



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
PROPEC
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM
MÓDULO DE CONTÊINER MARÍTIMO**

Ouro Preto
Minas Gerais
2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM
MÓDULO DE CONTÊINER MARÍTIMO**

Autora: Françoise Santana Viana

Orientador: Henor Artur de Souza
Co-orientador: Adriano Pinto Gomes (IFMG-OP)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Mestre.

Ouro Preto
Minas Gerais
2018

V614a Viana, Françoise Santana.
Análise de desempenho térmico em módulo de contêiner marítimo
[manuscrito] / Françoise Santana Viana. - 2018.
95f.: il.: color; graf.; tabs; mapas.

Orientador: Prof. Dr. Henor Artur Souza.
Coorientador: Prof. Dr. Adriano Pinto Gomes.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
Área de Concentração: Construção Metálica.


1. Simulação numérica. 2. Contêiner. 3. Avaliação de desempenho térmico. 4. Estratégias de sustentabilidade. I. Souza, Henor Artur. II. Gomes, Adriano Pinto. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 624.014

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM MÓDULO DE CONTÊINER
MARÍTIMO**

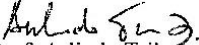
AUTORA: FRANÇOÍSE SANTANA VIANA

Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 08 de maio de 2018,
pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:


Prof. Henor Artur de Souza, D. Sc. – UFOP (Presidente)


Prof. Eliana Ferreira Rodrigues, D. Sc. – UFOP


Prof. Adriano Pinto Gomes, D. Sc. – IFMG


Prof. Arlindo Tribess, D. Sc. – USP/SP

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Beth e Valdé, porque sem eles nada disto seria possível.

Ao Strauss, pelo amor, paciência, parceria e incentivo.

Ao professor Henor (UFOP), meu orientador por uma longa caminhada, por sua dedicação, paciência e ensinamentos.

Ao professor Adriano (IFMG – Ouro Preto), pela coorientação, conselhos, ensinamentos e contribuição neste trabalho.

À Universidade Federal de Ouro Preto, ao PROPEC, aos professores pelos ensinamentos.

Aos colegas de mestrado, em especial a Milene, Humberto e Daniel, que com o apoio deles mais esta etapa foi concretizada.

Aos colegas do NUPECON, em especial ao Lucas, pela amizade e apoio, que foi essencial para a concretização deste trabalho.

À minha família e amigos, pelo apoio incondicional.

À FAPEMIG e CAPES pelo fomento durante a duração a realização deste mestrado.

RESUMO

O conforto térmico de um ambiente apresenta relação direta com os sistemas de fechamento (interno e externo) da edificação e a um projeto arquitetônico que aproveite de forma eficiente as condições climáticas locais. As simulações numéricas de estratégias arquitetônicas que proporcionem conforto ambiental aos ocupantes podem oferecer informações que aprimorem o processo de projeto na construção civil, que passa, hoje, por desafios em construir de forma mais econômica e ambientalmente viável. Considerando esses aspectos, neste trabalho analisa-se termicamente o equipamento contêiner a fim de determinar os parâmetros necessários para utilizá-lo na construção civil como edificação eficiente. O contêiner é escolhido como objeto de estudo pois é um módulo que pode ser adaptado para diversos tipos de climas, terrenos e construções. No Brasil, sua utilização é nova, por isso este estudo é necessário para se entender os métodos de construção do contêiner e as adaptações necessárias para o seu uso. A avaliação do desempenho térmico do contêiner é feita considerando as condições climáticas das zonas bioclimáticas brasileiras previstas na norma de desempenho térmico NBR 15.220, observando também os critérios da norma de desempenho de edificações habitacionais NBR 15.575. Para o estudo projeta-se uma edificação com 2 módulos de contêiner, totalizando uma área de 29,57m². O modelo é simulado numericamente utilizando o programa *EnergyPlus*, analisando o impacto do sombreamento, da ventilação natural e da massa térmica dos fechamentos no comportamento térmico da edificação. Os resultados obtidos mostram a necessidade de adaptações para que o contêiner possua habitabilidade em todas as zonas bioclimáticas analisadas. O uso de isolamento térmico nos fechamentos verticais, de uma cobertura termicamente eficiente, de uma fundação e cores com tons mais claros no fechamento externo proporcionam um melhor desempenho térmico à edificação, diminuindo a temperatura interna em até 9,5°C no verão e aumentando em até 7,9°C no inverno.

Palavras-chaves: Contêiner, avaliação de desempenho térmico, estratégias de sustentabilidade, construção em aço, simulação numérica.

ABSTRACT

The thermal comfort of an environment is directly related to the closing systems (internal and external) of the building and to an architectural project that efficiently takes advantage of local climatic conditions. Numerical simulations of architectural strategies that provide environmental comfort to occupants can provide information that enhances the design process in civil construction, which is nowadays challenged to construct in a more economical and environmentally viable way. Considering these aspects, in this work, the container equipment is thermally analyzed to determine the parameters required to use it in civil construction as an efficient building. The container is chosen as object of study because it is a module that can be adapted for different types of climates, land and buildings. In Brazil, its use is new, so this study is necessary to understand the methods of construction of the container and the adaptations necessary for its use. The evaluation of the thermal performance of the container is made considering the climatic conditions of Brazilian bioclimatic zones provided for in the thermal performance norm NBR 15.220, also observing the criteria of the norm of performance of housing constructions NBR 15.575. For the study is designed a building with 2 container modules, totaling an area of 29.57m². The model is simulated numerically using the EnergyPlus program, analyzing the impact of shading, natural ventilation and thermal mass of the locks on the thermal behavior of the building. The results show the need for adaptations for the container to have habitability in all the bioclimatic zones analyzed. The use of thermal insulation in the vertical closures, a thermally efficient cover, a foundation and colors with lighter shades in the outer closure provide a better thermal performance to the building, decreasing the internal temperature by up to 9.5 ° C in summer and increasing by up to 7.9 ° C in winter.

