



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR:
UMA ANÁLISE EM DUAS ZONAS BIOCLIMÁTICAS**

Luciana Granville

FLORIANÓPOLIS

2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR:
UMA ANÁLISE EM DUAS ZONAS BIOCLIMÁTICAS**

Luciana Granville

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à disciplina
ECV5513 – Trabalho de Conclusão de
Curso II, do Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal
de Santa Catarina.

Orientador: Prof^o. Roberto Lamberts, PhD.

FLORIANÓPOLIS

2017

Luciana Granville

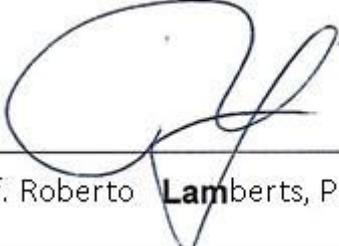
**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR: UMA ANÁLISE
EM DUAS ZONAS BIOCLIMATICAS**

**Trabalho de conclusão defendido e aprovado como requisito parcial a
obtenção do título de Engenheiro Civil.**

Florianópolis 03 de Julho de 2017

Prof^a Luciana Rohde, Dr^a
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Roberto **Lamberts**, PhD Orientador

Prof. Ricardo Rüter, Phd

Dra. Ana Paula Melo

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família, em especial a minha mãe Helena Celi Schardong, por todo o amor e carinho com que cuidou de mim e o apoio nas minhas decisões com relação aos cursos.

O meu muito obrigada ao professor Roberto Lamberts pelas dicas e disponibilidade para a orientação deste trabalho.

Agradeço a Vez das Árvores Construções Ecológicas pelo fornecimento do material necessário para este trabalho e oportunidade de estágio.

Agradeço também a todos os meus amigos, por todo o apoio e ajuda ao longo do curso. Após tantas batalhas em fim a vitória!

RESUMO

Esta pesquisa analisa as relações entre as edificações e a eficiência energética. A questão é: como melhorar a eficiência de uma residência unifamiliar, considerando sua zona bioclimática? O trabalho realizado tem o objetivo de apresentar meios para a redução no consumo de energia e aumento da eficiência em residências. O procedimento adotado para alcançar a resposta desta questão inclui a avaliação da eficiência energética de uma residência em duas zonas bioclimáticas através de uma ferramenta elaborada especialmente para este fim. A pesquisa de natureza aplicada, conta com abordagem quantitativa, objetivos exploratórios e descritivos e, ainda, procedimentos de levantamento bibliográfico e estudo de caso. O uso desta ferramenta também permite comprovar com novos resultados a eficácia da solução usada na edificação em estudo. O resultado reforça a importância de considerar o clima do entorno da edificação na elaboração dos projetos.

Palavras chave: Eficiência Energética. Residência. Zona Bioclimática. Soluções.

EXTRAKT

Diese Forschung analysiert die Beziehung zwischen den Gebäuden und Energieeffizienz. Die Frage ist: Wie kann die Effizienz eines Einfamilien- Wohnsitz erhöht werden, ihre bioklimatische Zone in Erwägung? Die Arbeit zielt darauf ab, Mittel vorzusehen, um den Stromverbrauch zu reduzieren und die Effizienz zu steigern in den Häusern. Das Verfahren nahm die Antwort auf diese Frage zu erreichen, umfasst die Bewertung die Energieeffizienz eines Hauses in zwei bioklimatischen Zonen durch ein Werkzeug speziell für diesen Zweck geschaffen. Die Art der angewandten Forschung, hat quantitative, explorative und beschreibende Zwecke und auch bibliographische Verfahren und Fallstudie. Die Verwendung dieses Tool ermöglicht es, neue Erkenntnisse zeigen auch die Wirksamkeit der Lösung im betrachteten Gebäude verwendet. Das Ergebnis unterstreicht die Bedeutung des Klimas unter Berücksichtigung des Gebäudes in der Ausarbeitung von Projekten rund um.

Schlüsselwörter: Energieeffizienz. Residenz. bioklimatischen Zone. Lösungen.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etiqueta de projeto de uma área de uso comum residencial.	17
Figura 2- Etiqueta de projeto de uma edificação comercial.....	18
Figura 3 - Zoneamento bioclimático brasileiro.	24
Figura 4 - Localização.....	28
Figura 5 - Localização.....	28
Figura 6 - Perspectiva.....	29
Figura 7 - Planta Baixa do pavimento térreo.....	30
Figura 8 - Planta Baixa do pavimento superior.....	31
Figura 9 - Propriedades térmicas de paredes.....	32
Figura 10 - Propriedades térmicas de coberturas.	32
Figura 11 - Propriedades térmicas de coberturas.	32
Figura 12 - Propriedades térmicas de coberturas.	33
Figura 13 - Planta de cobertura.....	35
Figura 14 - Beirados de concreto.....	36
Figura 15 - Beirados de concreto.....	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da oferta interna de energia.....	6
Gráfico 2 - Consumo per capita de eletricidade: trajetória brasileira estimada no longo prazo e comparação internacional.	7
Gráfico 3 - Ganhos de eficiência energética total do PNE 2030.....	8
Gráfico 4 - Contribuição setorial aos ganhos de eficiência energética no horizonte de longo prazo em 2050.....	9
Gráfico 5 - Consumo específico por domicílio – comparação entre países.....	19
Gráfico 6 - Carta bioclimática de Olgyay.	22
Gráfico 7 - Carta bioclimática adotada para o Brasil..	22
Gráfico 8 - Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Florianópolis, SC.	25
Gráfico 9 - Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Belém, PA.....	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Consumo de energia e eficiência.....	9
Quadro 2 - Aumento anual estimado de eficiência da tipologia de serviços energéticos aos consumidores residenciais.....	20
Quadro 3 - Ganho de eficiência estimado no setor residencial brasileiro (ano base 2013).....	21
Quadro 4 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 3.	25
Quadro 5 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 3.	26
Quadro 6 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 3.	26
Quadro 7 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 8.	27
Quadro 8 - Revestimentos de paredes e coberturas.	34
Quadro 9 - Revestimentos de paredes e coberturas.	34
Quadro 10 – Áreas de paredes externas da sala de estar, jantar e cozinha.....	41
Quadro 11 - Áreas de aberturas externas da sala de estar, jantar e cozinha.	42
Quadro 12 – Resultados para ZB3.	43
Quadro 13 - Pré-requisitos da envoltória.	45
Quadro 14 - Pontuação Parcial da envoltória.	46
Quadro 15 - Pré-requisitos gerais da UH.....	46
Quadro 16 - Classificação da envoltória.	47
Quadro 17 - Nota final da envoltória.....	48
Quadro 18 - Bonificações.	48
Quadro 19 - Pontuação final da UH.....	50
Quadro 20 – Resultados na ZB8.....	51
Quadro 21 - Pré-requisitos da envoltória.	52
Quadro 22 - Classificação parcial da Envoltória.....	53
Quadro 23 - Classificação final da envoltória.....	53
Quadro 24 - Pontuação e classificação final da UH.	54
Quadro 25 - Classificação final na ZB3.....	54
Quadro 26 - Classificação final na ZB8.....	55
Quadro 27 - Revestimentos de paredes e coberturas.....	55
Quadro 28 - Pontuação parcial da envoltória.....	56
Quadro 29 - Classificação da envoltória.	56
Quadro 30 - Nota final da envoltória.....	57
Quadro 31 - Classificação final da UH após mudança de cor.....	57
Quadro 32 – Resultados após alteração da cor da telha de fibrocimento	59
Quadro 33- Classificação Parcial da Envoltória	60
Quadro 34 - Pontuação Parcial da Envoltória.....	60
Quadro 35 - Nota Final da Envoltória	60
Quadro 36 - Classificação final da UH.	61

Quadro 37 - Classificação Parcial da Envoltória	61
Quadro 38 - Classificação parcial da envoltória.	62
Quadro 39 - Nota da Envoltória.....	62
Quadro 40 - Classificação Final da UH.....	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	2
1.2	JUSTIFICATIVA.....	2
1.3	OBJETIVOS.....	3
1.3.1	Objetivo Geral.....	3
1.3.2	Objetivos Específicos.....	3
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	4
2.1.1	Considerações Iniciais sobre Eficiência e Energia.....	4
2.1.2	Panorama Histórico da Eficiência Energética.....	10
2.1.3	Ineficiência Energética.....	13
2.2	CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA.....	14
2.2.1	Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações.....	15
2.3	EDIFICAÇÕES E A EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	18
2.3.1	Setor Energético Residencial.....	18
2.3.2	Zona Bioclimática e a E.E.....	21
3	Edificação Estudada.....	27
4	METODOLOGIA.....	37
3.1	MÉTODO E PESQUISA.....	37
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	37
4.3	COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS.....	38
4.3.1	Envoltória.....	39
4.3.2	Sistemas de aquecimento de água.....	39
4.3.3	Bonificações.....	40
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	41
5.1	Dados da Envoltória.....	41
5.2	ZONA BIOCLIMÁTICA 3.....	42
5.2.1	Envoltória e Ambientes.....	42
5.2.2	Bonificações.....	48
5.2.3	Sistema de Aquecimento de Água.....	49
5.2.4	Classificação Final da UH.....	49
5.3	ZONA BIOCLIMÁTICA 8.....	50
5.3.1	Envoltória e Ambientes.....	50
5.3.2	Classificação final da UH.....	54
5.4	Comparação e Soluções Específicas.....	54
6	CONCLUSÃO.....	63
6.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	64
	BIBLIOGRAFIA.....	65

1 INTRODUÇÃO

O homem pode modificar o clima, a nível espacial e temporal e da mesma maneira o clima influencia o homem. Para Barbirato, Souza e Torres (2007), a crescente urbanização das cidades, aliada a um maior consumo de energia, contribui para os atuais problemas em diversos setores das cidades contemporâneas. Diante destes fatos, a busca por um uso mais eficiente da energia nas edificações, ganha uma importância cada vez maior.

Atualmente a humanidade é considerada a principal responsável pelas mudanças climáticas no planeta. Entretanto, é importante frisar que as causas destas mudanças não são inteiramente humanas, possuindo causas naturais. Em nível mundial mais da metade da população está concentrada nas grandes cidades. No Brasil este número chega a 85%. Portanto as cidades possuem a sua parcela de culpa no aquecimento global, que nos últimos anos tem superado até as previsões mais pessimistas. As cidades acabam por sofrer os prejuízos econômicos, sociais e ambientais decorrentes de mudanças no clima (HERZOG, 2013).

Devido à falta de preparo das cidades e edificações frente às alterações climáticas impostas, estão previstos impactos significativos em escala regional e local. Um ponto importante a ser considerado é o desempenho ambiental das edificações diante deste novo cenário de alterações no clima que tem apresentado a alguns anos. Atenta-se para o fato de que este desempenho é influenciado pelo conforto dos moradores e pelo clima no seu entorno. Portanto, mudanças no clima geram impactos diferentes nas edificações (BARBIRATO, SOUZA E TORRES, 2007).

De acordo com Romero e Reis (2012), a sobrevivência da sociedade é dependente das soluções encontradas para atuais questões em níveis ambiental e social. Tais questões estão ligadas aos processos de transformação da energia em um tipo possível de ser utilizado pelo consumidor. Desta maneira, a crescente necessidade de racionalização dos recursos energéticos é considerada insuficiente diante das dificuldades a serem enfrentadas no futuro.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A presente pesquisa visa à análise da eficiência energética de uma residência unifamiliar, a partir da avaliação dos requisitos relativos ao desempenho térmico da envoltória¹ e da eficiência do sistema de aquecimento de água em duas zonas bioclimáticas distintas. A questão que se apresenta, em função disso é: como pode ser aumentada a eficiência de uma residência unifamiliar, considerando sua zona bioclimática?

Para elucidar esta questão, procedeu-se uma pesquisa, considerando a comparação entre duas zonas bioclimáticas. Tal pesquisa analisou vários meios possíveis para o aumento da eficiência, comprovando através de novos resultados, a eficácia de cada solução.

1.2 JUSTIFICATIVA

Devido à necessidade de aumentar a eficiência energética de residências, essa pesquisa se justifica através da aplicação de estratégias adequadas ao clima e novas tecnologias nos projetos residenciais, em contribuição a vantagem de usar estas tecnologias como um meio de redução do consumo de energia elétrica e recursos hídricos.

Este trabalho tem sua importância para o meio acadêmico, pois nele utilizou-se a planilha de desempenho da unidade habitacional desenvolvida no departamento do curso de engenharia civil da UFSC. O uso desta ferramenta acabou por facilitar a avaliação da eficiência energética da residência e os testes de algumas soluções de melhoria da eficiência.

O tema abordado neste trabalho possui reduzida discussão no currículo do curso de engenharia civil. No currículo consta apenas uma disciplina optativa (ECV5161 – Desempenho Térmico de Edificações) que possui em sua ementa alguns dos conceitos citados neste trabalho, como a bioclimatologia.

Outras pesquisas envolvendo este mesmo tema já foram realizadas no curso de engenharia civil. Estas pesquisas incluem trabalhos de conclusão de curso e

¹ Todas as superfícies (paredes e coberturas) que separam o ambiente interno da edificação do meio externo.

teses de doutorado. Como exemplos destas pesquisas pode-se citar o trabalho com *título: Análise do investimento necessário para o alcance da máxima classificação de eficiência energética de um edifício*, de autoria de Gustavo Daou Palladini e também a tese de doutorado de Joyce Correna Carlo com o título: *Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não residenciais*.

1.3 OBJETIVOS

Para a consecução desta pesquisa elegem-se objetivos geral e específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é estabelecer meios para aumentar a eficiência energética em uma residência unifamiliar, considerando sua zona bioclimática.

1.3.2 Objetivos Específicos

O alcance do objetivo geral se dá através dos seguintes objetivos específicos:

- a) Avaliação da eficiência da residência nas zonas bioclimáticas 3 e 8, de acordo com o método prescrito no RTQ-R;
- b) Análise e soluções de melhoria da classificação da edificação em estudo;
- c) Determinação da melhor alternativa visando melhorar a classificação da residência;

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Com base nos resultados da análise será feita a etiquetagem da residência com relação à eficiência energética, serão propostas alternativas para um aumento da eficiência, levando em consideração os custos de cada melhoria. Por fim, após apresentadas todas as opções de melhorias de classificação da residência, será escolhida a melhor alternativa para o projeto da residência.

2 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Neste capítulo será abordada de uma maneira geral a questão da eficiência em diferentes áreas do conhecimento. Entre estas áreas pode-se citar economia, administração, física entre outras. Porém a parte de energia receberá uma atenção especial neste trabalho, onde será apresentada detalhadamente a sua relação com a eficiência. Mas antes de entrar neste contexto é preciso conhecer os conceitos de eficiência.

2.1.1 Considerações Iniciais sobre eficiência e energia

A visão etimológica da eficiência possibilita a compreensão de sua importância. O termo eficiência tem sua origem no latim “efficientia” que se refere à utilização dos meios de forma racional com o objetivo de atingir metas determinadas (CONCEITO.DE, 2011).

Para Maximiano (2000) o conceito de eficiência pode ser entendido como um princípio de gestão de recursos, onde se toma como medida a relação entre esforço e resultado. Para o autor, *“quanto menor o esforço necessário para produzir um resultado, mais eficiente é o processo. A antítese da eficiência é o desperdício”* (MAXIMIANO, 2000, p. 115).

Em outras palavras, eficiência se refere à capacidade de atingir os objetivos e metas previamente determinadas usando menos recursos em um tempo mínimo. Desta forma os objetivos podem ser alcançados de uma maneira otimizada (CONCEITO.DE/EFICIÊNCIA). Conhecido o conceito de eficiência, observa-se que as formas de analisar a eficiência se baseiam em dois critérios específicos: produtividade e qualidade (MAXIMIANO, 2000).

