

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – CAMPUS ARARANGUÁ

MARIANA DE REZENDE GUERRA

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE ENERGIA**

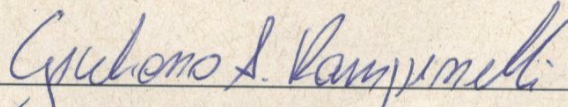
ARARANGUÁ, 2016

MARIANA DE REZENDE GUERRA

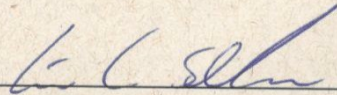
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE ENERGIA

Trabalho de conclusão de curso na modalidade de artigo científico para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá

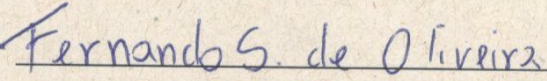
Aprovado em: 06/07/2016



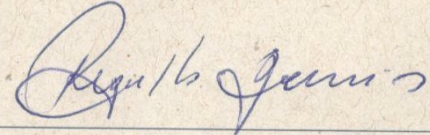
Prof. Giuliano Arns Rampinelli (Orientador)



Prof. César Cataldo Scharlau (Examinador)



Prof. Fernando Schuck de Oliveira (Examinador)



Prof. Reginaldo Geremias (Supervisor)

PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UMA PLANTA PILOTO COM CONCEITOS DE ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Mariana de Rezende Guerra*

RESUMO

O crescimento contínuo e desordenado das cidades e a urbanização via edificações aliados a busca incansável do homem por melhorias na qualidade de vida, vem acarretando um consumo excessivo de energia a fim de garantir o conforto de cada indivíduo. A atual situação tem despertado uma enorme preocupação com o uso consciente de energia e, conseqüentemente, impulsionando a busca por fontes de geração de energia renováveis, visando a independência de combustíveis fósseis e por um aumento na eficiência energética de equipamentos e edificações, diminuindo assim o desperdício energético. Dentro deste cenário surge a arquitetura bioclimática que, além de utilizar como estratégias construtivas fontes renováveis de geração de energia, visa o potencial de conservação energética através da integração entre a construção civil e os recursos naturais disponíveis no meio. O presente projeto realizou um estudo sobre as estratégias bioclimáticas existentes a fim de projetar e desenvolver uma planta piloto na cidade de Araranguá - SC aplicando tais conceitos. A aplicação destas estratégias visou a obtenção do nível “A” de classificação da edificação com relação a sua eficiência energética através do Programa Brasileiro de Etiquetagem para Edificações – PBE Edifica. Para tal, tomou-se como base as diretrizes construtivas sugeridas pelo manual “Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais”, desenvolvido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL. A conferência do nível de classificação real da edificação foi realizada através do *software* DOMUS e, conforme mostrados nos resultados, a planta piloto projetada atingiu o nível de eficiência energética desejado, sendo classificada com nível “A”.

Palavras-chave: Edificações. Eficiência energética. Arquitetura bioclimática.

* Graduando do Curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Rodovia Governador Jorge Lacerda, 3201, Jardim das Avenidas Araranguá, Santa Catarina, Brasil, CEP 88900-000. E-mail: gabriel_instu@hotmail.com.

1 INTRODUÇÃO

As edificações atuais têm como característica o consumo elevado de energia elétrica. Na maioria dos casos, a quantidade de equipamentos presentes na edificação, aliado ao seu uso indiscriminado acabam sendo os responsáveis por um grande desperdício energético. Porém, não são apenas os hábitos de consumo que afetam a eficiência energética de uma edificação, o projeto estrutural da edificação e os materiais utilizados na sua construção também exercem influência direta na eficiência energética da mesma.

No Brasil, segundo dados fornecidos através do Anuário Estatístico de Energia Elétrica, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2015), as edificações residenciais, comerciais e de serviços públicos são responsáveis por cerca de 50% do consumo total de eletricidade no país, mas, apesar do consumo energético elevado dessas edificações, as mesmas possuem um potencial de economia de energia significativo, podendo esta chegar até 50% em edificações novas construídas e, no caso de edificações já existentes que passem por grandes reformas, uma economia de até 30% pode ser atingida (PROCEL, 2016).

A proposta de construir ou reformar uma edificação de modo a priorizar os recursos naturais, utiliza os conceitos de arquitetura bioclimática e eficiência energética. O termo bioclimático foi criado em 1963 por Victor Olgyay. Dentre outras contribuições para a área da bioclimatologia, Olgyay foi também responsável pelo desenvolvimento de uma carta bioclimática que relacionava dados climáticos aos limites do conforto térmico, a fim de identificar possíveis estratégias a serem aplicadas em um projeto (OLGYAY, 1973 apud MACIEL, 2006). O conforto térmico é a maneira de relacionar o estudo do clima (climatologia) aos seres humanos. Através dessa relação, o projeto de edificações utilizando conceitos de bioclimatologia é uma abordagem que prioriza condições climáticas visando a economia de energia, mas mantendo o conforto dos ocupantes da edificação (GOULART e PITTA 1994, ERG, 1999 apud MACIEL, 2006).

Apesar das enormes vantagens do uso da bioclimatologia integrada à arquitetura, existe uma dificuldade considerável em sua aplicação real, principalmente quando o projeto da edificação encontra-se em estágio avançado (ROWE, 1987 apud MACIEL, 2006). O conhecimento científico obtido desde a década de 70 tem contribuído significativamente para a definição de diretrizes, ferramentas de análise, estudos de caso e outros resultados que melhoraram e desenvolveram um campo técnico consolidado na área de eficiência energética. Porém, tantos conhecimentos teóricos não exerceram impacto considerável na aplicação real

de tais estratégias em edificações construídas. Para a maioria dos arquitetos, engenheiros e público em geral, essas estratégias são vistas como algo adicional e não como algo essencial no projeto de uma edificação. Apesar disso, um estudo desenvolvido no Kuwait por Touman e Al-Ajmi (2005 apud MACIEL, 2006) aponta que uma das principais razões para falhas no desempenho dos edifícios está em negligenciar o clima como uma consideração de projeto.

Visando promover uma mudança dentro desse cenário no Brasil, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) criou o Selo Procel Edificações. O Selo é um instrumento de adesão voluntária que tem como objetivo principal identificar as edificações que apresentem melhores níveis de classificação de eficiência energética dentro de uma dada categoria, incentivando assim o mercado consumidor a adquirir e utilizar imóveis mais eficientes energeticamente (PROCEL, 2016).

Neste contexto, o presente trabalho realizou o estudo das estratégias bioclimáticas atualmente utilizadas nas edificações, bem como o projeto e o desenvolvimento de uma planta piloto aplicando tais estratégias. O objetivo do trabalho foi projetar a edificação priorizando os recursos naturais disponíveis no meio a fim de garantir o conforto dos ocupantes da mesma e, ao mesmo tempo, diminuir gastos desnecessários com energia elétrica.

A estrutura do trabalho conta com seções que tratam de diferentes tópicos entre si. Na Seção 2 tem-se uma breve revisão bibliográfica sobre temas relevantes ao trabalho, a Seção 3 descreve a metodologia adotada no desenvolvimento do mesmo, a Seção 4 relata os resultados obtidos e a Seção 5, as devidas considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir serão descritos os pressupostos teóricos básicos relacionados à temática estudada no presente trabalho.

2.1 Conforto térmico

Segundo Xavier (1999), o conforto térmico pode ser estimado sob o ponto de vista pessoal e o ponto de vista ambiental.

Do ponto de vista pessoal, Lamberts (2011) define conforto térmico como um estado mental que proporciona a sensação de satisfação do homem com relação ao ambiente térmico que o circunda.

O ponto de vista ambiental é caracterizado por Xavier (1999) como aquele relacionado com o estado térmico de determinado ambiente, com relação às suas variáveis físicas, a fim de que um menor número de pessoas que estejam presentes no local apresente insatisfação com o mesmo. As variáveis físicas que influenciam na sensação de conforto térmico são: temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade do ar e velocidade relativa do ar (XAVIER, 1999).

Oliveira e Ribas (1995), afirmam que a sensação de conforto térmico se dá quando o organismo perde para o ambiente que o circunda uma quantidade de calor produzido compatível com a sua atividade, sem a necessidade de recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação.

Com base nessas definições, a sensação de conforto térmico é obtida, em linhas gerais, através de trocas térmicas que dependem de vários fatores, sejam eles ambientais ou pessoais governados por processos físicos como convecção, radiação, evaporação e, eventualmente, condução (XAVIER, 1999).

Para Frota e Schiffer (2001, p.17):

A arquitetura deve servir ao homem e ao seu conforto, o que abrange o seu conforto térmico. O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico. A arquitetura, como uma de suas funções deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas.

Na arquitetura, o projeto de uma edificação que considere apenas a forma, as dimensões e a quantidade de ambientes presentes na mesma, não é capaz de atender inteiramente as necessidades térmicas de seus ocupantes e, conseqüentemente, de garantir a plena satisfação dos mesmos com o espaço no qual estão inseridos (ARANTES, 2013).

O desempenho energético de uma edificação depende diretamente do seu projeto apresentar ou não, na sua concepção, formas passivas de conservação de energia. Durante o projeto, pode-se tirar partido ou evitar os efeitos de estratégias que visam uma melhor integração entre o usuário e o clima, por intermédio da edificação, visando obter um ambiente interior com determinadas condições de conforto para os ocupantes. Pode-se atingir este objetivo de duas maneiras. A primeira é utilizando sistemas de climatização e iluminação artificiais e a segunda é incorporando estratégias de aquecimento, resfriamento e iluminação

naturais. Cabe ao arquiteto fazer a interação entre o uso de sistemas naturais e artificiais, ponderando os limites de exequibilidade e a relação custo/benefício de cada solução (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014).

2.2 Arquitetura bioclimática

Caso haja o desejo de realizar a integração entre a construção civil e diferentes estratégias naturais é necessário conhecer, primeiramente, a Bioclimatologia. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014) após dominar os conceitos básicos que envolvem o clima e o conforto torna-se possível então compreender a importância da bioclimatologia aplicada à arquitetura.

Maragno (2002) define Arquitetura Bioclimática como sendo aquela que se baseia na aplicação de elementos arquitetônicos de forma correta e de tecnologias construtivas em relação às características climáticas do local da construção, melhorando o nível de conforto dos ocupantes da edificação e, ao mesmo tempo, poupando energia.

O objetivo do projeto de Arquitetura Bioclimática é prover um ambiente construído com conforto físico, sadio e agradável, adaptado ao clima local, que minimize o consumo de energia convencional e precise da instalação da menor potência elétrica possível, o que também leva a mínima produção de poluição. (CORBELLA; YANNAS, 2003, p.37).

Para Serrador (2008) a arquitetura bioclimática está relacionada com a busca por uma maior integração entre a edificação e os ambientes físico, socioeconômico e cultural nos quais ela está inserida, por meio do uso de materiais locais, formas e técnicas tradicionais, reduzindo o impacto ambiental da construção e o consumo energético gerado durante todo o processo de construção. Para isso, a edificação deve ser projetada visando a adequação ao clima local e de outros condicionantes naturais como o sol, ventos, topografia e a vegetação, podendo assim aproveitar ao máximo os recursos naturais disponíveis em prol de garantir uma maior eficiência energética na edificação não deixando de promover o conforto físico de seus ocupantes.

Mascarello (2005) menciona o controle dos ganhos de calor, o uso da iluminação natural, da ventilação natural e o estudo da geometria solar como estratégias que devem estar presentes no projeto de uma edificação bioclimática.

Para Rotta (2009 apud ARANTES, 2013), um dos fatores que tem influenciado na crescente disseminação do uso de estratégias bioclimáticas no projeto de edificações é a

crescente preocupação da população com o consumo elevado de energia elétrica que se tem quando se faz uso de condicionamentos artificiais para garantir bons índices de conforto ambiental. Sendo assim, a arquitetura bioclimática, através de estudos das características climáticas do clima local e seus efeitos sobre a edificação, surge como uma ferramenta importante na busca por ambientes termicamente confortáveis e menos dispendiosos energeticamente.

