



**UNISUL**

**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**LEANDRO JOSÉ DA SILVA**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO TÉRMICO NAS EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS CORRELACIONADOS À ABNT NBR 15575:2013**

Palhoça  
2017

**LEANDRO JOSÉ DA SILVA**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO TÉRMICO NAS EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS CORRELACIONADOS À ABNT NBR 15575:2013**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade  
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial  
à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Norma Beatriz Camisão Schwinden, Esp.

Palhoça

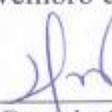
2017

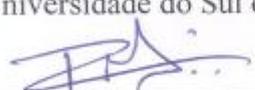
**LEANDRO JOSÉ DA SILVA**

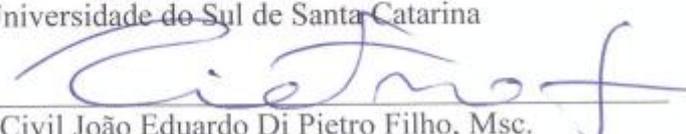
**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO TÉRMICO NAS EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS CORRELACIONADOS À ABNT NBR 15575:2013**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 09 de novembro de 2017.

  
\_\_\_\_\_  
Professor e orientador Prof. Norma Beatriz Camisão Schwinden, Esp.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Ricardo Moacyr Mafra, Esp.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Eng. Civil João Eduardo Di Pietro Filho, Msc.

Dedico este trabalho a meus familiares, amigos e professores, que estiveram presentes durante a minha jornada acadêmica, fazendo com que este sonho se tornasse realidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, José Ademar e Isabel, que sempre me incentivaram estudar e nunca mediram esforços para se tornar o sonho da graduação em Engenharia Civil uma realidade.

Agradeço a meus irmãos, José Junior e Lizandra, por me motivarem a não desistir e me entenderem nos momentos mais difíceis desta caminhada. Agradeço a Deus por me conceber nessa família amorosa, honesta e batalhadora. Sem eles essa etapa não estaria completa e nem mesmo teria sentido, pois são o meu principal incentivo para qualquer “batalha” que desejo iniciar.

Agradeço a proteção dos meus anjos da guarda, meu sobrinho Pedro Augusto da Silva Menegon, minhas avós Ana e Inês e meus avôs Avelino e Pedro, que levarei para toda a vida.

Um agradecimento especial a minha orientadora professora Norma, por nortear e incentivar a elaboração deste trabalho.

“Não confunda derrotas com fracasso nem vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto os campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias.” (Roberto Shinyashiki).

## RESUMO

A preocupação do governo em relação à economia de recursos energéticos, assim como a busca da população por maior qualidade de vida é um tema atual. Este estudo trata-se de uma pesquisa exploratória, que busca correlacionar conforto térmico e eficiência energética com a norma técnica de desempenho em edificações residenciais até cinco pavimentos, denominada ABNT NBR 15575:2013. Os empreendimentos devem ser projetados e construídos de forma a minimizar as alterações no meio ambiente, sendo que as instalações devem adotar soluções, a fim de reduzir o consumo de energia, usando técnicas como a ventilação natural, por exemplo. A aplicação dos conceitos de conforto térmico em projeto requer conhecimento global sobre o tema. Portanto, foi elaborado uma busca em bibliografias conceituadas, projetos e normas técnicas por palavras-chave como conforto, térmico, desempenho, economia, energia, edificações e eficiência energética. Por fim, foi realizado um mapeamento da correlação de desempenho térmico e eficiência energética em edificações habitacionais com a norma técnica ABNT NBR 15575:2013.

Palavras-chave: Desempenho. Energia. Economia. Sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

The government's concern about the economy of energy resources, as well as the search for the population for a better quality of life is a current theme. This study is an exploratory research that seeks to correlate thermal comfort and energy efficiency with the performance standard in residential buildings up to five floors, named ABNT NBR 15575: 2013. The buildings should be designed and constructed in a way that minimizes changes in the environment, and facilities must adopt solutions to reduce energy consumption, using techniques such as natural ventilation. The application of thermal comfort concepts in project requires global knowledge about the theme. Therefore, a search was carried out in renowned bibliographies, projects and technical standards for keywords such as comfort, thermal, performance, economy, energy, buildings and energy efficiency. The main point of the work is a mapping of thermal performance and correlation of energy efficiency in residential buildings was carried out with the technical standard ABNT NBR 15575: 2013.

Keywords: Performance. Energy. Economy. Sustainability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia .....	26
Figura 2 – Casa Eficiente.....	27
Figura 3 – ENCE da Casa Eficiente .....	28
Figura 4 – Edificação Unifamiliar (Protótipo de habitação de interesse social) .....	29
Figura 5 – Eficiência Energética - Projeto da Unidade Habitacional Autônoma.....	30
Figura 6 – Edificação unifamiliar da CRESOL.....	30
Figura 7 – ENCE da edificação unifamiliar da CRESOL - Zona rural de Frei Rogério/SC.....	31
Figura 8 – Edificação unifamiliar da CRESOL - zona rural de Chapecó/SC.....	32
Figura 9 – ENCE da edificação unifamiliar da CRESOL .....	32
Figura 10 - Edifício Travertino — Bloco .....	33
Figura 11 – Exemplo de ENCE da UH obtida pelos apartamentos 101 a 1001 e ENCE do Edifício Travertino — Bloco A.....	34
Figura 12 – Residencial SJI.....	34
Figura 13 – (a) Exemplo de ENCE da UH obtida pelo apartamento 101. (b) ENCE da edificação multifamiliar residencial SJI.....	35
Figura 14 – ENCE das áreas de uso comum do Residencial SJI.....	35
Figura 15 – Balanço Térmico .....	36
Figura 16 – Condições naturais de ventilação .....	40
Figura 17 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro .....	44
Figura 18 – Exemplo de parede com suas propriedades térmicas.....	46
Figura 19 – Exemplo de cobertura com suas propriedades térmicas .....	47
Figura 20 – Efeito chaminé .....	52
Figura 21 – Efeito chaminé com diferença de altura entre aberturas .....	52
Figura 22 – Ventilação cruzada.....	53

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo final na carga residencial no Brasil .....	39
Gráfico 2 – Consumo final na carga residencial na região sul .....	39

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Requisitos gerais da edificação .....	57
Quadro 2 – Requisitos gerais da edificação .....	58
Quadro 3 – Requisitos gerais da edificação .....	59
Quadro 4 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais externos.....	60
Quadro 5 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais externos.....	60
Quadro 6 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais externos.....	61
Quadro 7 – Requisitos para os sistemas de ventilação .....	62
Quadro 8 – Requisitos para os sistemas de cobertura .....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Absortância das cores e superfícies.....	42
Tabela 2 - Transmitância térmica de paredes externas.....	45
Tabela 3 - Capacidade térmica de paredes externas.....	45
Tabela 4 - Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica.....	47
Tabela 5 - Transmitância e capacidade para alguns sistemas de coberturas.....	48
Tabela 6 - Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar.....	49
Tabela 7 - Necessidade de ventilação natural nas capitais do Brasil.....	50

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1	JUSTIFICATIVA E PROBLEMA .....	15
1.2	OBJETIVOS .....	16
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivo específico.....</b>	<b>16</b>
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1	ABNT NBR 15575:2013 .....	17
2.2	SUSTENTABILIDADE .....	19
2.3	CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL .....	20
2.4	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	21
<b>2.4.1</b>	<b>Procel.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Procel Edifica.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Programa Brasileiro de Etiquetagem.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Etiquetagem de eficiência energética de edificações .....</b>	<b>25</b>
2.4.4.1	Exemplos de residências etiquetadas.....	27
2.4.4.1.1	<i>Casa Eficiente.....</i>	27
2.4.4.1.2	<i>Protótipo de habitação de interesse social.....</i>	28
2.4.4.1.3	<i>CRESOL - Cooperativa de Crédito Rural com Interação Solidária - zona rural de Frei Rogério/SC.....</i>	30
2.4.4.1.4	<i>CRESOL - Cooperativa de Crédito Rural com Interação Solidária - zona rural de Chapecó/SC .....</i>	31
2.4.4.1.5	<i>Edifício Travertino.....</i>	32
2.4.4.1.6	<i>Residencial SJI.....</i>	34
2.5	CONFORTO TÉRMICO .....	36
<b>2.5.1</b>	<b>A prática do Conforto Térmico na fase de projeto .....</b>	<b>37</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Conforto térmico e eficiência energética em residências .....</b>	<b>38</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Desempenho Térmico nas edificações .....</b>	<b>41</b>
2.5.3.1	Conceitos Importantes .....	41
2.5.3.1.1	<i>Transmitância Térmica.....</i>	41
2.5.3.1.2	<i>Capacidade Térmica.....</i>	42
2.5.3.1.3	<i>Absortância a Radiação Solar.....</i>	42

2.5.3.1.4	<i>Fontes Internas de calor</i> .....	43
2.5.3.1.5	<i>Zona Bioclimática</i> .....	43
2.5.3.1.6	<i>Área Ventilada</i> .....	44
2.5.3.2	Desempenho térmico em vedações verticais.....	44
2.5.3.3	Desempenho térmico em coberturas.....	46
2.5.3.4	Desempenho térmico em janelas.....	48
2.5.3.4.1	<i>Ventilação natural</i> .....	49
2.5.3.4.2	<i>Ventilação no inverno e no verão</i> .....	50
2.5.3.4.3	<i>Mecanismos de ventilação</i> .....	51
2.5.3.4.4	<i>Ventilação natural por diferença de temperatura</i> .....	51
2.5.3.4.5	<i>Ventilação natural por diferença de pressão causada pelo vento</i> .....	52
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	<b>54</b>
3.1	A PESQUISA REALIZADA.....	54
3.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	55
<b>4</b>	<b>MAPEAMENTO DAS RELAÇÕES DA ABNT NBR 15575:2013 COM CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.</b> .....	<b>56</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A referida pesquisa tem o intuito de analisar a relevância do conforto térmico em edificações residenciais, a fim de perceber sua influência na construção civil, bem como fazer-se a percepção a esse quesito e, também, fazer uma breve associação a norma de desempenho para edificações habitacionais até cinco pavimentos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR15575:2013).

Mediante isto, é imprescindível que se tenha conhecimento a respeito das necessidades expostas pelos sujeitos que irão usufruir do conforto térmico que as técnicas de construção civil são capazes de oferecer. Assim, pensando nesses sujeitos e também no impacto ao meio ambiente, acredita-se na necessidade de refletir e discutir como o conforto térmico pode acarretar no benefício das edificações residenciais.

Barbosa (1997) colabora que é relevante entender que, no Brasil, a eficiência térmica de edificações residenciais muitas vezes não é satisfatória, tendo em vista que releva questões que prejudicam a vivência destes sujeitos dentro de suas residências. Reiterando o exposto anteriormente, essa não ponderação a respeito do foco do presente trabalho acaba oferecendo ao futuro usuário das edificações uma construção que apresenta divergências com as condições climáticas presentes na sua região, ou seja, elabora-se um projeto em que não é levado em conta a condição climática do local em que a obra será efetuada. Corroborando com esta ideia, Barbosa (1997, p. 3) disse: “[...] à sensação térmica do usuário que normalmente está baseada em normas internacionais sem a devida confirmação de sua aplicabilidade a usuários”.

É possível notar, que até os dias atuais esse desafio torna-se constante na realidade da construção civil. Nesta perspectiva, percebe-se que esta falta de cuidado ao pensar nas condições climáticas para estabelecer a melhor forma de desenvolver um projeto, implica na diminuição da eficiência energética nas construções de cunho residencial.

Desta maneira, buscou-se evidenciar a relevância de considerar as condições térmicas na hora de elaborar projetos que visem edificações residenciais, visto que eles têm, por consequência, resultados convincentes quando relacionados a eficiência energética e auxiliam na sustentabilidade. Para isto, se pondera também acerca da ABNT NBR 15575:2013, que surge com o intuito de nortear o pensamento a respeito do desempenho das edificações.

## 1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

Desde os primórdios da construção civil, existem normas e exigências que precisam ser cumpridas. Por isto, é importante que os projetos sejam bem elaborados antes da construção ter seu início. Baseado nisso, se ressalta que em muitos casos um projeto possui fragilidades e não abrange alguns aspectos importantes para o âmbito da construção civil.

No Brasil, acredita-se que grande parte das edificações estejam enquadradas neste cenário em que não há uma preocupação evidente para oferecer o conforto térmico em suas construções, tendo em vista que são poucos os projetistas que optam por oferecer edificações residenciais, de modo a terem baixo custo energético, ou seja, demonstram uma preocupação com o conforto térmico para, conseqüentemente, obter uma eficiência energética satisfatória.

O tema conforto térmico é atual, uma vez que as obras que estão ficando prontas recentemente já devem respeitar a norma de desempenho ABNT NBR 15575-1:2013, que prevê “exigências dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos” (ABNT, 2013, p. 3). Deixando evidente, por meio desta, algumas preocupações não tidas anteriormente na construção civil que serão correlacionadas no presente trabalho, como maneira de perceber a necessidade da discussão a respeito do tema em foco.

Mesmo sabendo a relevância do tema, ainda é notório que não existem grandes discussões a respeito do mesmo, bem como encontramos uma realidade adversa aos documentos que regulamentam ou esboçam uma preocupação com o conforto térmico, ocasionando a eficiência energética e sustentabilidade.

A relevância científica desta pesquisa demonstra-se por meio de uma busca realizada no portal, que contém periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), tendo por função publicar pesquisas científicas em esfera nacional e internacional. Ao se pesquisar a respeito de Conforto Térmico em Edificações Residenciais, obteve-se por volta de dezessete trabalhos, porém ao apurar a pesquisa e enfatizar a relação entre Eficiência Energética e Conforto Térmico nas Edificações Residenciais, foram encontrados apenas quatro resultados. Constata-se, assim, a importância da pesquisa acerca desta temática.

Mediante isto, serão evidenciados os conceitos de Conforto térmico e Eficiência Energética, ambas relacionadas às edificações residenciais e correlacionados à ABNT NBR 15575:2013, assim como a relação de sustentabilidade na construção civil. Após contextualizar o tema, passa-se a apresentar o problema de pesquisa e os objetivos.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar a relevância do Conforto Térmico em Edificações Residenciais associados à Eficiência Energética para a ABNT NBR 15575:2013.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Com o intuito de atender ao objetivo geral citado anteriormente, foram estabelecidos como objetivos específicos:

- a) Levantar o conceito de sustentabilidade na construção civil;
- b) Descrever a importância do conforto térmico em edificações residenciais e a eficiência energética;
- c) Apresentar exemplos da aplicabilidade em projetos em que aparecem associados ao conforto térmico e eficiência energética;
- d) Mapear as relações entre a ABNT NBR 15575:2013 e o conforto térmico em edificações residenciais.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será estruturado em capítulos para facilitar a sua compreensão, que serão apresentados da seguinte forma:

O capítulo 1 trará a introdução, justificativa, os objetivos geral e específico e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 apresentará a revisão bibliográfica, com o intuito de abordar conceitos relacionado a conforto térmico, eficiência energética e a norma de desempenho de edificações residenciais, além de uma introdução às técnicas construtivas a serem usadas para melhoramento de conforto térmico.

No capítulo 3 é apresentado a metodologia aplicada para a pesquisa.

O capítulo quatro apresenta o mapeamento das relações da ABNT NBR 15575:2013 com conforto térmico e eficiência energética.

E por fim tem-se o capítulo 5 que traz a conclusão obtida com o desenvolvimento do presente trabalho, seguido pelas devidas referências bibliográficas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Para atingir os objetivos citados anteriormente, descreve-se nas linhas em sequência a revisão de literatura afim de que se possa se inteirar mais sobre o assunto conforto térmico e eficiência energética correlacionado a norma de desempenho em edificações habitacionais.

Começa-se no item 2.1, fazendo uma breve descrição sobre o que é a norma de desempenho (ABNT NBR 15575:2013). Em seguida conceitua-se sustentabilidade e construção sustentável nos itens 2.2 e 2.3. O item 2.4 retrata o que é eficiência energética e se descreve brevemente o Procel Edifica, o Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações e se exemplifica demonstrando alguns residenciais e protótipos etiquetados em Santa Catarina. Por seguinte, no item 2.5, se dá a conceituação de conforto térmico assim como a abordagem da sua aplicação em edificações habitacionais.

### 2.1 ABNT NBR 15575:2013

A ABNT NBR 15575 é uma norma de desempenho que estabelece exigências de habitabilidade, segurança e sustentabilidade. Junto com suas exigências, ela se preocupa com o produto a ser entregue ao consumidor, diante da obrigação do fornecedor de assegurar um produto ou serviço de qualidade e do direito do consumidor de receber esse serviço ou produto com as peculiaridades previstas nas normas técnicas (MATOZINHOS, 2014).