Keywords: Container, thermal performance evaluation, sustainability strategies, steel construction, numerical simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Fluxograma do método adotado	10
Figura 2.1: Malcom Mclean e o primeiro contêiner.....	12
Figura 2.2: “Minha Casa Meu Container”	13
Figura 2.3: Adaptações do contêiner para residência	17
Figura 2.4: Conexão <i>Twist Lock</i>	18
Figura 2.5: Fundação com blocos	18
Figura 2.6: Corte com esmeriladora	19
Figura 2.7: Deformação em contêiner	20
Figura 2.8: Lixamento do piso de contêiner	20
Figura 2.9: Instalações elétricas e hidrossanitárias	21
Figura 2.10: Isolamento térmico e acústico com lã de vidro.....	22
Figura 2.11: Telha metálica sanduíche	22
Figura 2.12: Telhado verde	23
Figura 2.13: Diagrama de Cobertura Vegetal.....	23
Figura 2.14: Tetris Container Hostel.....	24
Figura 2.15: Baubrasil Homes	25
Figura 2.16: Casa <i>Contêiner</i>	25
Figura 2.17: Academia de contêiner.....	26
Figura 3.1: Zoneamento Bioclimático Brasileiro	29
Figura 3.2: Interface do programa <i>EnergyPlus</i>	33
Figura 3.3: Planta da casa em contêiner.....	34
Figura 3.4: Fluxograma dos principais elementos para a simulação numérica	37
Figura 3.5: Organograma dos materiais usados na simulação	37
Figura 3.6: Esquema da telha termoacústica	39
Figura 3.7: Esquema de telhado verde	39
Figura 3.8: Fundação por radier	
Figura 3.9: Fundação por sapata	40
Figura 3.10: Dimensões das janelas	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Tipos de contêineres	14
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Dimensões de contêineres	16
Tabela 3.1: Critério de avaliação para as condições de VERÃO	31
Tabela 3.2: Critério de avaliação para as condições de INVERNO.....	31
Tabela 3.3: Dados utilizados na simulação	35
Tabela 3.4: Dados das zonas bioclimáticas em análise	35
Tabela 3.5: Dados dos dias típicos de verão das zonas simuladas	36
Tabela 3.5: Dados dos dias típicos de inverno das zonas simuladas	36
Tabela 3.7: Materiais e suas propriedades termofísicas	38
Tabela 3.8: Coberturas e suas propriedades termofísicas	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Objetivo	9
1.2	Justificativa.....	9
1.3	Metodologia.....	9
1.4	Estrutura do trabalho.....	10
2	O CONTÊINER.....	12
2.1	O uso do contêiner	12
2.2	Tipologias.....	13
2.3	Técnicas de construção	17
2.3.1	Fundação.....	17
2.3.2	Esquadrias.....	19
2.3.3	Piso.....	20
2.3.4	Instalação elétrica e hidrossanitária.....	20
2.3.5	Revestimento.....	21
2.3.6	Cobertura.....	22
2.4	Usos atuais de contêineres no Brasil	24
3	AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES	27
3.1	Considerações iniciais.....	27
3.2	Normas brasileiras: NBR 15.220 e NBR 15.575	28
3.3	Simulação numérica de edificações	31
3.4	Programa <i>EnergyPlus</i>	33
3.5	Método adotado	34
3.5.1	Estratégias de conforto térmico aplicadas	38
4	RESULTADOS	41
4.1	Isolamentos térmicos	41
4.2	Coberturas	45
4.3	Fundação	52
4.4	Pintura externa.....	55
4.5	Renovação de ar	57
4.6	Contêiner adaptado.....	60
5	CONCLUSÕES	70
5.1	Sugestões de trabalhos futuros.....	71
	REFERÊNCIAS.....	72
	APÊNDICE A.....	75
	APÊNDICE B.....	87

1 INTRODUÇÃO

A construção civil consome a maior parte dos recursos naturais do planeta, sendo que, madeira, metais, areia, pedras, água potável e energia elétrica representam de 15 a 50% desses recursos. Segundo o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM, 2001), essa também é a área que mais gera resíduos sólidos no mundo, cerca de 50% de todos os resíduos, onde o volume de entulho de construção e demolição é duas vezes maior que o volume do lixo sólido urbano. Além de utilizar recursos não renováveis, em muitas cidades brasileiras os resíduos gerados pela construção civil têm como destino sítios irregulares, poluindo rios e fontes de água, facilitando a proliferação de vetores de doenças e muitas vezes implicando na obstrução do sistema de drenagem das águas pluviais, causando enchentes.

Outro equipamento que também tem gerado problemas residuais é o contêiner. Com a sua disseminação em larga escala, conseguiu atingir vários setores com o transporte de mercadorias. Mas, como tem vida útil entre 10 e 15 anos e o custo de transporte se torna alto quando ele retorna vazio ao país de origem da mercadoria, é abandonado no porto de destino, ocupando grandes lotes na sua estocagem e poluindo o porto. O volume anual de contêineres no mundo é imenso. Considerando apenas o porto de Roterdã na Holanda, um dos maiores do mundo, o volume no ano de 2014 foi de 12,3 milhões de TEUs¹ e no Brasil em 2013, foi de 8,9 milhões de TEUs (PIRES, 2015).

A partir dos problemas citados, a construção civil tem buscado estratégias mais sustentáveis, ambientalmente corretas e mais econômicas. Para tanto tem se usado equipamentos não convencionais como o contêiner para a construção de edificações (RESIDENTIAL..., 2017). Porém, ainda não existem no Brasil estudos ou mesmo diretrizes para projetar uma casa contêiner com desempenho térmico adequado aos usuários considerando a sua região de implantação. As normas brasileiras de desempenho térmico não consideram a construção

¹ Na logística de transportes, a sigla TEU (*Twenty Foot Equivalent Unit*) refere-se à Unidade Equivalente de Transporte. Esta unidade de transporte possui um tamanho padrão de contêiner intermodal de 20 pés. Estes módulos padronizados de contêiner de 20 pés recebem o nome de TEU, ou seja, um contêiner de 20 pés é um contêiner de 1 TEU, enquanto 1 contêiner de 40 pés é um contêiner de 2 TEUs. Trata-se da medida padrão para medir capacidade de contêineres em navios, trens, etc. Equivale a um contêiner padrão de 6.10m (comprimento) x 2.44m (largura) x 2.59m (altura), ou aproximadamente 39 m³ (PORTOPÉDIA, 2017).

modular em aço, devendo o construtor se limitar às publicações e normas internacionais.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar termicamente o equipamento contêiner a fim de determinar os parâmetros necessários para utilizá-lo na construção civil como edificação eficiente.