2.3 Eficiência energética em edificações

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014) entende-se a eficiência energética na arquitetura como sendo um atributo inerente à edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto aos seus ocupantes, seja ele térmico, acústico ou visual, garantindo um baixo consumo de energia. Sendo assim, o nível de eficiência energética entre diferentes edificações é medido pela capacidade que elas possuem em proporcionar as mesmas condições ambientais entre si fazendo um menor uso de energia, ou seja, quanto menor a energia gasta para proporcionar a mesma condição de conforto, maior o nível de eficiência energética da edificação.

Carlo (2008) ressalta que uma edificação sustentável é composta por diversos conceitos, dentre eles, têm-se o destaque da racionalização do uso da energia através da eficiência energética. O projeto de uma edificação adota estratégias de eficiência energética quando almeja racionalizar o consumo evitando desperdícios sem comprometer os serviços necessários à saúde, segurança, conforto e produtividade de seus ocupantes.

Ainda segundo o autor, programas que visem a eficiência energética nas edificações devem incluir etapas que intervenham diretamente no envoltório, atuando desde o projeto até a construção da edificação nos sistemas de iluminação, garantindo a eficiência e a potência instalada, e nos sistemas de condicionamento de ar, incentivando o uso de aparelhos certificados por órgãos competentes com relação ao seu nível de eficiência energética.

Gonçalves e Duarte (2006) afirmam que, ao se considerar o desempenho da arquitetura atrelado ao devido conforto ambiental e à eficiência energética, dentro do conceito de sustentabilidade, torna-se possível listar oito aspectos que exercem impacto no desempenho térmico do edifício, sendo eles:

- Orientação solar e aos ventos;
- Forma arquitetônica, arranjos espaciais, zoneamento dos usos internos do edifício e geometria dos espaços internos;

- Características, condicionantes ambientais (vegetação, corpos d'água, ruído, etc.) e tratamento do entorno imediato;
- Materiais da estrutura, das vedações internas e externas, considerando desempenho térmico e cores;
- Tratamento das fachadas e coberturas, de acordo com a necessidade de proteção solar;
- Áreas envidraçadas e de abertura, considerando a proporção quanto à área de envoltória, o posicionamento na fachada e o tipo do fechamento, seja ele vazado, transparente ou translúcido;
- Detalhamento das proteções solares considerando tipo e dimensionamento;
- Detalhamento das esquadrias.

Para os autores, o impacto desse conjunto de aspectos no desempenho térmico da edificação deve-se ao papel determinante que eles exercem no uso de estratégias de ventilação natural, sombreamento, reflexão da radiação direta do sol, resfriamento evaporativo, isolamento térmico, inércia térmica e aquecimento passivo.

2.4 Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações

No Brasil, no ano de 1985, foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) como sendo a primeira política pública a tratar sobre eficiência energética no país. O programa foi instituído para promover o uso eficiente da energia elétrica, combatendo seu desperdício (PBEEDIFICA, 2016).

A primeira lei a abordar a eficiência energética em edificações surgiu em 2001, após o país passar por um racionamento energético. A Lei nº 10.295 foi regulamentada pelo Decreto nº 4059 em 19 de dezembro de 2001 e dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, estabelecendo que deveriam ser criados “níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como as edificações construídas”. A necessidade de “indicadores técnicos e regulamentação específica” também foi apontada afim de estabelecer a obrigatoriedade dos níveis de eficiência no país (CARLO, 2008).

A partir do decreto, criou-se então o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) e, voltado especificamente para edificações, o “Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País” (GT-Edificações), para propor

maneiras de regulamentar as edificações construídas no Brasil visando o uso racional de energia elétrica (PROCEL, 2016).

Estas ações culminaram na criação do “Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações” - PROCEL EDIFICA. O programa foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro, atuando de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamentais, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil (PROCEL, 2016).

O programa surgiu com a finalidade de avaliar e classificar o nível de eficiência energética das edificações com relação à sua envoltória, seu sistema de iluminação e seu sistema de condicionamento de ar, classificando-os então entre “A” (mais eficiente) e “E” (menos eficiente) (FERNANDES, 2012).

O resultado da classificação gera uma Etiqueta (Selo de Conformidade), que evidencia o atendimento de requisitos de desempenho ou, adicionalmente, de segurança, que são estabelecidos através de normas e regulamentos técnicos desenvolvidos pelo programa. No caso da avaliação do nível de eficiência energética de produtos ou de edificações, a etiqueta recebe o nome de Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE. Os requisitos técnicos exigidos e analisados durante o processo de requerimento da etiquetagem estão disponíveis nos regulamentos “Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas” - RTQ-C, no “Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais” - RTQ-R, no caso de residências e no “Requisito de Avaliação da Conformidade para Edificações” – RAC, desenvolvidos pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE no ano de 2010 (FERNANDES, 2012).

3 METODOLOGIA

Esta seção traz informações sobre os métodos utilizados para a realização deste trabalho. Para o projeto da planta piloto foram utilizadas diretrizes construtivas presentes no regulamento denominado “Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos” (RTQ-C). A seguir serão explicitados todos os pontos que foram considerados durante o projeto da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar visando a obtenção do nível

“A” de eficiência energética na edificação. Serão apresentados apenas os tópicos aplicáveis no presente projeto, sendo que o regulamento possui outras exigências para diversos tipos de edificações que podem ser consultadas no documento original.

Os limites de cada parâmetro estabelecidos pelo regulamento são divididos de acordo com as Zonas Bioclimáticas existentes. A planta piloto projetada no presente trabalho foi construída na cidade de Araranguá – SC. Segundo a Norma Brasileira NBR 15220-3, a cidade de Araranguá está inserida na Zona Bioclimática 2, portanto os valores utilizados para o projeto da edificação dizem respeito a essa zona bioclimática (ABNT, 2003).

3.1 RTQ-C

As informações a seguir foram retiradas do “Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos” (INMETRO, 2010). O RTQ-C estabelece requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos com relação à sua eficiência energética, tendo como objetivo criar condições para que seja possível a etiquetagem do nível de eficiência energética de tais edificações.

O regulamento especifica a classificação do nível de eficiência de edificações, dividindo-a em três sistemas individuais: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. Todos os sistemas individuais classificam-se em níveis de eficiência que variam entre “A” (mais eficiente) e “E” (menos eficiente).

O RTQ-C apresenta duas maneiras possíveis para verificação do nível de eficiência energética de edificações: o método prescritivo e o método de simulação. O método prescritivo possui aplicação mais geral e, apesar das suas limitações mostradas por Lamberts e Carlo (2010), aplica-se à grande maioria de tipologias construídas atualmente no país. Sendo assim, o presente trabalho seguiu o método prescritivo para determinação do nível de eficiência energética da edificação projetada.

Para obter a classificação geral da edificação é necessário que o diagnóstico dos sistemas individuais seja realizado. Pelo método prescritivo, o nível de eficiência energético geral é resultado da soma das classificações individuais de cada sistema, sendo que os sistemas possuem pesos diferentes entre si como apresentado a seguir:

- Envoltória = 30%;
- Sistema de iluminação = 30%;
- Sistema de condicionamento de ar = 40%.

A avaliação de cada sistema individual utiliza equivalentes numéricos (EqNum), onde um determinado número de pontos obtidos equivale a um determinado nível de eficiência, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: (INMETRO, 2010).

Sendo assim, a classificação geral da edificação é calculada através da Equação 1,

$$PT = 0,30. \left\{ \left(EqNumEnv. \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} EqNumV \right) \right\} + 0,30. (EqNumDPI) + \\ + 0,40. \left\{ \left(EqNumCA. \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} EqNumV \right) \right\} + b \quad (1)$$

onde:

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;

EqNumDPI: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;

EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumV: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;

APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método da simulação;

AC: área útil dos ambientes condicionados;

AU: área útil;

b: pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

O número de pontos obtidos na Equação 1 irá definir o nível de classificação geral da edificação de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação Geral

PT	Classificação Final
$\geq 4,5$ a 5	A
$\geq 3,5$ a $< 4,5$	B
$\geq 2,5$ a $< 3,5$	C
$\geq 1,5$ a $< 2,5$	D
$< 1,5$	E

Fonte: (INMETRO, 2010).

3.2 Envoltória

Para classificação da envoltória da edificação com nível “A” os seguintes requisitos deverão ser atendidos.

3.2.1 Transmitância térmica

O valor da transmitância térmica da cobertura (U_{cob}) de edificações inseridas na Zona Bioclimática 2 não deve ultrapassar o valor de $0,50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para ambientes condicionados artificialmente, e $1,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para ambientes não condicionados. O valor da transmitância térmica das paredes externas (U_{par}) não deve ultrapassar o limite de $1,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para edificações inseridas na mesma zona.

A transmitância térmica a ser considerada na avaliação do pré-requisito para obtenção do nível A de eficiência energética da envoltória é a média das transmitâncias de cada parcela tanto das paredes como das coberturas, ponderadas pela área que ocupam.

3.2.2 Cores e absorvância de superfícies

Com relação às cores e absorvâncias das superfícies, é obrigatório:

- Utilização de materiais de revestimento externo de paredes com absorvância solar (α) baixa, inferior a 0,5 do espectro solar;
- Em coberturas, a utilização de cor de absorvância solar baixa ($\alpha < 0,50$ do espectro solar), telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatórios de água.

3.2.4 Procedimento de determinação da eficiência da envoltória

O regulamento apresenta duas equações para determinar a eficiência da envoltória para cada Zona Bioclimática. Elas devem ser usadas de acordo com o tamanho da área da edificação, sendo uma para edifícios com área de projeção (A_{pe}) menor que 500 m² e outra para edifícios com área de projeção maior que 500 m².

A equação que atende os requisitos do presente projeto é a Equação 2, desenvolvida para edificações com área de projeção menor que 500 m² inseridas na Zona Bioclimática 2,

$$\begin{aligned}
 IC_{env} = & -175,30.FA - 212,79.FF + 21,86.PAF_T + 5,59.FS - 0,19.AVS + \\
 & +0,15.AHS + 275,19.\frac{FA}{FF} + 213,35.FA.FF - 0,04.PAF_T.FS.AVS - \\
 & - 0,45.PAF_T.AHS + 190,42 \quad (2)
 \end{aligned}$$

onde:

IC_{env} : Indicador de Consumo da envoltória;

FA: Fator Altura, representando a razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída (A_{pcob}/A_{tot});

FF: Fator de Forma, representando a razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação (A_{env}/V_{tot});

PAF_T : Percentual de Área de Abertura na Fachada total, calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação;

FS: Fator Solar, representando a razão entre o ganho de calor num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura;

AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento, resultado da ponderação do ângulo em função da área das aberturas;

AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento, resultado da ponderação do ângulo em função da área das aberturas.

No caso de sistemas de sombreamento vazados que sejam formados por placas com aletas paralelas, deve ser aplicado um fator de correção que será multiplicado pelo AVS ou AHS. O cálculo do fator de correção é mostrado no Anexo III do RTQ-C.

A Equação 2 é válida para um Fator de Forma máximo permitido de 0,70. Para casos em que o FF calculado esteja acima desse valor, deve-se utilizar este como valor limite, conforme estabelecido pelo regulamento. O indicador de consumo calculado através da equação deverá ser comparado a uma escala numérica que, então, mostrará o nível de eficiência da envoltória, variando-o de A a E. A escala numérica a qual o indicador de consumo deverá ser comparado é variável para cada edificação e deverá ser calculada para cada volumetria de edifício. Nas equações do cálculo da escala numérica, os parâmetros Fator Altura e Fator de Forma devem ser calculados conforme a estrutura da edificação e os demais parâmetros são fornecidos. O procedimento para o cálculo é o apresentado a seguir.

Primeiramente calcula-se o indicador de consumo por meio da Equação 2 com os dados do projeto do edifício;

O segundo passo consiste no cálculo do limite máximo do indicador de consumo ($IC_{máxD}$) para aquela volumetria, através da Equação 2, utilizando os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 3; o $IC_{máxD}$ representa o indicador máximo que a edificação deve atingir para obter a classificação D, acima deste valor, a edificação passa a ser classificada com o nível E.

Tabela 3 - Parâmetros do $IC_{máxD}$

PAF _T	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0

Fonte: (INMETRO, 2010).

Após calculado $IC_{máxD}$ deve-se realizar o cálculo do limite mínimo (IC_{min}) por meio da Equação 2 utilizando os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 4; o IC_{min} representa o indicador de consumo mínimo para aquela volumetria.