A produção, contudo, considera o uso de energia como fator crítico de desempenho (RONCAGLIO et al, 2012). Neste sentido, cabe observar a questão da energia em sua relação de produção e consumo. Antes de explorar esta relação, contudo, é preciso conhecer o conceito de fonte de energia e como elas diferenciam entre si.

De acordo com Jannuzzi e Swisher (1997), o sistema energético é formado por várias atividades divididas em três níveis: Produção e conversão de fontes em energia (vetor), armazenamento e distribuição e por fim o consumo final. Todos estes níveis são compostos por atividades cujo objetivo é extrair energia das fontes e entrega-la para o consumo.

Jannuzzi e Swisher (1997) afirmam, ainda, que fontes de energia são as formas como ela se apresenta na natureza. Com relação ao consumo a energia pode ser usada em máquinas, lâmpadas e transporte de bens e pessoas. As fontes são classificadas em dois tipos, porém esta classificação não é simples, gerando algumas dúvidas como veremos a seguir.

As fontes de energia se apresentam de dois tipos, fontes renováveis ou não renováveis ou ainda primárias ou secundárias. O tipo renovável possui origem natural e precisa ser convertida em vetor antes de ser consumida, como a eletricidade e a gasolina. O setor energético pode ser considerado como a parte da economia do país que realiza essa conversão de energia (Ibid).

Segundo Jannuzzi e Swisher (1997), nenhuma fonte é totalmente inesgotável. Porém as fontes renováveis são aquelas onde seu consumo não gera alterações consideráveis no seu potencial e ainda possui reposição quase certa em curto prazo. Um exemplo de fonte renovável é a energia solar obtida a partir de reações de fusão nuclear. Em sequência é encontrada a definição para fontes não-renováveis.

De forma semelhante, se uma fonte de energia possui reposição natural com duração de séculos ou milênios, é considerada fonte não renovável. Como exemplo para este tipo de fonte pode-se citar o petróleo, cuja reposição artificial é considerada inviável (Ibid).

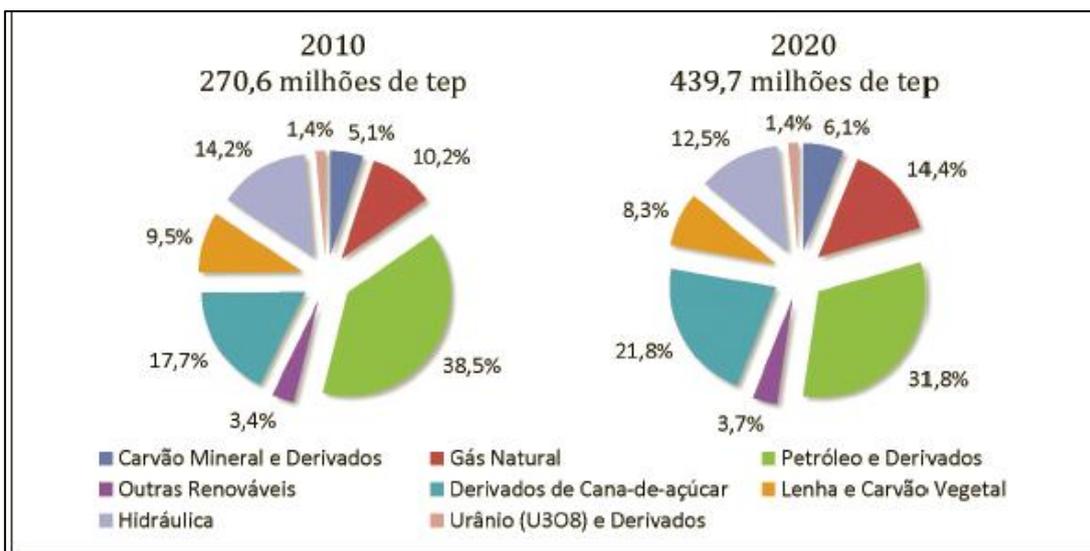
Com relação à produção e consumo de energia no Brasil, as principais fontes de energia são: hidráulica, eólica e outras. Baseado no balanço energético nacional de 2015, a produção de energia no Brasil apresentou um aumento de 3,4% em 2014, atingindo 590,5 TWh. A matriz elétrica brasileira é de origem renovável e a geração hidráulica de energia sofreu uma queda de 4,5% em relação a 2013, mas ainda se mantém como fonte principal de energia, chegando a 65,2% da oferta brasileira (TOLMASQUIM, 2016).

Apesar de a matriz energética ser predominantemente hidráulica, detendo 81% do total, Tolmasquim (2012) afirma que atualmente já estão incluídas na matriz

fontes eólicas, etanol, biomassa e outras. A previsão é que em 10 anos, estas fontes tenham uma participação ainda maior na matriz. A seguir veremos como esta participação pode ser representada em termos de números.

De acordo com Tolmasquim (2012), o plano decenal de expansão de energia (PDE 2020) desenvolvido pela empresa de pesquisa energética (EPE), possui previsões para outras fontes renováveis. Estas fontes terão em 2020 46,3% de participação contra os 44,8% em 2010 e assim o Brasil terá a matriz mais limpa. O gráfico 1 mostra as participações de várias fontes renováveis.

Gráfico 1 - Evolução da oferta interna de energia.



Fonte: Tolmasquim (2012, p. 250).

Tolmasquim (2012) afirma que existe uma tendência de diminuição da participação da hidroeletricidade na matriz do país. Da mesma maneira, o petróleo e seus derivados, apesar de um aumento na produção, em alguns anos também terá sua parcela reduzida. No entanto fontes como o etanol e derivados da cana de açúcar serão mais participativos na matriz. Estas estimativas são muito importantes para a demanda futura de energia como veremos a seguir.

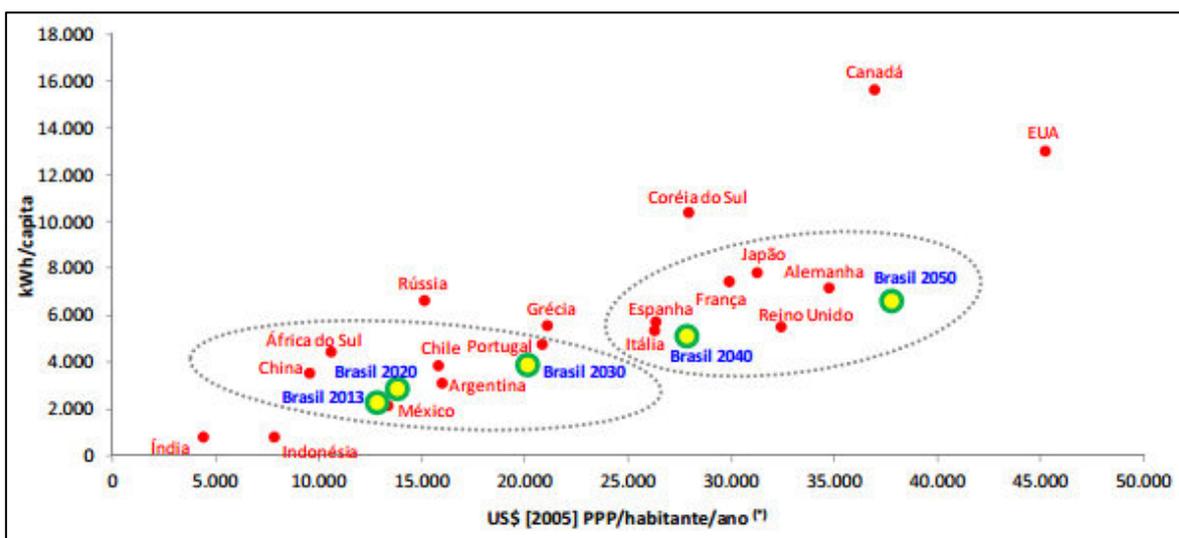
Uma estimativa para a demanda de energia no Brasil é que em dez anos aumente 5,3% ao ano, resultando em 372 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) em 2020. Neste mesmo ano a estimativa do consumo de energia chega a 61% maior que em 2010. A responsabilidade deste consumo deverá ser da indústria e dos transportes, com aproximadamente 67% do consumo total (Ibid).

Ainda com relação à responsabilidade da indústria no consumo de energia. Afirma-se que o setor terá 138 TWh de um total de crescimento de 277 TWh no consumo. Além da indústria, o setor residencial também possui previsões de aumento. Tolmasquim (2012) menciona que ainda em 2017, o setor atingirá novamente o nível de consumo médio de 1998.

Segundo Tolmasquim (2016), o Brasil deverá enfrentar em um futuro distante o problema de incluir 30 milhões de habitantes e 35 milhões a mais de residências. O PNE 2050 estima que o aumento da renda per capita da população brasileira deve se aproximar aos de países como Alemanha e Holanda. Estes fatos afetarão o consumo de bens e serviços, apresentando uma evolução ao longo do tempo.

É importante frisar que o consumo brasileiro per capita de energia elétrica atualmente é reduzido em comparação a outros países. Existem países que já contam com níveis aproximados de consumo per capita aos previstos em 2050 para o Brasil. O gráfico 2, a seguir, mostra bem a comparação de renda per capita brasileiro com outros países.

Gráfico 2 - Consumo per capita de eletricidade: trajetória brasileira estimada no longo prazo e comparação internacional.



Fonte: Tolmasquim (2016, p. 185).

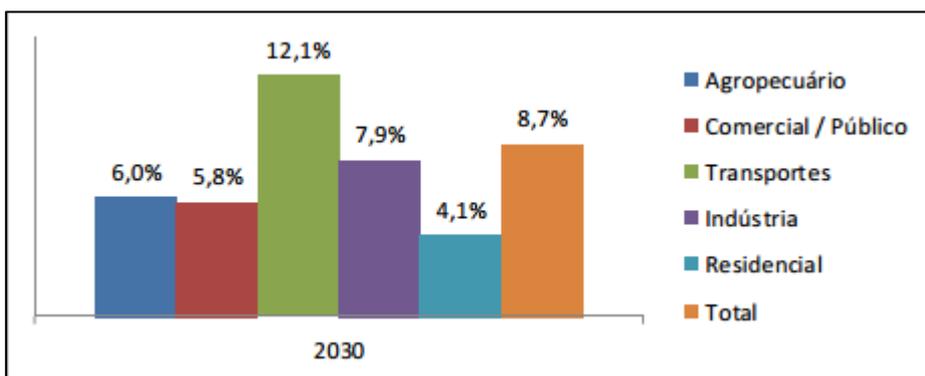
Conhecidos o conceito de eficiência e os panoramas atuais e futuros do setor energético brasileiro, a seguir será apresentada uma síntese destes conceitos (eficiência energética). Será conhecido também a importância da E.E para a sociedade.

De acordo com Tolmasquim (2016) a eficiência energética (E.E) vem sendo buscada á alguns anos com uma motivação adicional. Aliada aos custos elevados de energia fóssil, as mudanças climáticas resultantes do aquecimento global são atribuídas em parcela significativa, à produção e consumo de energia. Estas mudanças no clima trouxeram uma nova justificativa para a EE.

Esta nova motivação é aplicada mesmo em países com uma matriz energética predominantemente renovável, como é o caso do Brasil. É importante frisar que a E.E contribui com aproximadamente 50% de redução dos gases do efeito estufa, segundo um estudo publicado pela Agência Internacional de Energia (IEA 2013). A E.E pode também influenciar a demanda de energia em longo prazo, apresentada no tópico anterior (TOLMASQUIM, 2016).

Segundo Tolmasquim (2016), o Plano Nacional de Energia (PNE 2030) destaca a importância da eficiência energética no planejamento nacional de energia. O PNE ainda apresenta de forma inédita e integrada, as metas de eficiência para o país em longo prazo. Estas metas são encontradas no gráfico 3 a seguir.

Gráfico 3 - Ganhos de eficiência energética total do PNE 2030.



Fonte: Tolmasquim (2016, p. 176).

Em um longo prazo, a estimativa é que a E.E contribua com até 18% da demanda total de energia e aproximadamente 17% da demanda elétrica. Sendo assim, as ações nesta área poderão contribuir para reduzir a demanda em 118,6 milhões de toneladas equivalente de petróleo em 2050. O quadro 1 a seguir, apresenta as metas de eficiência atingidas em cada setor de consumo.

Quadro 1 - Consumo de energia e eficiência.

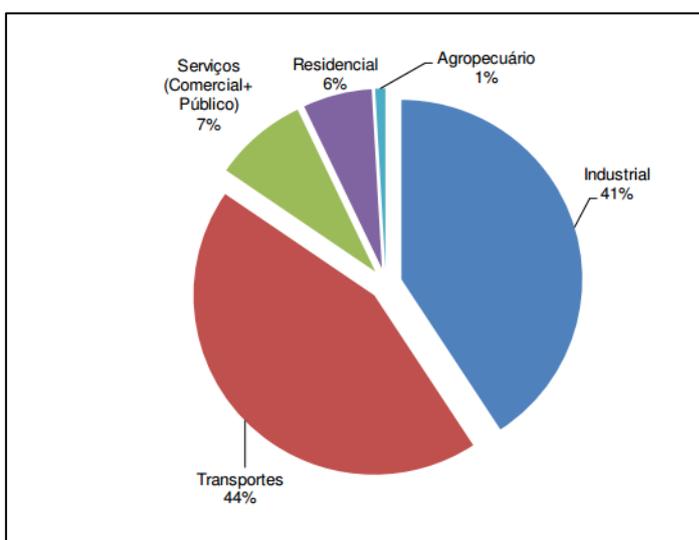
Consumo (10 ³ tep) ¹	2020	2030	2040	2050
Consumo potencial sem conservação	300.521	430.379	550.019	655.075
Energia conservada	9.726	36.432	76.679	118.660
Energia conservada (%)	3,2%	8%	13,2%	18%
Consumo final, considerando conservação	290.795	393.947	485.262	536.415
Emissões Evitadas com a Eficiência MtCO ₂ ⁽²⁾	10	28	55	81

Nota: ⁽¹⁾ Corresponde ao consumo total de eletricidade em todos os setores somado ao consumo de combustíveis em todos os setores, exceto o residencial.
⁽²⁾ Corresponde a energia conservada total (eletricidade e combustíveis) em todos os setores. No cálculo das emissões evitadas para o Setor de Transportes, foi considerada a redução de emissões devido ao aumento de eficiência energética em veículos leves Ciclo Otto e transporte de cargas. Não foi contemplada a eficiência sistêmica (mudança de modal) nesse cálculo.

Fonte: Tolmasquim (2016, p. 180).

De acordo com Tolmasquim (2016), veremos quais setores mais contribuíram para estes ganhos de E.E. O setor de transportes contribui com até 44% enquanto que a indústria possui 41% de contribuição. Estima-se que em 2050, o setor industrial atinja mais de 115 TWh, ou seja 7% do consumo de energia previsto para este mesmo ano (gráfico 4).

Gráfico 4 - Contribuição setorial aos ganhos de eficiência energética no horizonte de longo prazo em 2050.



Fonte: Tolmasquim (2016, p. 181).

Ainda com relação ao setor industrial, pode-se comparar a economia de energia do setor com a geração evitada. Esta economia é superior à geração de uma usina hidrelétrica em um ano com aproximadamente 24.000 MW, representando 22% da energia consumida em 2014. A seguir são apresentados outros ganhos equivalentes à economia de energia (TOLMASQUIM, 2016).

Segundo Tolmasquim (2016), para o PNE 2050, a economia de energia pode ser comparada simultaneamente a evitar um consumo de 90% de gás natural no setor da indústria. Também equivale a evitar uma nova usina hidrelétrica com capacidade de 80 GW (seis usinas de Itaipu) e o consumo de 15 bilhões de litros de etanol nos transportes.

Um uso eficiente da energia é um objetivo, no qual se deseja de uma maneira correta, conciliar os custos de investimento e os custos operacionais. Portanto, promover a eficiência energética, nada mais é que a aplicação de conceitos econômicos e de engenharia.