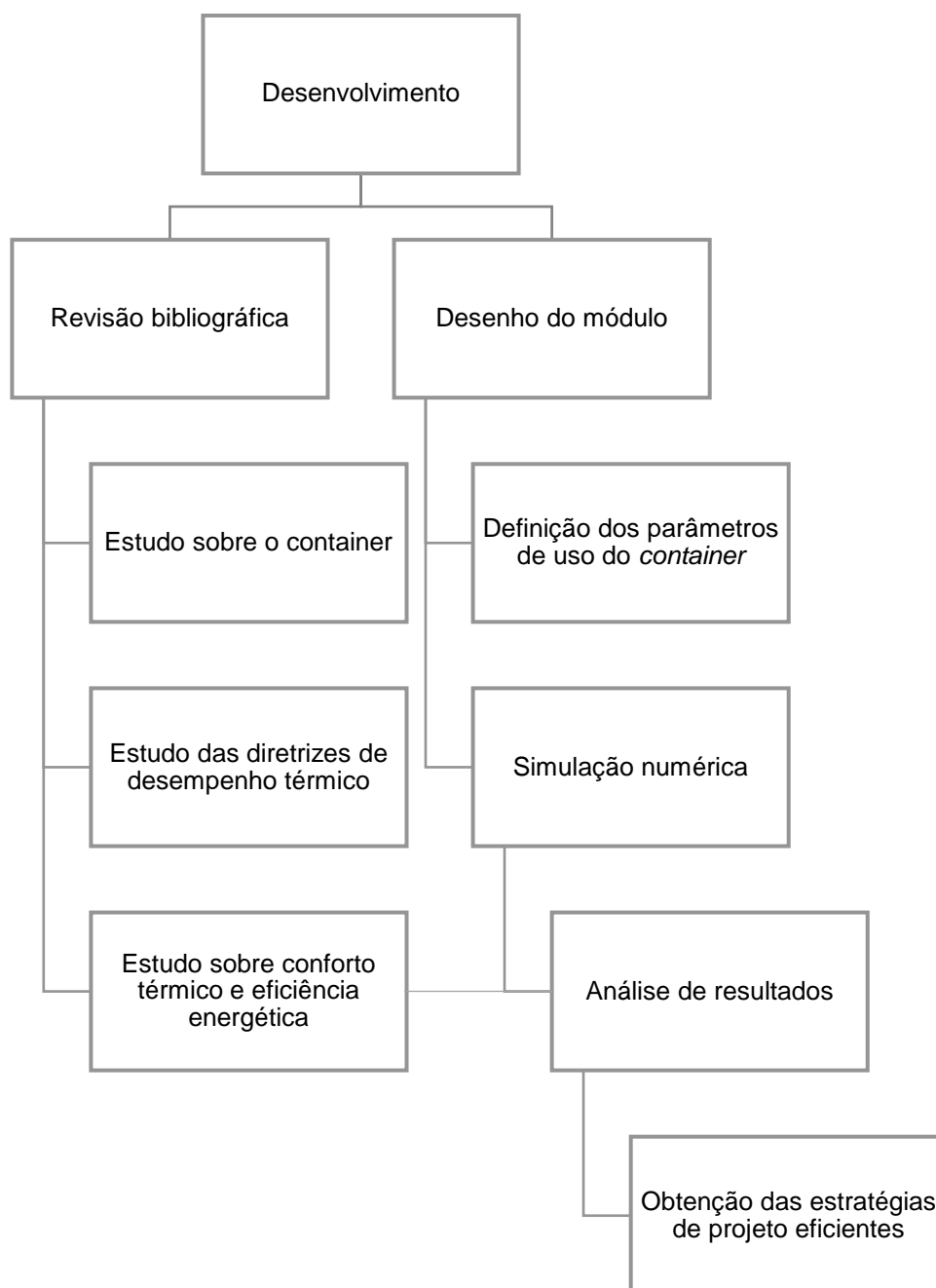
1.2 Justificativa

A utilidade do contêiner no transporte de mercadorias é de até 15 anos, mas sua vida útil chega aos 90 anos. Por isso, tem sido usado em larga escala como estrutura para diversas tipologias na construção em várias partes do mundo (LOPES; BELTRAME; BELTANI, 2017). Como o contêiner é basicamente feito de aço, é preciso uma investigação maior de como ele se comporta com a variação dos parâmetros climáticos, em quais climas pode ser mais viável no Brasil e quais as necessidades de modificação para que seja utilizado plenamente como edificação.

1.3 Metodologia

Para o desenvolvimento deste estudo é elaborado um projeto arquitetônico residencial constituído por 2 módulos de contêiner de 1 TEU para ser simulado numericamente no *software EnergyPlus*. Analisa-se o impacto do sombreamento, da ventilação natural e da massa térmica dos fechamentos no comportamento térmico da edificação. A avaliação do desempenho térmico do contêiner considera as condições climáticas para as oito zonas bioclimáticas brasileiras previstas na norma de desempenho térmico NBR 15220 e observa também os critérios da norma de desempenho de edificações habitacionais NBR 15575. Na Figura 1.1, apresenta-se o fluxograma com as etapas do método adotado.

Figura 1.1: Fluxograma do método adotado



Fonte: Elaborado pelo autor

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em 5 capítulos. No **Capítulo 1** apresenta-se o conteúdo, a problemática e o objetivo do trabalho, a justificativa que apresenta a relevância deste estudo de edificações em contêineres e o procedimento metodológico para cumprir o objetivo proposto.

No **Capítulo 2**, descreve-se o uso do contêiner, os tipos e características de cada um, técnicas de construção com contêiner e as particularidades deste tipo de construção.

No **Capítulo 3**, apresenta-se os requisitos estabelecidos pelas normas nacionais de desempenho, normas NBR 15.220 e NBR 15.575, e os parâmetros necessários para simulação numérica de desempenho térmico de uma edificação e uma breve apresentação do programa *EnergyPlus*. Descreve-se as estratégias propostas para melhoria do desempenho térmico além de apresentar o modelo a ser avaliado.

No **Capítulo 4**, expõe-se os resultados e discussões em relação às melhorias proporcionadas, pelas estratégias propostas, no desempenho térmico do modelo proposto.

No **Capítulo 5** apresenta-se as considerações do trabalho desenvolvido, e sugestões para futuros trabalhos. No término desta dissertação está o **Apêndice A** onde se apresenta os dados de entrada utilizados nas simulações numéricas no programa *EnergyPlus*.

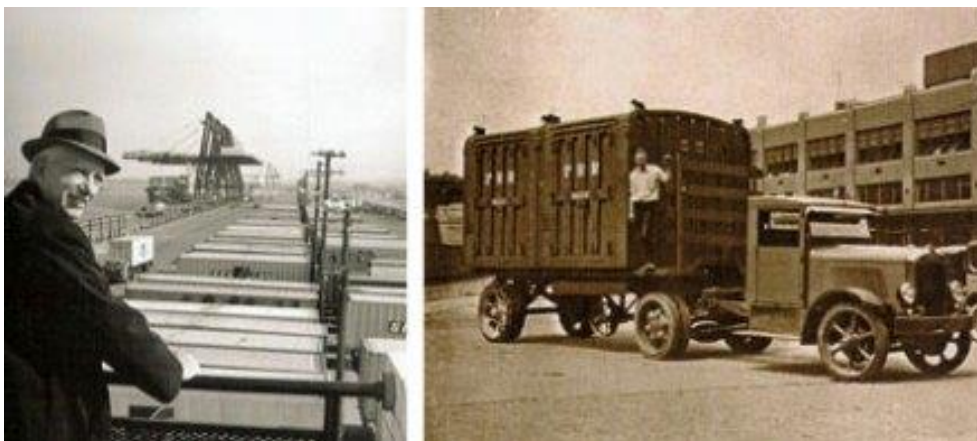
2 O CONTÊINER

Usado em 90% do transporte de cargas em todo o mundo, o contêiner é um equipamento relativamente novo, criado no século XX para o transporte de produtos variados. Existem diversos estudos sobre o contêiner e a logística no transporte. Mas recentemente com o déficit de habitações em diversos países, tem-se estudado a viabilidade do uso do contêiner na construção civil como um material alternativo. Uma das vantagens de usar essas caixas de aço é a possibilidade de deslocamentos depois da habitação finalizada e de modificações na residência, atendendo a demanda por ampliações e consistindo em uma arquitetura flexível.