Tabela 4 - Parâmetros do IC_{min}

PAF _T	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

Fonte: (INMETRO, 2010).

Os limites $IC_{máxD}$ e IC_{min} representam o intervalo dentro do qual a edificação projetada deve se inserir. O intervalo é dividido em 4 partes e cada uma das partes se refere a um nível de classificação variando de A a E. A subdivisão (i) do intervalo é calculada através da Equação 3;

$$i = \frac{(IC_{máxD} - IC_{min})}{4} \quad (3)$$

De posse do valor de i, preenche-se então a Tabela 5.

Tabela 5 - Limites dos intervalos dos níveis de eficiência

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Min	-	$IC_{máxD} - 3i + 0,01$	$IC_{máxD} - 2i + 0,01$	$IC_{máxD} - i + 0,01$	$IC_{máxD} + 0,01$
Lim Máx	$IC_{máxD} - 3i$	$IC_{máxD} - 2i$	$IC_{máxD} - i$	$IC_{máxD}$	-

Fonte: (INMETRO, 2010)

Preenchida a Tabela 5, o valor do IC_{env} obtido deve ser comparado com os limites estabelecidos pela tabela e, então, determina-se o nível de eficiência da envoltória da edificação.

3.3 Sistema de iluminação

Para obtenção do nível A de eficiência energética no requisito sistema de iluminação, além de atender os limites de potência instalada estabelecidos pelo regulamento e apresentados no item 3.3.3, o sistema de iluminação deverá respeitar as características estabelecidas a seguir.

3.3.1 Divisão dos circuitos

O regulamento estipula que cada ambiente fechado até o teto, seja por paredes ou divisórias, deverá possuir ao menos um dispositivo manual de acionamento independente da iluminação do ambiente. O dispositivo de acionamento deve ser de fácil acesso e localização, de maneira que todo o sistema de iluminação que está sendo controlado possa ser visto.

3.3.2 Contribuição da luz natural

Ambientes que possuam uma ou mais aberturas voltadas para o ambiente externo da edificação, para átrio não coberto ou que possuam uma cobertura translúcida e que contenham mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s) abertura(s) devem possuir um sistema de controle instalado, seja ele manual ou automático, de forma a permitir o acionamento independente da fileira de luminárias instalada mais próxima à abertura, garantindo assim o aproveitamento da luz natural e a economia de energia elétrica.

3.3.3 Procedimento de determinação da eficiência do sistema de iluminação

Os níveis de eficiência do sistema de iluminação de uma edificação variam entre A (mais eficiente) e E (menos eficiente). Ele é estabelecido através de limites de potência de iluminação para os espaços internos da edificação e a avaliação desse sistema pode ocorrer através de dois métodos: o método da área do edifício ou o método das atividades do edifício.

Para avaliação do nível de eficiência do sistema de iluminação do presente trabalho fez-se uso do método da área do edifício, pois o mesmo é aplicável para edifícios que possuam até três atividades principais ou para atividades que ocupem mais de 30% da área do edifício, sendo assim será esse o método descrito a seguir.

Para realizar a avaliação do nível através do método da área o primeiro passo é identificar a atividade principal do edifício, de acordo com a Tabela 4.1 do regulamento RTQ-C (INMETRO, 2010), e a densidade de potência de iluminação limite (DPI_L – W/m^2) de acordo com nível de eficiência desejado.

Identificada a atividade, deve-se então determinar a área iluminada do edifício. Determinada a área, seu valor deve ser multiplicado pela DPI_L , para encontrar a potência limite do edifício.

Em edifícios caracterizados por até três atividades principais determina-se a densidade de potência de iluminação limite para cada atividade e a área iluminada para cada uma. Então, a potência limite para o edifício será a soma das potências limites para cada atividade do edifício. A verificação do nível de eficiência do sistema de iluminação da edificação será realizada através da potência total instalada do mesmo, e não por atividade.

Determinada a potência total instalada do edifício, a mesma deve ser comparada com a potência limite para determinar a eficiência do sistema de iluminação.

3.4 Sistema de condicionamento de ar

Na classificação do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar, os pré-requisitos são avaliados, separadamente, para cada ambiente. Para que seja possível a classificação é obrigatório que os aparelhos utilizados para tal fim possuam eficiência conhecida, ou seja, condicionadores de ar do tipo janela e condicionadores de ar tipo Split devem ter sua eficiência avaliada pelo PBE/Inmetro e estar de acordo com as normas brasileiras e/ou internacionais de condicionadores de ar. Deve-se adotar a classificação da ENCE obtida nas Tabelas do PBE/Inmetro e identificar o equivalente numérico na Tabela 1. Deve-se considerar a última versão publicada na página eletrônica do Inmetro (INMETRO, 2016).

No caso de condicionadores não etiquetados pelo PBE/INMETRO, para obtenção do nível A de eficiência energética, os mesmos devem atender os requisitos mínimos de eficiência apresentados no item 5.4 do regulamento RTQ-C (INMETRO, 2010).

3.5 Bonificações

Iniciativas que resultem em um acréscimo na eficiência da edificação poderão contar como bonificação e garantir até um ponto na classificação geral. Para tanto, essas iniciativas deverão ser justificadas e sua eficácia deverá ser devidamente comprovada.

Como estratégias que podem garantir bonificação estão listadas as que seguem:

- Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água, tais como torneiras com arejadores e/ou temporizadores, sanitários com sensores, aproveitamento de água pluvial e de outras fontes alternativas de água, devem proporcionar uma economia mínima de 40% no consumo anual de água do edifício, considerando práticas correntes de dimensionamento;

- Sistemas ou fontes renováveis de energia: edificações em que a parcela de água quente representa um percentual igual ou maior a 10% do consumo energia elétrica e que utilizarem aquecimento solar de água devem provar atendimento com fração solar igual ou superior a 70%; energia eólica ou sistemas fotovoltaicos devem proporcionar economia mínima de 10% no consumo anual de energia elétrica do edifício;

- Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas, tais como iluminação natural, que comprovadamente aumentem a eficiência energética da edificação, proporcionando uma economia mínima de 30% do consumo anual de energia elétrica.

3.6 NBR 15220

A norma brasileira NBR 15220 dispõe sobre o desempenho térmico de edificações e estabelece procedimentos para o cálculo de propriedades térmicas como resistência, transmitância e capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar de materiais e componentes de edificações (ABNT, 2003). Sendo assim, os procedimentos de cálculos utilizados para determinar a transmitância térmica dos materiais que compõem a envoltória da edificação projetada, e que serão apresentados a seguir foram retirados da norma NBR 15220.

3.6.1 Resistência térmica

Valores de resistência térmica (R) de materiais que foram medidos através de ensaios normalizados devem ser usados sempre que possível. Em caso de materiais que não possuam valores estabelecidos, o cálculo da sua resistência térmica de uma camada homogênea de um material sólido deve ser realizado através da Equação 4,

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (4)$$

onde:

R : Resistência térmica ($m^2.K/W$);

e : Espessura de uma camada (m);

λ : Condutividade térmica do material $W/(m.K)$.

Os valores de condutividade térmica (λ) de materiais que apresentam uso mais recorrente estão disponíveis na Tabela B.3 da NBR 15220 (ABNT, 2003).

3.6.1.1 Resistência térmica de superfície a superfície de componentes com camada homogênea (R_t)

A resistência térmica de superfície a superfície (R_t) de uma associação de componentes construída de camadas homogêneas perpendiculares ao fluxo de calor é determinada pela Equação 5,

$$R_t = R_{t1} + R_{t2} + \dots + R_{tn} + R_{ar1} + R_{ar2} + \dots + R_{arn} \quad (5)$$

onde:

$R_{t1}, R_{t2}, \dots, R_{tn}$ são as resistências térmicas das n camadas homogêneas, determinadas pela Equação (4);

$R_{ar1}, R_{ar2}, \dots, R_{arn}$ são as resistências térmicas das n câmaras de ar.

No caso de câmaras de ar (R_{ar}) não ventiladas, a resistência térmica pode ser obtida através da tabela B.1 da NBR 15220 (ABNT, 2003).

3.6.1.2 Resistência térmica de superfície a superfície componentes com camadas homogêneas e não homogêneas (R_t)

A resistência térmica de superfície a superfície (R_t) de um componente plano constituído de camadas homogêneas e não homogêneas perpendiculares ao fluxo de calor, é determinada pela Equação 6,

$$R_t = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b} + \dots + \frac{A_n}{R_n}} \quad (6)$$

onde:

R_a, R_b, \dots, R_n são as resistências térmicas de superfície a superfície para cada seção (a, b, ..., n), determinadas pela Equação (5);

A_a, A_b, \dots, A_n são as áreas de cada seção.

3.6.1.3 Resistência térmica de ambiente a ambiente (R_T)

Conhecida como resistência térmica total, a R_T é o resultado da soma das resistências térmicas de cada componente e também das resistências interna e externa da composição. A R_T pode ser calculada através da Equação 7.

$$R_T = R_{se} + R_t + R_{si} \quad (7)$$

A resistência superficial externa (R_{se}) e a superficial interna (R_{si}) são obtidas na tabela A.1 da NBR 15220 de acordo com a direção do fluxo de calor que passa através do componente.

3.6.2 Transmitância térmica

A transmitância térmica (U) de componentes (de ambiente a ambiente) é inversamente proporcional ao valor da resistência térmica total (R_T), e pode ser calculada através da Equação 8.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (8)$$

3.7 Domus

O *software* Domus é um programa desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas Térmicos da Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR, que realiza a simulação higrotérmica de edificações permitindo a análise de diferentes parâmetros como: consumo e demanda de energia; conforto térmico segundo diferentes índices; risco de crescimento de mofo e de condensação; dimensionamento de sistemas de climatização; avaliação do nível de eficiência energética para edificações comerciais, de serviços e públicas, em conformidade com o RTQ-C; influência climática e monitoramento de sistemas centrais de condicionamento de ar (DOMUS, 2012).

O *software* fornece os perfis de umidade e temperatura nas paredes qualquer que seja o intervalo de tempo que esteja sendo considerado, para essa função o programa considera, além do transporte de calor através dos componentes, o transporte de vapor e de líquido através do envoltório da edificação. Através do programa é possível determinar o nível de eficiência energética da edificação através da visualização da ENCE que é gerada de acordo com os requisitos do RTQ-C, tanto pelo método de simulação quanto pelo método prescritivo (DOMUS, 2012).

No presente trabalho, o *software* servirá para conferir qual o nível de eficiência energética da edificação projetada, através dos requisitos estabelecidos pelo programa de etiquetagem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção contém resultados referentes ao projeto da planta piloto, a classificação do nível de eficiência energética da edificação e expõe o processo de construção da mesma. Alguns dos resultados gerados nesse trabalho foram previamente apresentados em Espindola *et. al.* (2016).

4.1 Projeto da planta piloto

O local definido para a construção da planta piloto foi no terreno das instalações da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá - Unidade Mato Alto. O local foi oficializado e aprovado em reunião do Centro do Campus Araranguá bem como pelo Departamento de Projetos – DPAAE, da UFSC.

O projeto estrutural da planta piloto foi desenvolvido com o auxílio dos *softwares* Sketchup e Autocad, acompanhado e analisado por um profissional da área de engenharia civil. A Figura 1 mostra a planta baixa do projeto. A edificação é composta pela área de recepção com 27,11 m², área técnica 1 com 13,80 m², área técnica 2 com 9,20 m², copa/circulação com 7,50 m² e dois banheiros com 2,55 m² cada, totalizando uma área de edificação de 60,16 m².

A cobertura projetada para a edificação é mostrada na Figura 2. Ela é composta por dois tipos sendo elas: telhado vegetado e laje pré-moldada recoberta com telha metálica. A parte superior da edificação também conta com um compartimento projetado para abrigar duas caixas d'água, sendo uma para armazenar a água coletada diretamente da chuva e a outra para armazenar a água provinda do sistema de abastecimento municipal.