De uma maneira conclusiva, afirma-se que antes de alcançar a eficiência, é necessário conhecer a realidade energética, definir prioridades, elaborar planos de redução e acompanhar os resultados. As duas primeiras etapas correspondem a uma auditoria energética, cuja função é quantificar os fluxos energéticos no processo de produção de serviços e bens.

As etapas exemplificadas acima não levam diretamente à eficiência, são apenas os primeiros passos nesta direção e necessitam de outras ações devidamente planejadas, com metas bem definidas e um acompanhamento, de preferência de um programa de eficiência energética.

2.1.2 Panorama Histórico da Eficiência Energética

Este tópico tem como objetivo apresentar uma linha do tempo para E.E. Neste contexto serão apresentadas em que época surgiu às primeiras discussões sobre este tema e as causas destas discussões. Por fim, serão apresentadas as primeiras leis, consideradas como marcos na questão da eficiência energética.

Viana et al (2012) afirma que o decreto N° 20.466 de 01 Outubro de 1931 é considerado como uma das primeiras leis na área da E.E. Este decreto estabeleceu o horário de verão brasileiro em todo o território nacional, no período de 11h de 03

de Novembro de 1931 até às 24 horas de 31 de Março de 1932. Alguns anos mais tarde em 1957, o decreto nº 41.019, regulamentava os serviços de energia.

Segundo Tolmasquim (2016), as discussões a respeito da eficiência no setor energético se acentuaram na década de 70. Devido aos elevados preços do petróleo, perceberam-se os custos crescentes da utilização de reservas fósseis. Desta maneira, ficou clara a necessidade de redução dos gastos de energia na obtenção de serviços.

De acordo com Brasil (2011), em 1981 surgiu o programa CONSERVE que tinha como objetivo a conservação de energia no setor da indústria e criação de produtos mais eficientes energeticamente. Este programa também visava a substituição do óleo usado como combustível na indústria, em especial na siderúrgica e também nas indústrias de cimento e papel.

Em abril de 1982, foram aprovadas diretrizes para o programa de mobilização energética (PME), através de outro decreto. Estas diretrizes visavam à substituição do petróleo e seus derivados e ainda a conservação de energia, que era a prioridade do PME. Baseado nestes fatos afirma-se que o programa tinha como objetivo o uso racional da energia (Ibid).

Dois anos mais tarde em 1984, o Instituto Brasileiro de Metrologia, Normalização e Qualidade (Inmetro) criou um programa para conservação de energia em eletrodomésticos. Visando uma redução no consumo de energia em condicionadores de ar e refrigeradores domésticos. Na década de 90 este programa foi renomeado como veremos a seguir. (BRASIL, 2011).

Segundo Brasil (2011), em 1992 o programa de conservação de energia em eletrodomésticos evoluiu para o Programa Brasileiro de Etiquetagem. Preservando os seus objetivos iniciais e adicionando diretrizes de segurança, o programa estabeleceu valores mínimos para a eficiência energética.

De acordo com Brasil (2011), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), foi criado em 1985. O PROCEL tem como função coordenar ações que visavam à conservação de energia no país. Cinco anos mais tarde, outro decreto foi criado na tentativa de evitar o desperdício de energia no Brasil.

Em 1990, foi criada a Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), através do decreto Nº 99.656. O objetivo desta comissão era elaborar, implantar e

acompanhar as metas do Programa de Conservação de Energia. Com este decreto, foi recomendado aos estabelecimentos públicos apresentar um consumo anual de energia maior que 600.000 kWh (Ibid).

No ano seguinte, em 91, foi criado o CONPET (Programa Nacional da Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural). Através deste programa, as funções do PROCEL foram revisadas e ambos visam à racionalização no uso de energia. Segundo a sua legislação, ficou sob a responsabilidade da Petrobras o fornecimento de recursos financeiros e técnicos ao CONPET (BRASIL, 2011).

Brasil (2011) afirma que em 8 de Dezembro de 1993, um decreto estabeleceu o Selo Verde de Eficiência Energética. Este decreto tem como objetivo, apontar os equipamentos com bons níveis de eficiência. Neste mesmo ano foi criado o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, no intuito de reconhecer ações em favor do uso racional de energia.

De acordo com Brasil (2011), em 26 de Dezembro de 1996, a Agência Nacional de Energia Elétrica foi criada através da lei N° 9.427. Outro decreto definiu no ano seguinte o regulamento e as diretrizes da ANEEL, além de sua estrutura. Ainda em 1997, foi criada outra lei na tentativa de proteger o meio ambiente e conservar a energia.

Esta lei - N° 9.478/1997 (Lei do Petróleo) – determina que as ações para o uso racional de fontes energéticas, são consideradas princípios da Política Nacional de Energia. A lei do petróleo cria a Agência Nacional de Petróleo (ANP) e coloca sob sua responsabilidade o cumprimento do uso racional do petróleo e gás natural e proteção do meio ambiente. A seguir veremos as causas para o surgimento de um marco na área da E.E (Ibid).

De acordo com o jornal o globo (2013), uma combinação de problemas no setor de energia do país, resultou em uma crise energética em 2001. A falta de investimentos no setor de energia aliada à falta de chuvas na época diminuíram os níveis dos reservatórios de reservatórios de água. Por esse motivo a produção de energia necessária ao atendimento da demanda de energia foi afetada.

Em maio de 2001, o governo federal implantou o maior racionamento de energia da história do país. Determinadas à princípio para as regiões sudeste, nordeste e centro-oeste, as medidas como cortes na iluminação pública, proibição

do uso de energia em monumentos, shows, exposições e eventos após as 18hs, fizeram parte da política de racionamento do governo (O GLOBO, 2013).

Desta maneira, em 17 de Outubro de 2001, foi criada a lei N° 10.295 (Lei da Eficiência Energética), considerada um marco na área. Assim como a lei do petróleo de 97, esta lei também visa à preservação do meio ambiente e a racionalização no uso da energia. Através desta lei, ficou determinado que o poder executivo devesse estabelecer valores mínimos de E.E para aparelhos e máquinas de fabricação brasileira (BRASIL, 2011).

Ainda com relação à lei N° 10.295, ficou estabelecido que a partir dos níveis mínimos para máquinas, um programa de metas deveria ser criado. Estas metas seriam um meio de medir a evolução da eficiência e ainda uma obrigação para os fabricantes das máquinas de obedecer aos valores mínimos de eficiência estipulados. Além disso, o atendimento aos valores mínimos devia ser comprovado pelos importadores (Ibid).

Segundo VIANA et al (2012), em 15 de Março de 2004, foi criada a Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Com a função de realizar estudos para o planejamento do setor energético, como a eficiência energética, gás natural, petróleo, fontes renováveis e outros. De posse destes estudos, fica a cargo da EPE, realizar previsões sobre a matriz energética brasileira, através do Balanço Energético Nacional (BEN).

2.1.3 Ineficiência Energética

Este tópico tem como finalidade apresentar resumidamente os problemas atuais que geram a ineficiência energética. Estes problemas são considerados como obstáculos na busca pela eficiência no setor de energia. Leva-se em conta, ainda, as consequências que tais problemas levam para a sociedade e o país.

De acordo com Cecílio (2017), a ineficiência energética tem origem na falta de investimentos do governo no setor e na quantidade demasiada de tributos e encargos sociais. No setor de energia do Brasil, atuam 23 tributos (ICMS, PIS, Confins entre outros) e no mínimo 13 encargos. Além destes tributos, também incide no setor um imposto que não é usado para o seu fim, como veremos a seguir.

Em 1957, foi elaborada a RGR – Reserva Global de Reversão, considerado um fundo com função de indenizar eventualmente as concessionárias de energia.

Entretanto esse imposto foi usado muitas vezes para outros fins, por esse motivo a indenização a ser paga às transmissoras de energia chega a R\$ 62,2 bilhões. (CECÍLIO, 2017).

No ano de 2012, o governo brasileiro estabeleceu reduções em tarifas para os setores residencial e industrial. Tais reduções contavam com descontos que variaram de 16,2% a 28%. Com isso, o governo renovou as concessões vencidas das usinas distribuidoras, nos anos seguintes, trazendo consequências para o consumidor (CECÍLIO, 2017).

A partir da renovação das concessões das usinas, as concessionárias receberam 70% a menos de remuneração. Esta conta acabou por recair sobre os consumidores, devido à incapacidade do governo de arcar com esse problema. Portanto uma das consequências gerada pela ineficiência do setor é a alta tarifa paga pelos consumidores, entre as mais caras do mundo.

2.2 CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA

Há vários anos, normas e certificações, vem sendo criadas em diversos países no intuito de melhorar a eficiência energética nos edifícios e promover a sustentabilidade. Como exemplo destas certificações destaca-se as certificações energéticas, cujo objetivo é classificar os projetos e edificações quanto à eficiência, certificando assim, que possuem ações sustentáveis.

As certificações já foram adotadas por vários países no mundo entre eles o México. O país classifica seus edifícios baseada em uma edificação de referência, analisada em um clima entre a primavera e o verão. Segundo a norma mexicana, para ser considerado eficiente, o edifício deve ser superior à edificação de referência.

Nos Estados Unidos, a classificação dos edifícios varia de acordo com o estado. A Standart 90.1 é utilizada por 43 estados, 2 classificam suas edificações de acordo com o Model Energy Code e alguns criaram seus próprios regulamentos, como a Califórnia, que utiliza o Title 24. De maneira análoga, a Austrália possui regulamentos com poucas diferenças de acordo com a cidade ou região.

Portugal, por sua vez, possui dois programas na área de eficiência, o RCCTE que estuda o comportamento térmico de projetos residenciais, de pequeno porte e

sem climatização e o RSECE que pode ser aplicado em projetos e na fase de uso e em edificações climatizadas.

De acordo com (CARLO, 2008) as normas energéticas possuem abordagens prescritivas e de desempenho. A forma prescritiva define limites ou soluções visando o atendimento da norma, enquanto que a abordagem de desempenho estuda as trocas de calor na envoltória e verifica o desempenho geral da edificação. As normas não garantem um edifício eficiente, apenas definem parâmetros mínimos de eficiência, evitando assim a construção de edificações ineficientes.

2.2.1 Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações

Desenvolvido a princípio para o setor automotivo, a partir da crise do petróleo, este programa evoluiu e só então passou a ser chamado de Programa Brasileiro de Etiquetagem. Sob a responsabilidade do INMETRO, o PBE tem como função fornecer informações aos consumidores, influenciando as decisões de aquisição de determinados produtos. Em conformidade com as metas do Plano Nacional de Energia 2030 e do PBEf, este programa ainda incentiva a evolução dos produtos e da mesma forma, permite a classificação de edificações.

O PBE possui 38 programas de avaliação, coordenados pela Petrobrás e Eletrobrás, que englobam desde a etiquetagem de produtos como fogões até veículos e edifícios.

Com relação aos edifícios, o programa classifica as edificações residenciais e comerciais de forma diferenciada. As residências são classificadas de acordo com os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R) e os edifícios comerciais segundo os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

O RTQ-R inicialmente diferencia as residências em edificações unifamiliares, multifamiliares, unidades autônomas e áreas de uso comum de edificações multifamiliares ou condomínios residenciais, apresentando procedimentos de avaliação da eficiência para cada tipo de residência.

Em todos os tipos de residências, este regulamento analisa o desempenho térmico da envoltória e o sistema de aquecimento de água. No caso da envoltória, o

desempenho é avaliado no inverno e no verão de acordo com a zona bioclimática e a região geográfica. Esta avaliação tem como resultado um equivalente numérico.

Para o sistema de aquecimento de água, a avaliação descrita no regulamento resulta em um peso do sistema, que também é influenciado pela região geográfica. O peso varia entre 35% nas regiões sul, sudeste e centro oeste, 10% nos estados do nordeste e apenas 5% para a região norte.

Nas unidades habitacionais autônomas e residências unifamiliares, o RTQ-R estabelece dois métodos para a avaliação da envoltória, o método prescritivo e de simulação. No método prescritivo o resultado da análise da envoltória é representado por um equivalente numérico, que depende do tipo de ventilação e da zona bioclimática. Enquanto que no método de simulação, a envoltória é analisada com uso de simulação computacional, nas condições de edifício com ventilação natural e com condicionamento de ar.

O presente regulamento analisa áreas de uso comum em edificações multifamiliares e em condomínios residenciais, de acordo com seu uso, eventual ou frequente. No caso de áreas de uso frequente, o regulamento avalia a iluminação artificial, elevadores e bombas centrífugas, já em áreas eventualmente usadas, o procedimento de análise é aplicado nos sistemas de iluminação, de aquecimento de água, e em equipamentos como condicionadores de ar e eletrodomésticos.

Além da análise da envoltória e do sistema de aquecimento de água, o RTQ-R ainda considera a existência de bonificações, que podem melhorar em até 1 ponto a classificação final da edificação. O site do PBE edifica define como bonificação, ações que aumentem a eficiência da edificação. A figura 1 a seguir, apresenta uma etiqueta para edificações residenciais.

Figura 1 - Etiqueta de projeto de uma área de uso comum residencial.



Fonte: <http://www.pbeedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas/residencial>

Já o RTQ-C classifica os edifícios comerciais, de serviço e públicos, sendo eles condicionados, parcialmente condicionados ou ainda não condicionados. Assim como no regulamento para residências, é analisado o desempenho da envoltória, do sistema de iluminação e de condicionamento de ar. Individualmente, os sistemas possuem níveis de eficiência que variam do A (mais eficiente) até o E (menos eficiente). Para a envoltória, a avaliação é realizada considerando a edificação completa, enquanto que os sistemas de iluminação e de condicionamento de ar podem ser classificados parcialmente.

No presente regulamento, a avaliação também é realizada pelos métodos prescritivos e de simulação. No desenvolvimento do método prescritivo foi utilizado o método estatístico de regressão múltipla, com base em resultados de consumos de várias edificações comerciais, obtidos através de simulação computacional. O método prescritivo, que é um método simplificado é considerado uma forma mais rápida de avaliação do desempenho de uma edificação, porém pode conter incertezas em seus resultados, comprometendo a certificação do edifício (MELO 2012).

Os dois regulamentos diferem entre si pela forma de avaliação. O RTQ-C avalia a edificação como um todo, já no RTQ-R cada unidade habitacional é avaliada individualmente.

Realizada a avaliação dos sistemas, a edificação recebe uma classificação geral, baseada na pontuação final obtida. Esta classificação é representada pela

Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) e varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

Figura 2- Etiqueta de projeto de uma edificação comercial.



Fonte: <http://sustentarqui.com.br>.

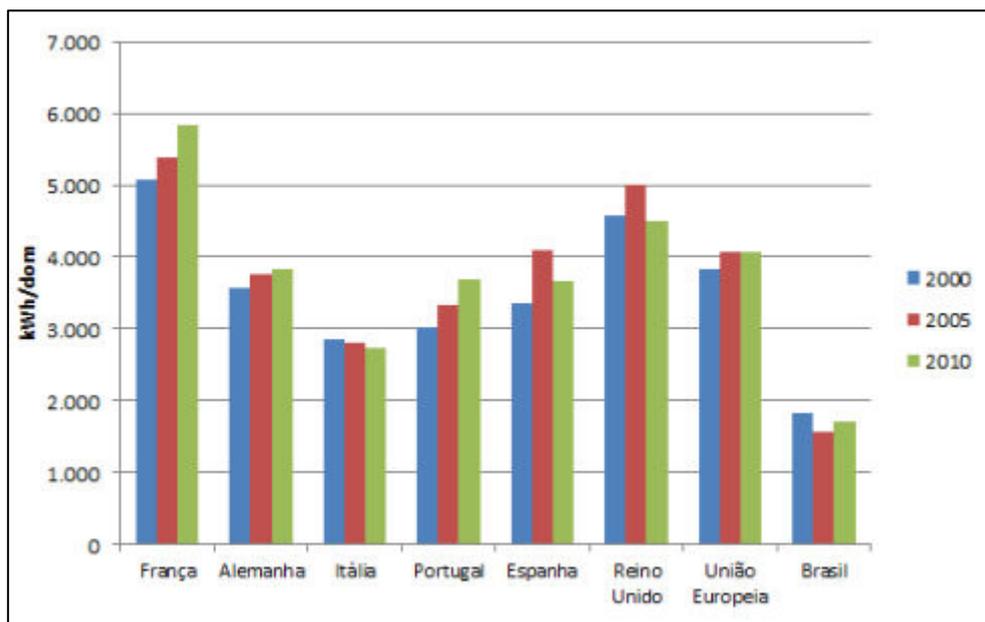
Esta etiqueta é uma forma de apresentar ao consumidor informações técnicas sobre a edificação como a classificação da envoltória, dos sistemas de condicionamento de ar e certificar o atendimento dos requisitos de desempenho definidos pelas normas e regulamentos. Exemplo de etiqueta para edifícios comerciais é encontrado na figura 2.