Esta norma foi publicada pela primeira vez no ano de 2008, com o intuito de atender à necessidade dos financiadores de obras populares de investirem recursos em obras que durassem mais que o tempo de financiamento e que atingissem um desempenho mínimo esperado. O que acontecia, é que com o investimento do governo federal em linhas de crédito para financiamento da casa própria, começou uma corrida das empreiteiras para construir imóveis baratos, sem muitas vezes se preocupar com a qualidade do produto final.

Segundo o Sindicato do Comércio Atacadista de Vidros Planos Cristais e Espelhos do Rio de Janeiro, a explicação para a revisão da norma publicada em 2008 é que a primeira norma era mais exigente e pegou o setor produtivo de surpresa, sem condições de atendê-la. Em poucos dias, as queixas se acumularam e, na revisão, foram retiradas as exigências demasiadamente complexas ou que pouco acrescentavam. Segundo o autor, de 2010 até 2013 a norma foi totalmente reformulada, passando então a valer a partir de 19 de fevereiro de 2013 e entrando em vigor em 19 de julho de 2013. (SINCAVIDRO, 2013).

Essa norma instituiu um nível de desempenho mínimo ao longo de uma vida útil para os elementos principais, como estrutura, vedações, instalações elétricas e hidros sanitárias, pisos, fachadas e coberturas, de toda e qualquer edificação habitacional de até 5 pisos. A vida útil das edificações foi uma consciência que nasceu com a entrada em vigor da norma, informando o tempo que funcionará o desempenho do imóvel, desde que utilizado e mantido da maneira correta. Neste contexto, exige-se a entrega de um manual de uso, manutenção e operação aos adquirentes do imóvel, a fim de que a vida útil mínima prevista seja alcançada. (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2017).

Conclui-se, a partir daí, que a NBR15575 também impõe ao consumidor uma obrigação de cumprir os requisitos de cuidados e manutenção para manter a qualidade na estrutura da edificação. Verificando algum vício na estrutura do ambiente, o usuário pode responsabilizar a construtora. Esta por seguinte irá avaliar o possível defeito no projeto, o baixo desempenho de materiais ou se houve falha nos processos de obra. Se a culpa ocorrer por causa dos fornecedores, a construtora poderá responsabilizá-los pelos danos causados (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2017).

A ABNT NBR 15575 é imposta de forma legal, diante da previsão no art. 39, VII, do Código de Defesa do Consumidor, que diz:

Art. 39. É vedado ao fornecedor de produtos e serviços:  
[...]

VIII – colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO. (BRASIL, 1990).

Ou seja, existe uma lei que obriga o cumprimento da norma, dando maior imposição da ABNT NBR 15575. Portanto, ela não é aplicável às obras aprovadas antes de 19 de julho de 2013. Igualmente serve para as obras protocoladas no órgão competente antes da sua entrada em vigor, para as edificações provisórias e para as obras de reforma. (CÂMARA BRASILEIRA DE INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2017).

## 2.2 SUSTENTABILIDADE

Hoje em dia é comum se ouvir falar a respeito da necessidade de se pensar de forma sustentável. Este termo “desenvolvimento sustentável” é utilizado desde meados da década de 1980. Porém, será que todos têm o conhecimento do que vem a ser *sustentabilidade*?

De acordo com o dicionário Aurélio (FERREIRA, 2005, p. 828), o termo Sustentabilidade pode ser entendido como sendo: “Conceito que, relacionando aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais, busca suprir as necessidades do presente sem afetar as gerações futuras.” Para que haja uma compreensão por completo, ressalta-se que este termo advém da palavra sustentável, que se pode entender como: “Qualidade ou propriedade do que é sustentável, do que é necessário à conservação da vida.” (FERREIRA, 2005, p. 828). Ou seja, sustentabilidade pode ser resumida nas ações que visem o bem da sociedade em diferentes aspectos no presente, porém, preservando as gerações que ainda estão por vir.

Corroborando com esta ideia de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, SILVA (2008) expõe que este trata-se de um processo que integra diferentes áreas, sendo elas: econômica, ambiental, social, etc. A mesma tem o objetivo de alcançar a qualidade de vida, individual ou coletiva, sem esquecer da cooperação para com as gerações futuras.

Assim, seguindo-se este pensamento, ao discutir a respeito de sustentabilidade, Barbosa (2007) sintetiza o termo da seguinte maneira:

O termo sustentabilidade é definido como a constituição de igualdade na distribuição do bem-estar associada dos custos de degradação aqueles que a geraram, impedindo ou compensando a perda do bem-estar dos indivíduos direta ou indiretamente afetados, a intertemporal, que visa garantir o acesso aos recursos naturais existentes hoje às gerações futuras. (BARBOSA, 2007, p. 54).

Desta forma, passa-se a compreender o que de fato é o significado do termo sustentabilidade e, por consequência do desenvolvimento sustentável. Somente assim, é possível continuar as discussões a respeito da sustentabilidade compreendida dentro da construção civil, bem como, perceber a necessidade da construção sustentável.

### 2.3 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

É evidente que a discussão acerca da sustentabilidade é algo crescente e que, por consequência, acaba por influenciar cada vez mais as diferentes áreas de atuação profissional. Ou seja, devido ao aumento deste “olhar sustentável”, muitos ramos profissionais passaram a “dar importância” a este tema. Deste modo, a Engenharia Civil, entendendo sua relevância neste processo, também passa a favorecer o cuidado com o desenvolvimento sustentável. Em virtude da crescente ascensão da temática do desenvolvimento sustentável, acabou-se por criar o termo “construção sustentável”. Porém, por ser considerado um assunto inovador dentro da construção civil, ainda acaba sendo pouco conhecido por grande parte do público envolvido.

Conforme ensina Oliveira (2002), o homem passou a se importar mais com o modo que se leva a vida após a evolução da indústria que gerou o aumento dos padrões de consumo. Com isso, verificou-se também os efeitos econômicos que esse aumento de consumo tem gerado no padrão de vida da sociedade. Desde a Segunda Guerra Mundial, especialmente, que essa consciência ecológica começou a crescer. O conceito de desenvolvimento sustentável, muito debatido na década de 1990, também aborda a preocupação com os bens e serviços essenciais à sobrevivência da sociedade que serão oferecidos no futuro. Diante disso, preocupados com o impacto do processo de crescimento na qualidade de vida, os estados começaram a reagir se reunindo para discutir o tema. Como exemplo disto, ocorreu a Conferência ECO-92, realizada no Rio de Janeiro, onde o conceito de desenvolvimento sustentável foi consolidado num documento chamado Agenda 21. A Agenda 21 determina os princípios gerais de sustentabilidade e recomenda aos países o desenvolvimento de indicadores para desenvolvimento sustentável. (PETROBRAS, 2014)

Em função destes encontros, se delinearão algumas preocupações e objetivos ao se pensar de forma sustentável dentro da engenharia civil, já que esta é uma das atividades humanas que perpassa os séculos trabalhando em prol de toda uma população, sendo ela, presente ou futura. Deste modo, primeiramente, se faz necessário entender o conceito deste termo tão amplamente discutido dentro da construção civil. De tal modo, de acordo com Pereira (2009, p.12), compreende-se o termo Construção Sustentável o seguinte conceito:

“A construção sustentável refere-se à aplicação da sustentabilidade nas atividades construtivas, a qual descreve as responsabilidades da indústria na construção que respeita o conceito e os objetivos de sustentabilidade.”.

Segundo Pinheiro (2003), o termo construção sustentável vem, então, da aplicação da sustentabilidade na construção civil, definido como a criação de responsabilidade na gestão do ambiente construído, baseado nos princípios ecológicos e no uso eficiente de recursos.

Assim, o conceito moderno de Construção sustentável é um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, de forma a atender as necessidades de edificação, habitação e uso do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras.

## 2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Dando continuidade ao que engloba o tema sustentabilidade, fala-se agora em eficiência energética, que é um método utilizado com o objetivo de mudar o atual caminho de energia e clima. Desse modo, unindo a energia eficiente com as tecnologias de baixo teor de carbono, ter-se-á um desempenho essencial para essa mudança acontecer, bem como para a revolução energética.

Esclarecido, portanto, o mecanismo para se alcançar uma mudança no âmbito da energia e do clima, importa agora definir o que é a eficiência energética. Inicialmente, de forma explícita e resumida, pode-se afirmar que é toda atividade ou serviço exercido com o menor consumo possível de energia, melhorando, dessa forma, o uso das fontes de energia. Para Duarte (2017) essa eficiência que se almeja da energia, consiste na relação entre a quantidade de energia empregada e aquela disponibilizada para sua realização.

Com isso, dentre as diversas definições de eficiência energética, destaca-se o conceito de Limerick e Geller (2007, p. 06): “Montante de energia necessária para executar uma tarefa particular através de investimentos eficazes”. Gouveia (2008), por sua vez, traz que para se obter esses investimentos eficazes no consumo de energia, a eficiência energética cria artifícios capazes de combater o desperdício de energia em todo seu processo de transformação, isto é, desde que ela é extraída até o momento em que é utilizada por seus consumidores finais.

O setor da construção civil, como medida de encontrar o equilíbrio entre uma boa qualidade de vida e a preservação da natureza, cria o paradigma da construção sustentável, visando reduzir e otimizar o consumo de materiais e energia, gerar menos resíduos, preservar o ambiente natural e garantir uma melhoria na qualidade do ambiente construído. (NASCIMENTO, 2017). Por isso, a existência da eficiência energética, mostra-se primordial para se atingir o desenvolvimento sustentável. O consumo de energia elétrica, nesse setor,

precisa atender as necessidades de comodidade dos usuários, como exemplo da luminosidade e o conforto térmico.

Diante disso, foram incorporados no Brasil diversos mecanismos para incentivar a conservação de energia, através da cooperação existente entre o Ministério de Minas e Energia, Eletrobrás, Petrobrás, Aneel e Inmetro (SOUZA et al., 2009). Dentre os programas instituídos, destacam-se no presente trabalho, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), os quais serão abordados e analisados separadamente nos tópicos seguintes.

Importante também mencionar, a chamada CasaE (Casa de Ecoeficiência), trazida para o Brasil com o propósito de conciliar a qualidade nas edificações residenciais, comerciais e públicas, com a diminuição do consumo de energia antes e pós obra. Vale dizer, que a CasaE atua como um catálogo vivo da empresa multinacional BASF, trazendo soluções inovadoras e sustentáveis de maneira integrada ao mercado da construção civil.

Outra forma que se verifica a preocupação do Brasil com o consumo de energia na esfera da construção civil, de modo a ampliar o tema eficiência energética, está no âmbito legislativo. De início, como base introdutória, relevante transcrever os arts. 170, caput e inciso VI, e 225, caput, da Constituição Federal de 1988, que envolvem o tema sustentabilidade, senão vejamos:

**Art. 170.** A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios:

[...]

**VI** - defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação; (BRASIL, 1988).

**Art. 225.** Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988).

Partindo desta premissa, de que todos têm direito a um ambiente ecologicamente equilibrado, que a Lei de eficiência energética nº 10.295/2001 – Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências – (BRASIL, 2001), foi criada visando a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente, segundo seu art. 1º.

Tem-se ainda, o Decreto nº 4.059/2001 (BRASIL, 2001), que regulamentou a Lei supramencionada, com o objetivo de definir “os níveis máximos de consumo de energia e

mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas”. Para tanto, instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), sendo que as funções que competem ao CGIEE estão discriminadas no referido decreto, especificamente em seu art. 3º.

#### **2.4.1 Procel**

No Brasil, o mercado de eficiência energética, historicamente, foi sempre relacionado ao contexto do país, e não a uma política governamental ou a uma medida estratégica.

Haddad (2001, p. 1) disse em entrevista à Folha de São Paulo:

A eficiência energética não pode estar vinculada apenas a questões conjunturais, mas deve ser uma finalidade e prática da política energética nacional, por meio de ações que visem, por exemplo, agregar valor e desenvolver tecnologia, preservar o meio ambiente e introduzir, no mercado nacional, produtos de maior eficiência energética.

Antes da criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), as ações desenvolvidas de eficiência energética no Brasil eram programas passageiros, cujas ações eram pontuais e com objetivos exclusivamente voltados à resolução de problemas específicos da época. (LEPETITGALAND et al., 2007).

Lepetitgaland et al. (2007), colaboram que devido a continuidade da crise do Petróleo mundial, percebeu-se a necessidade no país de se elaborar uma política de conservação de energia. Foi assim criado, em dezembro de 1985, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica como primeira iniciativa estruturada para a promoção do uso eficiente da energia elétrica. Sendo coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e operacionalizado pela Eletrobrás, o Procel foi transformado em Programa de Governo em 1991, mediante Decreto. (SOUZA et al., 2009).

O principal desígnio do PROCEL era “[...] maximizar seus resultados e promover um amplo espectro de novas iniciativas, avaliadas à luz de um rigoroso teste de oportunidade, prioridade e economicidade”. (MARTINS et al., 1999, p.48).

Para Eletrobras (2017) as ações do Procel contribuem para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia e, além disso, evitam investimentos desnecessários no setor de energia, diminuindo os impactos ambientais.

Segundo a Eletrobrás (2017), o Procel contribuiu para uma economia de 11,7 bilhões de quilowatts-hora em 2015, o equivalente a 2,5% de todo o consumo nacional de energia elétrica naquele ano. Esse resultado representa o consumo anual de energia elétrica de aproximadamente 6,02 milhões de residências brasileiras. Os reflexos na preservação do meio ambiente também foram significativos, visto que a emissão de gases de efeito estufa evitadas pela economia proporcionada em 2015, alcançaram 1,453 milhão de toneladas de dióxido de carbono.

#### **2.4.2 Procel Edifica**

Conforme já mencionado anteriormente, ao regulamentar a Lei de Eficiência Energética n.º. 10.295/2001 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, criou-se um Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE). Para as edificações, criou-se o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País, a fim de regulamentar e elaborar os procedimentos ideais para avaliar a eficiência energética das edificações construídas no Brasil, resultando, assim, no uso racional da energia elétrica. A Eletrobrás em 2003 criou, então, o Procel Edifica. (ELETROBRAS, 2017)

O Procel Edifica veio para ampliar e organizar as ações que o Procel já promovia, tendo como objetivo incentivar a conservação e o uso eficiente da água, luz e ventilação nas edificações, reduzindo, por conseguinte, os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente. As premissas básicas do Procel Edifica são: Capacitação, Tecnologia, Disseminação, Regulamentação, Habitação e Eficiência Energética e Planejamento. (ELETROBRAS, 2017)

No caso da construção civil, as edificações de modo geral possuem um consumo de energia elétrica de 45% do total faturado no Brasil. Com as novas edificações, se pressupõe uma capacidade de redução deste consumo de 50%. Nas edificações já existentes que envolvam reformas baseadas em eficiência energética, o percentual que cai para 30% do consumo faturado, ainda se mostra expressivo a economia do consumo de energia elétrica. (ELETROBRAS, 2017).

#### **2.4.3 Programa Brasileiro de Etiquetagem**

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é um programa coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) e fornece informações

sobre o desempenho dos produtos no quesito eficiência energética, ruído, entre outros. O objetivo do programa é que os consumidores possam tomar decisões mais conscientes na compra do produto, assim como estimular a indústria a desenvolver tecnologias mais sustentáveis. (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2017)

De acordo com o site do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2017), o PBE opera-se conforme se transcreve a seguir:

Os produtos são ensaiados em laboratórios e recebem etiquetas com faixas coloridas que os diferenciam. No caso da eficiência energética, a classificação vai da mais eficiente (A) à menos eficiente (de C até G, dependendo do produto), onde se entende que os mais eficientes utilizam melhor a energia, têm menor impacto ambiental e custam menos para funcionar, pesando menos no bolso.

De posse dessa informação no momento da compra, os consumidores podem escolher os produtos mais econômicos e, conseqüentemente, favorecer a fabricação dos mais eficientes. (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2017).

#### **2.4.4 Etiquetagem de eficiência energética de edificações**

No começo, o PBE foi restrito à área automotiva e atuou principalmente na área de produtos consumidores de energia elétrica (ELETROBRAS, 2013). Atualmente, também estão incluídos no Programa Brasileiro de Etiquetagem os edifícios comerciais, de serviços públicos e as edificações residenciais, sendo que o processo de etiquetagem destes é diferente dos edifícios comerciais e de serviços públicos. Cabe ressaltar, que as etiquetas só podem ser emitidas por Organismo e Inspeção Acreditado pelo Inmetro, para Eficiência Energética em Edificações. (PROCEL INFO, 2017).

No caso de etiquetagem em edifícios, a etiqueta é fornecida primeiro na fase do projeto e depois no edifício construído. Naqueles em fase de projeto, a avaliação pode ocorrer pelo método prescritivo ou pelo método da simulação, enquanto que no edifício construído, a avaliação ocorre por meio de vistoria no próprio local (PROCEL INFO, 2017). De acordo com o Inmetro (2013, p. 14), em sua Portaria nº 372/2010.