A planta piloto possui paredes com três tipos de composições entre materiais diferentes e dois tipos de cobertura, sendo elas:

- Parede tipo 1: Reboco externo com 2,5 cm de espessura + tijolo cerâmico de 9 furos de dimensões 14 x 19 x 24cm + Lã de rocha com 7cm de espessura coberta por placa de gesso cartonado de 1cm de espessura.
- Parede tipo 2: Reboco externo com 2,5 cm de espessura + tijolo cerâmico de 9 furos de dimensões 14 x 19 x 24 cm + reboco interno com 2,5 cm de espessura.
- Parede tipo 3: Fachada ventilada com revestimento cerâmico + Reboco externo com 2,5 cm de espessura + tijolo cerâmico de 9 furos de dimensões 14 x 19 x 24 cm + reboco interno com 2,5 cm de espessura.

- Cobertura tipo 1: Vegetação + terra argilosa com 15 cm de espessura + brita com 9cm de espessura + câmara de concreto com 7 cm de espessura + poliestireno expandido (EPS) com 10 cm de espessura + laje pré-moldada com fechamento em EPS de 12 cm de espessura + reboco interno com 2,5 cm de espessura.
- Cobertura tipo 2: Telha metálica com núcleo termo isolante em espuma rígida de poliuretano (PUR) + câmara de ar + laje pré-moldada com fechamento em EPS de 12 cm de espessura + reboco interno com 2,5 cm de espessura.

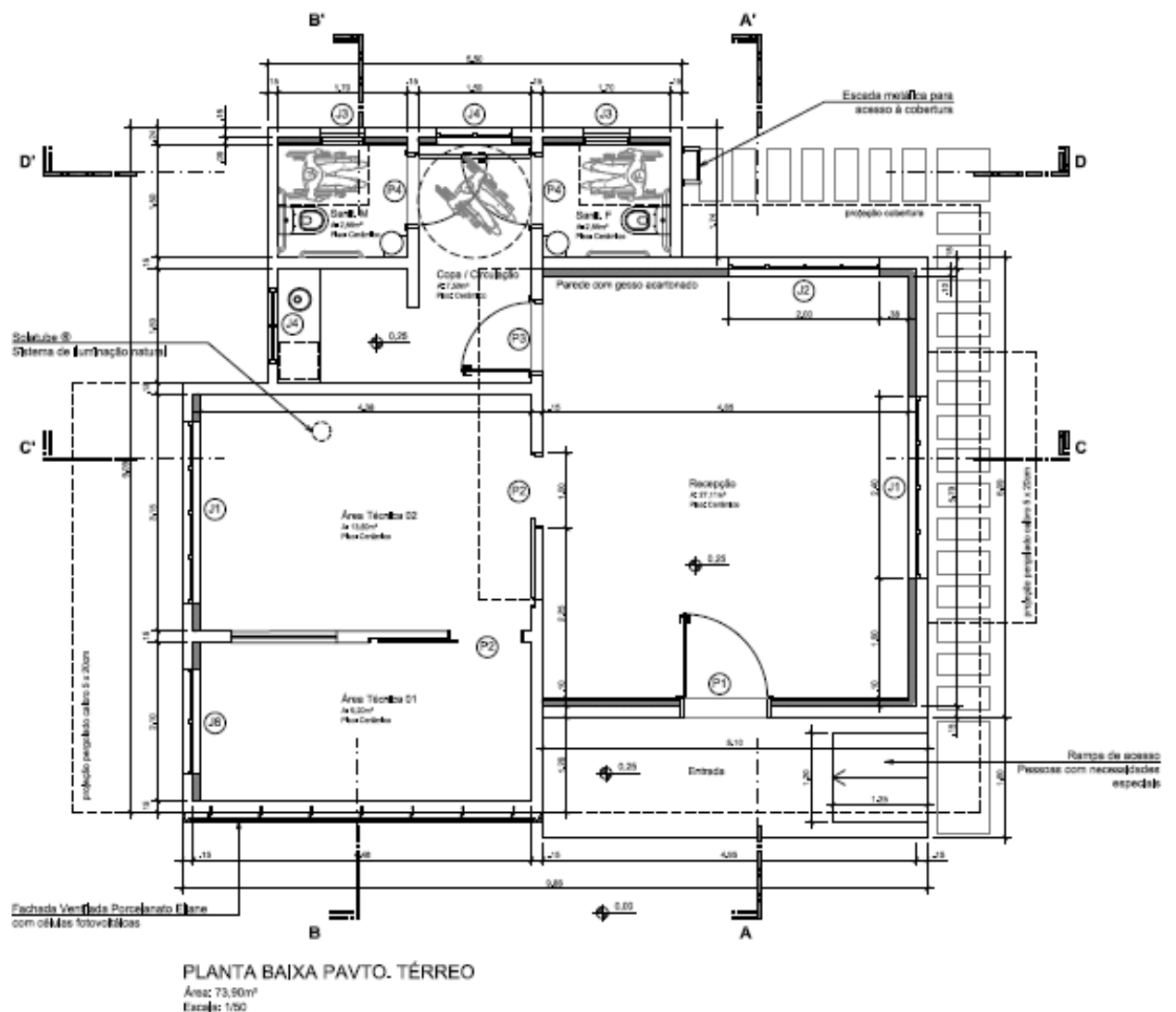


Figura 1 - Planta baixa térreo (Fonte: Arquivo pessoal).

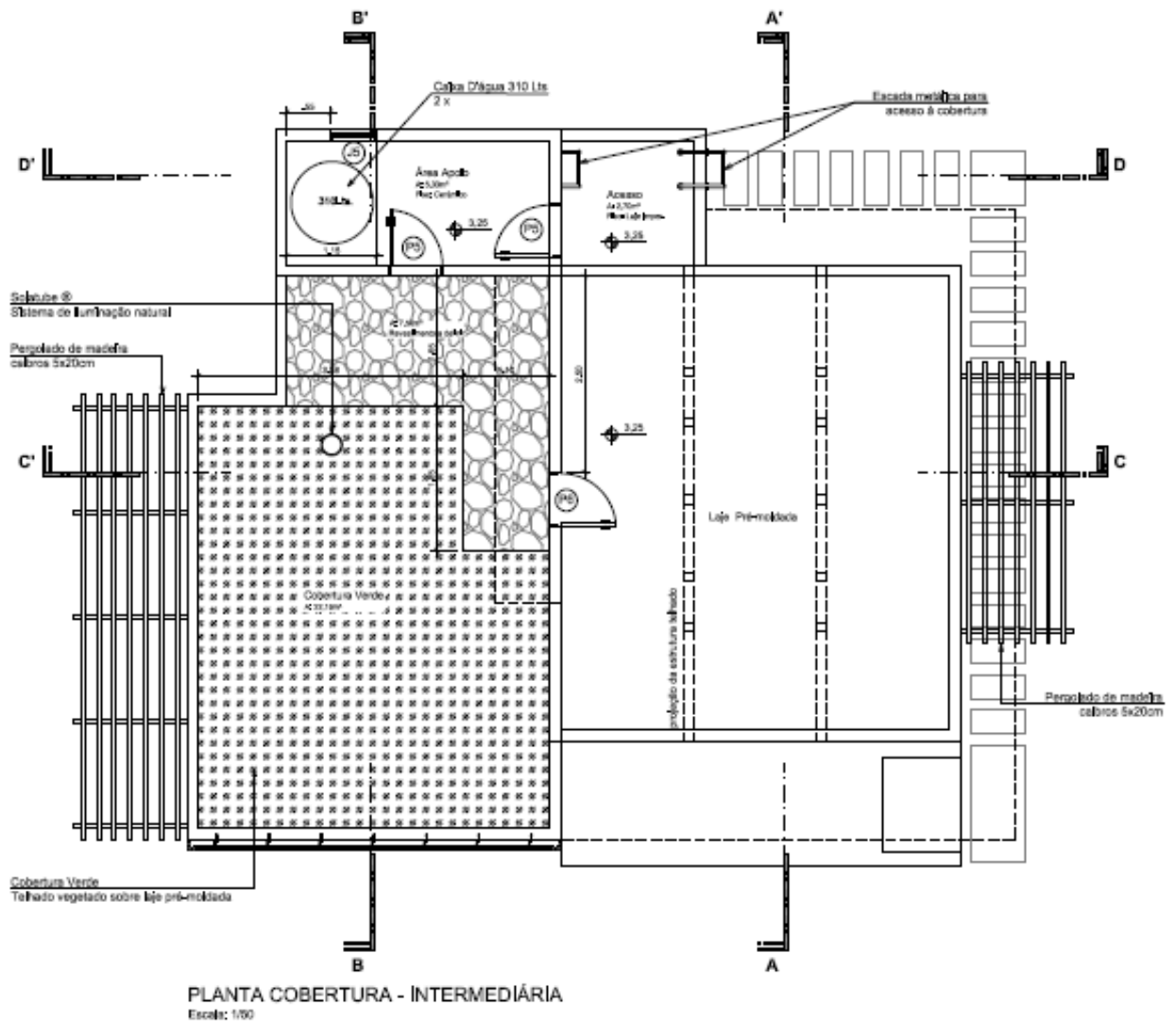


Figura 2 – Planta da cobertura (Fonte: Arquivo pessoal).

4.2 Envoltória

Nesta subseção serão apresentados os cálculos realizados na classificação do nível de eficiência energética da envoltória da edificação.

4.2.1 Transmitância térmica

Para fim de determinar o nível de eficiência energética da envoltória da edificação, foram realizados os cálculos das respectivas transmitâncias térmicas das paredes e cobertura que compõe a edificação. Os cálculos para cada um deles serão detalhados a seguir.

- Parede 1

A composição da parede 1 é mostrada na Figura 3, bem como a divisão que foi considerada durante o procedimento de cálculo.

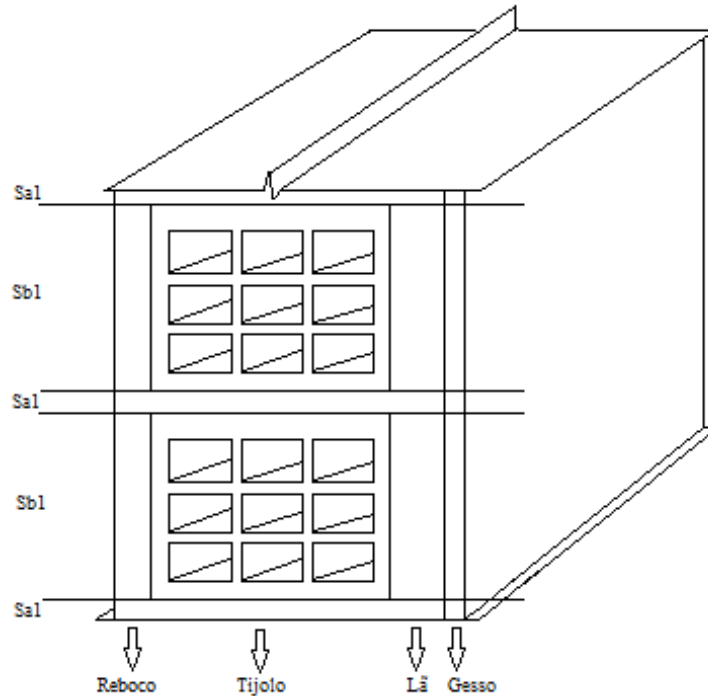


Figura 3 - Composição da parede 1 (Fonte: Arquivo pessoal).

Através da Equação 4, calculou-se a resistência térmica do reboco externo com $\lambda = 1,15 \text{ W/m.K}$, resultando em $R_{\text{reboco}} = 0,02174 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Para o cálculo da resistência térmica do tijolo, o mesmo teve de ser dividido em duas seções: S1 e S2 (Figura 4).

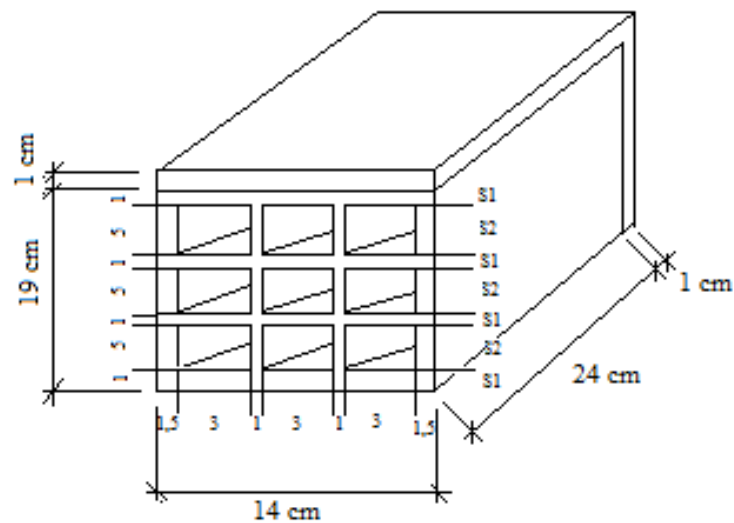


Figura 4 - Tijolo parede 1 (Fonte: Arquivo pessoal).