2.3 EDIFICAÇÕES E A EFICIENCIA ENERGÉTICA

2.3.1 Setor Energético Residencial

Para Fedrigo, Gonçalves e Lucas (2009), o consumo de energia em residências está em função de vários hábitos e prioridades, que por sua vez, varia entre os diversos países do mundo. O gráfico 5 apresenta a variação da energia consumida média nas residências em diferentes países. Esta variabilidade com relação à energia consumida é atribuída a alguns fatores (tamanho da residência, o custo da energia, o consumidor, a eficiência dos aparelhos entre outros).

Gráfico 5 - Consumo específico por domicílio – comparação entre países.



Fonte: Tolmasquim (2016, p. 193).

Atualmente o setor residencial no Brasil detém cerca de 10% da demanda energética. Em um futuro distante, a crescente quantidade de residências, o uso de equipamentos consumidores de energia e a renda per capita dos consumidores, pode influenciar a demanda futura de energia, de acordo como foi explicado na parte de considerações iniciais de eficiência e energia (TOLMASQUIM, 2016).

De acordo com Barroso e Oliveira (2017), o consumo de energia nas residências aumentou de 11.821GWh (janeiro de 2016) para 11.966GWh em Janeiro deste ano, um crescimento de 145GWh. Com relação ao poder aquisitivo, os autores afirmam que a renda dos consumidores e os obstáculos do mercado de trabalho tem dificultado o crescimento do consumo neste setor. Em virtude disto, o consumo no mês de fevereiro parou em 160 GWh.

Em janeiro de 2017, na região sudeste do país, apenas São Paulo e Rio de Janeiro apresentaram aumento no consumo com (+3,3%) e (3,0%) respectivamente. Enquanto outros estados permaneceram estacionados com relação ao consumo, como é o caso do Espírito Santo (+0,2%), Minas Gerais por sua vez, registrou uma queda de 2,3% assim como Bahia (-3,7%), Ceará (-5,9%) e o DF (-6,8%) (BARROSO E OLIVEIRA, 2017).

Tolmasquim (2016) afirma que a disponibilidade de equipamentos no mercado atual cresce visando sempre a modernização de tais equipamentos,

realizando assim serviços de maior qualidade e conseqüentemente maior eficiência. Esta estimativa é baseada na lei de eficiência energética e nas ações do PBE, desta forma, a eficiência dos equipamentos presentes nas residências tende a aumentar em função de dois fatores: a reposição do equipamento no fim de sua vida útil e o aumento do número de residências.

No quadro 2 é apresentado o crescimento da eficiência em diferentes serviços consumidores de energia e os motivos que levam a este crescimento. Os serviços mostrados são um conjunto de equipamentos presentes nas residências. Desta maneira, é possível compreender melhor o aumento da eficiência no setor residencial (Ibid).

Quadro 2 - Aumento anual estimado de eficiência da tipologia de serviços energéticos aos consumidores residenciais.

Equipamento	Aumento anual de eficiência (%)	Fundamentação específica	Fundamentação geral
Climatização	0,90%	Aumento significativo de posse e uso, com redução da potência média por classe de consumo.	Tendência de aquisição de equipamentos com maior potência* Reposição tecnológica natural do estoque e ações dos fabricantes com melhorias de eficiência impulsionadas principalmente pelo PBE, PROCEL e Lei 10.295.
Entretenimento	1,10%	Aumento da posse e uso.	
Cocção	0,01%	Aumento da potência média devido à introdução de fogões elétricos, aumento da posse e do uso.	
Aquecimento de água	0,15%	Queda no número de habitantes por domicílio.	
Refrigeração	0,08%	Queda no número de freezers e aumento significativo da posse de geladeiras do tipo "duplex" e "side by side".	
Iluminação	0,16%	Substituição das lâmpadas incandescentes por fluorescentes e LEDs, aumento do número médio de lâmpadas por domicílio.	
Outros serviços do lar	0,30%	Aumento significativo de posse e uso.	

*Exceto lâmpadas e condicionadores de ar

Fonte: Tolmasquim (2016, p. 191).

Segundo Tolmasquim (2016), o crescimento da potência dos equipamentos não acompanha o aumento do consumo de energia dos serviços que por sua vez segue em busca de melhor qualidade do serviço (quadro 3). O autor estima que com aumento da renda dos consumidores e novidades tecnológicas, os equipamentos

simples sejam trocados por outros mais complexos (com oferta de melhor serviço de energia).

Quadro 3 - Ganho de eficiência estimado no setor residencial brasileiro (ano base 2013).

Serviço energético	2020	2030	2040	2050
Climatização	6,5%	15,7%	25,0%	34,3%
Entretenimento	7,5%	18,2%	28,8%	39,5%
Cocção	0,1%	0,2%	0,4%	0,5%
Aquecimento de água	1,1%	2,6%	4,1%	5,7%
Refrigeração	0,6%	1,4%	2,2%	3,0%
Outros serviços do lar	2,1%	5,1%	8,2%	11,2%
Iluminação	1,1%	2,7%	4,3%	5,8%

Notas: (1) Ganhos de eficiência computados a partir do ano base de 2013 e expressos como percentual de redução do consumo em cada ano.
(2) Os valores apresentados levam em conta o aumento da qualidade do serviço prestado nos segmentos.

Fonte: Tolmasquim (2016, p.192).

Para Tolmasquim (2016), o fato do Brasil, possuir uma quantidade enorme de pessoas de baixa renda e sem aquisição de equipamentos, não é suficiente para definir a mudança para equipamentos mais potentes como ineficiência energética. Desta forma, os diferentes ganhos de eficiência energética do quadro 6, supõe além do crescimento do número de residências, o atendimento da carência de equipamentos.

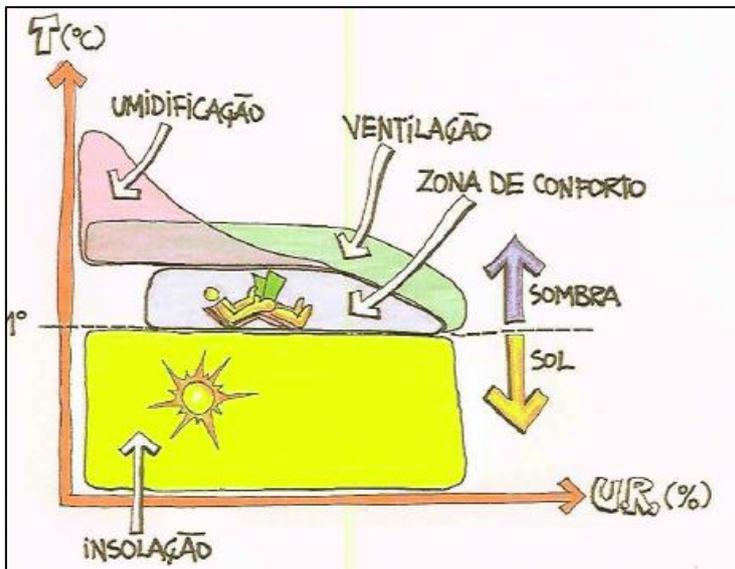
2.3.2 Zona Bioclimática e a E.E

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014), o termo “Bioclimático” tem origem nos estudos dos irmãos Olgay na década de 60. Desta forma surgiu o termo Projeto bioclimático, que possui como objetivo o conforto térmico do homem, através do uso de elementos adaptados ao clima. No gráfico 6 são encontradas a relação da arquitetura com o clima.

Lamberts, Dutra e Pereira (2014), afirma que Givoni percebeu algumas limitações na carta dos irmãos Olgay. Em virtude disso, em 1969, Givoni criou uma carta bioclimática com alterações, baseada na temperatura interna da edificação.

Desta maneira, a carta criada por Givoni aponta soluções arquitetônicas para uma melhor adaptação ao clima e foi considerada a mais adequada ao clima brasileiro.

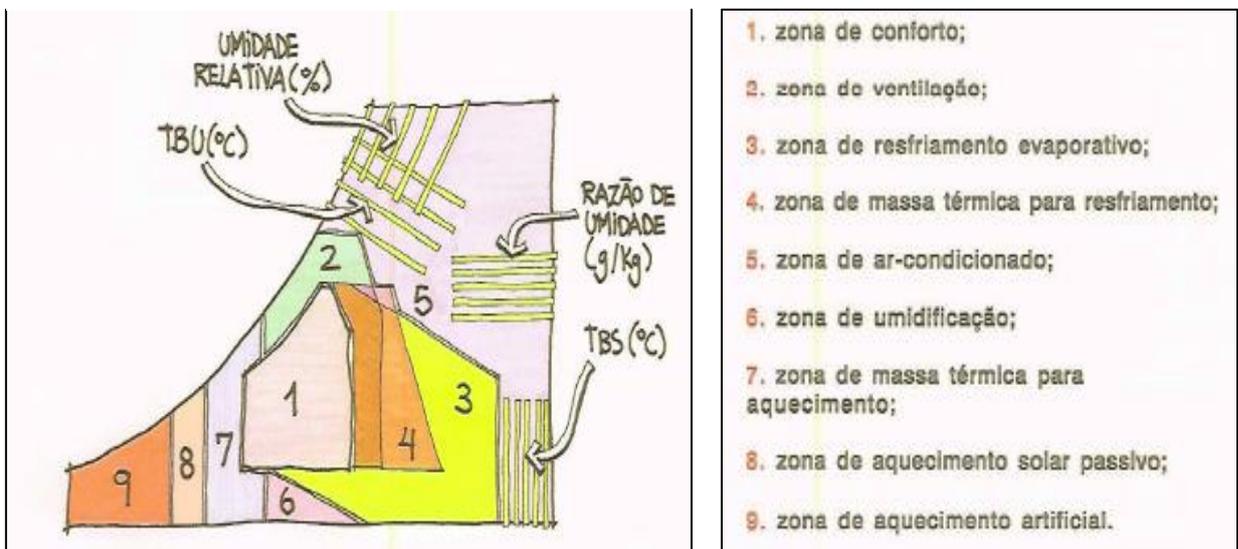
Gráfico 6 - Carta bioclimática de Olgyay.



Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2014).

O gráfico 7 abaixo representa uma carta bioclimática que mostra a relação entre a umidade relativa e a temperatura do ar. Com base nestas informações, os projetistas podem escolher a melhor estratégia bioclimática a ser empregada no projeto da edificação. Lamberts, Dutra e Pereira (2014)

Gráfico 7 - Carta bioclimática adotada para o Brasil..



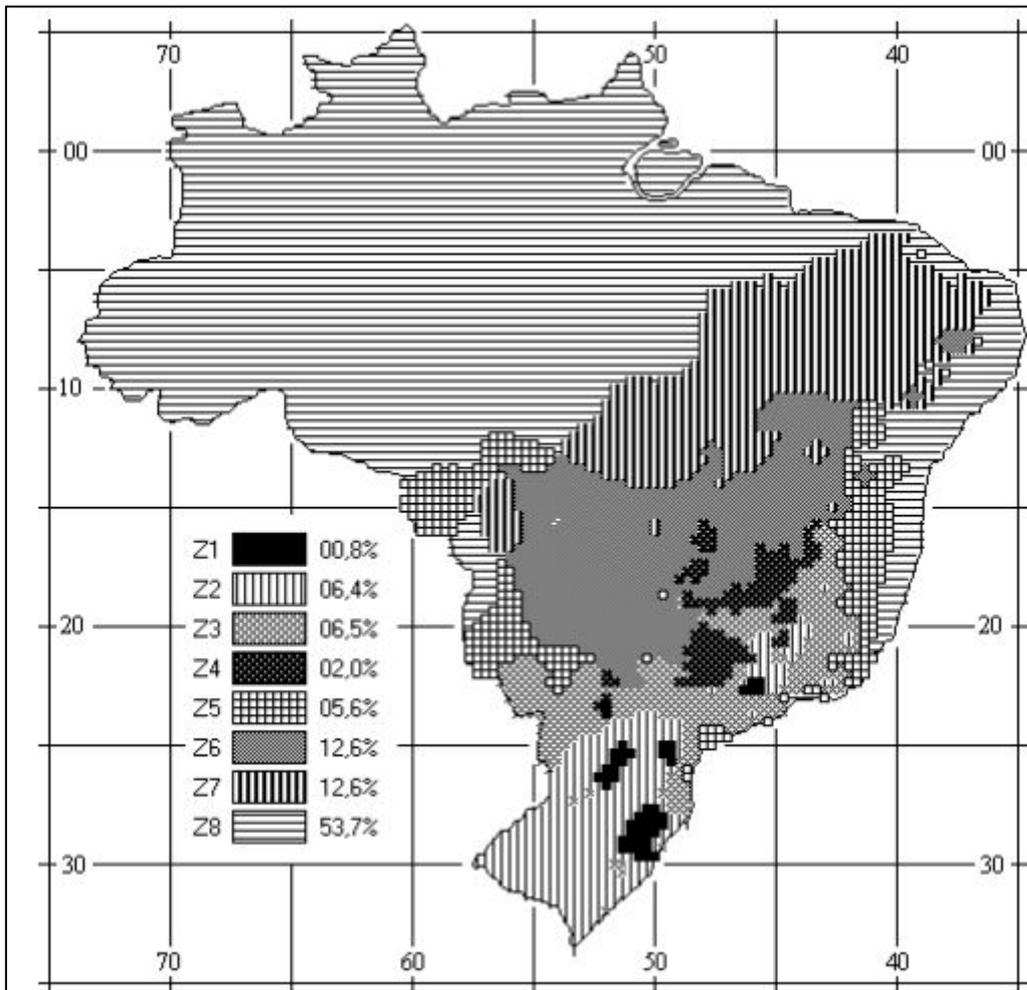
1. zona de conforto;
2. zona de ventilação;
3. zona de resfriamento evaporativo;
4. zona de massa térmica para resfriamento;
5. zona de ar-condicionado;
6. zona de umidificação;
7. zona de massa térmica para aquecimento;
8. zona de aquecimento solar passivo;
9. zona de aquecimento artificial.

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (1997, p. 105).

De acordo com a NBR 15220-3, o clima brasileiro é dividido em oito zonas bioclimáticas. Tais zonas são separadas com base em três fatores (médias mensais de temperaturas máximas, mínimas e a umidade relativa). Um total superior a 300 cidades tem seu clima dividido em zonas, contendo estratégias adequadas ao clima. Na figura 3, são encontradas as oito zonas.

A NBR 15220 apresenta para cada ZB, apresentada na figura 3, estratégias arquitetônicas a serem usadas na edificação. Entre estas estratégias encontram-se os tamanhos das aberturas para ventilação, tipos de paredes e coberturas entre outras. Serão apresentadas em detalhes as zonas consideradas nesta pesquisa.