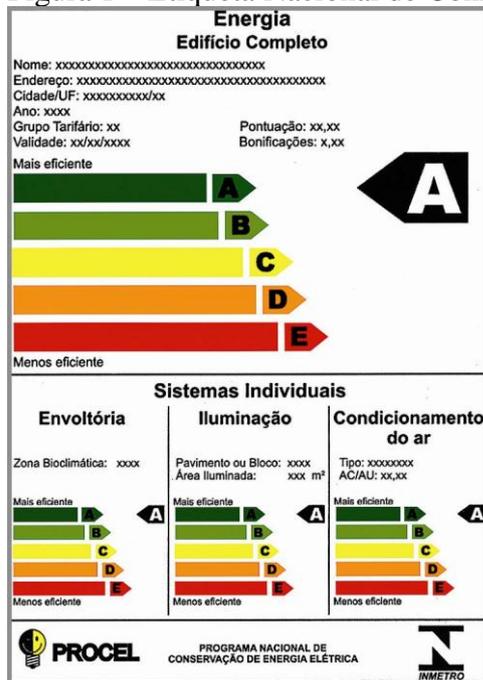
O método prescritivo é baseado na análise de simulações de um número limitado de casos através de regressão. Em edificações onde o percentual de área

de abertura na fachada total é elevado, os vidros possuem alto desempenho e/ou os elementos de sombreamento são diferenciados por orientação, recomenda-se utilizar o método de simulação computacional ou ferramentas de simulação simplificadas.

Assim sendo, percebe-se que o método prescritivo possui diversas limitações, tornando o método da simulação o mais indicado. O método da simulação, apesar de predefinir parâmetros de modelagem e simulação, é mais flexível na concepção de edifício do que o método prescritivo, que possui diversos parâmetros predefinidos que determinam a eficiência do sistema (CARLO; LAMBERTS, 2010).

A figura 1 a seguir refere-se ao modo como se obtém a qualificação do uso eficiente de energia em edificações residenciais. Em geral, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) serve para informar a eficiência energética dos produtos consumidos de energia comercializados no país. (ELETROBRAS, 2013). A ENCE categoriza “A” como mais eficiente e “E” como menos eficiente, independentemente do método adotado (simulação ou prescritivo), conforme se observa abaixo:

Figura 1 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia



Fonte: Fossati e Lamberts (2011)

#### 2.4.4.1 Exemplos de residências etiquetadas

##### 2.4.4.1.1 Casa Eficiente

A Casa Eficiente (Figura 2) é uma residência que foi projetada para se tornar uma vitrine de tecnologias de ponta de eficiência energética e conforto ambiental para edificações residenciais. Possui dois dormitórios, sala integrada com a cozinha, banheiro, área de serviço e mezanino. A ideia foi ela ser sede de um laboratório de monitoramento ambiental e eficiência energética da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Eletrobras. (ELETROSUL, 2017).

Figura 2 – Casa Eficiente



Fonte: Fossati e Lamberts (2011)

Segundo a Eletrosul (2017), a casa tem 206,5m<sup>2</sup> e foi construída próximo à sede da Eletrosul em Florianópolis. Por se localizar em região subtropical, tem as quatro estações do ano bem definidas, compreendendo uma grande variação de climas e insolação.

Ela possui muitas árvores plantadas em volta da casa, que são uma barreira natural contra o vento e servem como sombreamento no verão, amenizando o frio no inverno. A posição da casa faz bom aproveitamento do sol durante todo o ano, fazendo com que entre radiação e luz no inverno, evitando radiação direta no verão. Durante o inverno, a água aquecida por painéis de aquecimento transita pelos rodapés da casa, aquecendo, assim, os ambientes. Um sistema de sensores faz a interrupção da água aquecida quando a temperatura dos quartos chega ao ideal. O uso simples de um fogão a lenha no inverno também contribui para o aquecimento da casa. As janelas são posicionadas de forma a aproveitar os ventos dominantes, norte e sul, e possuem vidros duplos que amenizam as transições de calor e a transmissão de ruídos. A casa também conta com insuflamento de ar externo durante o período noturno para resfriamento dos

quartos. As paredes da casa eficiente são duplas e com lã de rocha no meio, favorecendo o isolamento térmico. O telhado da casa também é equipado com lã de rocha e isolamento reflexivo para favorecer o conforto térmico. (ELETROSUL, 2017).

A casa eficiente foi classificada com nível “A” (mais eficiente) e obteve como pontuação total 5,40 pontos, sendo destes 0,76 pontos obtidos com bonificações de ventilação e iluminação natural, uso racional de água e uso de iluminação artificial e refrigerador eficientes conforme a Figura 3. (FOSSATI; LAMBERTS, 2011)

Figura 3 – ENCE da Casa Eficiente



Fonte: Fossati e Lamberts (2011)

#### 2.4.4.1.2 Protótipo de habitação de interesse social

Construída em Florianópolis/SC e realizado pelo Grupo de Valores do Núcleo de Pesquisa em Construção da UFSC, a edificação de habitação de interesse social apresentada na Figura 4, possui um dormitório, sala integrada com a cozinha, banheiro e mezanino. (FOSSATI; LAMBERTS, 2011)

A edificação foi construída com materiais alternativos através da adição de resíduos. A paredes foram levantadas com blocos modulares advindos das cinzas da Termoelétrica Jorge Lacerda. Também foi usado entulho da construção e demolição processado e o concreto produzido pela adição de cinzas e casca de arroz. (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2003).

Para Cavalcante e Szücs (2004), trabalhar com materiais alternativos em um sistema de pré-moldados para a habitação popular, o que pode reduzir custos e agilizar a construção de moradias. A pré-fabricação pode auxiliar a evitar excessos e a buscar maior controle de qualidade da habitação.

O modelo apresenta ainda, aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis, como exemplo da lavagem de calçadas, carro, regagem de jardim, entre outros; aquecimento da água por meio solar; e baixo consumo de energia devido às instalações elétricas otimizadas. (FOSSATI; LAMBERTS, 2011).

Figura 4 – Edificação Unifamiliar (Protótipo de habitação de interesse social)



Fonte: Fossati e Lamberts (2011).

Como classificação, esta edificação recebeu o nível “A” (mais eficiente) e um total de pontos de 4,92, sendo: 0,20 de iluminação natural; 0,20 de uso racional da água; e 0,10 de iluminação artificial, totalizando 0,50 pontos de bonificações de acordo com a Figura 5 que mostra a ENCE do protótipo de habitação de interesse social assim como as eficiências individuais nas envoltórias de verão, inverno e aquecimento da água. (FOSSATI; LAMBERTS, 2011).

Figura 5 – Eficiência Energética - Projeto da Unidade Habitacional Autônoma



Fonte: Fossati e Lamberts (2011)

#### 2.4.4.1.3 CRESOL - Cooperativa de Crédito Rural com Interação Solidária - zona rural de Frei Rogério/SC

Este projeto de edificação unifamiliar da CRESOL, projetado pela ATO Gerenciamento e Projetos (Figura 6), foi implementado na zona rural de Frei Rogério/SC, possuindo três dormitórios, sala integrada com a cozinha, banheiro e área de serviço. Aqui, também se encontra aquecimento da água por meio solar. (FOSSATI; LAMBERTS, 2011).

Figura 6 – Edificação unifamiliar da CRESOL

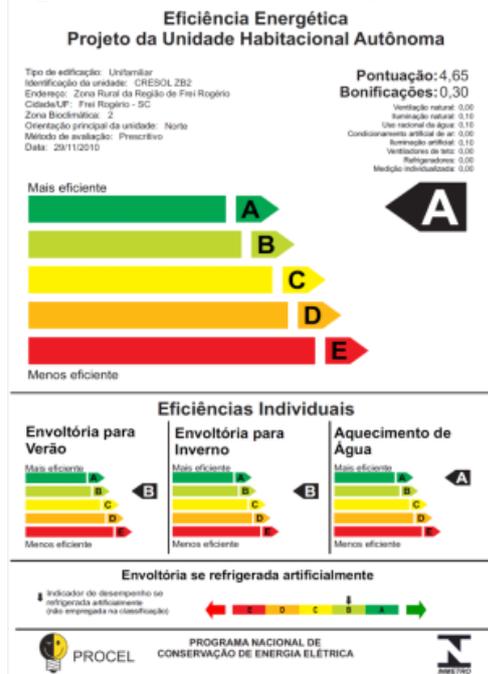


Fonte: Fossati e Lamberts (2011)

O projeto recebeu 4,60 pontos e classificação de nível “A” (mais eficiente). Suas bonificações compreendem a 0,30 do total pontuado pela iluminação natural (0,10). Iluminação

artificial (0,10) e uso racional da água (0,10), segundo a Figura 7. Ainda na referida figura, encontra-se as eficiências individuais nas envoltórias de verão, inverno e aquecimento da água. (FOSSATI; LAMBERTS, 2011).

Figura 7 – ENCE da edificação unifamiliar da CRESOL - Zona rural de Frei Rogério/SC

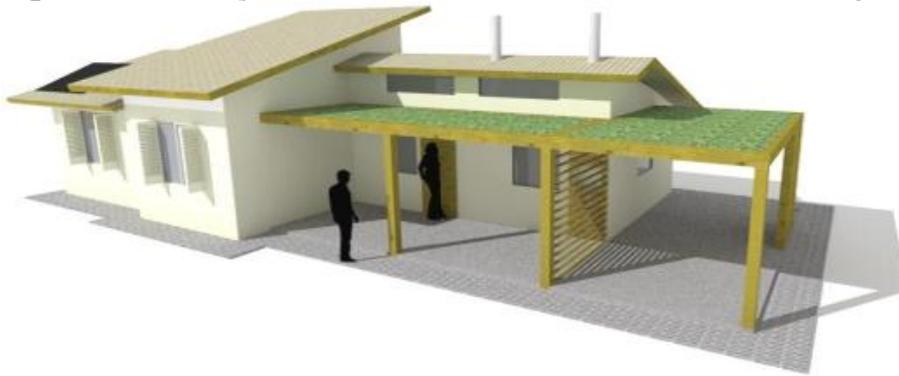


Fonte: Fossati e Lamberts (2011)

#### 2.4.4.1.4 CRESOL - Cooperativa de Crédito Rural com Interação Solidária - zona rural de Chapecó/SC

O projeto apresentado na Figura 8, também foi criado pela ATO Gerenciamento e Projetos, para a CRESOL, possuindo, de forma análoga ao do projeto idealizado em Frei Rogério/SC, três dormitórios, sala integrada com a cozinha, banheiro e área de serviço, inclusive com aquecimento da água pelo meio solar. A diferença, evidentemente, está na zona rural escolhida que, aqui, se localiza em Chapecó/SC. (FOSSATI; LAMBERTS, 2011).

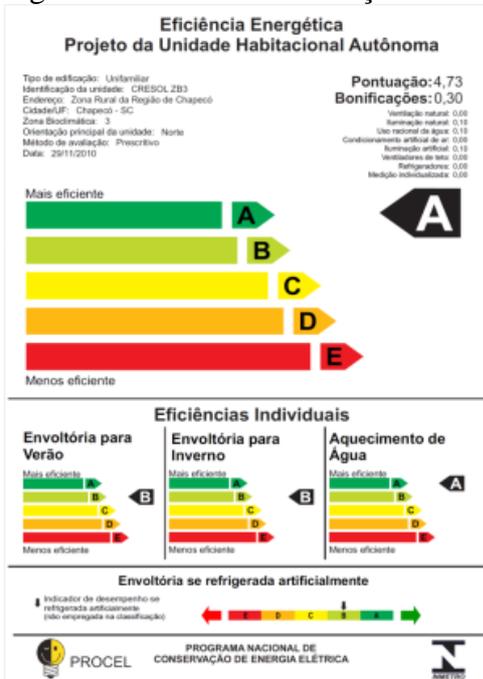
Figura 8 – Edificação unifamiliar da CRESOL - zona rural de Chapecó/SC



Fonte: Fossati e Lamberts (2011)

Diferente da zona rural de Frei Rogério, este projeto ganhou 4,73 pontos, também com classificação de nível “A” (mais eficiente). As bonificações, por sua vez, se equiparam aquelas dada na zona rural de Frei Rogério (0,10 de iluminação natural; 0,10 de iluminação artificial e 0,10 de uso racional da água), consoante ilustrado abaixo, já com os envoltórios de verão, inverno e aquecimento de água. (FOSSATI; LAMBERTS, 2011).

Figura 9 – ENCE da edificação unifamiliar da CRESOL



Fonte: Fossati e Lamberts (2011)

#### 2.4.4.1.5 Edifício Travertino

O Edifício Travertino ilustrado na Figura 10, trata-se do bloco A deste edifício e está localizado na Cidade Pedra Branca, em Palhoça/SC. De alto padrão, o empreendimento

conta com 11 andares, sendo 4 apartamentos por andar e uma cobertura, totalizando 45 unidades habitacionais. (FOSSATI; LAMBERTS, 2011).

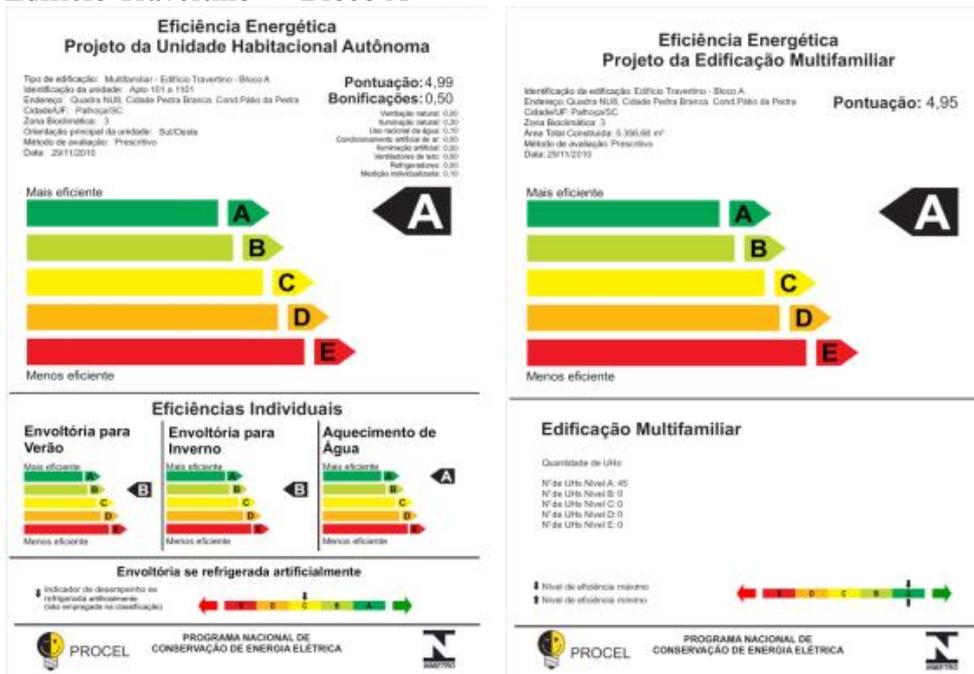
Figura 10 - Edifício Travertino — Bloco



Fonte: Fossati e Lamberts (2011)

Os 45 apartamentos do bloco A receberam uma ENCE de nível “A” (mais eficiente), com 4,99 de pontuação, sendo 0,30 pela iluminação natural; 0,10 de uso racional da água e 0,10 de medição individualizada, totalizando 0,50 dos pontos recebidos de bonificação, conforme se observa a seguir. O edifício também recebeu uma ENCE de nível “A” da edificação multifamiliar, com pontuação de 4,95. (FOSSATI; LAMBERTS, 2011).

Figura 11 – Exemplo de ENCE da UH obtida pelos apartamentos 101 a 1001 e ENCE do Edifício Travertino — Bloco A



Fonte: Fossati e Lamberts. (2011).

#### 2.4.4.1.6 Residencial SJI

O Residencial SJI (Figura 12) foi desenvolvido para população de baixa renda. Está localizado em São José/SC, possuindo dois andares e dois apartamentos por andar, perfazendo o total de quatro unidades habitacionais. (FOSSATI; LAMBERTS, 2011).