A seção S1 é composta apenas por tijolo cerâmico sendo assim, através da Equação 4 utilizando $\lambda = 0,9 \text{ W/m.K}$, calculou-se um valor de $R_1 = 0,1555 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

A seção S2 é composta por camadas de tijolo cerâmico e câmara de ar intercaladas entre si, através da Equação 5, utilizando $R_{\text{ar}} = 0,16$, calculou-se $R_2 = 0,5355 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

A resistência térmica média para o tijolo foi calculada através da Equação 6, utilizando $A_{S1} = 0,0024 \text{ m}^2$ e $A_{S2} = 0,012 \text{ m}^2$, resultando em $R_{\text{tijolo}} = 0,4608 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

A resistência térmica da camada de lã de rocha foi calculada através da Equação 4 utilizando $\lambda = 0,045 \text{ W/m.K}$, resultando em $R_{\text{lã}} = 1,5555 \text{ m}^2.\text{K/W}$. A resistência térmica da camada de gesso cartonado foi calculada utilizando $\lambda = 0,035 \text{ W/m.K}$, resultando em $R_{\text{gesso}} = 0,02857 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

Por fim, para cálculo da resistência térmica da parede 1, a parede foi dividida em duas seções: Sa1 e Sb1 conforme mostrado na Figura 3.

A seção Sa1 é composta, da parte externa para a parte interna, por reboco, argamassa, lã de rocha e gesso cartonado. Sendo assim, a resistência térmica da seção Sa1 foi calculada através da Equação 5, resultando em $R_{\text{Sa1}} = 1,7275 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

A seção Sb1 é composta, da parte externa para a para interna, por reboco, tijolo, lã de rocha e gesso cartonado. Sendo assim, a resistência térmica da seção Sb1 foi calculada através da Equação 5, resultando em $R_{\text{Sb1}} = 2,06611 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

A resistência térmica da parede 1 foi calculada através da Equação 6, utilizando $A_{\text{Sa1}} = 0,0044 \text{ m}^2$ e $A_{\text{Sb1}} = 0,0456 \text{ m}^2$, resultando em $R_{\text{tparede1}} = 2,0473 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

A resistência térmica total da parede 1 foi calculada através da Equação 7, sendo ela $R_{\text{Tparede1}} = 2,2173 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

Por fim, a transmitância térmica da parede 1, $U = 0,451 \text{ W/m}^2.\text{K}$, foi calculada pela Equação 8.

- Parede 2

A composição da parede 2 é mostrada na Figura 5, bem como a divisão que foi considerada durante o procedimento de cálculo.

A parede 2 é composta por três camadas, sendo elas: reboco externo, tijolo e reboco interno. O cálculo das resistências térmicas do reboco e do tijolo foi mostrado anteriormente para a parede 1. Sendo assim fez-se uso desses valores para calcular a resistência térmica da parede 2.

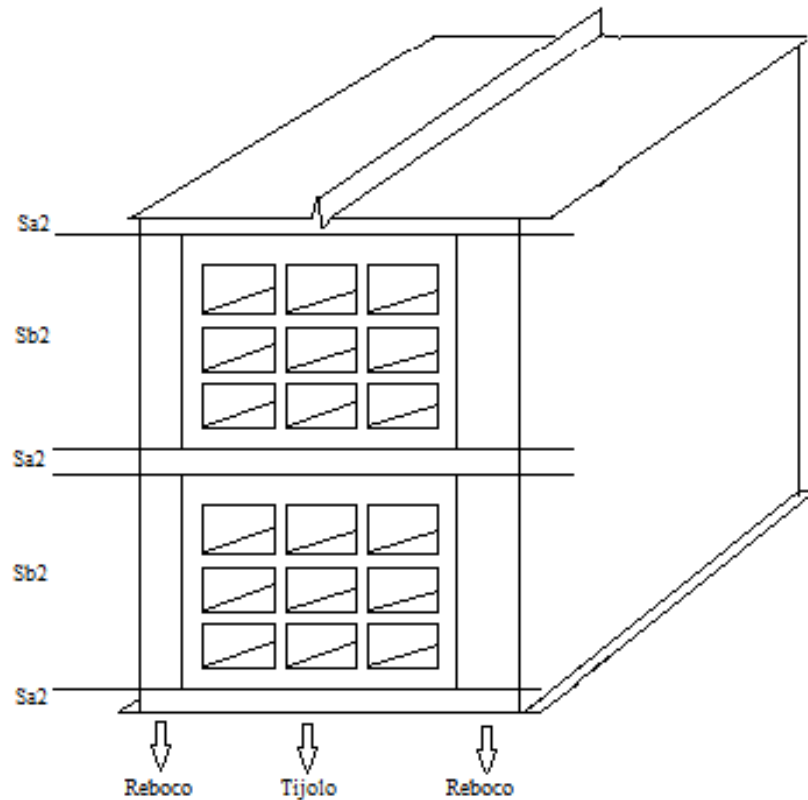


Figura 5 - Parede 2 (Fonte: Arquivo pessoal).

Para fins de cálculo, a parede 2 teve de ser dividida em duas seções: Sa2 e Sb2, conforme mostrado na Figura 6.

A seção Sa2 é composta, da parte externa para a para interna, por reboco externo, argamassa e reboco interno. Pela similaridade dos materiais, o valor de λ utilizado para o cálculo da resistência térmica da argamassa foi de $1,15 \text{ W/m.K}$, sendo esse o valor também utilizado para o reboco. Sendo assim, a resistência térmica da seção Sa2 foi calculada através da Equação 5, resultando em $R_{Sa2} = 0,1652 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

A seção Sb2 é composta, da parte externa para a para interna, por reboco externo, tijolo e reboco interno. A resistência térmica da seção Sb2 foi calculada através da Equação 5 resultando em $R_{Sb2} = 0,5043 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

A resistência térmica da parede 2 foi calculada pela Equação 6, utilizando os valores de área $A_{Sa2} = 0,0044 \text{ m}^2$ e $A_{Sb2} = 0,0456 \text{ m}^2$, obtendo-se $R_{t_{parede2}} = 0,4306 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

A resistência térmica total da parede 2 foi calculada por meio da Equação 7, resultando em $R_{T_{parede2}} = 0,6006 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. E, por fim, a transmitância térmica da parede 2 foi calculada, através da Equação 8, fornecendo um valor de $U = 1,665 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

- Parede 3

A composição da parede 3 é mostrada na Figura 6, bem como a divisão que foi considerada durante o procedimento de cálculo.

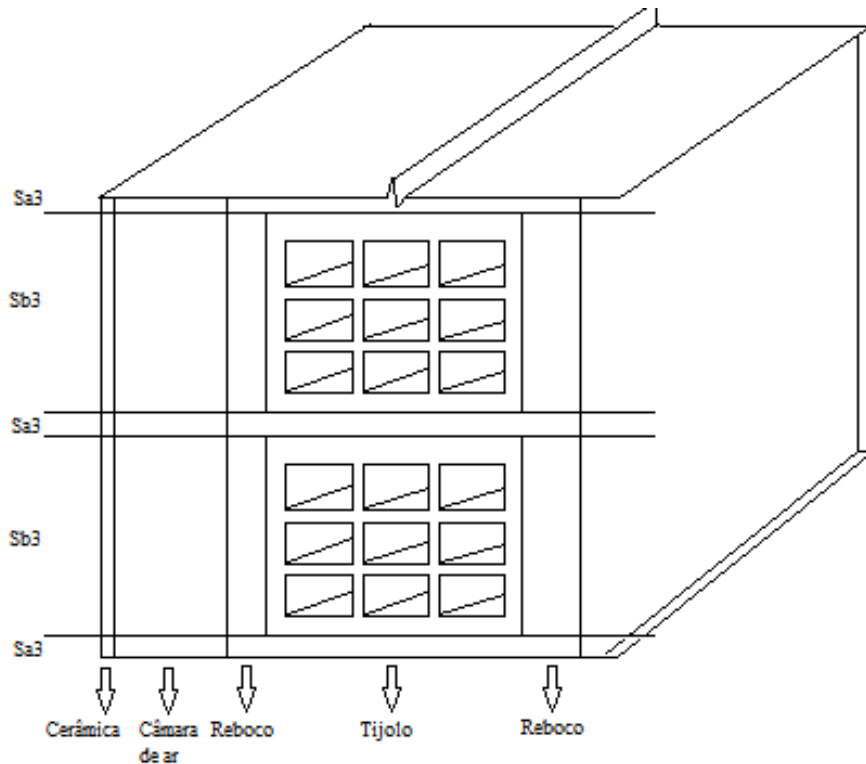


Figura 6 - Parede 3 (Fonte: Arquivo pessoal).

A parede 3 é composta por cinco camadas, sendo elas: revestimento cerâmico, câmara de ar ventilada, reboco, tijolo e reboco interno.

O cálculo da resistência térmica da câmara de ar iniciou-se classificando o tipo de ventilação que ocorre através da mesma, conforme mostrado na Tabela 1 da norma NBR 15220, como muito ventilada. Posteriormente foi realizado cálculo da resistência térmica para duas estações, sendo elas o verão e o inverno.

Na estação de verão a resistência térmica da camada de ar ventilada deve ser igual a da câmara de ar não ventilada e obtida da tabela B.1 da norma, sendo ela igual a $0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

O cálculo da resistência térmica total da parede 3 durante os meses de verão foi realizado dividindo a mesma em duas partes: Sa3 e Sb3.

A seção Sa3 é composta por revestimento cerâmico, câmara de ar, reboco, argamassa e reboco interno. Sendo assim, a resistência térmica da seção Sa3 foi calculada através da Equação 5, resultando em $R_{Sa3} = 0,3447 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

A seção Sb3 é composta por revestimento cerâmico, câmara de ar, reboco, tijolo e reboco interno. Sendo assim, a resistência térmica da seção Sb3 foi calculada através da Equação 5, resultando em $R_{Sb3} = 0,6838 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Com o cálculo das seções, a resistência térmica da parede 3 foi calculada pela Equação 6, utilizando os valores para as áreas $A_{Sa3} = 0,0044 \text{ m}^2$ e $A_{Sb3} = 0,0456 \text{ m}^2$, obtendo um valor de $R_{t_{parede3}} = 0,6343 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

A resistência térmica total da parede 3, para o verão, foi calculada por meio da Equação 7, resultando em $R_{T_{parede3}} = 0,80435 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. E, por fim, a transmitância térmica da parede 3 foi calculada, através da Equação 8, fornecendo um valor de $U = 1,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Já para os meses de inverno, para o cálculo da resistência térmica de uma camada de ar muito ventilada, a camada externa à câmara não deve ser considerada e a resistência térmica total (ambiente a ambiente) deve ser calculada pela expressão $R_T = 2R_{si} + R_t$, onde o valor de R_{si} encontra-se na tabela B.1 da norma, para fluxo ascendente, e R_t representa a resistência térmica da camada interna do componente construtivo. Como a composição de R_t é a mesma da parede 2, $R_t = 0,4306 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Com isso, o valor de R_T , calculado é igual a $0,6906 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Por fim, o cálculo da transmitância térmica da parede 3 para os meses de inverno resultou em $U = 1,448 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Nesse caso, o valor de U considerado para o cálculo da ENCE foi o maior valor entre os calculados para as épocas de verão e inverno, representando o pior caso.