2.1 O uso do contêiner

O contêiner surgiu como método para transportar cargas e evitar a deterioração e extravio de mercadorias. Em 1950, o exército americano criou o *Conex (Container Express Service)* para transporte de armamentos e outros objetos, a ideia original do contêiner. Em 1955, o empresário de transportes rodoviários Malcom Mclean (Figura 2.1) fundou a *Sea Land Service*, uma companhia marítima de transporte de cargas com 37 navios tanque adaptados que antes eram usados para transporte de petróleo (LUDOVICO, 2013). Com a disseminação deste tipo de transporte para o mundo, a ISO (*International Organization for Standardization*) padronizou as dimensões e especificações do contêiner na ISO 6346.

Figura 2.1: Malcom Mclean e o primeiro contêiner



Fonte: PINDER, 2017

Ao longo do tempo, os contêineres passaram a ter novas utilidades devido a sua fácil e rápida instalação, tais como, abrigos provisórios em países acometidos por desastres naturais (como terremotos) e já foram utilizados no transporte de prisioneiros iraquianos durante a Guerra do Golfo no ano de 1991. Posteriormente, começaram a ser empregados como habitação, principalmente na Europa, tendo como país pioneiro a Holanda, que possuía um grande volume de contêineres à disposição.

No Brasil, mais recentemente, surgiram as primeiras empresas com esse tipo de construção, iniciadas na região sul do país. Hoje, existem várias casas contêineres em todo o território nacional. No Brasil o conceito ganhou força por meio da apresentação de protótipos em eventos de arquitetura e decoração. Mas uma boa parte das edificações de contêiner no Brasil tem sido feita de maneira artesanal, sem qualquer estudo prévio que justifique seu uso como habitação (Figura 2.2).

Figura 2.2: “Minha Casa Meu Container”



Fonte: MELO, 2013

2.2 Tipologias

Conforme citado no item anterior, o contêiner tem suas dimensões padronizadas pela norma ISO 6346. A norma é mantida pelo BIC (International Container Bureau) e abrange o número de série, o proprietário, o código do país e o tamanho de qualquer contêiner de envio. Sua estrutura é dividida genericamente em quatro partes: estrutura, parede, teto e piso. A estrutura é a base do contêiner, responsável pela resistência e pela possibilidade do empilhamento de várias unidades, e é composta por uma liga de aço e alumínio.

A parede e o teto são painéis de chapas de aço corrugadas. O piso é feito de chapas de compensado de madeira naval que recebem um tratamento antifúngico para evitar a propagação de cupins. Quando o contêiner é do tipo refrigerado, possui um isolamento térmico interno. O contêiner, então, é pintado com tinta naval, passando por um jateamento de pintura eletrostática para evitar a corrosão, uma vez que ele é feito para ambientes propícios a intempéries. Existem 10 tipos principais, que são utilizados de acordo a carga transportada. No Quadro 2.1 apresenta-se os tipos principais e na Tabela 2.1, suas dimensões.

Quadro 2.1: Tipos de contêineres



Dry Box: Totalmente fechado, com portas nos fundos, sendo o contêiner mais utilizado e adequado para o transporte da maioria das cargas gerais secas existentes, como alimentos, roupas, móveis, etc. Pode ser de 20 ou 40 pés.



Ventilated: Semelhante ao *Dry Box*, porém com pequenas aberturas no alto das paredes laterais, podendo também tê-las na parte inferior das paredes, para permitir a entrada e saída de ar, para transporte de cargas que requerem ventilação como café e cacau.



Reefer: Também semelhante ao *Dry Box*, totalmente fechado, com portas nos fundos, apropriado para embarque de cargas perecíveis congeladas ou refrigeradas, que precisam ter a sua temperatura controlada, como carnes, sorvetes, frutas e verduras.



Bulk Container. Similar ao *Dry Box*, totalmente fechado, tendo aberturas no teto (escotilhas) para o seu carregamento e uma escotilha na parede do fundo, na parte inferior para a descarga. Adequado para transporte de granéis sólidos, como produtos agrícolas.



Open Top: contêiner sem teto, que é fechado com lonas para transporte de cargas que apresentam dificuldades para embarque pela porta dos fundos e necessitam de um acesso especial, embora também possua a porta normal nos fundos. Próprio para mercadorias que excedam a altura do contêiner, cujas cargas não poderiam ser acondicionadas num contêiner *Dry Box* tradicional.



Half Height. Container open top, sem teto, porém de meia altura – 4 pés, fechado com lonas e cabeceira basculante, adequado para embarque de minérios, cuja carga é extremamente densa e se embarcada em um *open top*, este não poderia ser utilizado integralmente quanto ao aspecto de volume, representando uma ocupação de espaço indevido no navio.



Open Side: Com apenas três paredes, sem uma parede lateral, este contêiner é apropriado para mercadorias que apresentam dificuldades para embarques pela porta dos fundos, ou que excedam um pouco a largura do equipamento ou ainda para agilização de sua estufagem.



Flat Rack: contêiner plataforma, sendo uma combinação do *open top* e *open side*, sem as paredes laterais e sem teto, com cabeceiras fixas, ou dobráveis, adequado para cargas pesadas e grandes e que excedam um pouco as suas dimensões.



Plataform: contêiner plataforma sem paredes e sem teto, tendo apenas o piso apropriado para cargas de grandes dimensões ou muito pesadas.



Tank: contêiner tanque, dentro de uma armação de tamanho padronizado, próprio para transporte de líquidos em geral, perigosos ou não.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2.1: Dimensões de contêineres

