no método por simulação computacional, o critério de avaliação é a comparação entre os valores medidos ou simulados de temperatura interna e externa máximos no verão e mínimos no inverno (ABNT, 2013).

Em relação ao método simplificado de análise, a NBR 15575-4 determina os critérios mínimos de desempenho térmico de vedações verticais e cobertura, definindo valores admissíveis para transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT), de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está inserida. Além desses critérios, a NBR apresenta recomendações sobre as aberturas, estabelecendo áreas mínimas de ventilação e sombreamento das janelas (ABNT, 2013; apud SANTOS et al., 2015).

#### **2.4.1 Capacidade de isolamento térmico**

A capacidade térmica de uma edificação refere-se à quantidade de calor necessária para variar a temperatura de um sistema de uma edificação. Assim sendo, existem várias estratégias para que uma edificação atinja o nível desejado de

desempenho térmico. Desta maneira, verifica-se a contribuição de vários estudos e pesquisas publicadas, apresentando soluções técnicas para atendimento aos requisitos de desempenho térmico determinados pela ABNT NBR 15575:2013.

As soluções apresentadas por vários estudiosos do setor construtivo têm promovido à melhoria das edificações no que se refere ao seu desempenho térmico e conforto dos indivíduos; bem como a redução dos impactos ambientais e das novas tecnologias (SILVA, 2007).

Segundo Roriz (2008, p. 3), as principais variáveis para se alcançar o bom desempenho térmico de uma edificação passa necessariamente pela questão da “envoltória do edifício, que deve atuar como um filtro em relação ao ambiente externo”, bloqueando a entrada dos elementos indesejáveis, mas ao mesmo tempo permitir que os ambientes internos sejam beneficiados pelos elementos que contribuam para o conforto dos usuários.

Desta maneira, é necessário considerar cada tipo de clima, cada tipo de ocupação (habitação, comércio, indústria, etc.) e diferenciar os ambientes ventilados naturalmente e os ambientes com sistemas eletromecânicos de condicionamento térmico. As variáveis que podem interferir no desempenho térmico das edificações são classificadas em dois grupos: arquitetônicas e dos materiais e sistemas construtivo.

**1) *Variáveis arquitetônicas:*** por causa dos movimentos entre a Terra e o Sol, os edifícios com as maiores fachadas orientadas a norte e sul recebem menores intensidades de radiação solar.

a) *Superfícies envidraçadas na envoltória:* o vidro comum permite a entrada dos raios solares, mas impede a saída do calor radiante produzido internamente. Para evitar o sobreaquecimento dos ambientes internos, precisa-se sombrear as superfícies envidraçadas, por meio de elementos construtivos bem projetados, que permitam a captação da luz natural e impeçam a entrada dos raios solares.

b) *Áreas efetivas de aberturas para ventilação:* Para evitar desperdício de energia, nos ambientes com ar-condicionado devem ser reduzidas as infiltrações do ar exterior. Nos caso se queira utilizar a ventilação natural, o dimensionamento e a posição das aberturas devem ser cuidadosamente detalhadas devido as fontes

internas de calor (pessoas, lâmpadas, equipamentos etc.) e as características dos ventos (velocidade e direção) predominantes no lugar.

c) Absortância solar das superfícies opacas expostas ao sol: é uma propriedade física das superfícies opacas que indica a porcentagem da radiação solar incidente absorvida pelo corpo e transformada em calor. A parcela visível da radiação solar é em torno de 48% do total emitido pelo sol e sua absorção é diretamente proporcional à cor da superfície, sendo mais baixa em superfícies claras e mais alta nas escuras. Superfícies mais rugosas também apresentam absortâncias mais altas. Por isso, coberturas e fachadas mais lisas e claras absorvem menos radiação solar visível e, portanto, se aquecem menos.

A intensidade da absorção dos outros 52% do espectro solar irá variar de acordo com as propriedades químicas de cada substância e não pode ser estimada visualmente. Para muitos materiais, entretanto, a absortância na faixa visível pode ser um indicador da que ocorre no infravermelho.

## **2) Variáveis dos materiais e sistemas construtivos**

a) Resistência térmica das vedações construtivas: A resistência térmica (em  $m^2 \cdot ^\circ C / W$ ) de uma placa homogênea é dada pela razão entre a espessura da placa (em metros) e a condutividade térmica (em  $W / m \cdot ^\circ C$ ) do material de que é constituída. Como o ar tem condutividade muito baixa, normalmente, os materiais mais porosos têm condutividades mais baixas do que os mais densos. A Transmitância Térmica de um corpo ao inverso de sua resistência e a Transmitância é a propriedade usualmente mencionada em normas técnicas.

Nas regiões com inverno rigoroso, é recomendável utilizar vedações construtivas com baixa Transmitância, para evitar as perdas do calor disponível nos ambientes internos, o que resulta em consumo de energia. Para ambientes com ar-condicionado também precisa de níveis mais altos de isolamento térmico (baixa Transmitância), que é para evitar ou diminuir os ganhos indesejáveis do calor exterior.

No entanto, em edificações naturalmente ventiladas e submetidas aos climas predominantes no território brasileiro, existem muitas situações em que baixas Transmitâncias são contraproducentes, porque dificultam a dissipação do calor interno.

b) Capacidade térmica das vedações construtivas: em climas com amplitudes térmicas maiores (diferença entre as temperaturas máximas e mínimas), os sistemas construtivos mais espessos e mais densos acumulam calor nas horas mais quentes do dia e o liberam durante a madrugada, quando o ar é normalmente mais frio, reduzindo assim as oscilações das temperaturas internas e proporcionando mais conforto aos usuários.

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho teve por objeto de estudo a Norma de Desempenho NBR 15575/2013, parte 4, no que se refere a conforto e desempenho térmico de edificações habitacionais.

A metodologia utilizada foi do tipo descritiva dedutiva, buscando avaliar se o desempenho térmico da edificação estudada atende aos quesitos de conforto térmico dos usuários, determinado pela NBR 15575/2013, haja vista que a cidade de Paraíso do Tocantins está localizada na zona Z7 do Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

Por se tratar de uma pesquisa descritiva, os fenômenos pesquisados são descritos a partir da identificação das características da amostra selecionada para estudo. Do ponto de vista de sua natureza, a pesquisa foi desenvolvida com a finalidade de produzir conhecimentos relativos à norma de desempenho NBR 15575/2013 de edificações habitacionais.