- Cobertura 1

As condutividades térmicas dos materiais que compõem a cobertura 1 (terra, brita, concreto, EPS, laje e reboco) foram retiradas da tabela B.3. da norma. De posse desses valores, a resistência térmica de cada material foi calculada através da Equação 4, resultando em $R_{terra} = 0,288 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_{brita} = 0,129 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_{concreto} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_{EPS} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_{laje} = 0,637 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_{reboco} = 0,022 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

A resistência térmica total da cobertura 1 foi calculada através da Equação 7, resultando em $R_{T_{cobertura1}} = 3,555 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ e a transmitância térmica foi calculada através da Equação 8, fornecendo $U_{cobertura1} = 0,28 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

- Cobertura 2

A resistência térmica da cobertura 2, composta por telha metálica com isolante poliuretano, câmara de ar não ventilada, laje pré moldada de EPS e reboco interno, foi calculada utilizando os valores de condutividade térmica da laje, do reboco e do poliuretano disponíveis na tabela B.3. da norma. A resistência térmica de cada um desses materiais foi calculada através da Equação 4, fornecendo $R_{\text{laje}} = 0,437 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$; $R_{\text{reboco}} = 0,0217 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ e $R_{\text{poliuretano}} = 1,667 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

A resistência térmica da camada de ar foi retirada da tabela B.1 da norma, para superfície com baixa emissividade, espessura maior que 5 cm e fluxo ascendente (considerando o inverno como a pior situação), sendo ele igual a $0,27 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Com isso, realizou-se o cálculo da transmitância térmica da cobertura 2 através da Equação 8, fornecendo o valor de $U = 0,39 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$.

Portanto, as transmitâncias térmicas calculadas de cada tipo de parede e cobertura são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Transmitância térmica das paredes e coberturas calculadas segundo a NBR 15220-2.

TIPO	Transmitância (W/m².K)
Parede 1	0,451
Parede 2	1,665
Parede 3	1,448
Cobertura 1	0,281
Cobertura 2	0,394

A transmitância térmica total da parede e da cobertura da edificação foi calculada através da média das transmitâncias de cada parcela ponderadas pela área que ocupam, e são apresentadas na Tabela 7.

Portanto, é possível verificar que tanto o valor da transmitância térmica média da parede quanto da cobertura da edificação encontram-se dentro do limite estabelecido para classificação nível A. Sendo assim, com relação à transmitância térmica dos componentes da envoltória, a edificação projetada classifica-se com o nível mais alto.

Tabela 7 - Transmitância térmica média das paredes e coberturas.

Envoltória	Transmitância (W/m ² .K)
Parede (U _{par})	0,86
Cobertura (U _{cob})	0,35

4.2.2 Cores e absorvância de superfícies

O Anexo V da Portaria do INMETRO nº 50/2013 fornece, através da Item (b), valores da transmitância térmica para diferentes tipos de revestimentos de paredes e coberturas (tintas), utilizando como base o trabalho publicado por Dornelles (2008).

A cor escolhida para revestir as paredes externas da casa foi a cor Acrílica Fosca “Areia de Praia” da marca Coral. Sendo assim, com relação à absorvância das paredes da edificação, por similaridade a cor “Areia” mostrada na Figura 7, que possui uma absorvância de 44,9, conclui-se que a absorvância das paredes externas da planta piloto está dentro do valor máximo requerido pelo RTQ-C.

Com relação à cobertura, a planta piloto possui dois tipos: uma composta por telha metálica na cor branca ($\alpha = 15,8$) e outra composta pelo telhado vegetado, conforme sugerido pelo regulamento.


















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
	14		Pérola	33,0
	15		Pêssego	42,8
	16		Tabaco	78,1
	17		Terracota	64,6

Figura 7 - Revestimento de paredes e coberturas (cores) (Fonte: INMETRO, 2013).

4.2.3 Determinação da eficiência da envoltória

Através do projeto estrutural da casa e os dados da edificação (listados na Tabela 8), os fatores necessários para determinar o nível de eficiência da envoltória foram calculados e são apresentados na Tabela 9.

Tabela 8 - Dados da edificação.

Orientação	Fachada (m ²)	Abertura (m ²)	PAFT	AVS	FC – AVS	AHS
Norte	31,51	3,3	0,105	27,6	0,75	
Sul	31,51	5,04	0,160	0		
Leste	28,99	6,72	0,232	40,2		
Oeste	28,99	3,36	0,116	51,5		
TOTAL	121	18,42	0,152	29,00	21,75	0

A _{env}	A _{pcob}	A _{pe}	A _u	A _{tot}	V _{tot}	AVS
193,31	75,52	75,52	62,71	75,52	190,11	29,00

Tabela 9 - Fatores calculados.

FF	FA	FS
1,02	1	0,6

O Fator de Forma calculado ultrapassa o valor limite estabelecido pela norma que é de 0,70, sendo assim, utilizou-se o valor limite para substituição no cálculo do nível de eficiência da envoltória da edificação.

Os valores dos fatores calculados e dos dados da edificação citados acima foram utilizados para substituição das variáveis na Equação 2, a fim de calcular o Indicador de Consumo da envoltória (IC_{env}). Através das substituições o valor calculado foi de IC_{env} = 411,11.

Posteriormente foram calculados, também através da Equação 4, os valores de e e IC_{máxD} e IC_{min} utilizando os valores estabelecidos pelas Tabelas 4 e 5 para as variáveis PAF_T, FS, AVS e AHS, resultando em IC_{máxD} = 425,17 e IC_{min} = 413,09.

O valor da variável i , necessária para estabelecer os limites dos intervalos dos níveis de eficiência através da Tabela 6, foi calculado através da Equação 3, resultando em $i = 3,02$. A Tabela 10 apresenta a tabela de limites dos intervalos dos níveis de eficiência preenchida para a edificação em questão, classificando então o nível de eficiência da envoltória projetada.

Tabela 10 - Limites dos intervalos dos níveis de eficiência da edificação.

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Min	-	416,12	419,14	422,16	425,18
Lim Máx	416,11	419,13	422,15	425,17	-

Através da Tabela 10, podemos conferir que o Indicador de Consumo da envoltória (IC_{env}) calculado encontra-se abaixo do limite máximo estabelecido para classificação da envoltória como nível A. Sendo assim, a envoltória da edificação projetada atende ao pré-requisito estabelecido, recebendo a classificação máxima.

4.2 Sistema de iluminação

Como dito anteriormente, o nível de eficiência energética do sistema de iluminação foi avaliado através do método da área do edifício. A planta piloto será utilizada para desenvolver atividades de escritório, sendo assim, a Tabela 4.1 do RTQ-C estabelece um limite de densidade de potência de iluminação (DPIL – W/m^2) de $9,7 W/m^2$ para que se atinja o nível A de eficiência em edificações que exerçam esse tipo de atividade.

O sistema de iluminação projetado para a edificação, Figura 8, utiliza lâmpadas do tipo fluorescentes com uma eficiência de $92 lm/W$ e luminárias com aletas de alto brilho e rendimento de 76%.

O DPIL médio foi calculado e o valor encontrado foi de $8,32 W/m^2$. Os demais requisitos exigidos pela norma como o desligamento automático do sistema de iluminação, contribuição da luz natural, sistema de controle do nível de iluminação das luminárias próximas a aberturas voltadas a ambientes externo através de *dimmers* e divisão dos circuitos de acionamento foram respeitados. Sendo assim, o sistema de iluminação atingiu o nível A de eficiência energética.

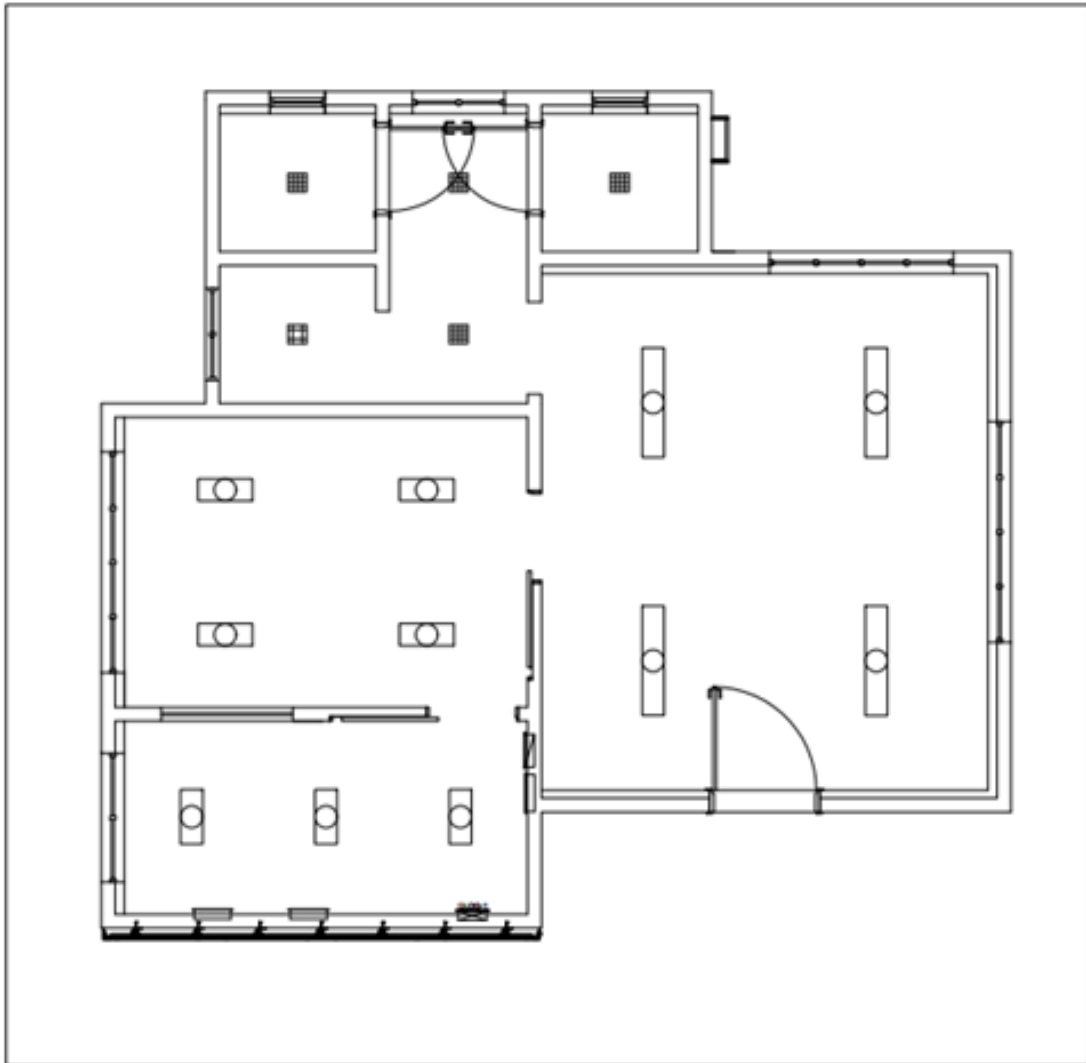


Figura 8 - Projeto do sistema de iluminação (Fonte: Arquivo Pessoal).

4.3 Sistema de condicionamento de ar

O sistema de climatização da edificação projetada é composto por condicionadores de ar do tipo *Split*, tendo cada cômodo seu aparelho.

Para a obtenção do nível A de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar foram escolhidos aparelhos que possuam a mesma classificação, avaliada pelo PBE/INMETRO, garantindo assim o nível de eficiência energética desejado.

4.4 Classificação Geral

O valor numérico da classificação geral do nível de eficiência energética da edificação foi calculado através da Equação 1.

O valor utilizado para o equivalente numérico, tanto da envoltória como dos sistemas de iluminação, condicionamento de ar e dos ambientes não condicionados, classificados na Tabela 1, foi 5, já que todos possuem nível A de eficiência. A variável ANC foi anulada, tendo seu valor igual a 0 (zero), já que a edificação não possui ambientes não condicionados de permanência prolongada. As bonificações não foram consideradas no cálculo, sendo o valor utilizado para essa variável igual a 0 (zero). O valor utilizado para a variável APT foi 12,6, para a variável AC foi de 50,11 e para AU foi de 62,71. Por fim, os valores foram substituídos na equação resultando em $PT = 4,99972$.

Através da Tabela 2 foi possível concluir que a classificação geral da edificação é nível A com relação à sua eficiência energética.

4.5 Classificação Domus

A edificação projetada foi simulada no *software* Domus a fim de conferir a classificação do nível de eficiência energética da mesma e comparar os valores das variáveis calculadas através do *software* com os valores obtidos de forma manual.