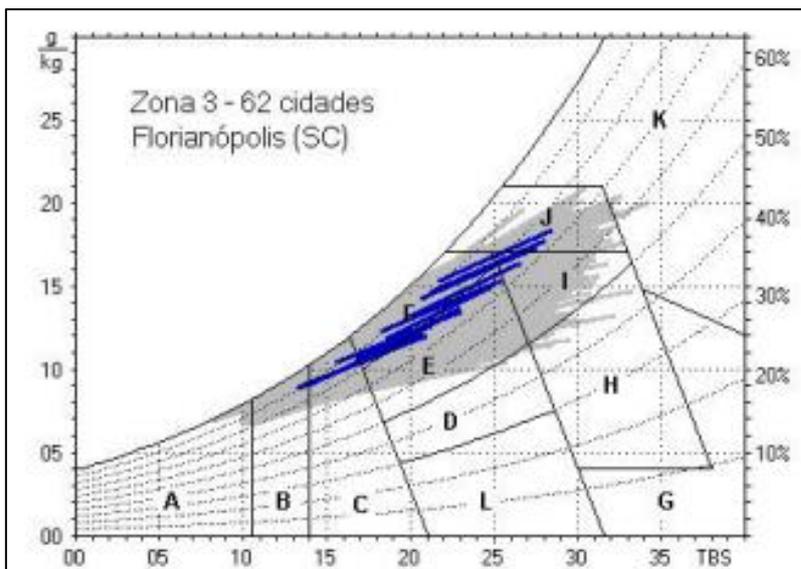
Figura 3 - Zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: NBR-15220-3 (2005, p. 03).

No presente trabalho foram consideradas apenas duas zonas bioclimáticas (3 e 8), localizadas respectivamente nas regiões sul/sudeste e norte/nordeste do Brasil, conforme pode ser visto na figura 3 acima. Na NBR 15220-3 são encontradas a carta bioclimática para a ZB 3 (gráfico 8).

Gráfico 8 - Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Florianópolis, SC.



Fonte: NBR15220-3 (2003, p. 05).

De acordo com a NBR15220-3, para a ZB 3 são apresentadas diretrizes construtivas relacionadas à ventilação, ao sombreamento das aberturas, às vedações externas e ainda ao condicionamento térmico. No quadro 4 a seguir nota-se as diretrizes para ventilação e sombreamento das aberturas.

Quadro 4 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 3.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o inverno

Fonte: Dados próprios.

Os quadros 5 e 6, são semelhantes aos encontrados na NBR15220-3, podem ser vistas as diretrizes recomendada pela norma com relação as vedações externas (paredes e coberturas) e ainda algumas estratégias para o condicionamento térmico no verão e inverno.

Quadro 5 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 3.

Vedações externas	
Parede	Leve refletora
Cobertura	Leve isolada

Fonte: Dados próprios.

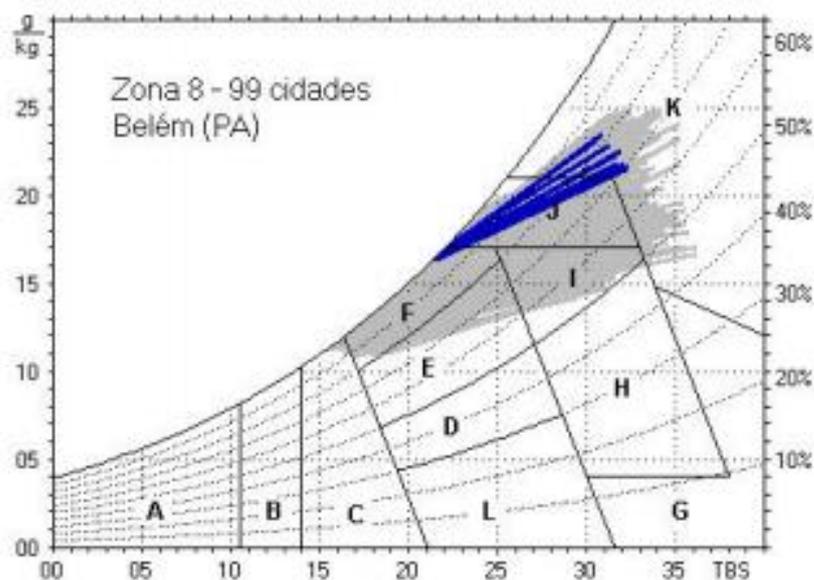
Quadro 6 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 3.

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação
	C) Vedações internas pesadas (inercia térmica)
Nota: Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil.	

Fonte: Dados próprios.

A NBR15220-3 também apresenta a carta bioclimática para a outra zona considerada neste trabalho (ZB8) e ainda as respectivas diretrizes para esta zona, considerando os mesmos fatores da ZB3 mostrados anteriormente. No gráfico 9 abaixo pode ser observada a carta para a ZB8.

Gráfico 9 - Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Belém, PA.



Fonte: NBR15220-3 (2003, p. 08).

Observando as duas cartas bioclimáticas apresentadas, nota-se que nas cidades da zona 8, as estratégias mais usadas são com relação a ventilação, correspondente na carta às áreas I e J e também refrigeração artificial (K). No quadro 7 é encontrado as estratégias para ventilação e sombreamento.

Quadro 7 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 8.

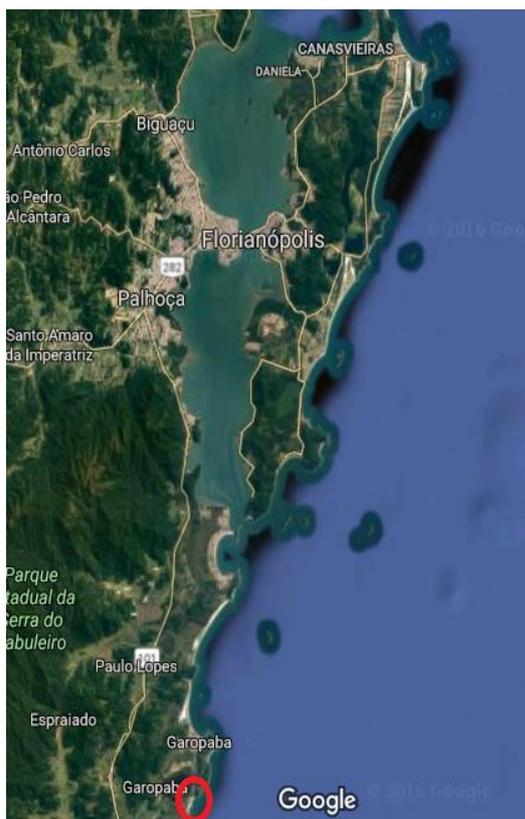
Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Grandes	Sombrear aberturas

Fonte: Dados próprios.

3 Edificação Estudada

O presente capítulo tem como objetivos apresentar a edificação a ser estudada neste trabalho e fornecer informações gerais e técnicas, como zona bioclimática, características dos materiais utilizados na construção, orientação, dados geográficos. O projeto da edificação em estudo foi disponibilizado pelo escritório de arquitetura Vez das Árvores Construções Ecológicas que concentra suas obras no município de Garopaba Santa Catarina, Praia da Barra, zona bioclimática 3 . A localização pode ser observada nas figuras 4 e 5.

Figura 4 - Localização.



Fonte: Google Maps.

Figura 5 – Localização.



Fonte: Google Maps.

A edificação consiste em uma residência unifamiliar de dois pavimentos com área total de 156,6 m². A Figura 6 representa uma perspectiva da residência.

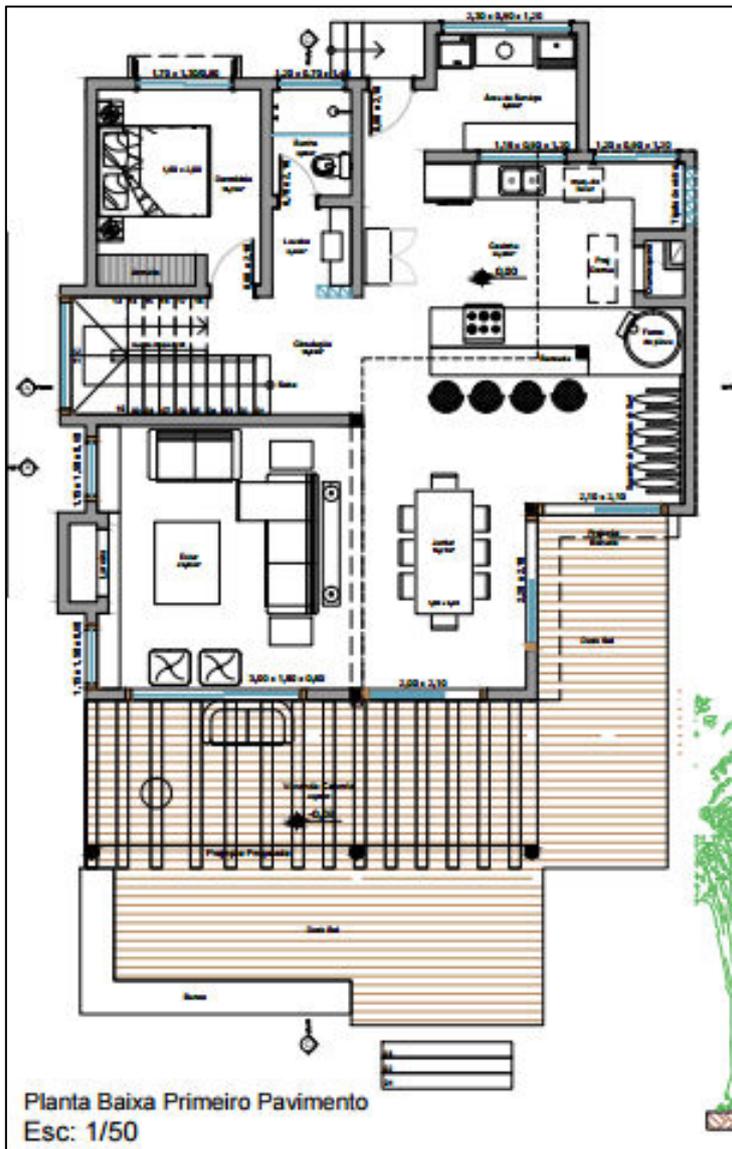
Figura 6 - Perspectiva.



Fonte: Vez das Árvores Construções Ecológicas.

O primeiro pavimento da residência é composto por sala de estar, sala de jantar, cozinha e circulação, com conceito aberto e área de 75,4 m². O ambiente possui quatro portas que dão acesso à residência e contribuem para a iluminação do ambiente. No pavimento térreo ainda constam quarto, banheiro, lavabo e lavanderia, que somam juntos 26,45 m². A Figura 8 abaixo representa a planta baixa do primeiro pavimento.

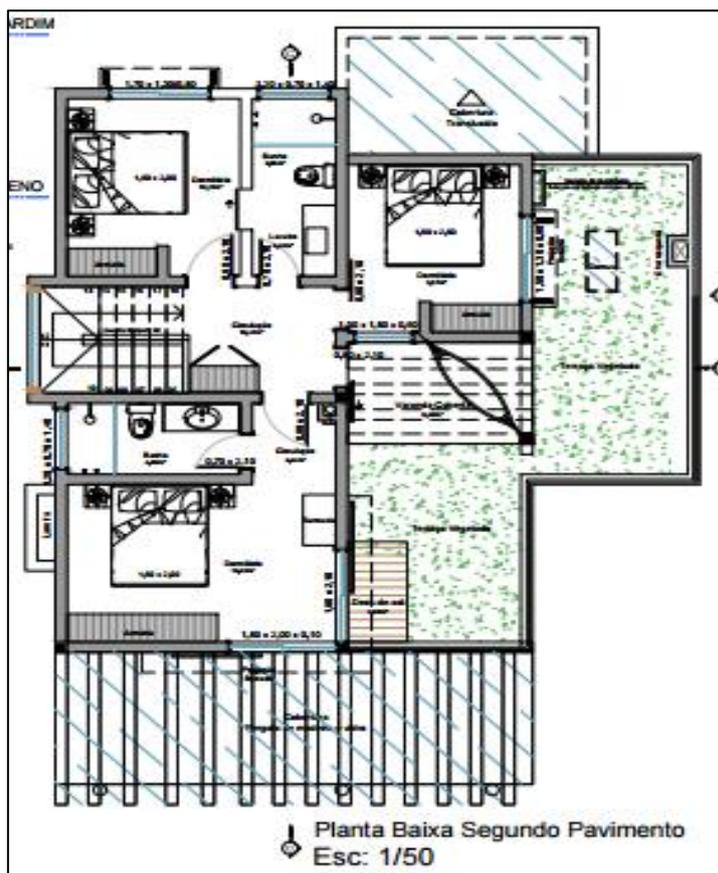
Figura 7 - Planta Baixa do pavimento térreo.



Fonte: Vez das Árvores Construções Ecológicas.

O pavimento superior da residência possui 3 dormitórios, 2 banheiros, num total de área interna 54,7 m². O pavimento ainda possui um deck de sol, uma varanda coberta de 6,2 m² e terraço vegetado. Na Figura 8 encontra-se a planta baixa do pavimento.

Figura 8 - Planta Baixa do pavimento superior.

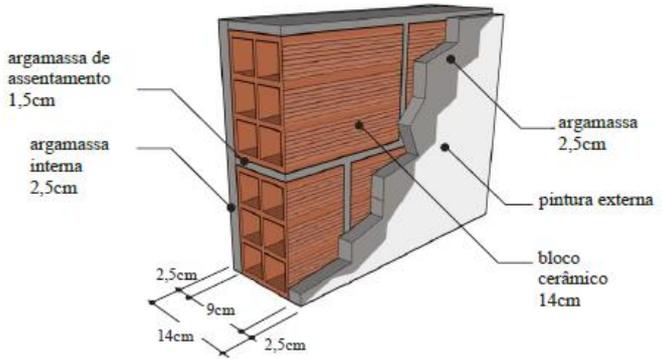


Fonte: Vez das Árvores Construções Ecológicas.

A envoltória da residência em estudo é composta por 3 diferentes coberturas, terraço vegetado, telha de fibrocimento com câmara de ar e laje com lajota cerâmica. As paredes foram construídas com tijolos de 6 furos com argamassa interna e externa de 2,5 cm e pintura externa. Com base nestas informações, utilizou-se o Anexo V do RAC para obter as características mais aproximadas da envoltória.

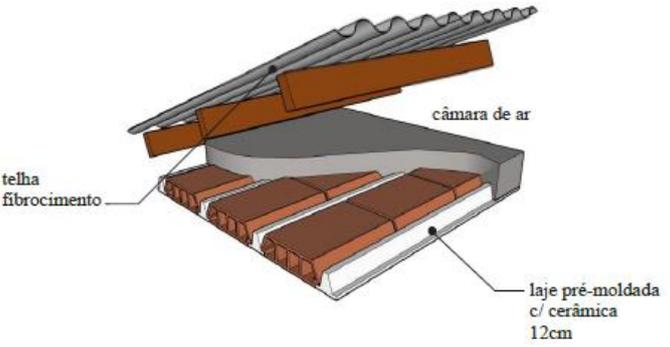
O anexo V do RAC apresenta diferentes composições de paredes e coberturas e valores para duas variáveis. Baseada em uma análise visual de todas as composições, escolhe-se as mais próximas da envoltória em estudo, a fim de obter os valores para transmitância e capacidade térmica. Estas variáveis são indispensáveis na avaliação da envoltória e na classificação final da residência.

Figura 9 - propriedades térmicas de paredes.