A análise dos resultados da pesquisa teve uma abordagem qualitativa e quantitativa, tendo em vista o levantamento das medições de temperaturas externas e internas realizados na edificação habitacional pesquisada e avaliar as condições de conforto térmico para futuros usuários da habitação.

As referências utilizadas para embasamento teórico deste estudo foram as Normas de Desempenho NBR 15220/2005 – desempenho térmico de edificações; NBR 15575/2013 – edificações habitacionais; NBR 15961-1/2011: alvenaria estrutural – blocos concreto e cerâmico. Além ainda de estudos e pesquisas científicas publicadas (artigos, dissertações e teses) sobre conceitos de sustentabilidade, mudanças climáticas e os novos paradigmas dos sistemas construtivos, dentre outros temas relacionados ao tema em pauta.

#### 3.1 Estudo de Caso: Caracterização da Pesquisa

De acordo com a NBR 15575/13, são dois os procedimentos para avaliação de desempenho térmico em uma dada edificação: procedimento Simplificado (normativo), Medição *in loco*.

O procedimento *Simplificado* (normativo) consiste em averiguar os requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas. Quando o atendimento for satisfatório, a norma recomenda aplicar o método de simulação computacional. No procedimento *Medição in loco*, o atendimento dos requisitos e critérios é realizado por meio de medições realizadas com a obra e/ou protótipo, já concluída (ABNT, 2013; apud FREITAS; LORENZO, 2016).

Mediante a observância de tais procedimentos, foi necessário que a obra selecionada para o estudo estivesse concluída. Pois, conforme a NBR 15575 (ABNT, 2013; apud FREITAS; LORENZO, 2016, p. 3), “a edificação deve reunir características que possam atender às exigências de desempenho térmico”, ou seja, as condições naturais da edificação devem ser compatíveis com a zona bioclimática na qual está localizada.

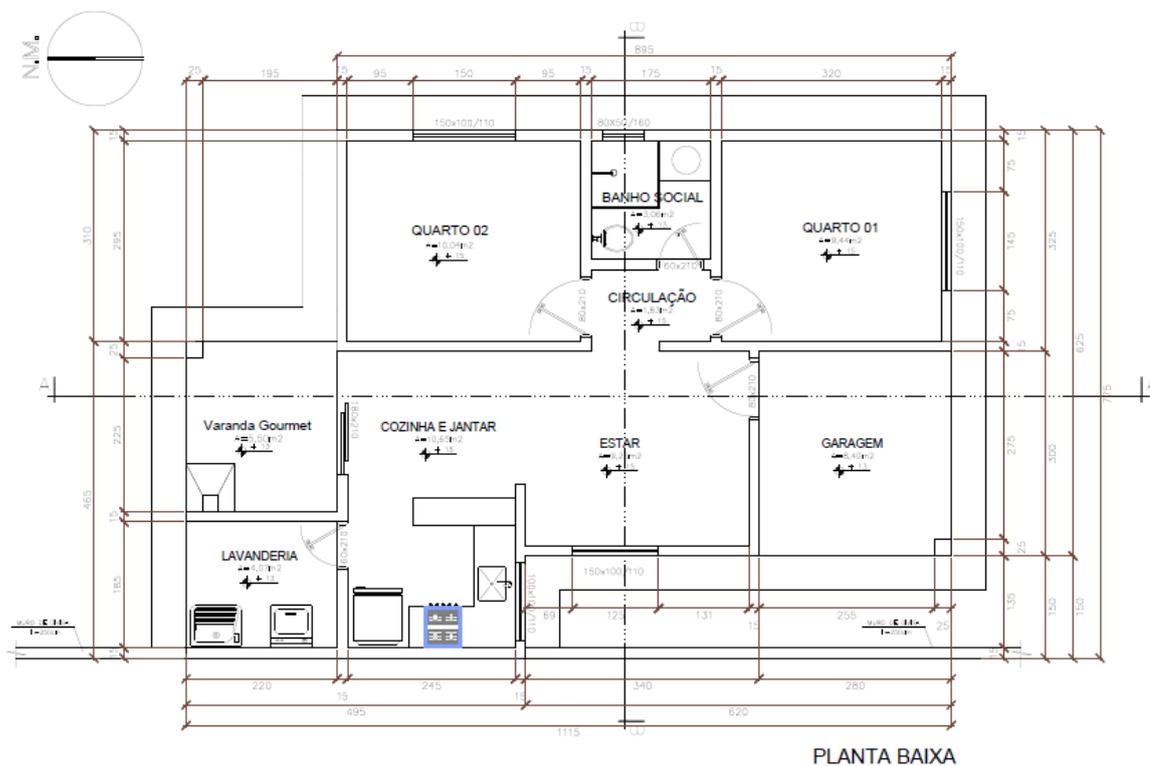
### **Caracterização da Obra**

Este estudo teve por objeto de estudo uma casa construída em bloco cerâmico, no modelo padrão do programa habitacional do Governo Federal, o *Minha Casa, Minha Vida*<sup>1</sup>. O empreendimento está localizado na Rua Bernardo Guimarães – Q.35, Lote 15C, Jardim Serrano, em Paraíso do Tocantins (TO). O imóvel de 67 m<sup>2</sup> dispõe de 02 quartos, sala, copa/cozinha, banheiro social, lavanderia, varanda gourmet e garagem.

---

<sup>1</sup> As casas do programa Minha Casa Minha Vida são casas pequenas, muitas destas casas são no estilo americano, com a cozinha em conjunto com a sala para economizar espaço. Estas casas populares como são chamadas são planejadas para gastarem pouco dinheiro em sua construção.

**Figura 9: Planta baixa da edificação**



Fonte: Autor (2018)

**Figura 10: Mapa de localização da Casa**



Fonte: <<https://earth.google.com/web/@-10.17787924,-48.87550375,391.06153577a,375.76210139d,35y,0.00000001h,12.82214043t,-0r>>

### 3.2 Procedimentos

Inicialmente, foram realizadas quatro visitas previamente agendadas junto ao administrador responsável pela casa, para conhecer sua estrutura e registrar todas as informações pertinentes aos aspectos gerais de sua construção.

Durante estas visitas foram feitas observações e registros fotográficos da edificação que foram importantes para as análises e estudos subsequentes da pesquisa. Na etapa seguinte foram realizadas as medições de temperaturas externas e internas da casa.

Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), o procedimento simplificado é para atender os requisitos e critérios para fachadas e coberturas, estabelecidos na NBR 15575-4; enquanto a NBR 15575-5 é para os sistemas de vedação vertical interna e externa (SVVIE) e para os sistemas de coberturas. Para os sistemas de vedação vertical interna e externa (SVVIE), é necessário o atendimento de três critérios: transmitância térmica (U) de paredes externas, capacidade térmica (CT) de paredes externas e aberturas para ventilação (ABNT, 2013; apud FREITAS; LORENZO, 2016).

Sintetizando, os valores para os dois primeiros critérios (U e CT), foram obtidos seguindo-se a metodologia da NBR 15220-2 e posteriormente confrontados com as exigências da norma. Para o critério de aberturas para ventilação o cálculo é feito de acordo com o procedimento da NBR 15575, e os valores encontrados foram confrontados com as exigências de desempenho da norma (MATOZINHOS, 2014).

Assim sendo, as medições de temperaturas da edificação em estudo foram avaliadas por meio dos dois procedimentos: simplificado e medição *in loco*. No procedimento simplificado os dados foram obtidos junto à construtora responsável pela edificação. Enquanto, para o procedimento medição *in loco*, seguiu-se o recomendado pela norma, ou seja, as medições de temperaturas foram feitas em um dia de verão ou de inverno, com um dia de antecedência e com característica de temperatura idêntica por um período de três dias. Assim, os dados serão analisados após o terceiro dia (ABNT, 2013).

Assim sendo, as medições da temperatura externa foram realizadas com o aparelho *Data Logger* UA-001-64 em três dias seguidos e em horários idênticos. E a temperatura do ambiente interno foi obtida com o aparelho *Data Logger* U12-013 da

marca *Hobo*, também por três dias seguidos para análise comparativa do desempenho térmico da edificação.

Segundo a norma, o valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como, por exemplo, sala e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), sempre deve ser menor ou igual ao valor máximo diário de temperatura do ar exterior para que seja atingido o critério mínimo de desempenho. Os critérios apresentados pela norma são considerados para um dia típico de verão com medições à sombra. Para as condições de inverno, a norma não especifica a necessidade de adotar critérios de desempenho térmico para as zonas 6, 7 e 8.

### **3.3 Instrumento de Coleta de Dados**

O levantamento dos dados da pesquisa de campo foi mensurado, digitado e arquivados para análise descritiva e interpretação dos resultados obtidos, os quais foram organizados e apresentados em gráficos e tabelas.

As medições da temperatura externa foram realizadas com o aparelho *Data Logger UA-001-64* e a da temperatura do ambiente interno com o aparelho *Data Logger U12-013* da marca *Hobo*.

Para mensuração dos dados das temperaturas e a elaboração dos gráficos e tabelas foram utilizados os programas Excel

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Medição e Levantamento dos Dados

Para avaliação do desempenho térmico da edificação foi adotado o procedimento simplificado, utilizando-se dados baseados no memorial descritivo da edificação; cujas informações foram fornecidas pela construtora. Estas informações foram utilizadas para os cálculos dos valores de transmitância e capacidade térmica para sistemas de vedação e cobertura.

Para a avaliação de desempenho térmico seguindo o procedimento 2, a norma orienta que o período de medição deve corresponder a análise de um dia típico de projeto, de verão ou de inverno, precedido por pelo menos um dia com características semelhantes. A norma recomenda como regra geral, trabalhar com uma sequência de três dias e analisar os dados do terceiro dia. Para efeito da avaliação por medição, o dia típico é caracterizado unicamente pelos valores da temperatura do ar exterior medidos no local.

Neste caso, os dias avaliados, após consulta prévia a um meteorologista, foram: os dias 26/09/2018 (quarta-feira) a partir das 11h00 até o dia 29/09/2018 (sábado) às 11h00, totalizando-se assim 72 horas de coleta de dados.

Sendo assim, conforme especificação da norma foi medida a temperatura de bulbo seco do ar no centro dos recintos quartos e salas, a 1,20 m do piso (**Figura 11**). As orientações quanto à forma e os equipamentos a serem utilizados estão inseridas na norma ISSO 7726.

**Figuras 11, 12 e 13: Montagem dos equipamentos**

**Fonte:** Autor (2018)

O *Data Logger* U12-013 da marca *Hobo* foi o aparelho utilizado para mediação das temperaturas do ambiente internos (os dois quartos e a sala). Este aparelho faz a leitura de temperatura e Umidade, possuindo dois canais externos que por sua vez fazem a coleta de dados somente da temperatura. Trabalha na faixa de medição de temperatura entre  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+70^{\circ}\text{C}$  e umidade ente 5% a 95%. Possui precisão de  $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$ , com resolução de 0,03%.

Para a realização deste estudo, o aparelho foi programado para armazenar dados a cada 1 minuto, com início no dia 26/09/2018 às 11h00. Vale ressaltar, que este aparelho possui memória suficiente para armazenar até 43.000 medições.

Além de executar comunicação para abastecer o programa via computador através de cabo USB.

Os cabos trabalham na faixa de medição entre  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+100^{\circ}\text{C}$ , com precisão de  $\pm 0,21^{\circ}\text{C}$ , tendo cada um, o comprimento de 15,2 metros. Para este conjunto, *Data Logger* e cabos; optou-se por deixar o aparelho que faz e medição de umidade na sala, e cada um dos cabos, foi colocado em um dos dormitórios (**Figura 12 e 13**).

**Figuras 14:** Preparação para as medições

**Fonte:** Autor (2018)

A transferência dos dados do *Data Logger* para o computador foi feita via USB direto para o software *HOBOWare* Pró. O software por sua vez oferece a opção de transferência dos dados com extensão .xsl, sendo tratado e gerado os gráficos através do Office Excel 2016®.