O programa dispõe de uma ferramenta de desenho 3D para que o usuário descreva a edificação com suas dimensões. Porém, o desenho da envoltória não considera a espessura das paredes da edificação. Sendo assim, o usuário deve optar entre desenhar a edificação com as dimensões internas ou externas às das paredes. No caso de optar por desenhar pelas dimensões internas, as dimensões interferem diretamente nas áreas das envoltórias, tornando-as ligeiramente menores. No caso de optar por desenhar a edificação utilizando as dimensões externas, as áreas e os volumes da edificação serão afetados. Ambas as situações ocasionam em diferenças nos valores das variáveis calculadas.

A edificação foi projetada no *software* (Figura 9) através das dimensões externas das paredes. Após o desenho, foram inseridas informações sobre os materiais que compõem cada parte da envoltória, bem como suas espessuras e suas respectivas condutividades térmicas, retiradas da Tabela B.3 da norma NBR 15220, para que o programa pudesse realizar o cálculo das transmitâncias térmicas das paredes 1, 2 e 3 (Figura 10) e das coberturas 1 e 2 (Figura 11).

Através dos resultados gerados pelo *software* foi possível realizar um comparativo entre estes valores e os calculados de forma manual, a fim de verificar a proximidade entre eles e a eficácia tanto do programa quanto do desenvolvimento analítico apresentado.

A Tabela 11 apresenta um comparativo entre os valores das transmitâncias térmicas de cada parede e de cada cobertura, e também do valor médio considerado para a edificação na classificação do nível de eficiência energética da envoltória.

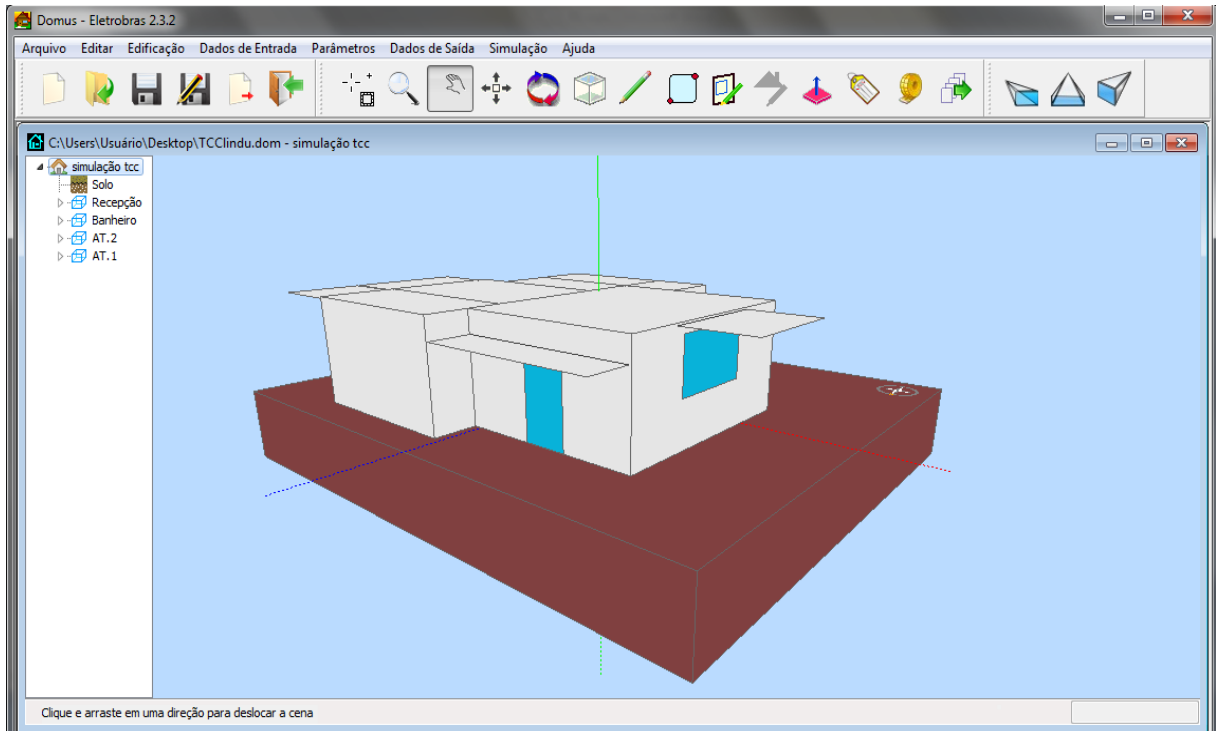


Figura 9- Projeto no *software* Domus (Fonte: Do próprio autor).

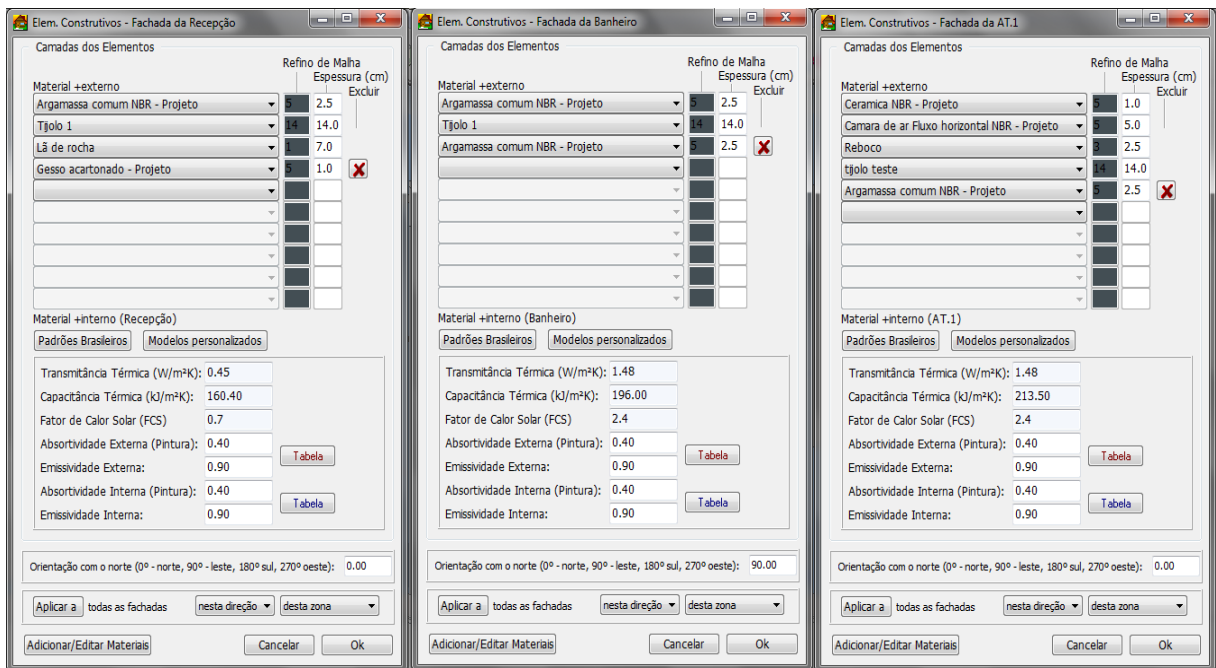


Figura 10 - Paredes 1, 2 e 3 simuladas no *software* Domus (Fonte: Do próprio autor).

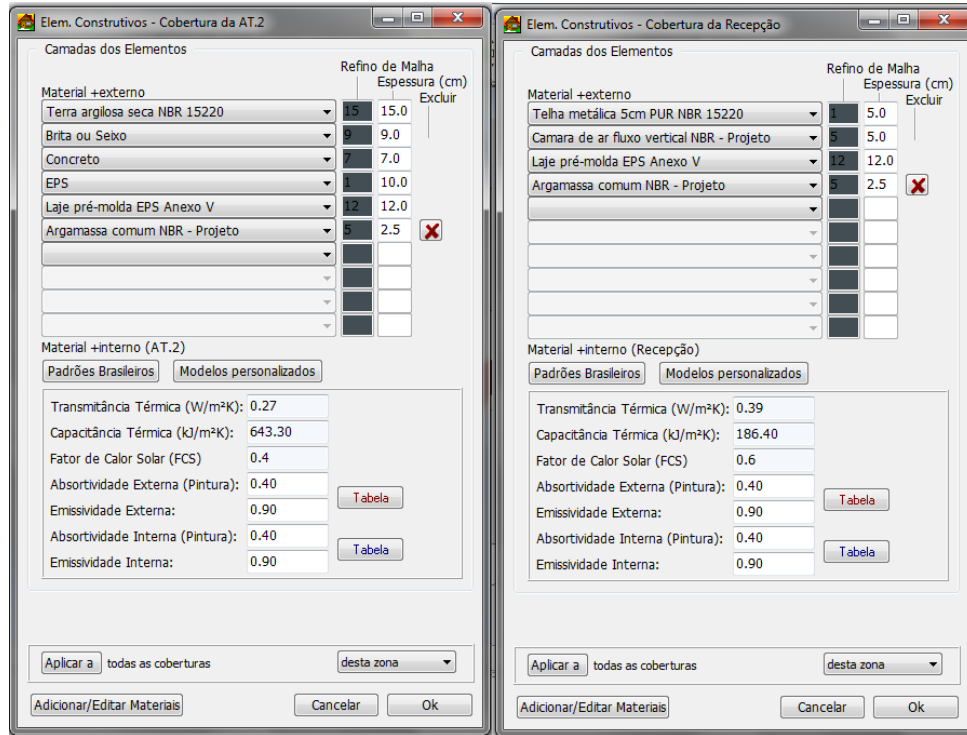


Figura 11 - Coberturas 1 e 2 simuladas no *software* Domus (Fonte: Do próprio autor).

Tabela 11 - Comparativo entre as transmitâncias térmicas.

TIPO	Transmitância Calculada (W/m ² .K)	Transmitância Domus (W/m ² .K)
Parede 1	0,45	0,45
Parede 2	1,66	1,48
Parede 3	1,45	1,48
Cobertura 1	0,28	0,27
Cobertura 2	0,39	0,39
Parede (U _{par})	0,86	0,85
Cobertura (U _{cob})	0,35	0,34

Como pode-se ver na Tabela 11, com relação aos valores das transmitâncias térmicas, os dois métodos apresentaram resultados muito similares entre si.

Para o cálculo do nível de eficiência da iluminação foram inseridos os valores de densidade de potência de iluminação instalada em cada cômodo, bem como informações sobre desligamento automático, contribuição da luz natural e divisão dos circuitos presentes na edificação. O *software* fornece o valor do DPIL médio de potência instalada e, assim como no caso das transmitâncias térmicas, o valor calculado de forma manual e através pelo *software* apresentaram similaridade.

Com relação ao sistema de condicionamento de ar as informações requeridas pelo *software* são o tipo de aparelho (janela ou *split*) e se o aparelho utilizado atende aos pré-requisitos estabelecidos pela norma. A Figura 12 mostra as informações inseridas e geradas pelo *software* para cada um dos sistemas (envoltória, iluminação e condicionamento de ar).

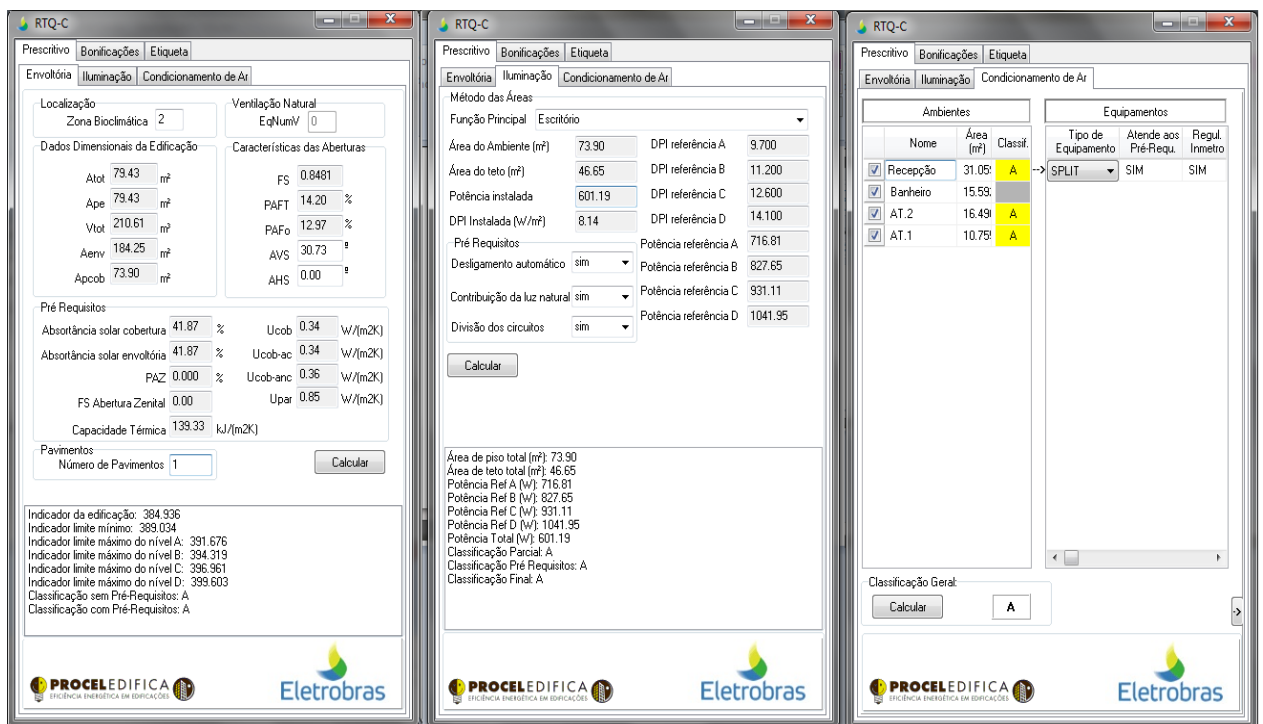


Figura 12 - Simulação *software* Domus (Fonte: Do próprio autor).