Figura 12 – Residencial SJI

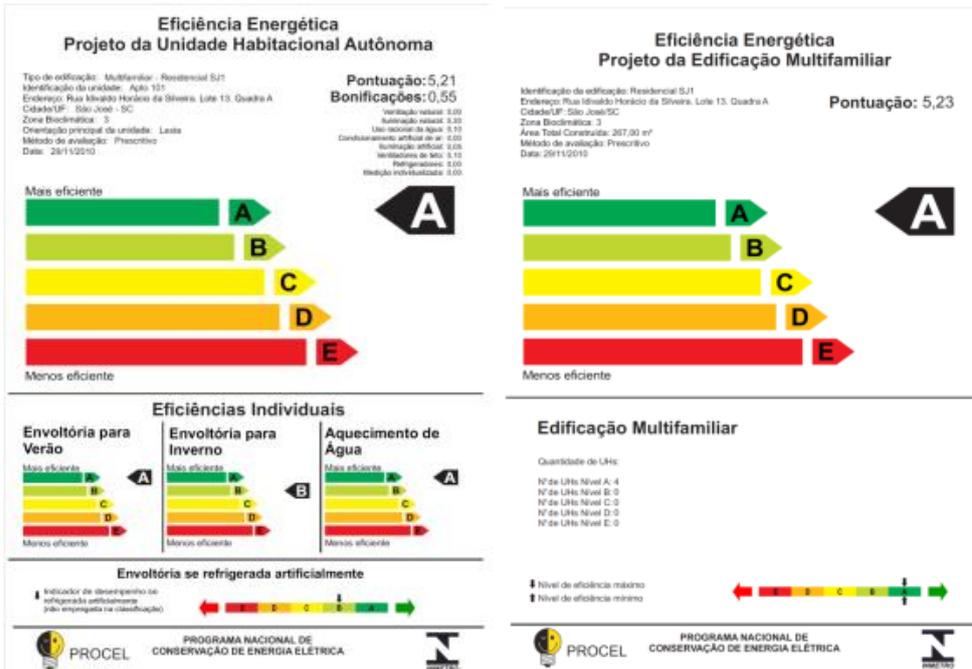


Fonte: Fossati e Lamberts. (2011).

A ENCE dos quatro apartamentos foi de nível “A” (mais eficiente), recebendo também uma ENCE de mesmo nível das áreas de uso comum e outra da edificação

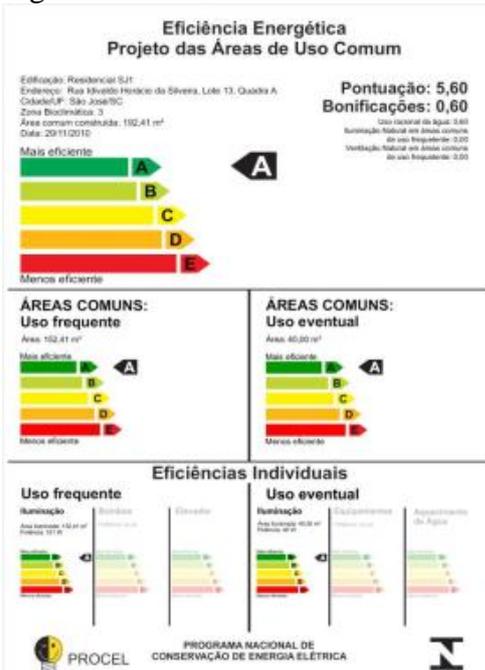
multifamiliar. A pontuação dos quatros apartamentos foi de 5,21, sendo 0,55 de bonificações (0,30 de iluminação natural; 0,10 de uso racional da água; 0,05 de iluminação artificial e 0,10 de ventiladores de teto) conforme mostra a Figura 13.. A edificação multifamiliar recebeu 5,23 pontos. Por fim, ENCE das áreas de uso comum obteve 5,60 pontos, sendo 0,60 de bonificações de uso racional da água conforme a Figura 14.

Figura 13 – (a) Exemplo de ENCE da UH obtida pelo apartamento 101. (b) ENCE da edificação multifamiliar residencial SJI.



Fonte: Fossati e Lamberts. (2011).

Figura 14 – ENCE das áreas de uso comum do Residencial SJI



Fonte: Fossati e Lamberts. (2011)

## 2.5 CONFORTO TÉRMICO

Quando se aborda a sustentabilidade ligada à construção civil, se fala em economia de energia, e, por conseguinte, em desempenho térmico da edificação, que resulta no conforto térmico. As edificações e a forma com que são construídas, devem atender as necessidades e conforto ao seu usuário.

O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido a fadiga ou estresse. Segundo ASHRAE (1992, p. 12), conforto térmico é: “Um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”.

Já Lamberts et al. (2016), dizem que “o conceito de conforto térmico se refere ao estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda”. O autor complementa também, que a insatisfação térmica pode ser causada pela sensação de desconforto devido ao excesso de calor ou de frio, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente, como demonstra a Figura 15 a seguir.

Figura 15 – Balanço Térmico



Fonte: Innova (2016)

Entretanto, ainda segundo Lamberts et al. (2016), o conforto térmico, tomado como uma sensação humana, é subjetivo, pois varia conforme uma série de fatores físicos, psicológicos e fisiológicos. Os autores Frota e Schiffer (2000) complementam que para avaliar condições de conforto térmico, o indivíduo deve estar vestido apropriadamente, sem problemas de saúde e em condições ambientais capazes de proporcionar sensação de conforto térmico. Por exemplo, um indivíduo acostumado com um clima úmido, se for exposto a um teste em outra região muito seca, certamente estranhará.

Segundo Lamberts et al. (2016), os fatores físicos determinam as trocas de calor do corpo com o meio; já os fatores fisiológicos fazem referência às alterações na resposta

fisiológica do organismo, resultantes da exposição contínua a determinada condição térmica; e finalmente os fatores psicológicos, que são aqueles que se relacionam às diferenças na percepção e na resposta a estímulos sensoriais, frutos da experiência passada e da expectativa do indivíduo.

A arquitetura, como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas. Por outro lado, a intervenção humana, expressa no ato de construir seus espaços internos e externos, altera as condições climáticas locais, das quais, por sua vez, também depende da resposta térmica da edificação. (FROTA; SCHIFFER, 2000).

As principais variáveis climáticas de conforto térmico são: temperatura; umidade; velocidade do ar e radiação solar incidente. Guardam estreitas relações com regime de chuvas, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas, topografia, entre outras características locais que podem ser alteradas pela presença humana.

### **2.5.1 A prática do Conforto Térmico na fase de projeto**

Na concepção de Ribeiro (2008), a organização do conceito de projeto arquitetônico, a fim de tomar decisões que atendam às necessidades do projeto, estão sob a responsabilidade dos profissionais envolvidos com o projeto da construção civil.

Cabe, então, aos arquitetos e engenheiros somarem conhecimento e trabalharem de forma a que os projetos sejam bem planejados de forma a evitar o uso de condicionamento de ar artificial. Nesse sentido:

Com base nas premissas da arquitetura em direção à sustentabilidade, uma das principais tarefas para a equipe de projeto é demonstrar que, em um processo de projeto integrado com as demais áreas envolvidas, o uso intermitente do condicionamento ambiental artificial não é a melhor, ou a única, solução para a adaptação das condições ambientais internas aos desafios do clima urbano. (GONÇALVES; DUARTE, 2006, p. 6).

De acordo com Ribeiro (2008), o procedimento em que o projeto arquitetônico é feito não é de forma linear. Sua evolução se diferencia de um projetista a outro. Já o autor Lang (1974), acredita que há um acordo entre os teóricos de que a criação é parte importante do processo e de que o projeto não é uma sequência linear de atividades definidas, uma vez que o projetista não possui a intuitivamente e amplo conhecimento da natureza do objeto de projeto, sendo que seu processo de pensamento não pode ser considerado totalmente racional. Ribeiro

(2008), concorda que o procedimento em que o projeto arquitetônico é feito não é de forma linear e que sua evolução se diferencia de um projetista a outro.

É muito comum que a pessoa que está elaborando o projeto arquitetônico, não tenha conhecimento amplo de todos os condicionantes da arquitetura. Ribeiro (2008), afirma que é comum aos projetistas estabelecer condicionantes básicos na elaboração do projeto. A preocupação como o conforto térmico, deve fazer parte destas condicionantes.

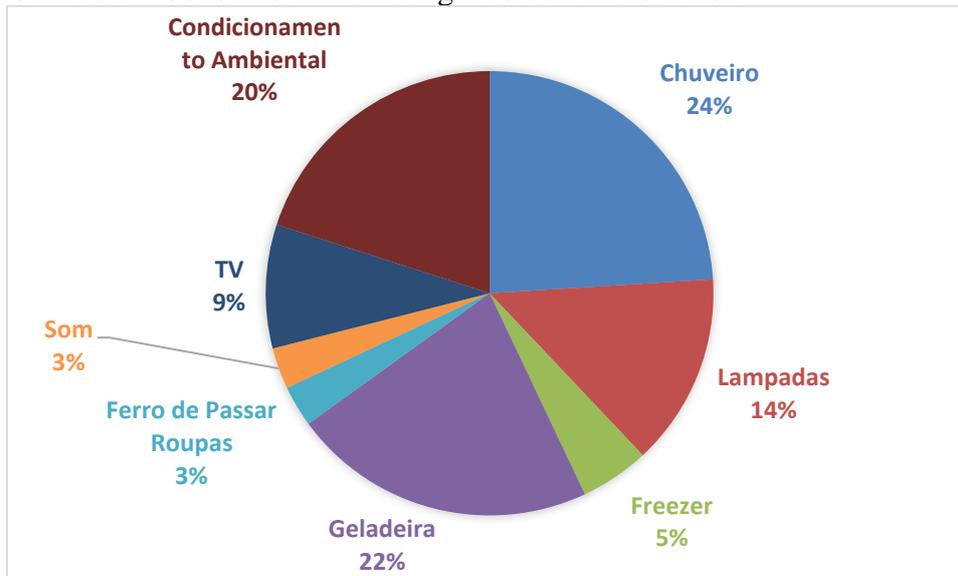
Uma grande dificuldade na hora de se aplicar as técnicas de conforto térmico em fase de projeto, é que boa parte dos profissionais projetistas, inclusive os arquitetos, não têm conhecimento sobre o assunto. Os autores Morishita e Schmid (2007) realizaram um estudo, o qual aplicaram um questionário para terem ideia do conhecimento dos profissionais a respeito de conforto térmico. A aplicação do questionário se deu com arquitetos do Paraná, enviado via e-mail para 2290 arquitetos, sendo obtidas 324 respostas. Ribeiro (2008) com base nesse estudo de Morishita e Schmid (2007), afirma que esse estudo confirma a hipótese de que os arquitetos projetistas fazem mau uso das condições naturais de ventilação, por falta de conhecimento sobre o assunto.

Morishita e Schmid (2007), ainda afirmam que muitos arquitetos consideram importante a preocupação com o conforto térmico, mas a maioria não possui conhecimento razoável sobre as reais necessidades de ventilação de um ambiente. Segundo o estudo, muitos projetistas, quando preocupados com conforto térmico, buscam auxílio dos fornecedores, que pouco sabem do produto que vendem.

### **2.5.2 Conforto térmico e eficiência energética em residências**

Os sistemas de condicionamento de ar artificiais são responsáveis por boa parcela do consumo final de energia elétrica do brasileiro. Até o presente momento da elaboração deste trabalho, o dado mais recente para uso de eletrodomésticos é o da Pesquisa de Posse de Uso de Equipamentos e Hábitos de Uso que tem como ano base 2005, elaborado pela Eletrobrás (2005). Verifica-se na pesquisa como é a participação dos eletrodomésticos no consumo residencial do país. As geladeiras e freezers representam 27% desse consumo. Quando a pesquisa faz referência ao condicionamento ambiental faz referência principalmente ao uso de aparelhos de ar condicionado é tem uma parcela de 20% no consumo de energia das residências. Mais informações sobre o consumo final na carga residência se pode conferir no Gráfico 1.

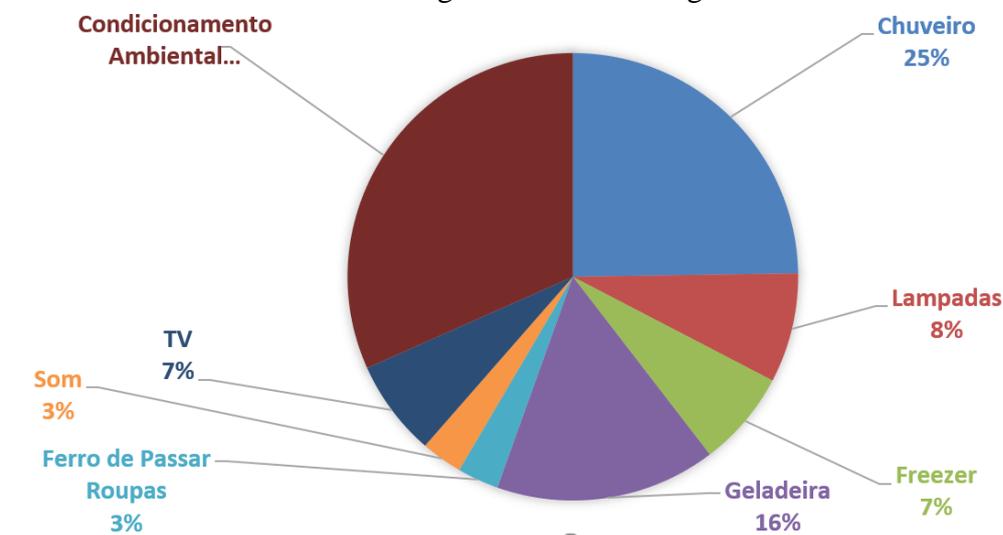
Gráfico 1 – Consumo final na carga residencial no Brasil



Fonte: Eletrobrás (2005)

Quando se analisa a pesquisa na região sul verifica-se que a porcentagem de energia gasta com sistemas de condicionamento de ar sobe para 32% conforme Gráfico 2.

Gráfico 2 – Consumo final na carga residencial na região sul



Fonte: Eletrobrás (2005)

Segundo dados da Eletrobrás (2005), os sistemas de ar condicionado na região norte chegam a consumir 40% do consumo final de uma residência. Portanto, é necessário, a fim de se economizar energia elétrica, uma integração de técnicas construtivas, tirando proveito dos sistemas naturais e artificiais de circulação de ar para se obter o conforto térmico ideal, dispensando ou diminuindo o condicionamento de ar artificial.

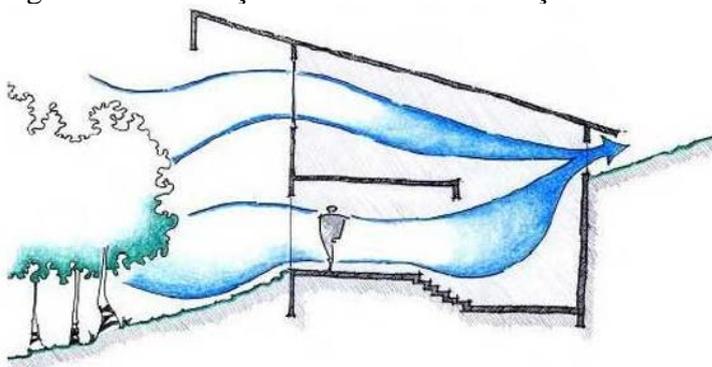
Com o propósito de se economizar energia elétrica, deve-se, então, projetar as residências de forma a reduzir o uso de ar-condicionado. Papst et al. (2005) alerta que, em certas condições climáticas, o uso de ar condicionado é a intervenção mais adequada a ser feita como garantia do conforto térmico ideal. Neste caso, é necessário garantir a correta estanqueidade do ambiente, para que não se troque ar com o ambiente externo e também para motivar o investimento em aparelhos condicionadores de ar mais eficientes.

Já no início do planejamento de uma obra e da elaboração do projeto arquitetônico, deve ser levado em conta o conforto térmico, pois ele depende, além das condições do usuário que está analisando, de diversas variáveis externas. Podemos citar como exemplo a posição que o sol nasce, a incidência direta do sol, a incidência do vento, maritimidade, arborização, umidade do ar, entre outros. (LAMBERTS et al., 2016).

Diversos fatores imutáveis influenciam no desempenho térmico da edificação. Para isso, é importante se atentar às técnicas construtivas que favorecem em cada caso. Conforme ressalta Papst et al. (2005), o ideal é que se projete as construções de modo a economizar energia, a fim de evitar o uso de condicionadores de ar no verão e aquecedores de ar no inverno, através da utilização de técnicas construtivas adequadas para a garantir o conforto do usuário com baixo dispêndio de energia.

Tem-se que nas construções residenciais, o conforto térmico associado a eficiência energética tem sua maior influência na utilização das condições naturais de condicionamento de ar (Figura 16), o que difere das edificações comerciais, por exemplo. Para Papst et al. (2005), em edificações comerciais, se tem uma maior densidade de pessoas, equipamentos e lâmpadas que emitem calor e que levam a uma elevação da temperatura interna da edificação. Muitas vezes, as condições naturais de ventilação não são capazes de gerar conforto térmico para o usuário, mesmo em locais que a temperatura externa da edificação favoreça.