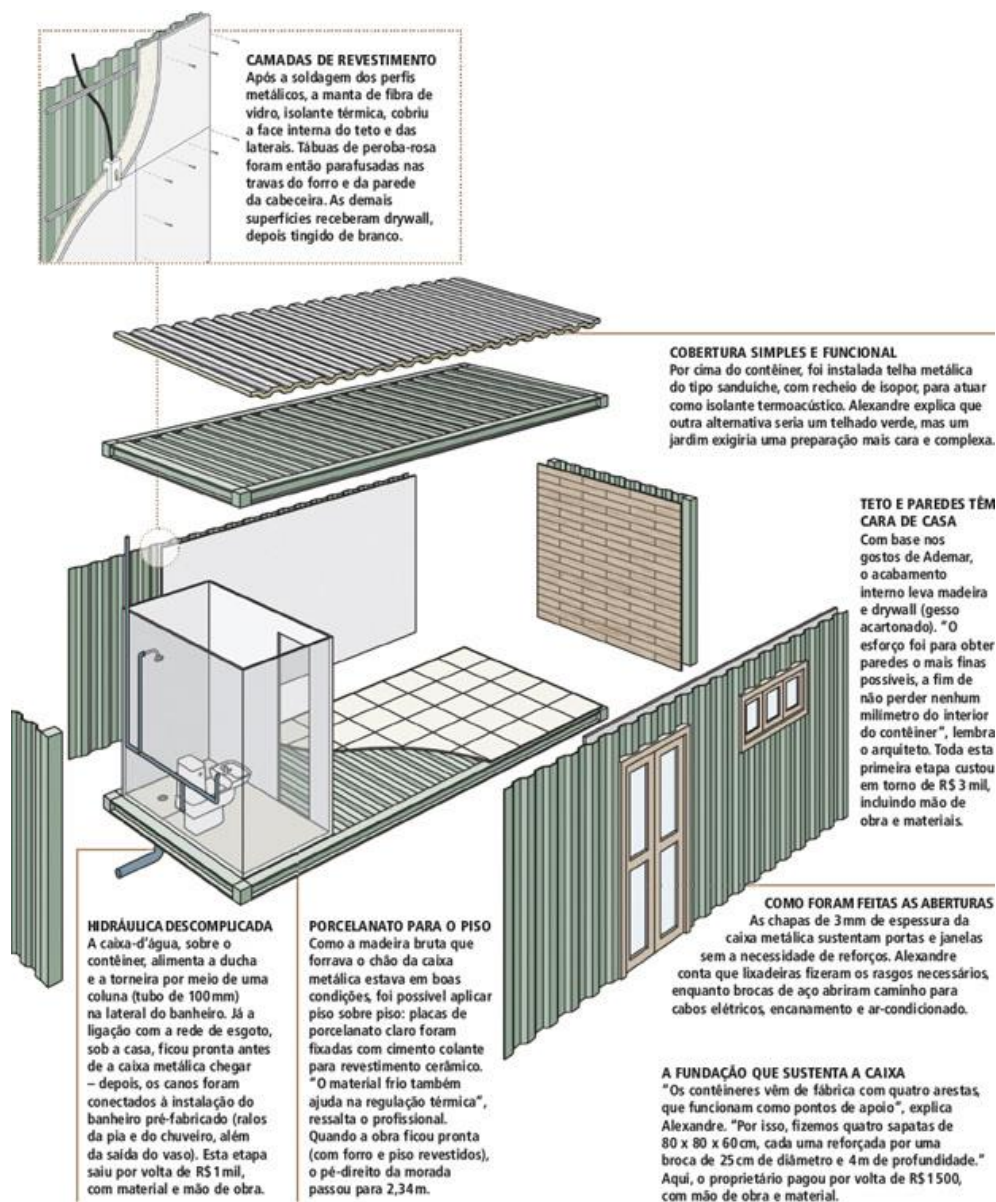
Tipo	Comprimento	Dim. CxLxA (mm) Exterior	Dim. CxLxA (mm) Interior	Capacidade Peso/Volume t/m ³
Dry Box	20'	6.058x2.438x2.591	5.900x2.352x2.395	21,6/33,2
Dry Box	40'	12.192x2.438x2.591	12.022x2.352x2.395	26,5/67,7
Dry/High Cube	40'	12.192x2.438x2.896	12.022x2.352x2.696	26,3/76,2
Reefer	20'	6.058x2.438x2.591	5.498x2.270x2.267	25,4/28,3
Reefer	40'	12.192x2.438x2.591	11.151x2.225x2.169	26,0/55,0
Open Top	20'	6.058x2.438x2.591	5.900x2.352x2.395	21,6/3,2
Open Top	40'	12.192x2.438x2.591	12.020x2.350x2.342	26,5/67,7
Flat Rack	20'	6.058x2.438x2.591	5.798x2.408x2.336	21,6/33,2
Flat Rack	40'	12.192x2.438x2.591	12.092x2.404x2.002	26,5/67,7
Plataforma	20'	6.058x2.438	6.020x2.413	21,6/33,2
Plataforma	40'	12.192x2.438	12.150x2.290	26,5/67,7
Tank	20'	6.058x2.438	X	19/23 mil litros

Fonte: FIDAS, 2012

2.3 Técnicas de construção

Para ser utilizado como edificação, o contêiner passa por uma série de adaptações a fim de garantir conforto ambiental ao usuário e ser aproveitado todo o potencial deste material na construção modular. Na figura 2.3 é mostrado um exemplo de um contêiner adaptado a um moradia.

Figura 2.3: Adaptações do contêiner para residência



Fonte: FLAKS, 2012

2.3.1 Fundação

Os contêineres são instalados um a um sobre a fundação, geralmente com o auxílio de um guindaste ou *munk* e, sem uma estrutura independente, podem ser empilhados em até oito contêineres. Por segurança, no empilhamento

podem ser soldados um a outro ou conectados nos cantos por peças tipo *Twist Lock* (Figura 2.4) para evitar o seu deslizamento.

Figura 2.4: Conexão *Twist Lock*



Fonte: QINGDAO, 2017

O contêiner vem de fábrica com quatro arestas que funcionam como pontos de apoio que descarregam as tensões na fundação. Por isso necessitam de fundações simples e rasas, tais como: sapatas isoladas (Figura 2.5) que é o tipo mais utilizado no Brasil ou o radier, mais utilizado no exterior. Se a opção for por planificar o terreno, a terraplanagem ocorre com corte e aterro suave, dispensando grandes movimentações de terra, onde ainda se pode respeitar o perfil do terreno e o projeto ser suspenso por pilotis. Com fundação por sapatas isoladas é impermeabilizado apenas 15% do terreno, com preservação do solo e do lençol freático, deixando 85% do terreno permeável à absorção das águas da chuva.

Figura 2.5: Fundação com blocos



Fonte: MELO, 2013

2.3.2 Esquadrias

Hoje existem diversas empresas que trabalham modificando o contêiner para moradia. Quando comprado de uma dessas empresas, os cortes são definidos em projeto. O passo a passo para o corte das esquadrias e das instalações é feito com uma esmeriladora (lixadeira) (Figura 2.6), um equipamento próprio para corte de aço, que pode ser feito de maneira artesanal. Mas o ideal é ser executado por um profissional capacitado evitando futuros problemas. Uma vez que os cortes estão prontos, a instalação das esquadrias é rápida e o canteiro de obras é mais organizado e limpo, gerando menos entulho e não precisando de locação de estruturas para guardar materiais de obra em grande quantidade.

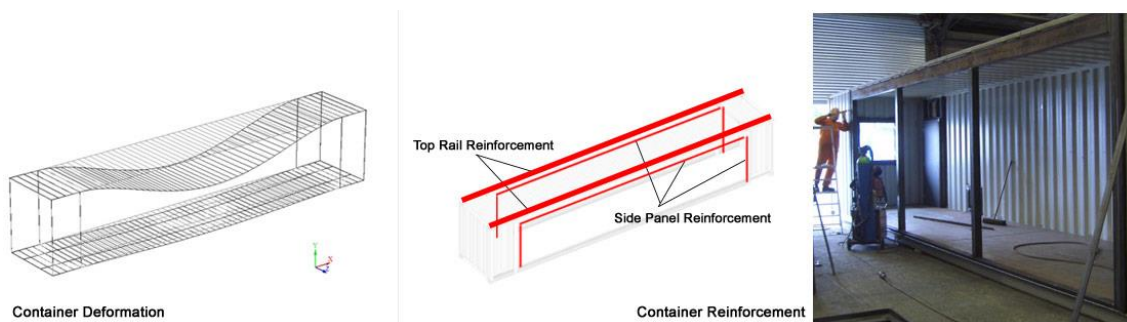
Figura 2.6: Corte com esmeriladora



Fonte: MI CONTAINER..., 2013

As chapas de 3mm de espessura da caixa metálica são o suficiente para sustentar portas e janelas comuns, sem a necessidade de reforços neste caso. Contudo, é recomendável a avaliação de um arquiteto ou engenheiro civil quando são feitas as modificações no contêiner. A estrutura e os painéis foram feitos para serem bem resistentes, mas os cortes ou retirada das laterais, com recortes mal planejados podem enfraquecer a estrutura, deixando o contêiner deformado (Figura 2.7). Contudo, as partes retiradas do contêiner podem ser reaproveitadas no mesmo projeto como cobertura para as janelas e portas, gerando sombreamento, ajudando no conforto térmico.