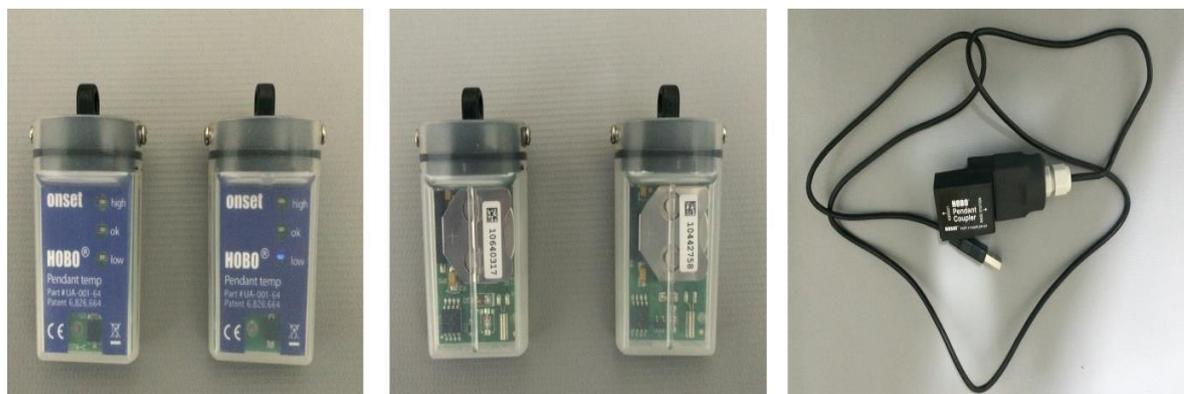
Em relação à medição de temperatura externa, foi utilizado o *Data Logger UA-001-64* (**Figura 15**) da marca *Hobo* e também fabricado pela empresa *Onset*. Este aparelho faz a leitura de temperatura e suporta submersão em água. Opera na faixa de medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+70^{\circ}\text{C}$  com precisão de  $\pm 0,47^{\circ}\text{C}$  e resolução de  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

**Figuras 15: Logger U12-013**



Possui um intervalo de aquisição de dados programável entre 1 segundo até 18 horas (iniciou-se às 11h00 do dia 26/09/2018 com intervalos a cada 1 minuto) com memória suficiente para armazenar 54.000 medições. A comunicação é realizada por meio de um cabo USB à prova d'água.

**Figuras 16: Data Logger UA-001-64**



Conforme determinado na norma, a medição deve ser feita à sombra. Por isso, o *Data Logger* com medição à sombra foi amarrado no registro no centro da área de serviço, conforme a **Figura 17**.

**Figuras 17:** Medição à sombra na área de serviço



**Fonte:** Autor (2018)

## **4.2 Estudo de Caso: Conforto Térmico de uma Edificação em Bloco Cerâmico**

Os resultados deste estudo são apresentados na sequência.

### **4.2.1 Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas – SVVIE**

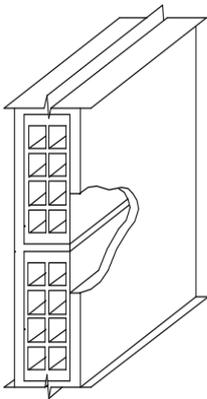
Nos sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) é verificado se atende aos três critérios de: transmitância térmica ( $U$ ) de paredes externas, capacidade térmica ( $CT$ ) de paredes externas e aberturas para ventilação.

A transmitância para paredes externas é calculada em função de alguns parâmetros que levam em consideração as dimensões dos blocos de vedação, bem como sua composição, espessura das argamassas e principalmente a espessura total da parede.

Desta maneira, a NBR 15220-3, objetivando parametrizar e facilitar a avaliação de desempenho para diferentes configurações da edificação, fornece um

quadro, em que consta resultados de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Atraso Térmico para diferentes geometrias de blocos e espessuras de argamassas (**Quadro 1**).

**Quadro 1:** Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico<sup>2</sup> para tijolo de 8 furos

Parede	Descrição	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	CT [kJ/(m <sup>2</sup> .K)]	φ (horas)
	<p>Parede de tijolos 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão. Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm</p> <p>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm</p> <p>Espessura total da parede: 14,0 cm</p>	<b>2,49</b>	<b>158</b>	<b>3.3</b>

**Fonte:** Adaptado a partir da ABNT (2005C, p. 19)

O **Quadro 1** apresenta a configuração da edificação estudada, em que se tem as mesmas informações dada pelo quadro, ou seja:

- ✓ Parede de tijolo de 8 furos (**Figura 18**);
- ✓ Dimensões do bloco: 9,0 x 19,0 x 19,0cm;
- ✓ Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm;
- ✓ Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm

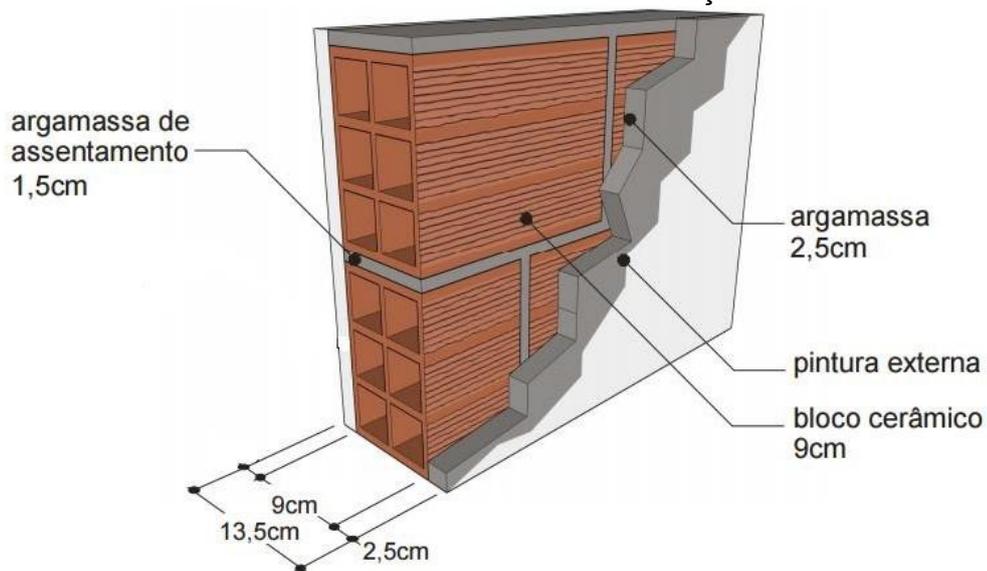
<sup>2</sup> Tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor.

**Figura 18:** Tijolo utilizado na edificação residencial



Fonte: SANTOS (2105)

**Figura 19:** Configuração geométrica do sistema de vedação interna e externa de uma edificação



Fonte: SANTOS (2105)

Baseando-se nestas informações, tem-se que os valores de transmitância e capacidade térmica para os sistemas de vedações verticais internas e externas, são os seguintes:

Transmitância Térmica = 2,49 [W/(m<sup>2</sup>.K)];

Capacidade Térmica = 158 [kJ/(m<sup>2</sup>.K)].