Figura 16 – Condições naturais de ventilação



Fonte: Fórum da construção (2017)

Entretanto, nas edificações residenciais, as simples técnicas construtivas aplicadas no desenvolvimento do projeto arquitetônico, podem fazer uma diferença significativa do ponto de vista do conforto térmico. Deve-se atentar em fase de projeto, a incidência do vento, por exemplo. Em locais onde a predominância dos ventos é noroeste e sudoeste, indica-se que os cômodos que tenham fluxo de pessoas, como sala de estar e quartos, estejam com as janelas viradas para o oeste. As varandas são muito usadas em locais de clima quente e também são ótimas como mecanismo de conforto térmico, pois elas não deixam o sol incidir diretamente para dentro do cômodo, além de ser uma área enorme de ventilação. As janelas são um elemento importante na manutenção da temperatura dentro das edificações. Quando há aberturas em paredes opostas, é gerado a ventilação cruzada dentro da residência. (CID, 2016).

Em cidades litorâneas, como Florianópolis, há a influência das brisas marítimas no fluxo de ar das casas. “As brisas terra-mar sentidas em regiões litorâneas, também são explicadas a partir da diferença do calor específico entre ambos” (FROTA; SCHIFFER, 2000, p. 60). Na parte da manhã, o mar sopra uma brisa em direção ao continente e final de tarde a brisa vai em direção ao mar. Por isso, é conveniente virar as janelas da casa para o mar nessas regiões.

No Brasil, por ser um país de maior parte tropical e o sul subtropical, tem-se maior preocupação com as altas temperaturas dentro das edificações. Raramente vê-se sistemas artificiais de aquecimento implantados no projeto, salvo em alguns hotéis e edifícios comerciais nas serras catarinense e gaúcha, onde o frio é intenso no inverno. Para evitar o desconforto térmico devido a altas temperaturas em edificações residenciais, existem práticas construtivas muito usuais.

### **2.5.3 Desempenho Térmico nas edificações**

#### **2.5.3.1 Conceitos Importantes**

Antes de se inteirar a fundo a respeito de desempenho térmico em edificações residenciais é importante ter em mente alguns importantes conceitos.

##### *2.5.3.1.1 Transmitância Térmica*

A transmitância térmica é definida como a quantidade de calor transferida por unidade de tempo e por área unitária de um elemento ou componente construtivo. Precisa-se

estar ciente do conceito de transmitância, principalmente quando se falar a respeito dos componentes construtivos, como componentes opacos das paredes externas, coberturas e vidros, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzidas pela diferença de temperatura entre dois ambientes. A transmitância térmica deve ser calculada utilizando o método de cálculo da ABNT NBR 15220-2:2005 (Norma técnica de desempenho térmico de edificações). (ABNT, 2005).

#### 2.5.3.1.2 Capacidade Térmica

De acordo com ABNT NBR 15575-1 (2013, p.7), “capacidade térmica é a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema em  $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  calculada conforme ABNT NBR 15220-2:2005.”(ABNT, 2005). Na construção civil, tem-se que os materiais com maior capacidade térmica tem maior capacidade de acumular calor nos elementos construtivos. Por exemplo, um bloco de concreto tem maior capacidade térmica que um bloco cerâmico.

#### 2.5.3.1.3 Absortância a Radiação Solar

É definido como o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície, pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. (ABNT, 2005).

O valor de absortância solar dos materiais é facilmente obtido através de tabelas. Através delas, obtém-se um ganho de calor solar, como, por exemplo, uma cor de tinta de revestimento mais escura, tem maior valor de absortância do que uma tinta de cor clara, absorvendo, portanto, mais calor. Em seguida alguns valores de absortância que a ABNT NBR 15220-2 (ABNT,2005) elencou:

Tabela 1 – Absortância das cores e superfícies

Tipo de Superfície	$\alpha$
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25
Caiação nova	0,12 / 0,15
Concreto aparente	0,65 / 0,80
Telha de barro	0,75 / 0,80

Tijolo aparente	0,65 / 0,80
Reboco claro	0,30 / 0,50
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98
Vidro comum de janela	(0,1 - 0,5)
Pintura branca	0,2
Pintura amarela	0,3
Pintura verde claro	0,4
Pintura “alumínio”	0,4
Pintura verde escuro	0,7
Pintura vermelha	0,74
Pintura preta	0,97

Fonte: ABNT (2005).

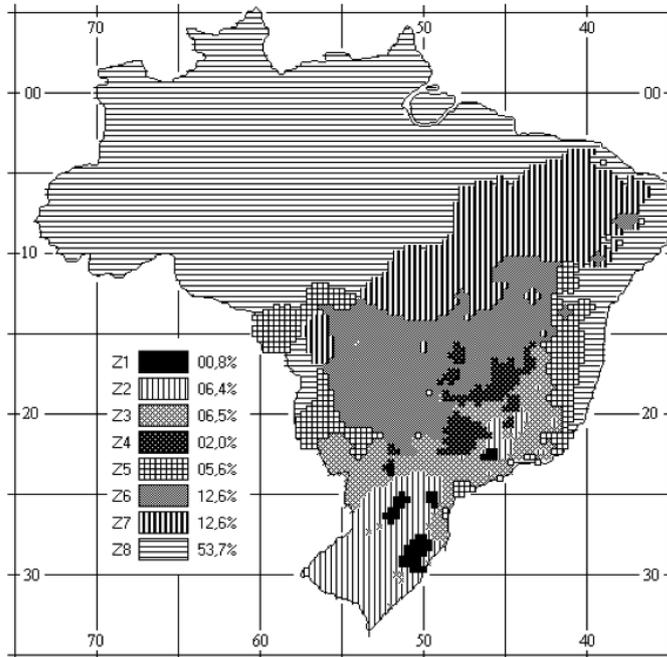
#### 2.5.3.1.4 Fontes Internas de calor

A ABNT NBR 15575-1:2013 traz como definição de fontes de calor os ocupantes, lâmpadas e outros equipamentos em geral que emitem calor dentro de um ambiente construído. (ABNT, 2013).

#### 2.5.3.1.5 Zona Bioclimática

Conforme a ABNT (2005), a definição de zona bioclimática é: “região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano”. A zona bioclimática brasileira é composta por oito diferentes zonas, como mostra a Figura 17. Para cada zona, a ABNT NBR 15575 desenvolveu um conjunto de recomendações técnico-construtivas, com o objetivo de melhorar o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática. A cidade de Florianópolis está localizada na Zona Bioclimática 3 (ZB3).

Figura 17 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro



Fonte: ABNT (2005).

#### 2.5.3.1.6 Área Ventilada

Pela definição, a área ventilada é o quociente da área efetiva da abertura ( $A_A$ ) proporcionadas pelas janelas pela área do piso do ambiente ( $A_P$ ), sendo que essa área efetiva de abertura é a que permite a livre circulação do ar, sendo descontado a área dos vidros e perfis. (ABNT, 2013), como apresenta a equação a seguir.

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

#### 2.5.3.2 Desempenho térmico em vedações verticais

As vedações verticais são artifícios arquitetônico, em que, usualmente, têm como função de fazer a separação entre os cômodos de uma edificação residencial e, em alguns casos, até função estrutural. Mas, além disso, elas são um importante quesito quando se fala de desempenho térmico em edificações residenciais e, portanto, será abordado nas seguintes linhas.

As paredes, assim como outros elementos construtivos, são compostas de diversos materiais, sendo os mais usuais: tijolo, concreto, madeira, gesso, entre outros. Conforme Lamberts et al. (2016), os materiais e elementos construtivos, como a parede, se comportam termicamente em função das suas propriedades térmicas, como transmitância térmica,

capacidade térmica e absorvância a radiação solar. A transferência de calor através de uma vedação vertical, em edificações residenciais, se dá principalmente através das paredes externas da edificação pela diferença de temperatura interna da externa.

A ABNT NBR 15575:2013 (ABNT, 2013), no quesito vedações verticais, traz o método simplificado de cálculo. Caso não seja alcançado os requisitos pelo método simplificado, deve se fazer análise computacional. Necessário se faz, definir a região bioclimática da cidade em questão e a partir de então definir a absorvância térmica de projeto. A Tabela 2 e Tabela 3 retiradas da ABNT NBR 15575 (ABNT, 2013), mostram de forma simplificada como definir qual transmitância e capacidade térmica para cada zona bioclimática.

Tabela 2 – Transmitância térmica de paredes externas

<b>Transmitância Térmica U</b>		
W/m <sup>2</sup> .K		
<b>Zonas 1 e 2</b>	<b>Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8</b>	
$U \leq 2,5$	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

<sup>a</sup>  $\alpha$  é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

Fonte: ABNT (2013)

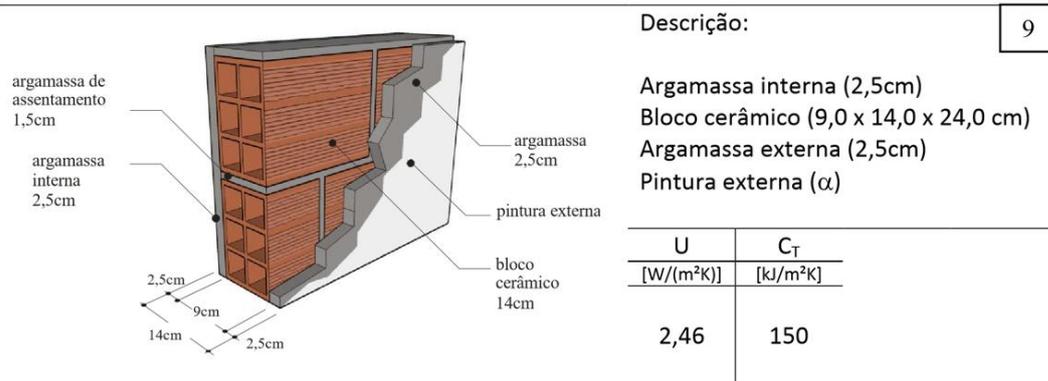
Tabela 3 – Capacidade térmica de paredes externas

<b>Capacidade térmica (C<sub>T</sub>)</b>	
kJ / m <sup>2</sup> .K	
Zona 8	Zonas 1,2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem exigência	≥ 130

Fonte: ABNT (2013).

A portaria INMETRO nº 50/2013, em seu Anexo V (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013), ilustra as propriedades térmicas de paredes que poderão ser utilizadas na inspeção das edificações. A seguir, a Figura 18 apresenta um exemplo do conteúdo desse catálogo com suas devidas propriedades.

Figura 18 – Exemplo de parede com suas propriedades térmicas



Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (2013)

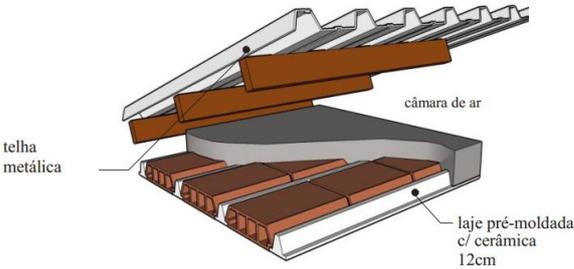
### 2.5.3.3 Desempenho térmico em coberturas

A ABNT NBR 15575-5 (ABNT, 2013), contempla que os sistemas de cobertura intervêm no conforto térmico do usuário, bem como no consumo de energia, em decorrência da necessidade de ventilar de forma forçada ou condicionar o ar do ambiente, já que o sistema de cobertura está recebendo diretamente a incidência da radiação solar, influenciando a carga térmica distribuída aos meios da habitação.

Os sistemas de cobertura se comportam termicamente em função das propriedades térmicas dos materiais que a compõem. Dentre essas propriedades, podemos citar a transmitância térmica e a absorvância térmica à radiação solar. A norma técnica ABNT NBR 15220-2:2005 (ABNT, 2005) fornece tabelas com as principais propriedades térmicas dos materiais que compõem os elementos construtivos e apresenta os métodos de cálculo, para elementos homogêneos e heterogêneos, de transmitância térmica, fator solar e atraso térmico.

A portaria INMETRO nº 50/2013, em seu Anexo V (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013), ilustra as propriedades térmicas de coberturas que poderão ser utilizadas na inspeção das edificações. A seguir, a Figura 19 apresenta um exemplo do conteúdo desse catálogo com suas devidas propriedades. É composta por uma cobertura composta por laje pré-moldada de 12cm de espessura e telha metálica de 0,6cm.

Figura 19 – Exemplo de cobertura com suas propriedades térmicas

 <p>telha metálica</p> <p>câmara de ar</p> <p>laje pré-moldada c/ cerâmica 12cm</p>	Descrição:	17					
	<p>Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm)  Câmara de ar (&gt; 5,0 cm)  Telha metálica 0,6cm</p>						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>T</sub></th> </tr> <tr> <th>[W/(m<sup>2</sup>K)]</th> <th>[kJ/m<sup>2</sup>K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,82</td> <td>169</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>T</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[kJ/m <sup>2</sup> K]	1,82	169
U	C <sub>T</sub>						
[W/(m <sup>2</sup> K)]	[kJ/m <sup>2</sup> K]						
1,82	169						

Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (2013)

De acordo com a ABNT NBR 15575 -5:2013, o requisito do desempenho térmico é o isolamento térmico da cobertura. A norma exige “transmitância térmica e absorvância à radiação solar, que proporcionem um desempenho térmico apropriado para cada zona bioclimática” (ABNT, 2013, p. 26). Para se obter esse desempenho térmico mínimo, racionalize os máximos valores de U das coberturas em função da zona bioclimática e a absorvância a radiação solar ( $\alpha$ ) conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica

Transmitância térmica (U)				
W/m <sup>2</sup> K				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8	
U ≤ 2,30	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV
<p><math>\alpha</math> é absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura.  NOTA O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220-2.</p>				

Fonte: ABNT NBR 15575-5 (2013).

A Tabela 5 do Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2013) apresenta a transmitância e capacidade térmica para os diferentes sistemas de coberturas. Indica-se também, o uso da portaria Inmetro nº 50/2013 em seu Anexo V (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013), que apresenta diversos exemplos de cobertura.

Tabela 5 – Transmitância e capacidade para alguns sistemas de coberturas

Cobertura	Descrição	U [W/(m².K)]	C <sub>r</sub> [kJ/(m².K)]
1 	Telha de barro sem forro Espessura da telha: 1,0 cm	4,55	18
2 	Telha de fibrocimento sem forro Espessura da telha: 0,7 cm	4,60	11
3 	Telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32
4 	Telha de fibrocimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	25
5 	Telha de barro com forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm $R_{\text{total}} = 0,0900 \text{ (m}^2\text{K/W)}$ $C_{\text{total}} = 95 \text{ kJ/(m}^2\text{K)}$	1,92	113
6 	Telha de fibrocimento com forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm $R_{\text{total}} = 0,0900 \text{ (m}^2\text{K/W)}$ $C_{\text{total}} = 95 \text{ kJ/(m}^2\text{K)}$	1,93	106
7 	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,11	32
8 	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,16	25

Nota: As transmitâncias térmicas referem-se às condições de verão (fluxo térmico descendente).

Fonte: CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (2013).

Convém anotar, que esses são parâmetros mínimos para desempenho térmico em cobertura. O atendimento às exigências é de grande relevância, porém deve se fazer uma análise global da situação da edificação.

#### 2.5.3.4 Desempenho térmico em janelas

A sensação de conforto térmico dentro da edificação, depende das condições de ventilação dos ambientes, por isso é importante o adequado posicionamento e dimensionamento das aberturas ou janelas. A ABNT NBR 15575-4 (ABNT, 2013), traz requisitos mínimos a serem cumpridos para o desempenho térmico em salas e dormitórios para análise de forma simplificada. (Tabela 6).

Tabela 6 – Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar

Nível de desempenho	Aberturas para Ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
Mínimo	$A \geq 7\%$ da área de piso	$A \geq 12\%$ da área de piso REGIÃO NORTE DO BRASIL  $A \geq 8\%$ da área de piso REGIÃO NORDESTE E SUDESTE DO BRASIL
Nota: nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.		

Fonte: ABNT (2013)

Definido a zona bioclimática da edificação e a área a sala ou dormitório, tem-se então a porcentagem mínima de abertura que o ambiente deve ter.

#### 2.5.3.4.1 Ventilação natural

De acordo com Lamberts et al. (2016), ventilação de um ambiente é entendida como a troca de ar interno pelo ar externo e tem como suas principais funções:

- Circular o ar nos ambientes, livrando-o de impurezas, bactérias e odores;
- Fazer o oxigênio e gás carbônico circular;
- Remover o excesso de vapor d'água existente no ar interno, evitando a umidade condensada;
- Viabilizar massas de ar que facilitem trocas de calor do corpo humano com o meio ambiente;
- Remover o excesso de calor acumulado no interior da edificação, produzido por pessoas ou fontes internas.