	Descrição:	9						
	Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,46</td> <td>150</td> </tr> </tbody> </table>	U	C_T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	2,46	150	
U	C_T							
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]							
2,46	150							

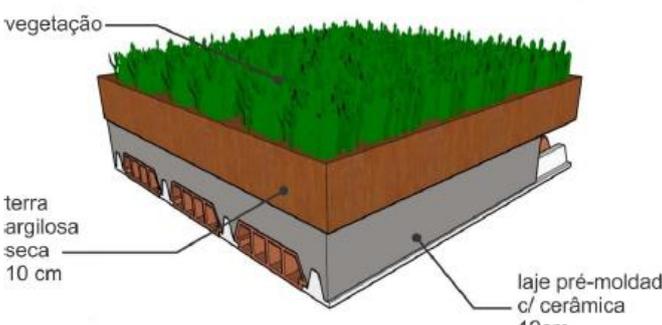
Fonte: Inmetro (2013).

Figura 10 - Propriedades térmicas de coberturas.

	Descrição:	10						
	Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha fibrocimento 0,8cm							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,79</td> <td>180</td> </tr> </tbody> </table>	U	C_T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	1,79	180	
U	C_T							
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]							
1,79	180							

Fonte: Inmetro (2013).

Figura 11 - Propriedades térmicas de coberturas.

	Descrição:	29						
	Telhado vegetado extensivo: Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm) Terra argilosa seca (10cm) Vegetação							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,88</td> <td>310</td> </tr> </tbody> </table>	U	C_T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	1,88	310	
U	C_T							
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]							
1,88	310							

Fonte: Inmetro (2013).

Figura 12 - Propriedades térmicas de coberturas.

<p>concreto (4cm) argamassa (1cm) cerâmica 7cm</p>	<p>Descrição:</p> <p>Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm) Sem telhamento</p>	2					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">2,95</td> <td style="text-align: center;">167</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	2,95	167
U	C _T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
2,95	167						

Fonte: Inmetro (2013).

As figuras 9, 10, 11 e 12 correspondem a algumas composições presentes no Anexo V do RAC encontrado no Inmetro. Tais figuras representam as paredes e coberturas da residência e os respectivos valores de transmitância (U) e capacidade térmica (C_t) integram a avaliação da envoltória e seus pré-requisitos. Além destas variáveis, o anexo ainda mostra valores de outra variável chamada absorvância.

Com relação a cores e absorvância, na figura 7, nota-se que a fachada da residência possui uma coloração bege. Durante a construção da edificação optaram por modificar a cor da fachada, por fim as paredes externas receberam um tom azul de absorvância 0,76. Para a cobertura de telha de fibrocimento e laje com lajota cerâmica, foi considerada, a cor concreto com α de 0,715. Por serem considerados valores altos, a absorvância terá uma influencia significativa na eficiência da residência.

Outra característica das paredes que pode ser observada na figura 7 é o uso de um revestimento de cor marrom. Conforme o processo ocorrido com a cor bege, os revestimentos foram retirados do projeto. No final da obra, a residência recebeu o mesmo tom azul que pode ser visto no quadro 8.

Quadro 8 - Revestimentos de paredes e coberturas.

Látex PVA Fosca	62		Amarelo Canário	25,2
	63		Areia	35,7
	64		Azul Profundo	76,0
	65		Branco Neve	16,2
	66		Branco Gelo	28,1
	67		Camurça	53,2
	68		Cerâmica	65,3
	69		Concreto	71,6
	70		Flamingo	44,4
	71		Marfim	24,5
	72		Palha	26,4
	73		Pérola	22,9
	74		Pêssego	29,8
	75		Preto	97,4
	76		Vanila	27,7
	77		Verde Musgo	79,8
	78		Vermelho Cardinal	63,3

Fonte: Inmetro (2013).

Os quadros 8 e 9 também fazem parte do anexo V do RAC e apresentam apenas alguns valores de absorvância para determinados tipos de tintas e suas cores. Fazendo uso do projeto arquitetônico outros dados foram avaliados, como será visto mais adiante.

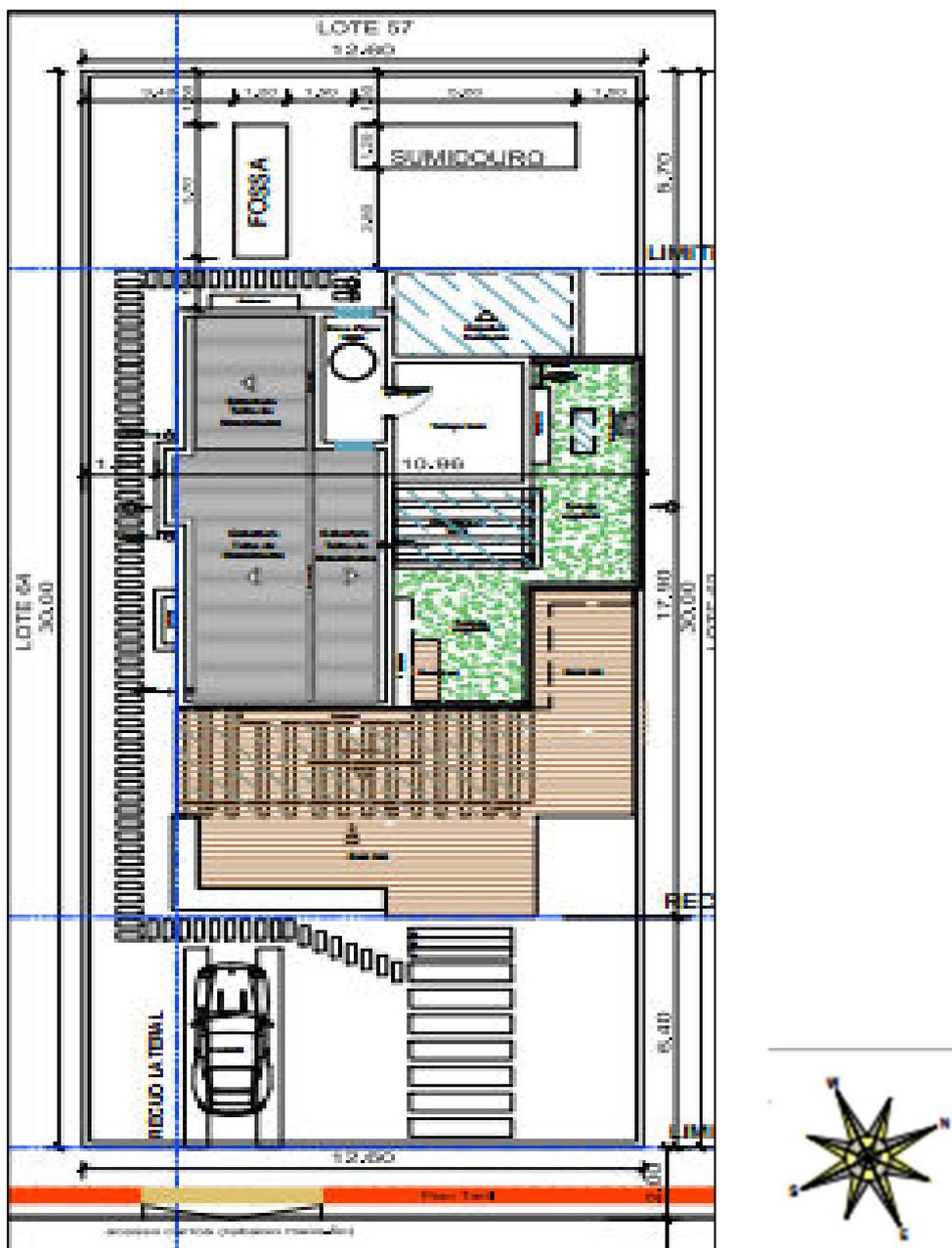
Quadro 9 - Revestimentos de paredes e coberturas.

52		Camurça	55,8
53		Concreto	71,5
54		Marfim	26,7
55		Marrocos	54,7

Fonte: Inmetro (2013).

Nas partes laterais da cobertura há uma calha, cuja função é o escoamento das águas pluviais. Acima das coberturas de fibrocimento, existe uma laje maciça que permite o acesso a um ambiente destinado ao abrigo do reservatório de água da residência.

Figura 13 - Planta de cobertura.



Fonte: Vez das Árvores Construções Ecológicas

Nas fachadas da residência, são encontrados beirados em concreto que tem a função de proteger as esquadrias, influenciando a entrada dos raios solares na edificação em diferentes horas do dia. As figuras 14 e 15 mostram exemplos de beirados.

Figura 14 - Beirados de concreto.



Fonte: Vez das Árvores Construções Ecológicas.

Figura 15 - Beirados de concreto.



Fonte: Vez das Árvores Construções Ecológicas.

4 MÉTODO

4.1 MÉTODO E PESQUISA

Para a classificação da residência quanto à eficiência energética, foi desenvolvida uma metodologia que compreende as seguintes etapas.

- d) Avaliação da eficiência da residência nas zonas bioclimáticas 3 e 8, de acordo com o método prescrito no RTQ-R;
- e) Análise e soluções de melhoria da classificação da edificação em estudo;
- f) Determinação da melhor alternativa visando melhorar a classificação da residência;

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho se estabelece como uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem do problema de ordem quantitativa, adotando objetivos exploratórios e descritivos e procedimentos técnicos baseados em pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

Com relação à natureza, este trabalho se caracteriza como uma pesquisa aplicada. A composição da visão proposta vislumbra um conhecimento passível de utilização imediata em edificações residenciais nas zonas bioclimáticas. Para Silva e Menezes (2005, p. 20), a pesquisa aplicada “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais”.

Considerando a abordagem do problema, observa-se a caracterização do trabalho como sendo uma pesquisa quantitativa, uma vez que a pesquisa se estabelece em dados quantitativos que permitem a comparação da eficiência energética para a residência unifamiliar nas zonas bioclimáticas 3 e 8. A pesquisa quantitativa, na visão de Almeida (2016, p. 39) se caracteriza “pelo uso de ferramentas estatísticas para o tratamento dos dados, visando medir as relações existentes entre as variáveis, que, por sua vez, são previamente estabelecidas à semelhança das hipóteses.”.

Em observação aos objetivos, o trabalho pode ser categorizado em pesquisa exploratória e descritiva. Considera-se, no sentido exploratório, a busca pela

familiarização com os aspectos relacionados à eficiência energética e às zonas bioclimáticas. De acordo com Zanella (2011, p. 33), a pesquisa exploratória “tem a finalidade de ampliar o conhecimento a respeito de um determinado fenômeno”.

A pesquisa é descritiva, pois o trabalho se desenvolve a partir da descrição das relações de eficiência energética proporcionada pelas possíveis alterações na residência estudada em diferentes zonas bioclimáticas. Silva e Menezes (2005, p. 21) atentam a definição desta como a pesquisa que “visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis”.

Os procedimentos técnicos denotam uma pesquisa caracterizada pelas pesquisas bibliográfica, documental e pelo estudo de caso. No tocante a pesquisa bibliográfica, nota-se a necessidade de estabelecer um conhecimento inicial para fundamentar e analisar os aspectos da eficiência energética em edificações unifamiliares. Para Rampazzo (2011, p. 36) a pesquisa bibliográfica é aquela que utiliza “fontes bibliográficas e permite ao pesquisador a cobertura mais ampla do que se fosse pesquisar diretamente o fenômeno”.

Considerando a residência unifamiliar como objeto de estudo em contextos bioclimáticos diferentes, a pesquisa assume caráter de estudo de caso. Ao conceituar o estudo de caso, Silva e Menezes (2005, p. 21) colocam que esta é aquela que “envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento”.

4.3 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

A eficiência energética da residência foi analisada de acordo com as recomendações do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações pelo RTQ-R, levando em conta as características arquitetônicas, estruturais e elétricas da edificação em estudo.

A classificação final da residência nas zonas bioclimáticas propostas com relação à eficiência energética foi obtida usando a planilha de cálculo de desempenho da UH, elaborada pelo LABEEE UFSC e encontrada no site do PBE Edifica.

4.3.1 Envoltória

Com base no projeto arquitetônico da edificação, o RTQ-R recomenda a avaliação dos pré-requisitos da envoltória em cada ambiente, desta forma são analisadas as propriedades da fachada e da cobertura da edificação. As propriedades avaliadas dependem dos materiais utilizados, das áreas de aberturas e da existência de elementos de sombreamento, em função por sua vez de suas dimensões.

Foi utilizado o Anexo V do RAC para a determinação das propriedades térmicas das paredes e coberturas, tais como transmitância e capacidade térmica e absorptância das cores, que depende do tipo de tinta utilizado na fachada.

No RTQ-R não são considerados os dados da envoltória de abrigos para reservatórios de água e nem os requisitos de transmitância e absorptância de coberturas e paredes. De maneira análoga, na laje ajardinada é dispensada a análise de absorptância.

Outras propriedades necessárias para a avaliação da envoltória, foram obtidas com o uso do software Autodesk Autocad 2015 – versão para estudante, entre estas propriedades estão as áreas de aberturas para ventilação, iluminação, área de paredes internas e os ângulos de sombreamento (α , γ_d e γ_e).

Em se tratando de edificações residenciais, o RTQ-R ainda considera a orientação solar da residência como outra questão importante a ser avaliada, pois podem provocar variações nos parâmetros necessários de cada ambiente. Além disso, outras variações podem ser causadas pela posição do ambiente em relação a cobertura e ao solo, alterando assim a classificação dos ambientes. A envoltória é apenas um grupo de características consideradas no cálculo da eficiência, como será visto nos próximos tópicos.

4.3.2 Sistemas de aquecimento de água

De forma semelhante à análise da envoltória, o RTQ-R recomenda a avaliação dos pré-requisitos do sistema de aquecimento de água como a espessura mínima de isolamento da tubulação e a resistência térmica do reservatório de água.

Além dos parâmetros de aquecimento de água o RTQ-R considera somente sistemas de aquecimento instalados pelo empreendedor.

4.3.2.1 Aquecimento a gás

O RTQ-R estabelece alguns pré-requisitos a serem atendidos na avaliação do sistema de aquecimento de água, para aquecedores do tipo instantâneo e do tipo acumulação. Independentemente do tipo e de acordo com a NBR13103, os aquecedores devem ser instalados em locais ventilados e protegidos contra intempéries.

Para aquecedores do tipo instantâneo e que não foram classificados pelo PBE, o regulamento estabelece procedimentos para o cálculo da potência do aquecedor e das vazões dos pontos de consumo. No caso de sistemas do tipo acumulação são levados em conta parâmetros como o volume de água quente armazenada.

No RTQ-R também contém requisitos para outros tipos de sistemas de aquecimento de água como bombas de calor e aquecimento solar. Os requisitos para estes sistemas não serão apresentados por não estarem presentes na residência em estudo.

4.3.3 Bonificações

Relação de profundidade dos ambientes, uso racional de água, uso de dispositivos que melhorem a ventilação e a iluminação natural entre outros, são consideradas bonificações no RTQ-R. Considerando todas as bonificações existentes, por fim é obtida a bonificação total da edificação.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Dados da Envoltória

Do projeto arquitetônico foram extraídas as áreas de paredes externas considerando dois fatores. O primeiro fator foi o ambiente, foram obtidas as áreas de paredes de cada ambiente de permanência prolongada como quartos e salas desconsiderando as áreas de aberturas. Outro fator considerado foi a orientação geográfica, cada ambiente possui diferentes valores de áreas de paredes externas nas direções norte, sul, leste e oeste. O quadro 10 mostra as áreas de paredes externas da sala de estar, jantar e cozinha.

Quadro 10 – Áreas de paredes externas da sala de estar, jantar e cozinha.

Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	22,17
	SUL	m ²	12,21
	LESTE	m ²	14,40
	OESTE	m ²	12,58

Fonte: Planilha de cálculo da Uh.

De maneira análoga à obtenção das áreas de paredes externas, cada ambiente da residência possui áreas de aberturas externas nas direções norte, sul, leste e oeste. No quadro 11 são encontrados os valores das áreas de aberturas externas da sala de estar, sala de jantar e cozinha.

Quadro 11 - Áreas de aberturas externas da sala de estar, jantar e cozinha.

Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	4,41
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	13,62
	OESTE	m ²	5,40

Fonte: planilha de cálculo da Uh.

Na continuidade da obtenção dos dados da envoltória, foram considerados os fatores de ventilação (F_{vent}) e de sombreamento (S_{omb}) das aberturas. O F_{vent} foi calculado baseado nas áreas das aberturas obtidas anteriormente. Como a residência possui veneziana nos quartos, garantindo 100% de sombreamento, foi atribuído S_{omb} igual a 1 em todos os quartos. Nos demais ambientes foi utilizado outro método no cálculo do fator de sombreamento.

Diferentemente dos quartos, o S_{omb} das salas de estar, jantar e cozinha foi calculado considerando o dispositivo de proteção solar. A partir das dimensões da proteção solar e da janela, foram calculados os ângulos de proteção α e γ . Por fim, através de uma ponderação destes valores com valores de referência, obteve-se o S_{omb} da janela.

Além dos dados da envoltória já apresentados, outras características foram obtidas no projeto arquitetônico. Entre essas características estão as áreas de paredes internas de cada ambiente e o pé direito estrutural. Também foram consideradas as situações dos ambientes com relação à cobertura, piso e pilotis. Inserindo todos os dados na planilha de cálculo, foram determinados os primeiros resultados de desempenho da envoltória.

5.2 ZONA BIOCLIMÁTICA 3

5.2.1 Envoltória e Ambientes

De posse de todos os dados apresentados no tópico anterior, classificou-se a envoltória de cada ambiente segundo três variáveis. Tais variáveis representam o indicador de graus hora para resfriamento, o consumo para aquecimento e o consumo relativo para refrigeração. Esta classificação é apenas inicial, pois foram avaliados outros requisitos da envoltória no objetivo de obter o resultado final.

Quadro 12 – Resultados para ZB3.

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	sala/jantar/cozinha	suíte 2	quarto 2	suíte 1	quarto
	Área útil do APP	m ²	75,43	15,64	9,57	10,15	10,15
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0,5	1	1	1	0
	Contato com solo	adimensional	1	0	0	0	1
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	1,82	1,79	2,95	1,79	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	223,00	180,00	167,00	180,00	1,00
	αcob	adimensional	0,00	0,72	0,72	0,72	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46
	CTpar	kJ/m ² .K	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
	αpar	adimensional	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	22,17	8,91	8,91	0,00	0,00
	SUL	m ²	12,21	8,37	0,00	9,45	11,55
	LESTE	m ²	14,40	8,55	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m ²	12,58	0,00	5,62	5,48	7,36
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	4,41	3,78	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	13,62	3,60	1,50	0,00	0,00
	OESTE	m ²	5,40	0,00	2,21	2,21	2,21
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,44	0,41	0,40	0,45	0,45
	Somb	adimensional	0,21	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,98	13,07	6,62	16,96	21,12
	Pé Direito	m	3,30	2,70	2,70	2,70	3,30
	C altura	adimensional	0,044	0,173	0,282	0,266	0,325
Características	isol	binário	0	0	0	0	0

de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	vid	binário	0	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B	E	E	D	B
			1212	3531	3318	2786	1363
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B	B	B
			9,541	9,974	8,323	9,489	9,842
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	0	C	D	D	C
			0,000	17,228	21,207	19,549	17,451

Fonte: Planilha de cálculo da uh.

O quadro 12 mostra os diversos dados da envoltória de cada ambiente. Conforme os dados inseridos, a planilha resultou nas ultimas linhas uma classificação inicial de cada ambiente segundo os graus hora para resfriamento, consumo relativo para aquecimento e para refrigeração. Estes resultados são influenciados pela zona bioclimática e sofreram mudanças na outra zona analisada.

A zona também interfere nos pré-requisitos da envoltória dos ambientes. Foram analisados os pré-requisitos das paredes externas, cobertura, iluminação natural dos ambientes e ainda os fatores para iluminação e ventilação natural. O resultado desta avaliação verifica o atendimento dos ambientes aos pré-requisitos destes critérios (Quadro 13).

Quadro 13 - Pré-requisitos da envoltória.

pré-requisitos por ambiente		Sala	suíte 2	quarto 2	suíte 1	quarto1	
Pré-requisitos da envoltória	Paredes externas	CT paredes externas	150	150	150	150	150
		Upar, Ctpar e apar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Upar, Ctpar e apar atendem?	Sim	Não	Não	Não	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
		Há corredor no ambiente?	Não	Sim	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?		13,95			
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	26,87	6,75	3,41	1,91	1,91
		Ai/Auamb (%)	35,62	48,39	35,63	18,82	18,82
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	9,798	3,38	0,956	0,956	0,956
		Av/Auamb (%)	12,99	24,23	9,99	9,42	9,42
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr 2 folhas				
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
		Atende ?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Dados próprios.

Nota-se no quadro 13 que nem todos os ambientes atenderam os pré-requisitos de sua envoltória. Com relação às propriedades térmicas da cobertura somente a sala e o quarto térreo atenderam. Considerando a área de abertura para ventilação todos os ambientes atenderam. Avaliados os pré-requisitos os ambientes recebem uma pontuação (quadro 14).

Quadro 14 - Pontuação Parcial da envoltória.

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente		Sala	Suíte 2	quarto 2	Suíte 1	Quarto1
	Envoltória para Verão	D	B	E	E	D	B
1,89		4	1	1	2	4	
Envoltória para Inverno	C	B	C	C	C	B	
	3,22	4	3	3	3	4	
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C	não se aplica	C	D	D	C	
	2,57	0	3	2	2	3	

Fonte: Dados próprios.

É importante frisar que a classificação mostrada no quadro 14 não representa a pontuação final da envoltória. Também foi necessário analisar os pré-requisitos gerais da unidade habitacional. Por fim determinou-se, com base em ambos os resultados, a pontuação e a classificação final da envoltória.

No quadro 15 abaixo, são encontrados os pré-requisitos gerais da unidade habitacional. Foram avaliados os critérios de ventilação cruzada e banheiros com ventilação natural. Pode-se concluir que a UH atendeu aos pré-requisitos.

Quadro 15 - Pré-requisitos gerais da UH.

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	3,68
		Área Aberturas orientação Sul	0,71
		Área Aberturas orientação Leste	7,76
		Área Aberturas orientação Oeste	6,578
		A1	7,76
		A2	10,968

		A2/A1	1,4134021
		Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?	Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	3
		Nº Banheiros com ventilação natural	3
		Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?	Sim

Fonte: Planilha de cálculo da UH.

Após a verificação do atendimento de todos os pré-requisitos, obteve-se a classificação final da envoltória para verão, inverno e no caso de ser refrigerada artificialmente (quadro 16). Através de uma análise visual da tabela, conclui-se que a envoltória teve uma classificação intermediária nos 3 casos (C e D).

Quadro 16 - Classificação da envoltória.

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
		Envoltória para Verão	D 1,89
Envoltória para Inverno		C 3,22	C 3,22
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C 2,57	C 2,57

Fonte: planilha de cálculo da UH.

Por fim, o quadro 17 apresenta 2 pontuações e classificações para a envoltória da unidade habitacional. A primeira corresponde à classificação considerando apenas requisitos da envoltória e a segunda classificação foi obtida após a verificação representada no quadro 16. Portanto, nota-se visualmente que a envoltória teve uma baixa classificação.

Quadro 17 - Nota final da envoltória.

Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos restantes	Nota final da envoltória da UH
	D	D
	2,37	2,37

Fonte: planilha de cálculo da UH.

O Processo de determinação da nota final da envoltória é apenas o primeiro passo na classificação da residência com relação à eficiência energética. A seguir serão apresentados outros fatores importantes para o resultado final.

5.2.2 Bonificações

Este tópico tem como objetivo avaliar as bonificações presentes na residência. Tal análise inclui vários critérios como a porosidade das paredes, que por sua vez é função das áreas de aberturas. Além disso, também são considerados critérios relacionados à iluminação natural entre outros. Esta avaliação resultará em uma pontuação para o quesito bonificações.

O primeiro quesito analisado foi a porosidade da envoltória. Considerando as áreas de aberturas para ventilação nas orientações norte, sul, leste e oeste, foi determinado um percentual de porosidade nas 4 orientações. A partir deste percentual verificou-se o não atendimento deste pré-requisito (quadro 18).

Quadro 18 - Bonificações.

Porosidade	ATAVN (m ²)	3,68
	AATVS (m ²)	0,71
	AATVL (m ²)	7,76
	AATVO (m ²)	6,578
	ATFN (m ²)	65,4
	ATFS (m ²)	63,66
	ATFL (m ²)	52,17
	ATFNO (m ²)	51,89
	Pavimento da UH	1 ou 2
	Porosidade a Atender	20,0%
	Porosidade Norte	5,6%
	Porosidade Sul	1,1%
	Porosidade Leste	14,9%
	Porosidade Oeste	12,7%
	Atende pelo menos 2 fachadas?	Não
	Bonificação	0

Fonte: Planilha de cálculo da UH.

Em seguida, analisaram-se as bonificações relacionadas à iluminação natural. Utilizando os valores das profundidades dos ambientes de permanência prolongada incluindo lavanderia e cozinha, foi verificado que todos os ambientes atenderam a este quesito. A residência recebeu 0,2 de bonificação pelo atendimento deste critério.

Ainda com relação à iluminação natural dos ambientes, o quesito da vez é a refletância do teto. Todos os ambientes da edificação possuem refletância maior que 0,6. Portanto todos os ambientes atenderam a este pré-requisito e por isso a residência recebeu 0,1 de bonificação.

A iluminação artificial dos ambientes é outro quesito analisado como bonificação. Foi considerado que todos os ambientes possuem fontes de iluminação com eficiência superior a 75 lm/W ou com selo Procel. Portanto foi atribuído 0,1 de bonificação.

A planilha de cálculo utilizada ainda considera vários outros quesitos de bonificação. Como exemplo destas bonificações pode-se citar a permeabilidade, o uso racional de água, condicionamento artificial de ar e outros. Por não estarem presentes na residência ou não ter atendido o pré-requisito, estas bonificações foram desconsideradas no total de 0,4.

5.2.3 Sistema de Aquecimento de Água

Neste tópico foram estudados os pré-requisitos do sistema de aquecimento de água da residência. A edificação possui sistema a gás, com tubulações não metálicas de 1cm de diâmetro e isolamento de 1,3cm. Devido à incerteza do modelo de aquecedor instalado pelo proprietário, fez-se uma suposição que o aquecedor tem uma demanda de 84%. O pré-requisito foi, portanto atendido e o sistema recebeu classificação máxima A.

5.2.4 Classificação Final da UH

De posse de todos os resultados obtidos nos tópicos anteriores, determinou-se através de um somatório a pontuação final da UH e classificação com relação à eficiência (quadro 19).

Quadro 19 - Pontuação final da UH.

Classificação final da UH	B
Pontuação Total	3,69

Fonte: Planilha de cálculo da UH.

Com o resultado final obtido, pode-se afirmar que a residência teve uma boa classificação energética na zona bioclimática 3. Em um capítulo mais adiante deste trabalho serão apresentadas algumas soluções que podem melhorar esta classificação. Porém antes, um novo resultado será obtido, considerando outra zona bioclimática.

5.3 ZONA BIOCLIMÁTICA 8

5.3.1 Envoltória e Ambientes

Este capítulo é semelhante ao apresentado na zona 3, com algumas diferenças. Como foram utilizadas as mesmas ferramentas e processos para o cálculo da eficiência e apenas diferindo nos resultados, julgou-se desnecessário a explicação do processo nesta zona bioclimática. Portanto os resultados foram apresentados de uma maneira mais resumida.

Quadro 20 – Resultados na ZB8.

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB8	ZB8	ZB8	ZB8	ZB8
Ambiente	Identificação	adimensional	sala/jantar/cozinha	suíte 2	quarto 2	suíte 1	quarto
	Área útil do APP	m ²	75,43	15,64	9,57	10,15	10,15
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0,5	1	1	1	0
	Contato com solo	adimensional	1	0	0	0	1
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	1,82	1,79	2,95	1,79	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	223,00	180,00	167,00	180,00	1,00
	αcob	adimensional	0,00	0,72	0,72	0,72	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46
	CTpar	kJ/m ² .K	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
	αpar	adimensional	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	22,17	8,91	8,91	0,00	0,00
	SUL	m ²	12,21	8,37	0,00	9,45	11,55
	LESTE	m ²	14,40	8,55	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m ²	12,58	0,00	5,62	5,48	7,36
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	4,41	3,78	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	13,62	3,60	1,50	0,00	0,00
	OESTE	m ²	5,40	0,00	2,21	2,21	2,21
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,44	0,41	0,40	0,45	0,45
	Somb	adimensional	0,21	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,98	13,07	6,62	16,96	21,12
	Pé Direito	m	3,30	2,70	2,70	2,70	3,30

	C altura	adimensional	0,044	0,173	0,282	0,266	0,325
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	C	D	D	D	C
			9661	12072	12381	11695	8758
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	Não se aplica 0,000				
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica 0,000	C 48,29 4	D 57,72 8	D 57,40 3	D 61,52 6

Fonte: Planilha de cálculo da UH.

Avaliando o quadro 20 acima, nota-se que é semelhante à tabela 3 e que os dados da envoltória não sofreram alterações. A única variação foi com relação a zona biolimática. Por este motivo, os resultados obtidos nas últimas linhas da tabela, possuem diferença com relação aos da zona 3.

Quadro 21 - Pré-requisitos da envoltória.

Ambientes		Sala/jantar/cozinha	Suíte 2	Quarto 2	Suíte 1	Quarto 1
Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	9,798	3,38	0,9559	0,9559	0,9559
	Av/Auamb (%)	12,99	24,23	9,99	9,42	9,42
	Atende % mínima?	Sim	Sim	Não	Não	Não

Fonte: Dados próprios.

Com relação aos pré-requisitos da envoltória, verificou-se que quase todos foram atendidos pelos ambientes na zona 8. Apenas a ventilação natural apresentou resultados diferentes, por esse motivo o quadro 21 representa uma parte da planilha utilizada. Nota-se que apenas dois ambientes (sala/jantar/cozinha e suíte 2) atenderam a este pré-requisito.

Quadro 22 - Classificação parcial da Envoltória.

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente						
		Sala	Suíte 2	quarto 2	Suíte 1	Quarto1	
Envoltória para Verão	D	C	D	D	D	C	
	2,22	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	
Envoltória para Inverno	não se aplica	não se aplica	não se aplica	não se aplica	não se aplica	não se aplica	
	não se aplica	não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	D	não se aplica	D	D	D	C	
	2,34	não se aplica	2,00	2,00	2,00	3,00	

Fonte: Dados próprios.

Como já foi mencionado na zona bioclimática 3, os resultados do quadro 22, representam apenas uma classificação parcial para a envoltória. Segundo o procedimento de avaliação, foi verificado em seguida o atendimento dos pré-requisitos gerais da UH. Notou-se que os resultados não sofreram mudança, portanto foram igualmente atendidos nesta ZB.

Quadro 23 - Classificação final da envoltória.

Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		D	D
		2,22	2,22

Fonte: planilha de cálculo da UH.

Com relação às bonificações e ao sistema de aquecimento de água presente na edificação, os resultados não foram alterados. Desta maneira, a residência recebeu 0,4 no somatório das bonificações e o sistema de aquecimento continuou com classificação máxima.

5.3.2 Classificação final da UH

Quadro 24 - Pontuação e classificação final da UH.

Classificação final da UH	C
Pontuação Total	2,90

Fonte: Planilha de cálculo da UH.

Analisando visualmente o quadro 24 acima, pode-se concluir que a residência teve uma classificação energética intermediária nesta ZB. A seguir será mostrada uma forma de aumentar a pontuação total da edificação e conseqüentemente melhorar sua classificação.