Desta maneira, com estes valores de transmitância e capacidade térmica, é possível analisar o desempenho térmico da edificação baseando-se nos critérios definidos pela norma.

Com a transmitância térmica igual a 2,49 [W/(m<sup>2</sup>.K)] e a norma definindo a necessidade deste valor ser menor que 3,7 caso se tenha uma absorvância à radiação solar ( $\alpha$ ) menor ou igual a 0,6 e menor ou igual a 2,5 para uma absorvância maior que 0,6, pode-se concluir que a edificação pesquisada, atende ao critério mínimo de desempenho térmico para transmitância térmica das paredes externas igual a 2,49 [W/(m<sup>2</sup>.K)].

Com a capacidade térmica das paredes externas igual a 158 [kJ/(m<sup>2</sup>.K)], e a norma definindo a necessidade, para a Zona Bioclimática 7, deste valor ser maior ou igual a 130, pode-se concluir que, segundo os critérios estabelecidos pela NBR 15575/2013, a edificação estudada atende ao critério estabelecido, pois o valor encontrado (158) é superior ao mínimo necessário.

#### 4.2.2 Aberturas para ventilação

Segundo a norma de desempenho, os ambientes de longa permanência (salas e dormitórios), devem apresentar aberturas com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes.

Com base nesta afirmação e com os dados do memorial descritivo da edificação pesquisada, é possível analisar o atendimento dos critérios para cada cômodo. O Primeiro passo é a definição das áreas efetivas de abertura de cada ambiente, além da área de piso de cada cômodo. A abertura de ventilação para os ambientes (quarto 1, quarto 2 e sala) é dada pela equação 3, já definida na metodologia:

$$A = 100 \times (AA/AP)$$

**Onde:**

- ✓ AA é a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente, sendo que para o cálculo desta área somente são consideradas as aberturas que permitem a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas

de perfis, vidros e de qualquer outro obstáculo; nesta área não são computadas as áreas de portas internas. No caso de cômodos dotados de portas-balcão ou semelhantes, na fachada da edificação, toda a área aberta resultante do deslocamento da folha móvel da porta é computada.

✓ *AP* é a área de piso do ambiente.

Com base nesta equação e nos dados de projeto, é possível calcular as áreas aberturas para ventilação, estando os valores encontrados na Tabela 10 (abaixo).

**Tabela 1:** Aberturas para ventilação

<b>Cômodo</b>	<b>Área efetiva de ventilação (<math>A_A</math>)</b>	<b>Área de piso (<math>A_P</math>)</b>	<b>Abertura de ventilação (<math>A</math>)</b>
Sala	$(1,50 \times 1,00) / 2 = 0,75 \text{ m}^2$	9,26 m <sup>2</sup>	8,09%
Quarto 1	$(1,50 \times 1,00) / 2 = 0,75 \text{ m}^2$	9,44 m <sup>2</sup>	7,94%
Quarto 2	$(1,50 \times 1,00) / 2 = 0,75 \text{ m}^2$	10,04 m <sup>2</sup>	7,47%

Mediante os resultados das áreas de ventilação, a etapa seguinte consiste em verificar se os dados encontrados estão em conformidade com as determinações a norma. Para a Zona Bioclimática 7, onde está localizada a cidade de Paraíso do Tocantins, mas, a exigência é de que os valores destas aberturas sejam maiores ou iguais a 7% da área de piso. Os valores encontrados para sala, quarto 01 e quarto 02 atendem ao critério mínimo estabelecido pela norma, conforme a Tabela 2 descreve os resultados a seguir:

**Tabela 2:** Aberturas para ventilação – Síntese dos Resultados

<b>Cômodo</b>	<b>Área efetiva de ventilação (<math>A_A</math>)</b>	<b>Área do piso (<math>A_P</math>)</b>	<b>7% da Área do piso</b>	<b>Abertura de ventilação (<math>A</math>)</b>	<b>Resultado</b>
Sala	0,75 m <sup>2</sup>	9,26 m <sup>2</sup>	0,65 m <sup>2</sup>	8,09%	Atende
Quarto 1	0,75 m <sup>2</sup>	9,44 m <sup>2</sup>	0,65 m <sup>2</sup>	7,94%	Atende
Quarto 2	0,75 m <sup>2</sup>	10,04 m <sup>2</sup>	0,70 m <sup>2</sup>	7,47%	Atende

### 4.2.3 Sistemas de Cobertura

Para os sistemas de coberturas, existe apenas um requisito de atendimento: a transmitância térmica.

Neste caso, assim como ocorre nos sistemas de coberturas internas e externas, a norma 15220-3, com o objetivo de parametrizar e facilitar a avaliação de desempenho, um quadro, em que constam resultados de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Atraso Térmico para diferentes tipos de coberturas.

**Quadro 2:** Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas

Cobertura	Descrição	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	CT [kJ/(m <sup>2</sup> .K) ]	φ (horas)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura de telha cerâmica com forro de gesso;</li> <li>- Espessura da telha: (1 cm)</li> <li>- Forro de Gesso: (3 cm)</li> <li>- Câmara de Ar (&gt;5 cm)</li> </ul>	1,94	37	4,7

**Fonte:** Adaptado da ABNT (2005c, p. 22)

Neste caso, assim como na avaliação de desempenho para os sistemas de vedação internas e externas, valores calculados para transmitância, capacidade e atraso térmico coincidindo com a mesma configuração encontrada na edificação pesquisada, logo, o valor de Transmitância térmica é o mesmo dado no quadro acima, ou seja,  $U = 1,94$  [W/(m<sup>2</sup>.K)].

Com a absorvância térmica é dada em razão da cor da casa, e, esta, por sua vez, sendo da cor cinza claro, tem-se que o valor da absorvância é de 0,40, conforme valor dado pela tabela B.2 do anexo B da norma 15220.

Assim, para a Zona Bioclimática 7, definindo que para valores de absorvância menor ou igual a 0,4 a transmitância térmica para os sistemas de coberturas deve

ser menor ou igual a  $2,310^3$  W/m<sup>2</sup>K. Assim, como 1,94 (U calculado) é menor que 2,3 (U como critério), concluindo-se, portanto, que a edificação pesquisada atende aos critérios de desempenho térmico para os sistemas de coberturas.