Figura 2.7: Deformação em contêiner



Fonte: RESIDENTAL..., 2013

2.3.3 Piso

Quando o piso de madeira do contêiner está em boas condições de conservação, pode ser reaproveitado apenas lixando e envernizando (Figura 2.8) ou mantendo-o e instalando outro piso sobre ele. Se não estiver em boas condições é preciso removê-lo e instalar outro. Com a técnica do piso sobre piso pode-se utilizar qualquer revestimento convencional que o usuário desejar.

Figura 2.8: Lixamento do piso de contêiner



Fonte: RIBEIRO, 2013

2.3.4 Instalação elétrica e hidrossanitária

As instalações elétricas devem ser feitas no *Dry Box* entre a chapa de aço e o revestimento escolhido. No *Reefer*, que é o tipo com isolamento térmico de fábrica, é preciso fazer recortes no revestimento. As instalações hidrossanitárias também são embutidas entre os painéis do contêiner e o revestimento (Figura 2.9); dentro do vão criado pelo *drywall* cria-se passagem para a colocação de tubos para a parte elétrica e canos. A instalação que ligará a água ao fornecedor

e a ligação para saída de esgoto deve ser preparada no local antes da instalação do contêiner.

Figura 2.9: Instalações elétricas e hidrossanitárias



Fonte: ALEXANDRE, 2011

As instalações também podem ficar aparentes de acordo com a linguagem estética dos ambientes. Antes da instalação de caixas de água, inicialmente se deve calcular o peso para que esta não deforme a estrutura do contêiner.

2.3.5 Revestimento

Depois de prontas todas as instalações e isolamento, o contêiner precisa de acabamento. Com o sistema de *drywall* é possível revesti-lo com qualquer material usado no mercado para construções habituais, tais como: cerâmica, placas cimentícias, tinta, madeira ou gesso. Ele pode ainda ser revestido por fora, escondendo o aspecto da caixa metálica. Revestir externamente o contêiner deixa o metal aparente internamente, dando um aspecto industrial à edificação.

Por ser uma caixa de aço, é imprescindível utilizar algum tipo de isolamento térmico e acústico nas paredes do contêiner *Dry Box* (Figura 2.10) a fim de torná-lo habitável. No mercado há diversos tipos, sendo o mais utilizado no Brasil a lã de vidro. Mas, na *pegada ecológica de sustentabilidade*², existe também a lã de pet, fabricada a partir das garrafas pets. Existem igualmente

² A pegada ecológica é uma ferramenta de medição de desenvolvimento sustentável que consiste no cálculo da área necessária para garantir a sobrevivência de uma determinada população ou sistema econômico indefinidamente: fornecendo energia e recursos naturais e assegurando capacidade de absorver os resíduos (WACKERNAGEL & REES, 1996 apud BELLEN, 2007).

tintas usadas nas áreas externas que ajudam neste isolamento. O tipo *Reefer* já vem com isolamento de fábrica, mas como precisa ser cortado para a instalação elétrica e hidrossanitária, precisa também de um revestimento posterior.

Figura 2.10: Isolamento térmico e acústico com lã de vidro



Fonte: MELO, 2013

2.3.6 Cobertura

O contêiner possui uma inclinação no seu teto para evitar o acúmulo de água. Como o pé direito dos contêineres é baixo (2,59m), é inviável o isolamento da cobertura pela face interna do teto. Portanto, para ser empregado como habitações são utilizados dois tipos diferentes de estratégias, o telhado com telhas metálicas sanduíches (Figura 2.11) ou telhado verde (Figura 2.12). Ambos contribuem no conforto térmico e acústico, diminuindo o uso de condicionamento artificial.

Figura 2.11: Telha metálica sanduíche



Fonte: RIBEIRO, 2013

Figura 2.12: Telhado verde

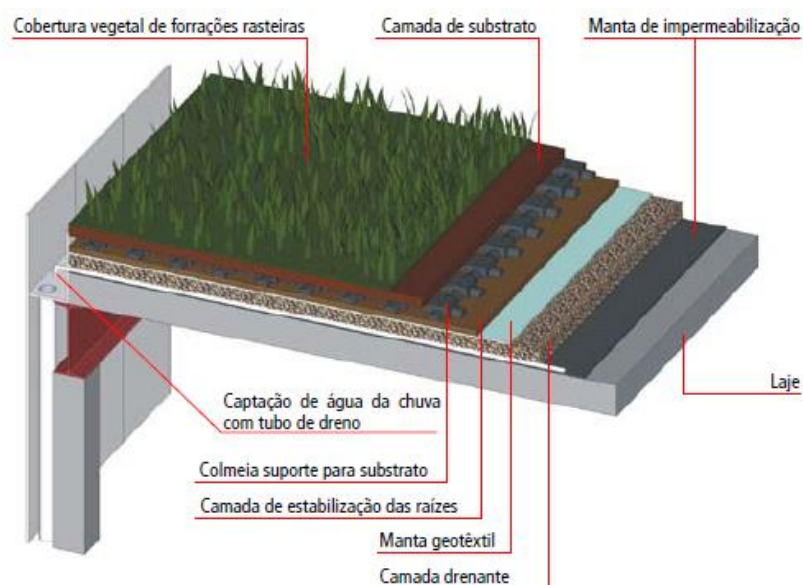


Fonte: GREEN..., 2017

Quando empregado o telhado verde, o teto do contêiner pode ser aproveitado como telhado jardim, melhorando o microclima local e diminuindo as ilhas de calor. Também pode ser usado como filtro na captação de água pluvial. Apesar da origem secular, no Brasil é pouco difundido, mas como uma estratégia de sustentabilidade, tem ganhado popularidade pelos benefícios que apresenta.

A cobertura vegetal (Figura 2.13) é uma estrutura feita em camadas entre o solo e a vegetação. Com a impermeabilização do teto do contêiner, é realizado um sistema de drenagem com membrana filtrante e uma camada de retenção de água, uma infraestrutura de suporte, e por fim o substrato e a vegetação escolhida, comumente as forrações (NASCIMENTO, 2008).