A ventilação natural é a estratégia arquitetônica que tem maior efetividade na maioria das capitais do Brasil, conforme se observa na Tabela 7. A tabela traz enfoque as principais capitais brasileiras, que exigem ventilação natural como principal estratégia no verão e até mesmo ao longo do ano todo. Na tabela, foram apresentadas as cidades cujo percentual desejado desta técnica de conforto térmico, ultrapasse os 50%. As cidades com o fundo colorido em azul, têm necessidade de ventilação natural em mais de 50% das horas do ano todo e as cidades com fundo amarelo, têm grande necessidade de ventilação apenas no verão, porém em mais de 50% das horas do período. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Tabela 7 – Necessidade de ventilação natural nas capitais do Brasil

cidade	necessidade de ventilação natural (% das horas do ANO)	necessidade de ventilação natural (% das horas de VERÃO)
Belém	88,8	93,1
Brasília	17,3	36,3
Curitiba	6,84	19,9
Florianópolis	36,4	77,1
Fortaleza	85,8	92,3
São Luís	86,7	86,5
Maceió	76,4	84,9
Natal	84,2	88,7
Porto Alegre	23,3	59,0
Recife	67,8	76,2
Rio de Janeiro	60,9	78,0
Salvador	57,9	80,6
São Paulo	14,3	45,2
Vitória	60,9	87,4

 = cidades com grande necessidade de ventilação no ANO TODO

 = cidades com grande necessidade de ventilação no VERÃO

Fonte: LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA (2014)

Viegas (1995), afirma que a ventilação das habitações multifamiliares, devem ser completas e permanentes. Para o bom desempenho da ventilação natural, recomenda-se prever aberturas:

- Em volta do edifício;
- Através dos limites internos dos espaços;
- Funcionando de forma permanente;
- Em elementos construtivos onde a obstrução não é admissível;
- Providas de dispositivos de regulação.

Para Viegas (1995), o esquema de ventilação em edifícios multifamiliares deve trabalhar de forma conjunta. A circulação de ar tem de ser realizada dos ambientes principais, como salas e quartos, para os chamados ambientes de serviço, como cozinhas e banheiros. Em cada ambiente da habitação, necessitam ser previstas aberturas para a ventilação de admissão e exaustão independentes.

#### 2.5.3.4.2 Ventilação no inverno e no verão

A necessidade de ventilação em edificações familiares é existente o ano todo, todavia quantidade de trocas de ar variam do inverno para o verão.

Corroborando com o pensamento de Lamberts et al. (2016), no verão as necessidades de ventilação dizem respeito às questões térmicas e higiênicas. Porém, no inverno, a necessidade é apenas de ordem higiênica. As exigências higiênicas têm caráter permanente e devem ser satisfeitas a qualquer época do ano. As térmicas, só interessam quando o microclima interno é quente e o ar exterior tem uma temperatura menor que o interior, ou quando as condições de umidade devem ser alteradas. (LAMBERTS et al, 2016)

Para Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a ventilação natural é eficaz entre as temperaturas de 20°C a 32°C, pois a partir daí os ganhos térmicos por convecção funcionariam mais como aquecimento do ambiente do que como resfriamento. Importante ressaltar, que em temperaturas entre 27°C e 32°C a ventilação só é eficiente se a umidade relativa do ar tiver valores entre 15% e 75%.

#### *2.5.3.4.3 Mecanismos de ventilação*

Para ASHRAE (2001), ventilação é a introdução intencional de ar do exterior para o interior do edifício. É, ainda, dividida em ventilação natural e ventilação forçada.

A ventilação natural é a corrente de ar natural que ocorre por diferenças de pressão, através das esquadrias, como portas e janelas abertas, grades e outras penetrações por meio do envolvimento da edificação.

A ventilação forçada é a corrente de ar intencional para dentro e para fora do edifício, produzido por equipamentos como ventiladores, insufladores e exaustores. É também chamada de ventilação mecânica. Infiltração é o fluxo incontrolado do ar externo para dentro do edifício, através de frestas e outras aberturas intencionais, assim como através do uso normal das portas externas para entrada e saída de pessoas (ASHRAE, 2001).

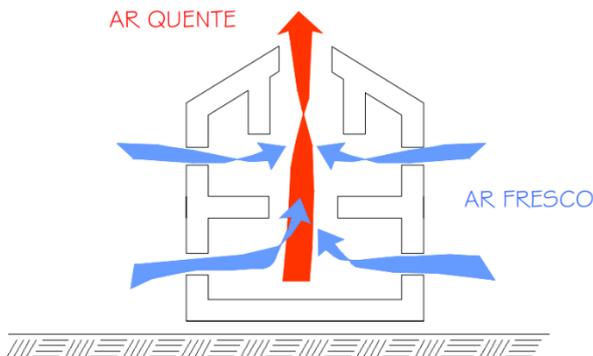
A ventilação natural, que é o tema principal dessa parte do trabalho já que será falado de técnicas para ventilação sem dispêndio de energia elétrica, pode ocorrer devido às diferenças de pressão causada pelo vento e por diferenças de temperatura.

#### *2.5.3.4.4 Ventilação natural por diferença de temperatura*

Para Lamberts et al. (2016), a ventilação natural por diferença de temperatura fundamenta-se nas diferenças das temperaturas do ar interior e exterior da edificação, provocando um deslocamento de ar da zona de maior para a de menor pressão. Para Santamouris e Allard (1998), o fenômeno físico que influencia as taxas de infiltração e

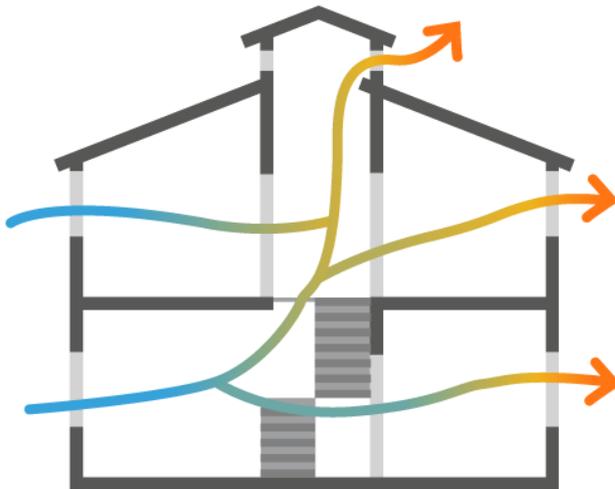
ventilação de uma edificação é o efeito chaminé ou termossifão. Lamberts et al. (2016), complementa que nestas condições existem duas aberturas em diferentes alturas, sob o qual se estabelece uma circulação de ar da abertura inferior para a superior. O efeito chaminé é apresentado na Figura 20 e Figura 21:

Figura 20 – Efeito chaminé



Fonte: Lamberts et al. (2016)

Figura 21 – Efeito chaminé com diferença de altura entre aberturas



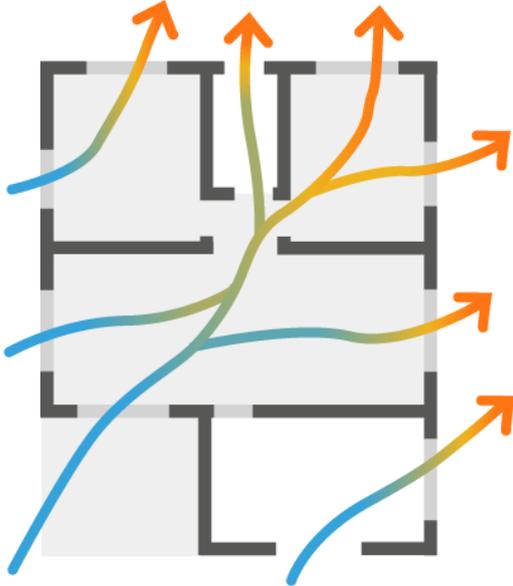
Fonte: Grupo MB. (2017)

Lamberts et al. (2016) dizem que o efeito chaminé não é a melhor opção em casas térreas, pois depende da diferença entre as alturas das janelas. Como depende, também, das diferenças entre a temperatura do ar interior e exterior, para climas quentes, especialmente no verão, esse mecanismo de ventilação não deve ser visto como a forma mais eficiente de gerar situações de conforto térmico ou remover o excesso de calor acumulado no interior da edificação. Nesta ocasião, deve-se dar maior importância à ventilação dos ambientes pelo efeito do vento.

#### 2.5.3.4.5 Ventilação natural por diferença de pressão causada pelo vento

A ventilação natural pelo vento é um dos principais recursos para trocas térmicas sem gasto de energia elétrica. Lamberts et al. (2016), colabora que, para que o vento circule dentro dos ambientes das edificações devido à diferença de pressão, é necessário não apenas que haja vento, mas que os ambientes sejam atravessados pelo fluxo de ar através das aberturas, conforme a Figura 22:

Figura 22 – Ventilação cruzada



Fonte: Grupo MB (2017)

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa buscou estudar as inovações trazidas na construção civil quando preocupada com o desenvolvimento sustentável. Para isso, num primeiro momento, foi feita definição de sustentabilidade e sua correlação com a construção civil. Com o propósito de mostrar a preocupação do setor construtivo com o tema, visto que é uma das atividades exercidas pelo homem que mais traz impactos negativos ao meio ambiente devido ao elevado consumo de recursos naturais e de energia, mostrou-se a importância das condições climáticas (conforto térmico) no momento em que é elaborado os projetos de edificações residenciais, que é um dos exemplos para se alcançar a eficiência energética tão almejada nesta área. É evidente, que tudo isso também se está realizando para benefício do usuário, por isso neste trabalho buscou-se encontrar o equilíbrio entre a preservação da natureza e uma boa qualidade de vida para o consumidor.

Como forma de demonstrar na prática o que se procura com uma construção sustentável e com o equilíbrio que a todo momento se quer buscar, foi mencionado a ABNT NBR15575:2013, a qual impõe diversos requisitos para as edificações residenciais, mostrando que o fornecedor tem a obrigação de oferecer um produto e/ou serviço de qualidade, enquanto o consumidor tem o direito de receber e exigir que esse produto e/ou serviço atendam aos requisitos previstos nas normas técnicas.

#### 3.1 A PESQUISA REALIZADA

O tipo de pesquisa mais adequado para o trabalho foi pesquisa exploratória. Rodrigues (2007, p. 6), dá o seguinte conceito para pesquisa exploratória: “Seu objetivo é a caracterização inicial do problema, de sua classificação e de sua definição. Constitui o primeiro estágio de toda pesquisa científica”.

Portanto, pesquisa exploratória será o tipo mais adequado ao trabalho que se embasou em fazer uma vasta revisão bibliográfica sobre as técnicas construtivas para obter conforto térmico e, em consequência, eficiência energética em residenciais. Nesse contexto, foi feita uma revisão bibliográfica para explicações e detalhamento do objeto em estudo através de livros, artigos, papers, monografias, normas técnicas, legislações, bem como apresentações da internet.

### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Para a elaborar a pesquisa presente nesse trabalho foi necessário delimitar o tema, conforto térmico e eficiência energética correlacionados a ABNT NBR 15575:2013.

Feito isso foi elaborado uma revisão de literatura através da busca na internet na internet por artigos, livros e projetos conceituados artigos a fim de se interar do que se tem a respeito de técnicas para conforto térmico. Para isso procurou-se palavras chaves como norma de desempenho, conforto térmico, desempenho térmico, economia de energia e eficiência energética, edificações, entre outras. Definido as fontes seguras de informação foi elaborada uma breve revisão de literatura. A pesquisa se concebeu em buscar conceituar temas relevantes para conforto térmico e eficiência energética, exemplificando edificações referências em eficiência energética no estado de Santa Catarina. Por fim, foi realizado um mapeamento da correlação de desempenho térmico e eficiência energética com a ABNT NBR 15575:2013 através e um quadro exposto no item 4 do trabalho exposto nas linhas a seguir.

#### **4 MAPEAMENTO DAS RELAÇÕES DA ABNT NBR 15575:2013 COM CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.**

A seguir se apresenta uma correlação de eficiência energética e por consequência conforto térmico com a norma de desempenho em edificações residenciais ABNT NBR 15575:2013. O quadro basicamente apresenta em uma coluna citações da norma relacionadas as palavras-chaves “desempenho térmico” e “economia de energia” e na outra coluna comentários do autor a respeito do tema.

Quadro 1 – Requisitos gerais da edificação

	GERAL	INDICAÇÕES E SUGESTÕES DA PARTE 1 DA ABNT NBR 15575:2013 (EFICIÊNCIA ENERGÉTICA)	COMENTÁRIO DO AUTOR
ADEQUAÇÃO AMBIENTAL	18.1 Generalidades	"De forma geral, os empreendimentos e sua infraestrutura (arruamento, drenagem, rede de água, gás, esgoto, telefonia, energia) devem ser projetados, construídos e mantidos de forma a minimizar as alterações no ambiente."(ABNT, 2013, p.33).	A ABNT NBR 15575-1:2013 faz sugestões importantes no quesito que as edificações devem ser projetadas e construídas de forma a economizar recursos naturais. No item 18.5 explicita que os projetos devem privilegiar soluções que minimizem o consumo de energia e frisa a utilização de ventilação natural como forma de economia de energia elétrica.
	18.3 Seleção e consumo de materiais	"Recomenda-se que os empreendimentos sejam construídos mediante exploração e consumo racionalizado de recursos naturais, objetivando a menor degradação ambiental, menor consumo de água, de energia e de matérias-primas. Na medida das possibilidades, devem ser privilegiados os materiais que causem menor impacto ambiental, desde as fases de exploração dos recursos naturais à sua utilização final."(ABNT, 2013, p.33).	
	18.5 Consumo de energia no uso e ocupação da habitação	"As instalações elétricas devem privilegiar a adoção de soluções, caso a caso, que minimizem o consumo de energia, entre elas a utilização de iluminação e ventilação natural e de sistemas de aquecimento baseados em energia alternativa."(ABNT, 2013, p.33).	

Quadro 2 – Requisitos gerais da edificação

	GERAL	INDICAÇÕES E SUGESTÕES DA PARTE 1 DA ABNT NBR 15575:2013 (CONFORTO TÉRMICO)	COMENTÁRIO DO AUTOR
MÉTODO SIMPLIFICADO (VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO)	11.1 Generalidades	"A edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de <b>desempenho térmico</b> , considerando-se a <b>zona bioclimática</b> definida na ABNT NBR 15220-3." (ABNT, 2013, p. 19) .	A norma divide o Brasil em 8 zonas bioclimáticas com características distintas. Para cada uma dessas zonas climáticas é definido o dia típico de inverno e o dia típico de verão, estabelecidos com base na temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar incidente para o dia mais frio e para o dia mais quente do ano respectivamente, segundo a média observada num número representativo de anos. No Anexo A da norma NBR 15220-3, são indicadas as zonas correspondentes a cerca de 200 cidades brasileiras, que servirão como referência para as cidades próximas. No Anexo A da norma NBR 15575-1 (Tabelas A.1, A.2 e A.3) são indicadas a localizações geográficas e os parâmetros climáticos dos dias típicos de inverno e de verão para algumas cidades brasileiras.
	11.1 Generalidades Procedimento 1 A Simplificado (normativo)	"Procedimento 1 – Simplificado (normativo): atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5. Para os casos em que a avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5, resultem em desempenho térmico insatisfatório, o projetista deve avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo pelo método da simulação computacional." (ABNT, 2013, p. 20)	Deve-se verificar o atendimento aos requisitos e critérios para o envelopamento da obra, com base na transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) das paredes externas (ABNT NBR 15575-4) e das coberturas (ABNT NBR 15575-5:2013). Para os casos em que a avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4:2013 e ABNT NBR 15575-5:2013, resultem em desempenho térmico insatisfatório, o projetista deve avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo pelo método da simulação computacional conforme o item 11.2 da ABNT NBR 15575:2013. (ABNT, 2013).
	11.1 Generalidades Procedimento 2 Medição in loco (informativo)	"Procedimento 2 – Medição (informativo, Anexo A): verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos nesta ABNT NBR 15575-1, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos. Este método é de caráter meramente informativo e não se sobrepõe aos procedimentos descritos no item anterior (a), conforme disposto na diretiva 2:2011 da ABNT." (ABNT, 2013, p. 20)	Essa parte da norma tem apenas caráter informativo e não se sobrepõe aos procedimentos descritos nos itens a) e b). As informações a fundo de como deve-se proceder, estão no Anexo A da ABNT NBR 15575:2013-1. As medições nas edificações existentes ou protótipos a serem construídos, esbarram em sérias dificuldades, pois medições devem ser executadas em período que corresponda ao dia típico de verão ou de inverno, precedido por, pelo menos, um dia com características semelhantes.