#### 4.2.4 Procedimento 2 – Medição in loco

Para um melhor entendimento da disponibilidade dos dados, optou-se por apresentar no primeiro momento uma análise dos valores obtidos para os três dias, seguidos da avaliação do último dia.

Desta maneira, na sequência é apresentada uma tabela com os dados comparativos para os três dias, sendo entre as temperaturas máximas, mínimas, médias e amplitude, com horário de ocorrência para os picos (máximos e mínimos).

**Tabela 3:** Valores mínimos, máximos, médios e amplitudes aferidos para Temperatura, considerando os três dias de Coleta (De 26 a 29/09/2018)

Sensores	Temperatura dos Três dias – T (oC)					
	T mínima (oC)	Hora (H)	T máxima oC	Hora (H)	T média (oC)	Amplitude $\infty$
Sala	26,54	06:50 <sup>3</sup>	33,42	17:25 <sup>1</sup>	29,98	6,88
Quarto 1	27,90	07:36 <sup>3</sup>	30,26	16:02 <sup>2</sup>	29,08	2,36
Quarto 2	26,18	06:26 <sup>3</sup>	31,79	14:35 <sup>2</sup>	28,98	5,61
Externo Sombra	23,86	05:53 <sup>3</sup>	35,00	13:15 <sup>3</sup>	29,43	11,14

1 – Horário aferido no primeiro dia

2 – Horário aferido no segundo dia

3 – Horário aferido no terceiro dia

Baseando-se nas informações da **Tabela 3**, é possível constatar as ocorrências das temperaturas máximas em cada um dos cômodos e também nos dois sensores de temperatura externa. Para os ambientes internos, a maior temperatura (33,42°C) ocorreu na sala no primeiro dia de medição às 17h e 25 min.

<sup>3</sup> Adotando Fator de Ventilação igual a 1 (átrios não ventilados). Em todo caso, o valor de FV é dado pela seguinte equação:  $FV = 1,17 - 1,07 \times h - 1,04$ .

Nota-se também, altas temperaturas médias para todos os ambientes e sensores, devendo-se destacar que a temperatura média dos ambientes internos é superior às temperaturas médias nos ambientes externos.

Em razão disso, constata-se que na medida em que, embora haja registro de maiores temperaturas máximas para os sensores externos, há também registros de menores temperaturas mínimas nestes mesmos sensores. Conclui-se, portanto, que estes valores refletem a variação real da temperatura, sem influência de fatores de vedação e/ou cobertura, como acontece numa edificação, por exemplo.

Analisando-se estes resultados, verifica-se como é importante e necessária a medição em mais de um dia, comprovando que o terceiro dia não se trata de um fenômeno ocorrido fora da linha de desenvolvimento dos dias anteriores.

Desta maneira, tem-se uma linha de desenvolvimento para os sensores internos com pouca amplitude e por sua vez amplitudes bem superiores nos ambientes externos, repetindo-se este mesmo desenvolvimento durante os três dias e também com horários muito parecidos.

A partir desta comprovação de variação constante dos dados, tem-se a validação para utilização dos dados do último dia, onde a avaliação de desempenho será efetivada.

Pelos resultados obtidos com a medição da edificação estudada, tem-se uma temperatura externa à sombra cujo maior valor é às 13h e 15 min com 35,00°C. Este mesmo sensor também apresentou a menor temperatura entre todos os registros com 23,86°C às 05h e 53 min. Além disso, observa-se uma variação não linear no sensor externo à sombra, ocasionado por uma chuva rápida, com início em torno das 09h e 20min da manhã fazendo com que a temperatura caísse em torno de 1°C (um grau Celsius) em um curto intervalo de tempo. Vale ressaltar que, registro semelhante ocorreu nos dias anteriores, as maiores temperaturas do sensor externo à sombra foram registradas entre as 13h e 14h e 30min.

As temperaturas máximas para os ambientes internos foram respectivamente de: Sala, Quarto 1 e Quarto 2, foram de 30,14°C (14:34h), 31,81°C (08:49) e 33,05°C (10:07).

Na sequência, **Tabela 4** sintetiza as informações das temperaturas máximas e mínimas para cada sensor utilizado neste estudo:

**Tabela 4:** Valores mínimos, máximos, médios e amplitudes aferidos para Temperatura, considerando o último dia de coleta

Sensores	Temperatura dos Três dias – T (oC)					
	T Mínima (°C)	Hora (H)	T Máxima (°C)	Hora (H)	T Média (°C)	Amplitude $\alpha$
Sala	26,54	06:50	28,97	10:50	27,75	2,43
Quarto 1	27,90	07:36	28,84	11:07	28,37	0,94
Quarto 2	26,18	06:16	28,59	11:00	27,38	2,41
Externo Sombra	23,86	05:55	35,00	13:55	29,43	11,14

A norma determina que para fins de avaliação de desempenho térmico, o requisito mínimo de desempenho é que a temperatura interna máxima seja menor ou igual à temperatura externa máxima.

Na sequência, a **Tabela 5**, apresenta os valores de temperaturas máximas e o horário de sua ocorrência, bem como um comparativo, entre o registro destas temperaturas e os valores simultâneos em todos os outros sensores. Esta tabela tem por finalidade esclarecer uma eventual possível lacuna da norma, já que não há uma definição sobre como considerar a temperatura máxima de cada sensor no efeito comparativo para se obter o resultado de desempenho. Por isso, com esta tabela pode-se concluir, por exemplo, que no momento que ocorre a temperatura máxima em cada um dos sensores internos, ter-se-á uma temperatura externa menor que a máxima registrada para este mesmo sensor interno.