Figura 2.13: Diagrama de Cobertura Vegetal



Fonte: OKABAYASHI, 2012

2.4 Usos atuais de contêineres no Brasil

O uso de contêiner permite uma grande variedade de encaixes e formas. No início, o uso de contêiner como edificação no país era para uso temporário. Mas, hoje, tem sido aproveitado como material para diversos tipos de edificação. Para citar alguns exemplos, deparamos com *Tetris Container Hostel* (Figura 2.14), situado em Foz do Iguaçu, o maior hostel em contêineres marítimos do mundo. É concebido de forma funcional e criativa, a partir de 15 contêineres. Brinca com um jogo de formas lembrando o jogo Tetris criado na Rússia. Possui área de mais de mil metros quadrados, com capacidade para 70 pessoas, e é baseado nos parâmetros da construção sustentável dos 3R's - reduzir, reutilizar e reciclar.

Figura 2.14: Tetris Container Hostel



Fonte: TETRIS..., 2014

O Baubrasil Homes tem uma proposta diferente de hospedagem, onde os hóspedes têm a opção de ficar em 6 tipos diferentes de casas exclusivas, com arquitetura única e uma delas é em contêiner (Figura 2.15), priorizando privacidade e conforto como numa casa de campo.

Figura 2.15: Baubrasil Homes



Fonte: BAUBRASIL, 2016

Projetada pelo arquiteto Danilo Corbas, a *Casa Contêiner* (Figura 2.16), construída para ser sua moradia, prioriza a sustentabilidade, a economia, a rapidez e o desempenho térmico e acústico. Utilizou de estratégias sustentáveis, tais como preservação das árvores existentes no terreno, reutilização de água, isolamento térmico com lã de PET, telhado verde e pintura com tintas à base de água, dentre outras. Esta casa mostra que é possível superar os desafios da construção civil, em que uma edificação focada em sustentabilidade, com design e qualidade, pode minimizar o impacto ambiental.

Figura 2.16: Casa *Contêiner*

Fonte: DONDON, 2016

Uma academia (Figura 2.17) também projetada por Corbas foi construída em Curitiba. Foi pensada para ser uma obra de rápida execução, que gerasse pouco entulho e que interferisse pouco na rotina da cliente; por isso foi escolhido o contêiner como o material para a obra.

Figura 2.17: Academia de contêiner



Fonte: RIBEIRO, 2013

3 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES

3.1 Considerações iniciais

O desempenho térmico está intimamente ligado à adequação do sistema de fechamento interno e externo da edificação, a um sistema eficiente de ventilação, resfriamento ou aquecimento, com um projeto arquitetônico que seja adequado às variáveis climáticas locais, como temperatura, umidade, velocidade do ar, direção predominante dos ventos e a radiação solar incidente. Ajustar a arquitetura ao clima local significa construir espaços que possibilitem ao usuário, condições de conforto, amenizando a sensação de desconforto.

Um estudo do comportamento térmico das habitações torna-se ainda mais importante com a diversificação de materiais e técnicas que vem sendo inseridas na construção civil que, para atender às exigências de desempenho térmico, deve levar em consideração a implantação da edificação e as características climáticas da região para obter ambientes adequados ao conforto térmico e com eficiência energética satisfatória.

A avaliação do desempenho térmico de edificações é baseada na verificação das condições internas do ambiente e se elas atendem às exigências de conforto térmico dos usuários. O desempenho térmico de uma edificação é, desse modo, função direta do grau de conforto térmico proporcionado aos seus ocupantes, podendo ser considerado, também, o consumo de energia necessário para climatizar e/ou aquecer a edificação (VITTORINO, 2005).

O conforto térmico tem sido cada vez mais estudado a fim de melhorar o bem-estar e a produtividade das pessoas e devido à diversificação dos materiais na construção civil. Mas a sua definição é vaga e subjetiva, por ser em função do usuário, devido as suas próprias características e a atividade realizada e da vestimenta, bem como das condições ambientais. Uma vez que a sensação de conforto está relacionada com as trocas de calor entre o ambiente e o corpo humano, quanto mais agradáveis forem as condições de conforto no ambiente, mais fácil será a realização das tarefas no local. A sensação de desconforto pode ser causada por temperaturas e umidades extremas, ventilação excessiva, radiação térmica direta e indireta, e podem ser prejudiciais, causando além de efeitos psicológicos ruins, alteração nos batimentos cardíacos e aumento da sudorese. Devido a isto, a regulação das condições de cada ambiente é um

problema com diversas variáveis que não possuem uma única solução. Deve-se considerar a ventilação, resfriamento ou aquecimento, minimização do consumo de energia e uma zona de conforto que favoreça a maior porcentagem de pessoas.

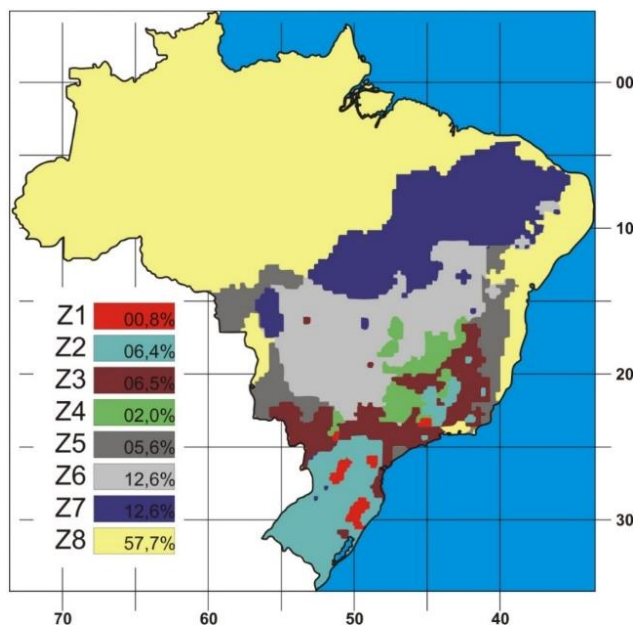
A exigências humanas quanto ao conforto térmico são caracterizadas por valores, ou um intervalo de valores inter-relacionados da temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura radiante média do ambiente. Esses valores são fixados em função das características do usuário, dadas pela sua taxa metabólica e índice de resistência térmica de sua vestimenta, e devem representar condições satisfatórias de conforto térmico (FANGER, 1972).

3.2 Normas brasileiras: NBR 15.220 e NBR 15.575

A primeira norma brasileira de desempenho térmico de edificações de interesse social foi publicada em 2005, a NBR 15.220 (ABNT, 2005). Posteriormente em 2013 foi publicada a norma de desempenho térmico NBR 15.575 (ABNT, 2013), que se aplica a todas as tipologias. Ambas as normas visam obter uma edificação com qualidade, atendendo às exigências de conforto de seus usuários.

Na norma NBR 15.220 (ABNT, 2005), o território brasileiro é dividido em oito zonas bioclimáticas diferentes de acordo com o clima (Figura 3.1). Para cada uma destas zonas formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas, com o objeto de otimizar o desempenho térmico das edificações por meio de sua melhor adequação climática.