Por fim, com todas essas informações, o *software* gera as etiquetas individuais e a etiqueta geral do nível de eficiência energética da edificação, mostradas na Figura 13.

Como se pode verificar tanto os sistemas analisados de forma individual quanto a etiqueta geral da edificação projetada foram classificadas com o nível máximo de eficiência energética. O mesmo resultado foi apresentado no cálculo desenvolvido de forma manual seguindo os passos indicados pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – RTQ-C.

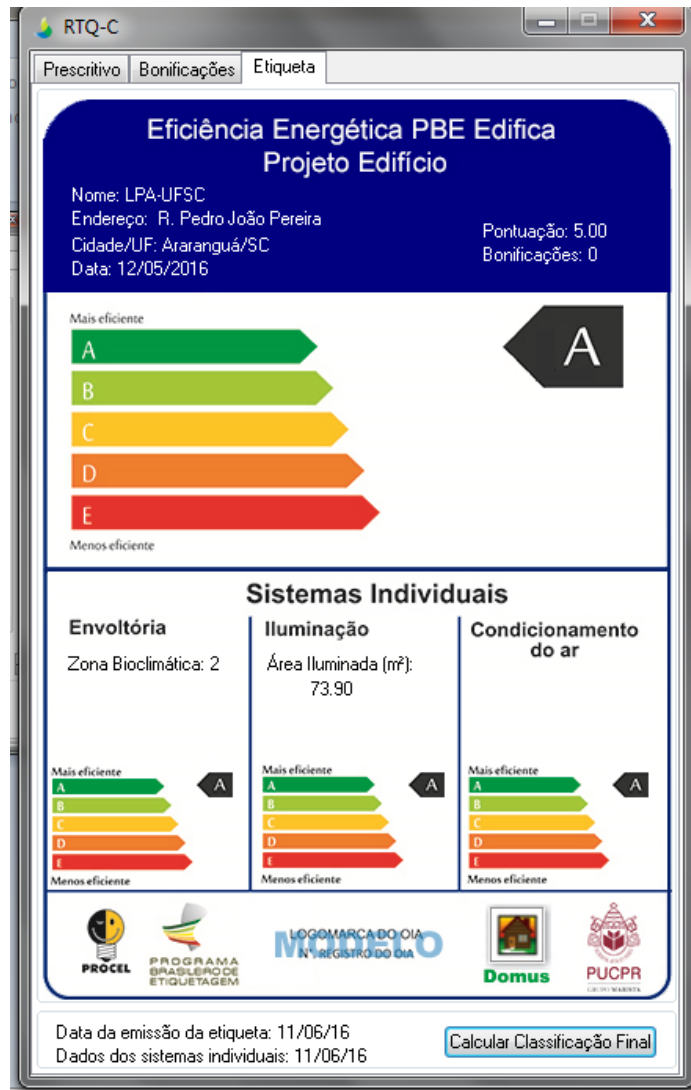


Figura 13 - Etiqueta da edificação gerada pelo *software* Domus (Fonte: Do próprio autor).

4.7 Construção da planta piloto

O início das obras da planta piloto deu-se em Janeiro de 2016 e a construtora contratada para realizar a obra foi a Antares Engenharia.

A obra estava prevista para ser executada em um prazo de 3 meses, porém levou 4 meses e meio para ser entregue. Isso se deve ao fato de que a empresa responsável encontrou dificuldades na aquisição de alguns materiais construtivos utilizados no projeto da edificação, já que os mesmos não são de uso comum. Esse fato exemplifica uma das dificuldades existentes hoje que afetam a disseminação do uso de estratégias bioclimáticas corretas na construção de edificações.

As Figuras 14 e 15 mostram a planta piloto após a conclusão e entrega da obra.



Figura 14 - Fachadas norte e leste da planta piloto (Fonte: Arquivo pessoal).



Figura 15 - Fachadas sul e oeste da planta piloto (Fonte: Arquivo pessoal).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo o projeto e a construção de uma planta piloto utilizando conceitos de arquitetura bioclimática, a fim de realizar a classificação do nível de

eficiência energética da edificação de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações.

Para isso, foi realizado um estudo sobre os conceitos e estratégias bioclimáticas possíveis de serem aplicadas em edificações, sobre conforto térmico e eficiência energética em edificações. Através desse estudo foi possível verificar a enorme quantidade de ações que podem ser implementadas nas edificações, tanto em etapa de projeto quanto em edificações já construídas, de maneira a aproveitar os recursos presentes no meio qual a edificação está inserida, garantindo o conforto dos ocupantes da edificação e uma economia na energia total consumida pela mesma.

Através do desenvolvimento do trabalho, foi possível verificar que o objetivo final foi atingido e a edificação pôde ser classificada com nível máximo de eficiência energética (nível A). Apesar de o projeto ter sido contemplado com essa classificação, verificou-se no decorrer da construção da obra as dificuldades ainda existentes ao se projetar uma obra com tal grau de complexidade. Grau esse que deriva da falta de conhecimento tanto dos projetistas presentes no mercado, que não estão acostumados a utilizarem a bioclimatologia como aliada ao melhor desempenho energético das edificações que projetam, como dos construtores e empregados. Sendo assim, é possível perceber a importância que estudos relacionados ao tema e profissionais especializados terão para fazer com que as edificações futuras e o meio ambiente, juntamente com os recursos nele disponíveis, estejam cada vez mais conectados entre si.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A PILOT PLANT WITH BIOCLIMATIC ARCHITECTURE CONCEPTS

ABSTRACT

The continuous and uncontrolled cities growing, allied to relentless pursuit to life quality by man, results in excessive energy consumption to ensure each person its comfort. The current situation has awakened a big concern to use energy responsibly and, as result, boosting the search of new renewable power sources aiming independence from fossil fuels, increasing equipment and buildings power efficiency, decreasing waste of energy. Within this scenario bioclimatic architecture appears using as constructive renewable sources energy generation

strategy and aiming the energy conservation potential through construction and available natural resources in the environment. This project conducted a study in existing bioclimatic strategy to design and develop a pilot plant in the city of Araranguá - Brazil and applying such concepts. Application of these strategies had as objective achieving edification "A" rating in energy efficiency. To ensure the best possible rating, the based used was the constructive guidelines suggested by the manual "Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais" ("Quality's Technical Requirements for Energy Efficiency Level of Commercial Buildings" in free translation from Brazilian portuguese) developed by the Brazilian national program of electrical energy conservation. To ensure the classification rating, the Software Domus was used to simulate the results. Domus cross the data required by the labeling program with real data from the building simulating its classification.

Keywords: Building, Energy efficiency, Bioclimatic architecture.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: Copyright, 2003.

ARANTES, Beatriz. **Conforto térmico em habitações de interesse social**: um estudo de caso. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2013.

CARLO, J.C.; **Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais**. 2008. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). UFSC, Florianópolis, 2008.

CORBELLA, O; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Revan 288 p., 2003.

DOMUS: MANUAL DO USUÁRIO. 2012. Disponível em: <http://domus.pucpr.br/util/index.php?acao=pdf&arquivo=TUTORIAL_FINAL-9_7_2012-mod.pdf>. Acesso em: 15 maio 2016.

DORNELLES, Kelen Almeida. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA.** 2008. 160p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, Anuário Estatístico de Energia Elétrica, 2015. Disponível em <<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015.pdf>>. Acesso em 18 de março de 2016.

ESPINDOLA, G. S. ; GUERRA, M. R. ; MARCELINO, R. ; RAMPINELLI, G. A. ; GRUBER, V. **Estudo e Projeto de uma Planta Piloto com Conceitos de Arquitetura Bioclimática.** In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2016, Belo Horizonte. Anais do VI CBENS, 2016.

FERNANDES, Luciana Oliveira. **A influência do sombreamento do entorno na etiqueta de eficiência energética de edifício comercial.** 2012. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

FROTA, A.B. e SCHIFFER, S.R. **Manual do conforto térmico.** 5ª Edição – São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GONÇALVES, J.C.S. e DUARTE, D.H.S. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v.6, n.4, p.51-81, out./dez. 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **ANEXO GERAL V – CATÁLOGO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DE PAREDES, COBERTURAS E VIDROS.** Anexo da portaria INMETRO Nº 50/2013, atualizado em 08/06/2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **RTQ-C 2.1:** Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **Tabelas de consumo/eficiência energética.** Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>>. Acesso em 14 de abril de 2016.

LAMBERTS, R. **Desempenho Térmico de Edificações.** Apostila do curso de Engenharia Civil – UFSC. Florianópolis, 2011.

LAMBERTS, R.; CARLO, J. C., 2010. **Parâmetros e Métodos Adotados no Regulamento de Etiquetagem da Eficiência Energética de Edifícios – Parte 1: Método Prescritivo.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p.7-26.

LAMBERTS, R; DUTRA, L. e PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura.** 3ª Edição – São Paulo, 2014.

MACIEL, A. A. **Integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico.** 2006. 277 p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MARAGNO, G. V. Adequação bioclimática da arquitetura de Mato Grosso do Sul. **Ensaio e Ciências: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, Campo Grande, v. 6, n. 003, p. 13-37.** 2002.

MASCARELLO, V. L. **Princípios bioclimáticos e princípios de arquitetura moderna – evidências no edifício hospitalar.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – UFRGS. Porto Alegre, 2005.

SERRADOR, M. E. **Sustentabilidade em arquitetura:** referências para projeto. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008. PBEEDIFICA. Disponível em <<http://www.pbeedifica.com.br/sobre>>. Acesso em 20 de março de 2016.

PROCEL, **O Programa.** Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team=%7B505FF883-A273-4C47-A14E-0055586F97FC%7D>>. Acesso em 16 de março de 2016.

XAVIER, A. A. de P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis.** 1999. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder forças para concluir mais essa etapa em minha vida. Aos meus pais pela oportunidade de estudar e me tornar uma pessoa realizada no caminho que escolhi. A minha irmã que durante todos os anos de faculdade foi a única família que tive ao meu lado. Agradeço também aos amigos que cultivei durante meu período acadêmico e que, ao longo do tempo, se tornaram meus irmãos.

Ao professor Dr. Roderval Marcelino, pela oportunidade de fazer parte do grupo de pesquisa do Laboratório de Pesquisa Aplicada – LPA no qual o projeto do presente trabalho foi desenvolvido.

Ao professor Dr. Giuliano Rampinelli, meu orientador, pela disposição em me guiar durante o desenvolvimento deste trabalho e por se mostrar sempre tão presente e disposto a ajudar.

As empresas BAESA e ENERCAN financiadores desse projeto. A empresa Eliane revestimentos cerâmicos, aos companheiros da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e ao Instituto Maximiliano Gaidzinski – IMG que juntos fizeram o projeto acontecer.

E, finalmente, agradeço a todos que direta ou indiretamente me ajudaram a concluir minha graduação e finalizar essa importante etapa de minha vida.