5.4 Comparação e Soluções Específicas

Este tópico tem como objetivo comparar os resultados obtidos nas duas ZB estudadas. Para uma melhor comparação, os resultados finais mostrados em capítulos anteriores serão rerepresentados e agrupados. Soluções de melhorias destes resultados serão mostradas juntamente com uma nova classificação energética. Por fim, será possível verificar a eficácia desta solução.

Quadro 25 - Classificação final na ZB3.

Classificação final da UH	B
Pontuação Total	3,69

Fonte: Planilha de cálculo da UH.

Os quadros 25 e 26 mostram de maneira conjunta, a classificação obtida nos tópicos anteriores com relação à eficiência energética. Analisando as duas tabelas, pode-se afirmar que a residência obteve um melhor desempenho na zona 3.

Quadro 26 - Classificação final na ZB8.

Classificação final da UH	C
Pontuação Total	2,90

Fonte: Planilha de cálculo da UH.

Com base nestes resultados, buscou-se uma forma de melhorá-los. Desta maneira optou-se por alterar a cor da fachada da residência e conseqüentemente a absorvância das paredes. O tom de azul anterior foi trocado pela cor areia de α igual a 0,45 (quadro 27). A partir desta alteração, novos resultados de desempenho foram obtidos considerando a ZB8.

Quadro 27 - Revestimentos de paredes e coberturas.

	Tipo	Número	Cor	Nome	α
Acrílica Fosca		01		Amarelo Antigo	51,4
		02		Amarelo Terra	64,3
		03		Areia	44,9
		04		Azul	73,3
		05		Azul Imperial	66,9
		06		Branco	15,8
		07		Branco Gelo	37,2
		08		Camurça	57,4
		09		Concreto	74,5
		10		Flamingo	49,5
		11		Jade	52,3
		12		Marfim	33,6
		13		Palha	36,7

Fonte: Inmetro (2013).

O quadro 28 abaixo apresenta os resultados obtidos após a alteração da absorvância na planilha de cálculo da UH. Podem-se perceber as primeiras mudanças nos resultados dos pré-requisitos de cada ambiente de permanência prolongada.

Quadro 28 - Pontuação parcial da envoltória.

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente		Sala	Suíte 2	quarto 2	Suíte 1	Quarto1
	Envoltória para Verão	C	C	C	C	C	C
3,00		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Envoltória para Inverno	não se aplica	não se aplica	não se aplica	não se aplica	não se aplica	não se aplica	não se aplica
	não se aplica	não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	D	não se aplica	C	D	D	D	D
	2,34	não se aplica	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00

Fonte: Planilha de cálculo da UH.

Outra mudança nos resultados foi percebida após a verificação dos pré-requisitos gerais da UH. As classificações da envoltória para inverno e no caso de ser refrigerada artificialmente não sofrerão alterações. Portanto a única mudança foi na classificação para verão, que sofreu melhoria (quadro 29).

Quadro 29 - Classificação da envoltória.

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
	Envoltória para Verão	C	C
3,00		3,00	3,00
Envoltória para Inverno	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
	0,00	0,00	0,00

	Envoltória se Refrigerada Artificialmente	D	D
		2,34	2,34

Fonte: dados primários (2017).

O quadro 30 abaixo apresenta as 2 classificações finais da envoltória da UH. Considerando o antes e o depois da verificação dos pré-requisitos gerais da UH e apenas alterando o valor da absorvância. Percebe-se que a nota final da envoltória melhorou com a mudança de cor das paredes.

Quadro 30 - Nota final da envoltória.

Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		C	C
		3,00	3,00

Fonte: dados primários (2017).

O sistema de aquecimento de água e as bonificações não são influenciados pela absorvância das paredes. Em virtude disto, a alteração de cor da fachada não provocou mudanças nos resultados. Portanto o sistema de aquecimento continuou com classificação máxima e o total de bonificações de 0,4.

Quadro 31 - Classificação final da UH após mudança de cor.

Classificação final da UH	B
Pontuação Total	3,60

Fonte: planilha de cálculo da UH.

Comparando os resultados dos quadros 26 e 31, pode-se concluir que a mudança de cor da fachada melhorou a eficiência energética da edificação em estudo. Comparando agora o quadro 31 com o quadro 25 notou-se que a alteração na absorvância gerou um resultado muito próximo daquele obtido para a ZB3.

Os resultados obtidos foram influenciados também pela zona bioclimática da residência. Notou-se que a zona bioclimática teve uma influência significativa nos resultados iniciais da envoltória e na classificação final da edificação.

De uma maneira conclusiva afirma-se que a solução específica adotada possui a vantagem de ser baixo custo quando comparada a outras soluções e de fato aumentou a eficiência energética da residência na ZB8. Outra solução avaliada consiste em alterar a cor da telha de fibrocimento para uma cor com absorvância de 0,61, o quadro 32 apresenta alterações com relação à classificação da envoltória dos ambientes.

Quadro 32 – Resultados após alteração da cor da telha de fibrocimento

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática	ZB8	ZB8	ZB8	ZB8	ZB8
Ambiente	Identificação	adimensional	Sala/Jantar/cozinha	suíte 2	quarto 2	suíte 1	quarto
	Área útil do APP	m ²	75,43	15,64	9,57	10,15	10,15
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0,5	1	1	1	0
	Contato com solo	adimensional	1	0	0	0	1
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	1,82	1,79	2,95	1,79	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	223,00	180,00	167,00	180,00	1,00
	αcob	adimensional	0,00	0,61	0,72	0,61	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46
	CTpar	kJ/m ² .K	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
	αpar	adimensional	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	22,17	8,91	8,91	0,00	0,00
	SUL	m ²	12,21	8,37	0,00	9,45	11,55
	LESTE	m ²	14,40	8,55	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m ²	12,58	0,00	5,62	5,48	7,36
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	4,41	3,78	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	13,62	3,60	1,59	0,00	0,00
	OESTE	m ²	5,40	0,00	2,21	2,21	2,21
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,44	0,41	0,40	0,45	0,45
	Somb	adimensional	0,21	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,98	13,07	16,96	16,96	21,12
	Pé Direito	m	3,30	2,70	2,70	2,70	3,30
	C altura	adimensional	0,044	0,173	0,282	0,266	0,325
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	C	C	D	C	C
			9661	11412	13004	11118	8758
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	Não se aplica 0,000				
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica 0,000	C 47,308	D 57,728	D 56,763	D 61,526

Fonte: Planilha de Desempenho da UH.

Avaliados os pré-requisitos da envoltória dos ambientes de permanência prolongada, no quadro 33 apresenta os resultados de cada ambiente para os

critérios de graus-hora para resfriamento, consumo relativo para aquecimento e para refrigeração.

Quadro 33- Classificação Parcial da Envoltória

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente		Sala	Suíte 2	Quarto 2	Suíte 1	Quarto 1
	Envoltória para Verão	C 2,79	C 3,00	C 3,00	C 3,00	D 2,00	C 3,00
Envoltória para Inverno	Não se aplica 0,00	Não se aplica Não se aplica					
	D 2,34	Não se aplica 0,00	C 3,00	D 2,00	D 2,00	D 2,00	D 2,00

Fonte: Dados próprios.

O quadro 34 apresenta os resultados após a análise nos requisitos gerais da unidade habitacional. No quadro 35 é encontrada a nota final da envoltória.

Quadro 34 - Pontuação Parcial da Envoltória.

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
		Envoltória para Verão	C 2,79
Envoltória para Inverno	Não se aplica 0,00	Não se aplica 0,00	Não se aplica 0,00
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente 2,34	D 2,34	D 2,34

Fonte: Planilha de Desempenho da UH

Nota-se no quadro 35 que a classificação final da envoltória na ZB 8 melhorou após a alteração da absorvância da telha de fibrocimento.

Quadro 35 - Nota Final da Envoltória

Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		C 2,79	C 2,79

Fonte: Planilha de Desempenho da UH

Com relação às bonificações e ao sistema de aquecimento de água, a mudança de cor da telha de fibrocimento não provocou mudanças nos resultados, as bonificações seguiram com 0,4 pontos e o sistema de aquecimento de água com classificação A. O quadro 36 apresenta a classificação final da residência com relação à eficiência energética.

Quadro 36 - Classificação final da UH.

Classificação final da UH	C
Pontuação Total	3,41

Fonte: Planilha de Desempenho da UH.

Outra solução de melhoria da eficiência energética testada foi o uso de venezianas em todas as janelas. O quadro 37 a seguir apresenta as primeiras alterações nos resultados do ambiente (salas de estar e jantar) cujas janelas foram consideradas com venezianas.

Quadro 37 - Classificação Parcial da Envoltória

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente		Sala	Suíte 2	Quarto 2	Suíte 1	Quarto 1
	Envoltória para Verão	C 2,79	A 5,00	D 2,00	D 2,00	D 2,00	C 3,00
Envoltória para Inverno	Não se aplica 0,00	Não se aplica Não se aplica					
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente	D 2,34	Não se aplica 0,00	C 3,00	D 2,00	D 2,00	D 2,00

Fonte: Planilha de Desempenho da UH.

Com a colocação de venezianas nas janelas da sala de estar e jantar, a classificação da envoltória para verão do ambiente melhorou de C para A. A seguir no quadro 38 encontra-se o resultado da envoltória após a avaliação dos pré-requisitos gerais da UH.

Quadro 38 - Classificação parcial da envoltória.

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
		Envoltória para Verão	D 2,22
Envoltória para Inverno	Não se aplica 0,00	Não se aplica 0,00	
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	D 2,34	D 2,34	

Fonte: Planilha de Desempenho da UH.

Nota-se no quadro 38 que os resultados não sofreram alterações com a colocação das venezianas nas janelas da sala. O quadro 39 apresenta a nota final da envoltória, também pode-se notar analisando o quadro 39 que o resultado é o mesmo de antes da alteração.

Quadro 39 - Nota da Envoltória.

Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		D 2,22	D 2,22

Fonte: Planilha de Desempenho da UH.

De forma semelhante como aconteceu com a mudança de cor da telha de fibrocimento, o sistema de aquecimento de água continuou com classificação máxima e as bonificações com pontuação de 0,4. O quadro 40 apresenta a classificação final da UH após a colocação de venezianas nas janelas da sala.

Quadro 40 - Classificação Final da UH.

Classificação final da UH	C
Pontuação Total	2,90

Fonte: Planilha de Desempenho da UH.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho abordou as questões relacionadas a eficiência energética em uma residência unifamiliar, considerando duas zonas bioclimáticas diferentes. Para tanto, verificou-se o panorama da eficiência energética no Brasil, contextualizando as classificações ou etiquetas adotadas. Consideraram-se, também, as questões relacionadas ao zoneamento bioclimático e as condições da edificação estudada.

A verificação dos dados da envoltória relacionados ao objeto de estudo se deu através do estudo do projeto arquitetônico da residência. Foram consideradas, nesta verificação as diretrizes do Anexo Geral V do RAC. Tomando como base os dados da envoltória, procedeu-se a classificação da residência quanto à eficiência energética utilizou-se a planilha de cálculo da unidade habitacional. A análise da planilha possibilitou, ainda, a comparação e classificação da residência nas zonas 3 e 8. A comparação observou os fundamentos teóricos estabelecidos sobre a eficiência. E, a partir desta comparação podem-se testar soluções viáveis de melhoria da eficiência no projeto da residência.

Observa-se que a análise da eficiência energética de uma residência unifamiliar em duas zonas bioclimáticas resultou em um aumento na eficiência da residência de C para B, provocado pela alteração na cor da fachada na ZB8. Com relação à alteração da absorvância da telha de fibrocimento a pontuação da residência cresceu de 2,90 (classificação C) para 3,41 (classificação C). A colocação de venezianas em todas as janelas não alterou a classificação final da residência em nível de eficiência energética. Em virtude do clima característico desta zona, o resultado obtido reforça a importância de considerar o clima do meio entorno da edificação durante a elaboração dos projetos.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

O presente trabalho não buscou estabelecer parâmetros em termos dos custos das soluções de melhoria da E.E. Sugere-se para estudos futuros, a verificação da viabilidade na implementação destes recursos, utilizando como norte a busca pela eficiência energética residencial. Da mesma forma, o trabalho se limitou ao estudo de duas zonas bioclimáticas, as zonas 3 e 8. Para trabalhos futuros, sugere-se que outras zonas sejam exploradas.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, M. S. **Projeto de estágio**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2016.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió AL: UFAL, 2007.

BARROSO, L. A. N.; OLIVEIRA, R. G. (Org.). **Resenha mensal do mercado de energia elétrica**. Rio de Janeiro: EPE, Fevereiro de 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Resenha%20Mensal%20do%20Mercado%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20-%20Janeiro%202017.pdf>>. acesso em: 03/06/2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano nacional de eficiência energética: premissas e diretrizes básicas**. Brasília: MME, 2011. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432134/Plano+Nacional+Efici%C3%Aancia+Energ%C3%A9tica+%28PDF%29/74cc9843-cda5-4427-b623-b8d094ebf863?version=1.1>>. Acesso em: 27/05/2017.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não residenciais**. [tese] Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPEC/UFSC. Florianópolis: UFSC, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/91026/260128.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 27/05/2017.

CECÍLIO, M. Ineficiência energética brasileira: precisamos de políticas públicas sérias e voltadas para investimentos futuros. **DM: opinião** [site]. 03/2017. Disponível em <<http://www.dm.com.br/opiniao/2017/03/ineficiencia-energetica-brasileira-2.html>>. Acesso em 29/05/2017.

CONCEITO.DE. Conceito de eficiência. [site] Conceito.de, 2011. Disponível em <<http://conceito.de/eficiencia>>. Acesso em 21/05/17.

FEDRIGO, N. S.; GONÇALVES, G.; LUCAS, P. F. **Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro**. [relatório de iniciação científica] Laboratório de eficiência energética em edificações – LABEEE/UFSC. Florianópolis: UFSC, 2009. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_ic/IC2009_Natalia.pdf> acesso em: 02/06/2017.

HERZOG, C. P. **Cidades para todos: (Re) aprendendo a conviver com a natureza**. Rio de Janeiro: Mauad, 2013.

INMETRO. Instituto Nacional De Metrologia. Anexo V. **Anexo Geral V** – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros. Anexo da Portaria: nº 50/2013.

JANNUZZI, G. M.; SWISHER, J. N. P. **Planejamento integrado de recursos energéticos**. Campinas SP: Autores Associados, 1997.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à administração**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

NBR, ABNT. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações, parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social." Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

O GLOBO. Da falta de estrutura fez-se a 'crise do apagão' no Brasil do início do século XXI: baixos investimentos no setor de energia e seca provocaram o maior racionamento da história do país, em 2001 e 2002, durante governo de Fernando Henrique Cardoso. [site] Acervo **O Globo**, 07/08/13. Disponível em: <<http://acervo.oglobo.globo.com/fatos-historicos/da-falta-de-estrutura-fez-se-crise-do-apagao-no-brasil-do-inicio-do-seculo-xxi-9396417>> Acesso 28/05/2017.

RAMPAZZO, L. **Metodologia científica**. São Paulo: Loyola, 2005.

ROMÉRO, M. A.; REIS, L. B. **Eficiência energética em edifícios**. Barueri, SP: Manole, 2012.

RONCAGLIO, C. [et al]. **Desenvolvimento sustentável**. Curitiba: Iesde Brasil, 2012.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2005.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos avançados** 26, no. 74 (2012): 247-260. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10636/12378>>. Acesso em 21/05/2017

TOLMASQUIM, M. T. (org.). **Nota técnica 13/15**: demanda de energia 2050. Série Estudos de Demanda de Energia. Brasília: EPE, Jan. 2016. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>>. Acesso em: 27/05/2017.

VIANA, A. N. C. et al. **Eficiência energética**: fundamentos e aplicações. Campinas: Elektro, 2012.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia da pesquisa**. Florianópolis: SEAD/UFSC, 2011.