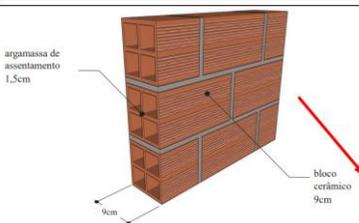
Quadro 3 – Requisitos gerais da edificação

	DESEMPENHO TÉRMICO	INDICAÇÕES E SUGESTÕES DA PARTE 1 DA ABNT NBR 15575:2013 (CONFORTO TÉRMICO)	COMENTÁRIO DO AUTOR
SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL (VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO)	11.2 Simulação computacional Introdução	Para a avaliação de desempenho térmico por simulação computacional, os requisitos, critérios e métodos se dividem em requisitos e exigências de desempenho detalhados em dias típicos de verão e inverno. A norma indica, para a realização das simulações computacionais, o software EnergyPlus, pois permite a determinação do comportamento térmico de edificações sob condições dinâmicas de exposição ao clima, sendo capazes de reproduzir os efeitos de inércia térmica. (ABNT, 2013).	Para os casos em que os valores obtidos para a transmitância térmica ou a capacidade térmica não atingirem os critérios normativos pelos métodos estabelecidos nas partes 4 e 5 da norma NBR 15575:2013, deve-se realizar simulação computacional. Para mais informações sobre como realizar a simulação computacional, recomendo utilizar o "Guia Orientativo para atendimento a norma ABNT NBR 15575/2013" da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2013). Este trabalho não se aprofundará em simulação computacional.
	11.3 Requisito: Exigências de desempenho no verão	"Apresentar condições térmicas no interior do edifício habitacional melhores ou iguais às do ambiente externo, à sombra, para o dia típico de verão, conforme 11.3.1." (ABNT, 2013, p. 20).	A norma ABNT NBR 15575-1:2013 trás que, caso tenha que se fazer a simulação computacional, a exigência mínima da norma para desempenho no verão é que o valor máximo da temperatura do ar nos ambientes de permanência prolongada sejam menor ou igual ao valor máximo da temperatura do ar exterior para um dia típico de verão.
	11.3.1 Critério: Valores máximos de temperatura	"O valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como, por exemplo, salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior." (ABNT, 2013, p. 21).	
	11.3.1 Método de avaliação	"Simulação computacional conforme procedimentos apresentados em 11.2." (ABNT, 2013, p. 21).	
	11.4 Requisito: Exigências de desempenho no inverno	"Apresentar condições térmicas no interior do edifício habitacional melhores que do ambiente externo, no dia típico de inverno, conforme 11.4.1, nas zonas bioclimáticas 1 a 5. Nas zonas 6, 7 e 8 não é necessário realizar avaliação de desempenho térmico para inverno.." (ABNT, 2013, p. 21).	A norma ABNT NBR 15575:2013 parte 1 trás que que caso tenha que se fazer a simulação computacional, a exigência mínima da norma para desempenho no inverno é que o valor mínimo da temperatura do ar nos ambientes de permanência prolongada sejam sempre maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida de 3 °C
	11.4.1 Critério: Valores mínimos de temperatura	"Os valores mínimos diários da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como por exemplo salas e dormitórios, no dia típico de inverno, devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida de 3 °C." (ABNT, 2013, p. 21).	
	11.4.2 Método de avaliação	"Simulação computacional conforme procedimentos apresentados em 11.2." (ABNT, 2013, p. 21).	

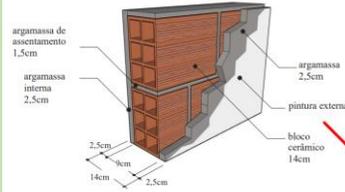
#### Quadro 4 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais externos

PAREDES EXTERNAS		INDICAÇÕES E SUGESTÕES DA PARTE 4 DA ABNT NBR 15575:2013 (CONFORTO TÉRMICO)	COMENTÁRIO DO AUTOR
MÉTODO SIMPLIFICADO	11.1 Generalidades	A parte de Desempenho térmico no quesito Sistemas Vedações Verticais Externas (SVVE) da ABNT NBR15575-4:2013 estabelece requisitos e critérios mínimos para verificação dos níveis mínimos de desempenho térmico. Os SVVE podem ser avaliados de forma simplificada, de acordo com os critérios constantes de desempenho. Caso os SVVE não atendam esses critérios, é necessário simulação computacional, conforme ABNT NBR15575-1:2013.(ABNT,2013).	A norma divide o Brasil em 8 zonas bioclimáticas com características distintas. No Anexo A da norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005), são indicadas as zonas correspondentes a cerca de 200 cidades brasileiras, que servirão como referência para cidades próximas.  A norma ABNT NBR 15575-4:2013, no quesito paredes externas, trás os valores máximos de Transmitância térmica e mínimos para a capacidade térmica, de acordo com a Zona Bioclimática definida.
	11.2 Requisito Adequação de paredes externas	"Apresentar transmitância térmica e capacidade térmica que proporcionem pelo menos desempenho térmico mínimo estabelecido em 11.2.1 para cada zona bioclimática estabelecida na ABNT NBR 15220-3."(ABNT, 2013, p. 25).	

#### Quadro 5 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais externos

PAREDES EXTERNAS		INDICAÇÕES E SUGESTÕES DA PARTE 4 DA ABNT NBR 15575:2013 (CONFORTO TÉRMICO)	COMENTÁRIO DO AUTOR											
11.2.1 Critério: Transmitância térmica de paredes externas	O valor máximo admissível para a transmitância térmica (U) varia de acordo com a zona bioclimática e a absorvância solar à radiação. (ABNT, 2013)	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Transmitância Térmica U (W/m<sup>2</sup>.K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Zona Bioclimática 1 e 2</td> <td colspan="2">Zona Bioclimática 3, 4, 5, 6, 7 ou 8</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">U ≤ 2,5</td> <td>α ≤ 0,6</td> <td>α &gt; 0,6</td> </tr> <tr> <td>U ≤ 3,7</td> <td>U ≤ 2,5</td> </tr> </tbody> </table>	Transmitância Térmica U (W/m <sup>2</sup> .K)			Zona Bioclimática 1 e 2	Zona Bioclimática 3, 4, 5, 6, 7 ou 8		U ≤ 2,5	α ≤ 0,6	α > 0,6	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5	<p>A absorvância à radiação solar de acordo com a tonalidade. Em geral a ABNT NBR 15575:2013-1 trás que as cores claras têm absorvância igual a 0,3; cores médias 0,5 e cores escuras 0,7.</p> <p>Portanto, para a Zona Bioclimática 3 (Florianópolis), considerando uso de cores claras, teríamos que escolher um conjunto com transmitância térmica <math>U \leq 3,7</math>. Lembrando que, quanto menor a Transmitância térmica, mais isolante térmico é a parede. Para este caso, uma simples parede com bloco cerâmico de concreto de 9 cm de diâmetro e sem revestimento atenderia esse quesito pois tem <math>U=2,99</math> W/m<sup>2</sup>.K. Porém no próximo quadro verificaremos que esse conjunto não atende ao quesito capacidade térmica mínima.</p> <p>Para mais informações sobre a transmitância dos conjuntos de parede, consulte o Anexo D da ABNT NBR 15220-3:2003 ou o Anexo Geral V da portaria do INMETRO Nº 50/2013.</p>
		Transmitância Térmica U (W/m <sup>2</sup> .K)												
Zona Bioclimática 1 e 2	Zona Bioclimática 3, 4, 5, 6, 7 ou 8													
U ≤ 2,5	α ≤ 0,6	α > 0,6												
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5												
 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Descrição:</th> <th>U</th> <th>C<sub>T</sub></th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>[W/(m<sup>2</sup>.K)]</th> <th>[kJ/m<sup>2</sup>.K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Sem revestimento interno Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0 cm) Sem revestimento externo</td> <td>2,99</td> <td>42</td> </tr> </tbody> </table>	Descrição:		U	C <sub>T</sub>			[W/(m <sup>2</sup> .K)]	[kJ/m <sup>2</sup> .K]	Sem revestimento interno Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0 cm) Sem revestimento externo		2,99	42		
Descrição:		U	C <sub>T</sub>											
		[W/(m <sup>2</sup> .K)]	[kJ/m <sup>2</sup> .K]											
Sem revestimento interno Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0 cm) Sem revestimento externo		2,99	42											

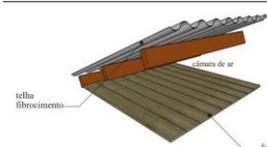
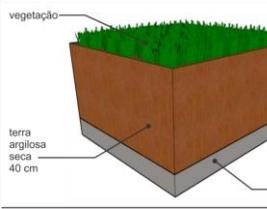
Quadro 6 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais externos

PAREDES EXTERNAS	INDICAÇÕES E SUGESTÕES DA PARTE 4 DA ABNT NBR 15575:2013 (CONFORTO TÉRMICO)	COMENTÁRIO DO AUTOR										
<p>MÉTODO SIMPLIFICADO (DESEMPENHO TÉRM.)</p> <p>11.2.2 Critério: Capacidade térmica de paredes externas</p>	<p>Os valores mínimos admissíveis para a capacidade térmica (CT) das paredes externas, estão expostos na tabela a seguir. (ABNT, 2013)</p> <table border="1" data-bbox="1070 440 1350 652"> <thead> <tr> <th colspan="2">Capacidade térmica (CT) kJ / m<sup>2</sup>.K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Zona Bioclimática 8</td> <td>Zonas Bioclimática 1,2, 3, 4, 5, 6 ou 7</td> </tr> <tr> <td>Sem exigência</td> <td>≥ 130</td> </tr> </tbody> </table>	Capacidade térmica (CT) kJ / m <sup>2</sup> .K		Zona Bioclimática 8	Zonas Bioclimática 1,2, 3, 4, 5, 6 ou 7	Sem exigência	≥ 130	<p>Para Zona Bioclimática 3 necessitaríamos atender a CP mínima de 130. No item anterior consultamos o Anexo Geral V da portaria do INMETRO Nº 50/2013 e nota-se que uma simples parede bloco cerâmico com 9 cm de diâmetro, com cor clara e sem argamassa atenderia o quesito transmitância térmica. Porém não atende ao quesito Capacidade térmica. Portanto para atender ao CP seria necessário escolher uma parede por exemplo, uma parede com tijolos cerâmicos, duplamente revestida por argamassa. A capacidade térmica desse conjunto é 150kJ / m<sup>2</sup>.K e a transmitância térmica é U=2,46 W/m<sup>2</sup>.K e portanto atende ao requisito mínimo pelo método simplificado. Para mais informações sobre a capacidade térmica das paredes, consulte o Anexo D da ABNT NBR 15220-3:2003 ou o Anexo Geral V da portaria do INMETRO Nº 50/2013.</p> <div data-bbox="1391 644 2002 868"> <p>Descrição: 9</p> <p>argamassa de assentamento 1,5cm argamassa interna 2,5cm argamassa 2,5cm pintura externa bloco cerâmico 14cm</p> <p>Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U [W/(m<sup>2</sup>K)]</th> <th>C<sub>T</sub> [kJ/m<sup>2</sup>K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,46</td> <td>150</td> </tr> </tbody> </table>  </div>	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]	2,46	150
Capacidade térmica (CT) kJ / m <sup>2</sup> .K												
Zona Bioclimática 8	Zonas Bioclimática 1,2, 3, 4, 5, 6 ou 7											
Sem exigência	≥ 130											
U [W/(m <sup>2</sup> K)]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]											
2,46	150											

Quadro 7 – Requisitos para os sistemas de ventilação

	ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO	INDICAÇÕES E SUGESTÕES DA PARTE 4 DA ABNT NBR 15575:2013 (CONFORTO TÉRMICO)	COMENTÁRIO DO AUTOR				
MÉTODO SIMPLIFICADO (DESEMPENHO TÉRMICO)	11.3 Requisito: Aberturas para ventilação	"Apresentar aberturas, nas fachadas das habitações, com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes. Este requisito só se aplica aos ambientes de longa permanência: salas, cozinhas e dormitórios."(ABNT, 2013,p. 27)	A norma exige que em uma cidade como Florianópolis, que se localiza da Zona Bioclimática 3, que em ambientes de longa permanência, o somatório das áreas das aberturas sejam igual ou maior que 7% da área do piso. A norma também exige que essas aberturas possam ser vedadas no inverno. A ventilação natural é um importante recurso quando se fala em conforto térmico e eficiência energética da edificação. O projetista deve projetar de forma a não só atender aos parâmetros mínimos da norma, mas também se atentar às técnicas construtivas que proporcionam conforto e economia de energia elétrica ao usuário. Para saber mais sobre, leia o capítulo de ventilação natural deste presente trabalho.				
	11.3.1 Critério	"Os ambientes de permanência prolongada devem ter aberturas para ventilação com áreas que atendam à legislação específica do local da obra, incluindo Códigos de Obras, Códigos Sanitários e outros." (ABNT, 2013) Quando não houver exigências de ordem legal, para o local de implantação da obra, devem ser adotados os valores da tabela a seguir conforme indica a ABNT NBR15575-4:2013.					
	11.3.1.1 Método de avaliação	<p>Deve-se analisar o projeto arquitetônico e, para cada ambiente de permanência prolongada, calcular a Área da Abertura pela seguinte fórmula:  <math>A = 100 \cdot (\text{Área efetiva de abertura de ventilação} / \text{Área do piso}) (\%)</math>. (ABNT, 2013)</p> <table border="1" data-bbox="824 616 1350 871"> <thead> <tr> <th colspan="2">Abertura para ventilação</th> </tr> <tr> <th>Zonas 1 a 7 Aberturas médias</th> <th>Zona 8 Aberturas grandes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>A \geq 7\%</math> da área de piso</td> <td> <math>A \geq 12\%</math> da área de piso (Região Norte)  <math>A \geq 8\%</math> da área de piso (Região Nordeste e Sudeste) </td> </tr> </tbody> </table>		Abertura para ventilação		Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
Abertura para ventilação							
Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes						
$A \geq 7\%$ da área de piso	$A \geq 12\%$ da área de piso (Região Norte) $A \geq 8\%$ da área de piso (Região Nordeste e Sudeste)						