**Tabela 5:** Temperaturas máximas e um comparativo entre todos os sensores

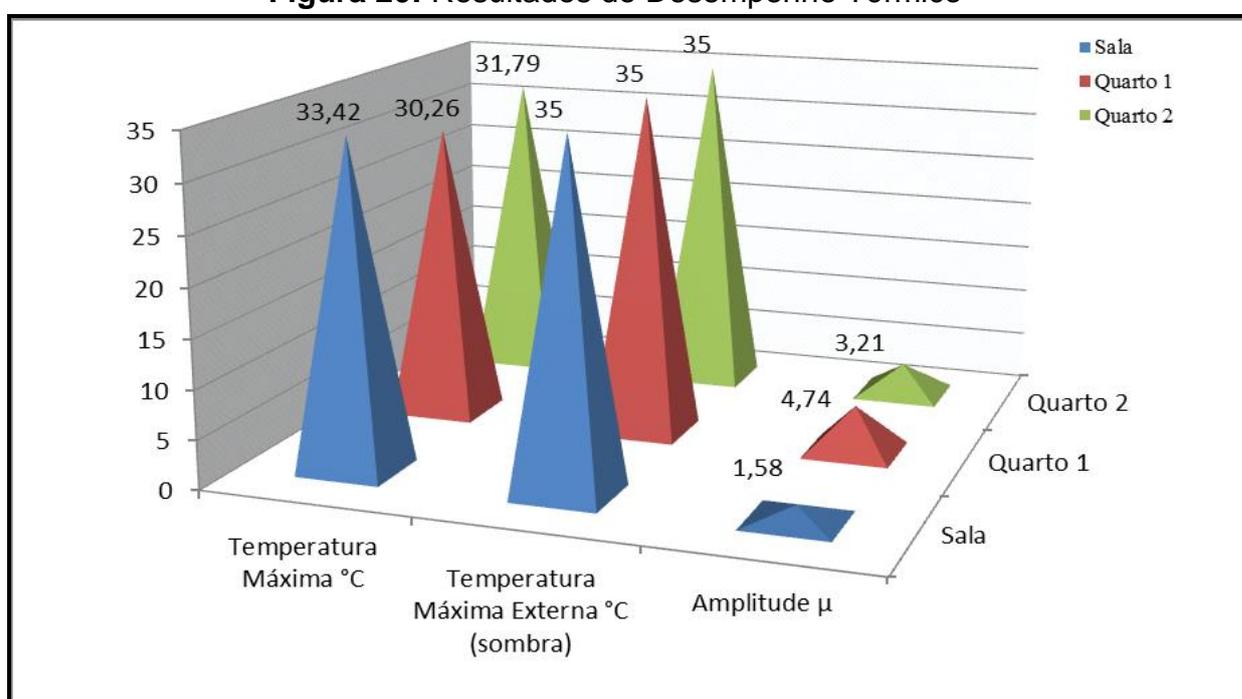
Hora (H)	Cômodo	T Máxima Externa (°C)	Comparativo	Temperatura (°C)	Amplitude $\alpha$
14h34	Sala	33,42	Quarto 1	29,84	3,58
			Quarto 2	31,02	2,4
			<b>Externo Sombra</b>	<b>32,39</b>	<b>1,03</b>
14h52	Quarto 1	30,26	Sala	31,56	1,3
			Quarto 2	30,74	<b>0,48</b>
			<b>Externo Sombra</b>	<b>30,25</b>	<b>0,01</b>
14h52	Quarto 2	31,79	Sala	32,30	0,51
			Quarto 1	30,24	1,55
			<b>Externo Sombra</b>	<b>31,38</b>	<b>0,41</b>
10h48	Externo sombra	35,00	Sala	31,00	4
			Quarto 1	29,79	5,21
			Quarto 2	30,87	4,13

Considerando-se o critério de desempenho térmico analisado, a **Tabela 6** apresenta os resultados encontrados em cada cômodo da edificação estudada.

**Tabela 6:** Desempenho térmico – Procedimento 2 (Medição *In loco*) – Resultados

Ambiente	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura a máxima externa (sombra) (°C)	Amplitude $\Delta$	Resultado	Critério Utilizado
Sala	33,42	35,00	1,58	Atende - Nível mínimo de Desempenho	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
Quarto 1	30,26		4,74	Atende - Nível intermediario de Desempenho	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2c^\circ)$
Quarto 2	31,79		3,21	Atende - Nível Intermediario de Desempenho	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2c^\circ)$

**Figura 20:** Resultados do Desempenho Térmico



Fonte: Dados da Pesquisa de Campo (2018)

Conforme demonstrado na **Figura 20**, os resultados do desempenho térmico da edificação estudada indicaram que o **Quarto 1** e o **Quarto 2** atende Nível Intermediário de Desempenho; enquanto a **Sala** atende Nível Mínimo de Desempenho.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve por objetivo geral avaliar o desempenho térmico de uma edificação residencial em bloco estrutural cerâmico, na região de Paraíso do Tocantins, TO, tendo-se como parâmetro a NBR 15575.

Durante a realização deste estudo pôde-se constatar como tem sido relevantes os diferentes aspectos do setor construtivo no que se refere aos novos paradigmas da sustentabilidade ambiental, direcionados ao desempenho térmico das edificações; que visam obter maior otimização energética para atender as novas demandas de conforto térmico dos usuários.

Além disso, cabe ressaltar o quanto tem sido determinante e benéfico para a vida em sociedade as inúmeras estratégias que vem sendo buscadas por diferentes iniciativas individuais e coletivas visando o combate ao desperdício; desenvolvendo alternativas sustentáveis de produção e consumo; objetivando a coexistência pacífica entre o ser humano e o meio ambiente.

Nesse sentido, constatou-se que um dos grandes desafios da contemporaneidade é a eficiência energética e a busca de alternativas cada vez mais sustentáveis em todos os setores da economia mundial, especialmente no da construção civil.

Verificou-se que o consumo de energia nos países emergentes é cada vez maior o que colabora para o aumento da demanda global das formas tradicionais de geração energética.

Entretanto, tornam-se cada vez mais necessárias mudanças nas formas de construção direcionadas a reduzir o consumo de energia, fazendo melhor uso dos recursos naturais ao construir edificações com condicionamento térmico aceitável aliado a um consumo mínimo de energia com maior uso da luz natural e outras formas de geração de energia.

Em relação à pesquisa de campo realizada, vale ressaltar que os objetivos do estudo foram plenamente alcançados, já que os resultados foram plenamente satisfatórios em todas as etapas analisadas de ventilação, iluminação e temperatura.

Concluiu-se que todas as medições realizadas foram satisfatórias; tanto a de iluminação e ventilação como de temperatura. A temperatura interna manteve-se

sempre abaixo da temperatura externa, conforme determina a norma. Além disso, a área de ventilação também ficou de acordo com o que a norma especifica, tendo em vista ser necessário os valores ficarem acima de 7% da área de piso.