Quadro 8 – Requisitos para os sistemas de cobertura

COBERTURAS	INDICAÇÕES E SUGESTÕES DA PARTE 5 DA ABNT NBR 15575:2013 (CONFORTO TÉRMICO)	COMENTÁRIO DO AUTOR																																																	
11.1 Generalidades	"Esta parte da ABNT NBR 15575 apresenta os requisitos e critérios para verificação dos níveis mínimos de desempenho térmico de coberturas, conforme definições, símbolos e unidades da ABNT NBR 15220-1 e ABNT NBR 15220-3".(ABNT,2013, p. 26).	A norma divide o Brasil em 8 zonas bioclimáticas com características distintas. No Anexo A da norma NBR 15220-3 (ABNT,2005), são indicadas as zonas correspondentes a cerca de 200 cidades brasileiras, que servirão como referência para cidades próximas.																																																	
11.2 Requisito Isolação térmica da cobertura	"Apresentar transmitância térmica e capacidade térmica que proporcionem pelo menos desempenho térmico mínimo estabelecido em 11.2.1 para cada zona bioclimática estabelecida na ABNT NBR 15220-3."(ABNT, 2013, p. 25).	A absorptância à radiação solar de acordo com a tonalidade. Em geral a ABNT NBR 15575:2013-1 trás que as cores claras têm absorptância igual a 0,3; cores médias 0,5 e cores escuras 0,7.																																																	
MÉTODO SIMPLIFICADO (VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO)  11.2.1 Critério Transmitância térmica	<p>"Apresentar transmitância térmica e absorptância à radiação solar que proporcionem um desempenho térmico apropriado para cada zona bioclimática.</p> <p>O Critério 11.2.1 a seguir estabelece condição para a avaliação através do método simplificada do desempenho térmico. No caso de coberturas que não atendam a esse critério simplificado, a verificação do atendimento ou não do desempenho térmico da edificação como um todo deve ser realizada de acordo com a norma ABNT NBR 15.575 – Parte 1. "(ABNT, 2013)</p> <p>Na tabela a seguir por ser definido a transmitância térmica de acordo com nível de desempenho, absorptância e zona bioclimática</p>	A norma ABNT NBR 15575-5:2013, no quesito sistemas de cobertura, trás os valores máximos de Transmitância Térmica de acordo com o nível de desempenho de projeto e a Zona Bioclimática definida. Para uma edificação na cidade de Florianópolis, Zona Bioclimática 3 e $\alpha = 0,3$ para um desempenho mínimo teríamos que escolher um sistema de cobertura com transmitância menor que $2,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Consultando o Anexo Geral V da portaria do INMETRO Nº 50/2013, poderíamos escolher um conjunto de forro de madeira com telha de fibrocimento como mostra a figura a seguir. Caso se quisesse atingir um desempenho superior o indicado a instalação de um telhado verde por exemplo. Para mais informações sobre a transmitância das paredes, consulte o Anexo D da ABNT NBR 15220-3 ou o Anexo Geral V da portaria do INMETRO Nº 50/2013.																																																	
	<table border="1" data-bbox="405 826 1350 1153"> <thead> <tr> <th colspan="6">Transmitância Térmica U (W/m<sup>2</sup>.K)</th> </tr> <tr> <th>Zona Bioclimática 1 e 2</th> <th colspan="2">Zonas 3 a 6</th> <th colspan="2">Zonas 7 e 8</th> <th>Nível de Desempenho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">U ≤ 2,3</td> <td><math>\alpha \leq 0,6</math></td> <td><math>\alpha &gt; 0,6</math></td> <td><math>\alpha \leq 0,4</math></td> <td><math>\alpha &gt; 0,4</math></td> <td rowspan="2">Mínimo</td> </tr> <tr> <td>U ≤ 2,3</td> <td>U ≤ 1,5</td> <td>U ≤ 2,3FV</td> <td>U ≤ 1,5FV</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">U ≤ 1,5</td> <td><math>\alpha \leq 0,6</math></td> <td><math>\alpha &gt; 0,6</math></td> <td><math>\alpha \leq 0,4</math></td> <td><math>\alpha &gt; 0,4</math></td> <td rowspan="2">Intermediário</td> </tr> <tr> <td>U ≤ 1,5</td> <td>U ≤ 1,0</td> <td>U ≤ 1,5FV</td> <td>U ≤ 1,0FV</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">U ≤ 1,0</td> <td><math>\alpha \leq 0,6</math></td> <td><math>\alpha &gt; 0,6</math></td> <td><math>\alpha \leq 0,4</math></td> <td><math>\alpha &gt; 0,4</math></td> <td rowspan="2">Superior</td> </tr> <tr> <td>U ≤ 1,0</td> <td>U ≤ 0,5</td> <td>U ≤ 1,0FV</td> <td>U ≤ 0,5FV</td> </tr> </tbody> </table>	Transmitância Térmica U (W/m <sup>2</sup> .K)						Zona Bioclimática 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8		Nível de Desempenho	U ≤ 2,3	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$	Mínimo	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3FV	U ≤ 1,5FV	U ≤ 1,5	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$	Intermediário	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5FV	U ≤ 1,0FV	U ≤ 1,0	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$	Superior	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0FV	U ≤ 0,5FV	<div data-bbox="1413 858 1977 1042">  <p>Descrição: 12</p> <p>Forro madeira (1,0cm) Câmara de ar (&gt; 5,0 cm) Telha fibrocimento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U [W/(m<sup>2</sup>K)]</th> <th>C<sub>T</sub> [kJ/(m<sup>2</sup>K)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,02</td> <td>21</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="1413 1058 1977 1267">  <p>Descrição: 30</p> <p>Telhado vegetado intensivo: Laje maciça 10,0cm Terra argilosa seca (40cm) Vegetação</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U [W/(m<sup>2</sup>K)]</th> <th>C<sub>T</sub> [kJ/(m<sup>2</sup>K)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,96</td> <td>791</td> </tr> </tbody> </table> </div>	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> K)]	2,02	21	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> K)]	0,96
Transmitância Térmica U (W/m <sup>2</sup> .K)																																																			
Zona Bioclimática 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8		Nível de Desempenho																																														
U ≤ 2,3	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$	Mínimo																																														
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3FV	U ≤ 1,5FV																																															
U ≤ 1,5	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$	Intermediário																																														
	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5FV	U ≤ 1,0FV																																															
U ≤ 1,0	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$	Superior																																														
	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0FV	U ≤ 0,5FV																																															
U [W/(m <sup>2</sup> K)]	C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> K)]																																																		
2,02	21																																																		
U [W/(m <sup>2</sup> K)]	C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> K)]																																																		
0,96	791																																																		

## 5 CONCLUSÃO

Devido à preocupação atual com a economia de recursos energéticos e com a qualidade de vida das pessoas, esse trabalho teve como objetivo integrar a comunidade acadêmica a respeito de um tema pouco comentado em classe durante o curso, o conforto térmico aliado a eficiência energética em edificações habitacionais. Para isso foi elaborado uma pesquisa exploratória na intenção de se inteirar mais a respeito do assunto e em seguida um mapeamento das relações entre a ABNT NBR 15575:2013, eficiência energética e conforto térmico.

Analisando a norma de desempenho notou-se que os parâmetros definidos pela norma são muito baixos e na maioria das vezes não vão levar conforto térmico e muito menos evitam o uso de condicionamento de ar artificial na edificação. Concluiu-se então que a ABNT NBR 15575 veio mais como um recurso para evitar o abuso das construtoras no quesito economia com material na construção de habitações de baixo padrão. Como prova disso no mapeamento elaborado no capítulo 4 se exemplificou que uma simples residência com telha de fibrocimento em cores claras, forro de madeira e paredes com bloco cerâmico de 9 cm de diâmetro com cores claras seria aprovado pelo método simplificado. No quesito ventilação natural a norma apenas estabelece porcentagem mínima para abertura em ambientes de convivência a outros fatores importantes que para ventilação adequada dos ambientes. Assim é que se entende que os objetivos propostos foram atendidos.

Analisando o projeto de edificações referências no âmbito de economia de energia e conforto térmico como por exemplo a Casa Eficiente da Eletrosul, se conclui que tornar uma edificação energeticamente eficiente requer amplo conhecimento e aplicação minuciosa das técnicas eficientes em fase de projeto e fazer uso da simulação computacional.

Como sugestões para futuros trabalhos de conclusão de curso sugere-se correlacionar conforto térmico ABNT NBR 15575:2013 pelo método da simulação computacional, uma vez que é uma continuidade do presente trabalho e essa percepção pode vir como ideia para uma sequência do desenvolvimento deste assunto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220 -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, 2005. 21 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.220-3:** Desempenho térmico de edificações: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005. 23 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575 -1:** Desempenho nas Edificações: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013. 60 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575 -4:** Desempenho nas Edificações: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013. 57 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575 -5:** Desempenho nas Edificações: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013. 63 p.

ASHRAE. **ASHRAE Handbook:** Fundamentals. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, 2001. cap 25.

ASHRAE. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** 1992. Disponível em: [http://www.labeee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/standard-55\\_2003.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/standard-55_2003.pdf) Acesso: 13 jun. 2017.

BARBOSA, Miriam Jerônimo. **Uma metodologia para especificar e avaliar desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

BARBOSA, Paulo Roberto Arcoverde. **Índice de sustentabilidade empresarial da bolsa de valores de são paulo.** 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração de Empresas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <[http://www.coppead.ufrj.br/upload/publicacoes/Paulo\\_Barbosa.pdf](http://www.coppead.ufrj.br/upload/publicacoes/Paulo_Barbosa.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2017.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988.** Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 12 jun. 2017.

BRASIL. **Decreto 4.059 de 19.dez.01.** Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 20.dez.2001.

BRASIL. **Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001.** Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10295.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm)>. Acesso em: 14. Out. 2017.

BRASIL. Lei nº. 8.078, de 11 de setembro de 1990. **Código de Defesa do Consumidor**. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8078.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm)>. Acesso em: 12 jun. 2017.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. **Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios: parte 1: método prescritivo**. *Ambiente construído*, Porto Alegre, v.10, n. 2, p. 7-26, 2010.

CAVALCANTE, Janaíde; SZÜCS, Carolina Palermo. **Pesquisadores estudam uso de materiais alternativos para baratear custo de casas populares no Brasil**. 2004. Disponível em: <<http://www.canalciencia.ibict.br/pesquisa/0190-Casas-populares-para-populacao-de-baixa-renda.html>>. Acesso em: 31 out. 2017.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **NBR 15575: Novos padrões de qualidade para construção de casas e apartamentos**. Disponível em: <<http://www.Câmara Brasileira da Indústria da Construção.org.br/sites/default/files/NBR 15575 - Novos padrões de qualidade para construção de casas e apartamentos.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

CID, Anderson. **Como garantir conforto térmico em sua casa**. 2016. Disponível em: <<http://www20.opovo.com.br/app/opovo/imoveis/2016/03/19/notimoveis,3590307/como-garantir-conforto-termico-em-sua-casa.shtml>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

DUARTE, Jorge. **O que é eficiência energética, como funciona e formas de economizar**. Disponível em: <<http://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/arquitetura-construcao/eficiencia-energetica-o-que-e-economizar/>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

ELETROBRAS. **PROCEL**. 2017. Disponível em: <<https://www.eletrobras.com/ELB/data/Pages/LUMIS0389BBA8PTBRIE.htm>>. Acesso em: 13 out. 2017.

ELETROBRAS. **Pesquisa de Posse de Uso de Equipamentos e Hábitos de Uso: Classe Residencial**. Rio de Janeiro: Gráfica da Eletrobrás, 2005. Relatório Brasil.

ELETROBRAS. **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações**. 2013. Elaborado pela Eletrobras/ Procel Edifica, Inmetro e CB3E/UFSC. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/services/documentmanagement/filedownload.eztsvc.asp?documentid=%7bcf1a3743-cecb-48ef-b2ca-e2b4d4173337%7d&serviceinstuid=%7b46764f02-4164-4748-9a41-c8e7309f80e1%7d>>. Acesso em: 28 set. 2017.

ELETROSUL . **Estratégia Utilizada**. 2017. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/ampnbspcasa-eficiente-estrategia-utilizada#top-ce>>. Acesso em: 15 out. 2017.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio Junior**: dicionário escolar de língua portuguesa. Curitiba: Positivo, 2005.

FOSSATI, Michele; LAMBERTS, Roberto. **Primeiras Etiquetas Nacionais De Conservação De Energia (Ences) De Edificações Residenciais Emitidas**. 2011. Disponível

em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/RT\\_LABEEE-2011-04-primeiras ENCEs residenciais.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/RT_LABEEE-2011-04-primeiras ENCEs residenciais.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2017.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 4. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2000.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 4, p. 51-81 out./dez. 2006. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3720/2071>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

GOUVEIA, João Pedro Luz. **Eficiência energética: Definição e âmbito**. 2008. Disponível em: <[https://run.unl.pt/bitstream/10362/13604/1/Gouveia\\_2008.pdf#page=25](https://run.unl.pt/bitstream/10362/13604/1/Gouveia_2008.pdf#page=25)>. Acesso em: 13 jun. 2017.

HADDAD, Jamil. **Energia deve ter uso racional e eficiente**. 2001. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi2905200110.htm>>. Acesso em: 28 set. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Anexo Geral V: Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros**. 2013. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **O Programa Brasileiro de Etiquetagem**. 2017. Disponível em: <[http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca\\_o\\_programa.php](http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php)>. Acesso em: 26 set. 2017.

LAMBERTS, Roberto et al. **Desempenho térmico de edificações**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2016. 39 p. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-Conforto termico.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2017.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Florianópolis: Eletrobras/procel, 2014.

LANG, J. T. **Design for human behavior: architecture and behavioral sciences**. Pennsylvania: Dowden, Hutchinsos & Ross, Inc., 1974.

LEPETITGALAND, Karla Kwiatkowski et al. **Grupo de estudo de conservação de energia elétrica**. 2007. Disponível em: <<http://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/03/projeto-de-eficiencia-energetica-para-o-brasil-com-suprte-financeiro-do-global-environment-facility-gef-por-meio-do-banco-mundial-bird.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2017.

LIMERICK, Patty; GELLER, Howard. **What Every Westerner Should Know About Energy Efficiency and Conservation: A Guide to a New Relationship**. 2007. Disponível em: <<https://library.cee1.org/system/files/library/1770/951.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

NASCIMENTO, Meirilane Santana. **Direito ambiental e o princípio do desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <[http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=6973](http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=6973)>. Acesso em: 12 jun. 2017.

MATOZINHOS, Roberto. **NBR 15575: edifícios habitacionais desempenho.** 2014. Disponível em: <[http://sir.fiemg.com.br/iel/desempenhomg/GED/NBR 15575 - EDIFÍCIOS HABITACIONAIS - DESEMPENHO.pdf](http://sir.fiemg.com.br/iel/desempenhomg/GED/NBR_15575_-_EDIFÍCIOS_HABITACIONAIS_-_DESEMPENHO.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2017.

MARTINS, André Ramon Silva et. al. **Eficiência energética: integrando usos e reduzindo desperdícios.** Brasília: ANEEL; ANP, 1999.

MORISHITA, Cláudia; SCHMID, Aloísio Leoni. **Ventilação natural por efeito chaminé em sobrados: um estudo do uso desta técnica pelos arquitetos do Paraná.** Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/aloisio\\_schmid/publication/283347345\\_ventilacao\\_natural\\_por\\_efeito\\_chamine\\_em\\_sobrados\\_um\\_estudo\\_do\\_uso\\_destas\\_tecnicas\\_pelos\\_arquitetos\\_do\\_parana/links/5635844408ae88cf81bbdcd7/ventilacao-natural-por-efeito-chamine-em-sobrados-um-estudo-do-uso-desta-tecnica-pelos-arquitetos-do-parana.pdf](https://www.researchgate.net/profile/aloisio_schmid/publication/283347345_ventilacao_natural_por_efeito_chamine_em_sobrados_um_estudo_do_uso_destas_tecnicas_pelos_arquitetos_do_parana/links/5635844408ae88cf81bbdcd7/ventilacao-natural-por-efeito-chamine-em-sobrados-um-estudo-do-uso-desta-tecnica-pelos-arquitetos-do-parana.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2017.

OLIVEIRA, Gilson Batista de. Uma discussão sobre o conceito de desenvolvimento. **Revista da Fae**, Curitiba, v. 5, n. 2, p.37-48, maio 2002. Disponível em: <<https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/477/372>>. Acesso em: 13 set. 2017.

PAPST, Ana Lígia et al. **Eficiência energética e uso racional da energia na edificação.** Florianópolis: Ufsc / Labsolar, 2005. 121 p.

PEREIRA, P. I. **Construção Sustentável: o desafio.** 2009. 106 f. Monografia (Licenciatura em Engenharia Civil) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2009. Disponível em: <[http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/2674/3/T\\_13485.pdf](http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/2674/3/T_13485.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2017.

PETROBRAS. **Entenda a Agenda 21.** 2014. Disponível em: <<http://sites.petrobras.com.br/agenda21/entenda-a-agenda-21.html>>. Acesso em: 12 out. 2017.

PINHEIRO, Manuel Duarte. **Construção sustentável: mito ou realidade?** 2003. Disponível em: <[https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571242058/PaperAPEA\\_ConstrucaoSustentavel.pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571242058/PaperAPEA_ConstrucaoSustentavel.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2017.

RIBEIRO, Luciana Pagnano. **Conforto térmico e a prática do projeto de edificações: recomendações para Ribeirão Preto.** 2008. Tese (Doutorado)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

RODRIGUES, William Costa. **Metodologia Científica.** Paracambi: Faetec/ist, 2007. P&B. Disponível em: <[http://sinop.unemat.br/site\\_antigo/prof/foto\\_p\\_downloads/fot\\_8672aula\\_04\\_-\\_william\\_costa\\_-\\_metodologia\\_cientifica\\_pdf.pdf](http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_8672aula_04_-_william_costa_-_metodologia_cientifica_pdf.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2017.

SANTAMOURIS, Matheos; ALLARD, Francis (Ed.). **Natural ventilation in buildings: a design handbook**. Earthscan, 1998.

SILVA, C. L. **Desenvolvimento sustentável: um modelo analítico, integrado e adaptativo**. 2.ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

SINCAVIDRO. **A história da NBR 15575**. 2013. Disponível em: <<http://www.sincavidro.com.br/mercado/a-historia-da-nbr-15575/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

SOUZA, Hamilton Moss de et al. Reflexões sobre os principais programas em Eficiência energética existentes no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, v. 15, n. 7, p.1-20, 2009. Disponível em: <[http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos\\_pdf/v15n01/v15n01a1.pdf](http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos_pdf/v15n01/v15n01a1.pdf)>, Acesso em: 14.out.2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **UFSC mostra como a habitação popular pode ser econômica, sustentável e digna**: Notícias Ufsc. 2003. Disponível em: <<http://noticias.ufsc.br/2003/08/ufsc-mostra-como-a-habitacao-popular-pode-ser-economica-sustentavel-e-digna/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

VIEGAS, João C. **Ventilação natural de edifícios de habitação**. 1995. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Joao\\_Viegas/publication/267834552\\_Ventilacao\\_natural\\_em\\_edificios\\_de\\_habitacao/links/5660200e08aeafc2aaca14f/Ventilacao-natural-em-edificios-de-habitacao.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Joao_Viegas/publication/267834552_Ventilacao_natural_em_edificios_de_habitacao/links/5660200e08aeafc2aaca14f/Ventilacao-natural-em-edificios-de-habitacao.pdf)>. Acesso em: 21 set. 2017.