## REFERÊNCIAS

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; ZORDAN, Sérgio Eduardo; JOHN, Vanderley Moacyr. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica – PCC. Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro. 2013.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15812-1: Alvenaria Estrutural – Blocos cerâmicos. Parte 1: Projetos**. Rio de Janeiro. 2010. 41p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15961-1: alvenaria estrutural – blocos de concreto. Parte 1: projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 15961-2: alvenaria estrutural – blocos de concreto. Parte 2: execução e controle de obras**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BALESTIERE, J. A. P., **Cogeração: geração combinada de eletricidade e calor**. Editora da UFSC, Florianópolis, 2002, 206p.

BALTAR, Marta Garcia, KAEHLER, José Wagner Maciel, PEREIRA, Luís Alberto. **Indústria da Construção Civil e Eficiência energética**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 2006. Disponível em: <[http://tede.pucrs.br/tde\\_arquivos/11/TDE-2006-11-16T200104Z-123/Publico/384715\\_anexo\\_5.pdf](http://tede.pucrs.br/tde_arquivos/11/TDE-2006-11-16T200104Z-123/Publico/384715_anexo_5.pdf)> Acesso em: 20/abr./2017.

BORGES, F. H.; TACHIBANA, W.K. **A evolução da preocupação ambiental e seus reflexos no ambiente dos negócios: uma abordagem histórica**. In: Encontro Nacional dos Estudantes de Engenharia de Produção, 2005. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, PUC-RS.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2013 – Ano base 2012**: Relatório Síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2013. 55 p.: 18 il.

\_\_\_\_\_. **Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia**: Manual de Conservação de Energia Elétrica Prédios Públicos e Comerciais. Eletrobrás, 1994, 18 p.

CIB. Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção. **Agenda 21 para a construção sustentável**. São Paulo. Escola Politécnica da USP, 2000. (Publicação CIB 237) Disponível em <[www.cibworld.nl](http://www.cibworld.nl)> Acesso em: 15/abr./2017.

CORRÊA, Lasaro Roberto. **Sustentabilidade na construção civil**. Monografia (Especialização). Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte: UFMG, 2009.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **BEN – Balanço Energético Nacional, 2009**. Rio de Janeiro, 2009.

FREITAS, Ygor; LORENZO Raydel. Análise de desempenho térmico em edificações: um estudo de caso na cidade de Palmas – TO. **Revista Desafios**, v. 03, n. 02, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/ufu.2359-3652.2016v3n2p14>> Acesso em: 15/abr./2017.

GALVÊAS, Elias Celso. **A Revolução Industrial e suas consequências**: da corporação de artesãos e manufaturas locais à produção em escala internacional. (2016). Disponível em: <[http://www.miniweb.com.br/historia/Artigos/i\\_contemporanea/rev\\_indu\\_consequencias.html](http://www.miniweb.com.br/historia/Artigos/i_contemporanea/rev_indu_consequencias.html)> Acesso em: 28/out./2016.

GELLER, Howard Steven. **Revolução Energética**: Políticas para um Futuro Sustentável. Tese (Doutorado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2003.

\_\_\_\_\_. **O uso eficiente da eletricidade** – uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil. Rio de Janeiro: INEE/ACEEE, 1994.

GOULART, Solange V. G; LAMBERTS, Roberto; FIRMINO, Samanta. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. 2ª. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998. 345 p.: il.

HOBSBAWN, Eric J., “A Revolução Industrial”, “A carreira aberta ao talento” e “Os trabalhadores pobres”, IN: **A Era das Revoluções: 1789 – 1848**. Paz e Terra, São Paulo, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (INEE). **A Eficiência Energética e o novo modelo do setor energético**. Rio de Janeiro: INEE, 2001.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil** – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

KAEHLER, J. W. M., Un outil d'Aide à la Décision et de Gestion des Actions pour La Maîtrise de la Demande d'Énergie - de la Conception au Développement, Tese de Doutorado - Ecole Nationale Supérieure des Mines, Paris, 1993, 257p.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997. 192 p.: Il.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; ABREU, Ana Lúcia Papst de; CARLO, Joyce C. M. Universidade Federal de Santa Catarina. CTC - Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disciplina: ECV 5161 - **Apostila. Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis, fevereiro de 2005.

MATOZINHOS, Roberto. **ABNT NBR 15575 – Edifícios Habitacionais – Desempenho**. Gargalo ou oportunidade? Programa Futuros Engenheiros. CBIC/SINDUSCON/MG: Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <[www.sindusconmg.org.br](http://www.sindusconmg.org.br)> Acesso em: 15/abr./2017.

MELO; Conrado Augustus de; JANUZZI, Gilberto de Martino. Padrões de eficiência energética para equipamentos elétricos de uso residencial no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, Vol. 15, No. 1, 1o Sem. 2009, pp. 49-69.

MICHELATO, Rubia. **Avaliação do desempenho térmico de vidros refletivos: estudo de caso em células – teste**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP: 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-06082007-212946/pt-br.php>> Acesso em: 15/abr./2017.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Brasília: MME, 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia.

NEVES, Felipe Felin. **Edificações em alvenaria estrutural: adequações à NBR 15.575**. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2015.

PINTO, T. P. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana**. 1999. 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PCC). São Paulo, 1999.

ROMERO, Marta A. B.. Estratégias Bioclimáticas de Reabilitação Ambiental adaptadas ao Projeto. In: **Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística**. ROMERO, Marta Adriana Bustos. (org.) Brasília: FAU/UnB, 2009.

RORIZ, Maurício. (2008) **.Desempenho Térmico, Adequação Climática e Eficiência Energética de Edificações**. Entrevista. Núcleo de Referência: Parede de Concreto.

<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto>> Acesso em: 15/abr./2017.

SANTOS, J. C. P.; KOTHE, K.K.; MOHAMAD, G.; VAGHETTI, M. A.; RIZZATTI, E. Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira. **Revista Matéria**, v.20, n.4, pp. 1030 – 1047, 2015. ISSN 1517-7076 artigo 11671, pp.1030-1047, 2015.

SEBRAE. **Eficiência Energética**. Cuiabá: Sebrae, 2012. 28 p.:il. color.

SILVA, Joene Saibrosa da. **A eficiência do brise-soleil em edifícios públicos de escritórios: estudo de casos no Plano Piloto de Brasília**. 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/2975?mode=full>> Acesso em: 25/abr./2017.