Figura 3.1: Zoneamento Bioclimático Brasileiro



Fonte: PBE, 2016

A norma NBR 15.575 (ABNT, 2013) está baseada em um sistema de classificação do desempenho térmico de edificações e apresenta algumas diretrizes para a avaliação. As seguintes diretrizes são sugeridas pela norma para padronização das simulações computacionais de edificações em fase de projeto:

- 1) A avaliação deve ser feita para um dia típico de projeto³, de verão e de inverno. Os dados climáticos da cidade onde será localizada a edificação podem ser extraídos das tabelas da norma. Caso a cidade não conste nessas tabelas, utilizar os dados climáticos da cidade mais próxima, dentro da mesma zona bioclimática, com altitude de mesma ordem de grandeza.
- 2) Para unidades habitacionais isoladas, simular todos os recintos considerando as trocas térmicas entre os seus ambientes e avaliar os resultados dos recintos dormitórios e salas.
- 3) Para edifícios multipiso, selecionar uma unidade do último andar com cobertura exposta.

³ Um dia típico de projeto é definido como um dia real, caracterizado pelas seguintes variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar incidente em superfície horizontal para o dia mais quente do ano (dia típico de verão) e para o dia mais frio do ano (dia típico de inverno) segundo a média do período dos últimos 10 anos.

- 4) Considerar na entrada de dados que os recintos adjacentes de outras edificações separados por paredes de geminação ou entrepisos, apresentem a mesma condição térmica do ambiente que está sendo simulado.
- 5) A unidade habitacional escolhida para a simulação deve ter pelo menos um dormitório ou sala com duas paredes expostas, sendo que, preferencialmente: no verão, a janela do dormitório ou sala deve estar voltada para *oeste* e a outra parede exposta voltada para *norte*; no inverno, a janela do dormitório ou sala deve estar voltada para *sul* e a outra parede exposta voltada para *leste*.
- 6) Considerar que as paredes expostas e as janelas estão desobstruídas – sem a presença de edificações ou vegetação nas proximidades que modifiquem a incidência de sol e/ou vento.
- 7) Adotar uma taxa de ventilação do ambiente de 1 ren/h.
- 8) A absorvância à radiação solar das superfícies expostas deve ser definida conforme a cor e as características das superfícies externas da cobertura e das paredes expostas. Para as paredes recomenda-se: cor clara: $\alpha = 0,3$; cor média: $\alpha = 0,5$ e cor escura: $\alpha = 0,7$.
- 9) O edifício que não atender aos critérios estabelecidos para o verão, deve apresentar obrigatoriamente modificações no projeto para aumentar o sombreamento das janelas e/ou a taxa de ventilação dos ambientes. As novas condições são limitadas a uma taxa de ventilação do ambiente de 5 ren/h e um dispositivo de proteção solar que reduza no máximo 50% da radiação solar direta.

De acordo com o Anexo A da norma NBR 15.575 (ABNT, 2008), na avaliação global deve-se considerar as características bioclimáticas da região de implantação da obra, definidas na norma NBR 15.220 (ABNT, 2005), e a verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos, cujo nível mínimo para a aceitação é o “M” (denominado mínimo).

Para as condições do dia típico de verão, o valor máximo diário da temperatura do ar interior nos recintos de longa permanência (dormitórios e salas) deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior. Na avaliação, devem-se desconsiderar as fontes internas de calor.

Na Tabela 3.1, apresenta-se os critérios de avaliação para as condições de verão.

Tabela 3.1: Critério de avaliação para as condições de VERÃO

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
<i>M</i>	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
<i>I</i>	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2 \text{ °C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1 \text{ °C})$
<i>S</i>	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4 \text{ °C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2 \text{ °C})$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1 \text{ °C})$

$T_{i,max}$ = é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em °C;
 $T_{e,max}$ = é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C;
 $T_{i,min}$ = é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em °C;
 $T_{e,min}$ = é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C;
M = nível mínimo; *I* = nível intermediário; *S* = nível superior.

Fonte: Adaptado da NBR 15.575 (ABNT, 2008), pg 49.

Para as condições do dia típico de inverno, o valor mínimo diário da temperatura do ar interior nos recintos de longa permanência deve ser sempre maior ou igual à temperatura mínima externa acrescida de 3°C. Na Tabela 3.2, apresenta-se os critérios de avaliação para as condições de inverno.

Tabela 3.2: Critério de avaliação para as condições de INVERNO

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 5	Zonas 6, 7 e 8
<i>M</i>	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3 \text{ °C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado
<i>I</i>	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5 \text{ °C})$	
<i>S</i>	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7 \text{ °C})$	

$T_{i,min}$ = é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em °C;
 $T_{e,min}$ = é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C;
M = nível mínimo; *I* = nível intermediário; *S* = nível superior.

Fonte: Adaptado da NBR 15.575 (ABNT, 2008), pg 50.

3.3 Simulação numérica de edificações

A avaliação do desempenho térmico pode ser realizada em ambientes ventilados naturalmente e ambientes condicionados por meio de equipamentos de condicionamento de ar. Para avaliar as edificações condicionadas é preciso verificar a carga térmica para o condicionamento de ar do ambiente. Neste caso, o desempenho térmico da edificação será melhor, quanto menor for essa carga térmica.

No caso de edificações sem condicionamento térmico artificial, a avaliação consiste em verificar se as respostas térmicas dos ambientes internos atendem às exigências humanas de conforto térmico. Nesta modalidade de

avaliação o desempenho térmico estará em função das condições de conforto térmico avaliando-se as temperaturas internas e a umidade do ar. Esta verificação deve ser feita considerando a resposta global da edificação e não somente o comportamento térmico dos elementos de fechamento isoladamente (AKUTSU, 1998; IPT, 1998).

A resposta térmica de uma edificação frente às condições típicas de exposição ao clima e de ocupação pode ser avaliada por meio de medição *in loco* das variáveis representativas do desempenho ou por meio de simulação computacional (numérica). Na avaliação térmica feita por medições *in loco*, busca-se corrigir alguns problemas na construção e retroalimentar o processo de projeto de edificações cuja resposta térmica atende às exigências de conforto. Por outro lado, a abordagem numérica pode eliminar a necessidade de futuras intervenções arquitetônicas e/ou uso de equipamentos de condicionamento de ar, uma vez que esta avaliação pode ser feita na fase de projeto. Por meio da simulação numérica, pode-se prever o desempenho energético de um projeto arquitetônico e conhecer o comportamento dos elementos construtivos propostos. Além disso, conhecendo-se o clima local, a proposta arquitetônica pode aperfeiçoar os sistemas naturais e artificiais de iluminação e de condicionamento (GOMES, 2007).

Os *softwares* de simulação energética de edificações utilizam modelos matemáticos complexos que simulam no interior dos ambientes o efeito do armazenamento térmico e das trocas de calor (convecção e radiação). Esses programas foram desenvolvidos devido ao grande número de variáveis envolvidas na simulação energética de um ambiente construído (PINTO, 2000). Um exemplo destes *softwares* de simulação é o programa *EnergyPlus*, que é utilizado neste trabalho.

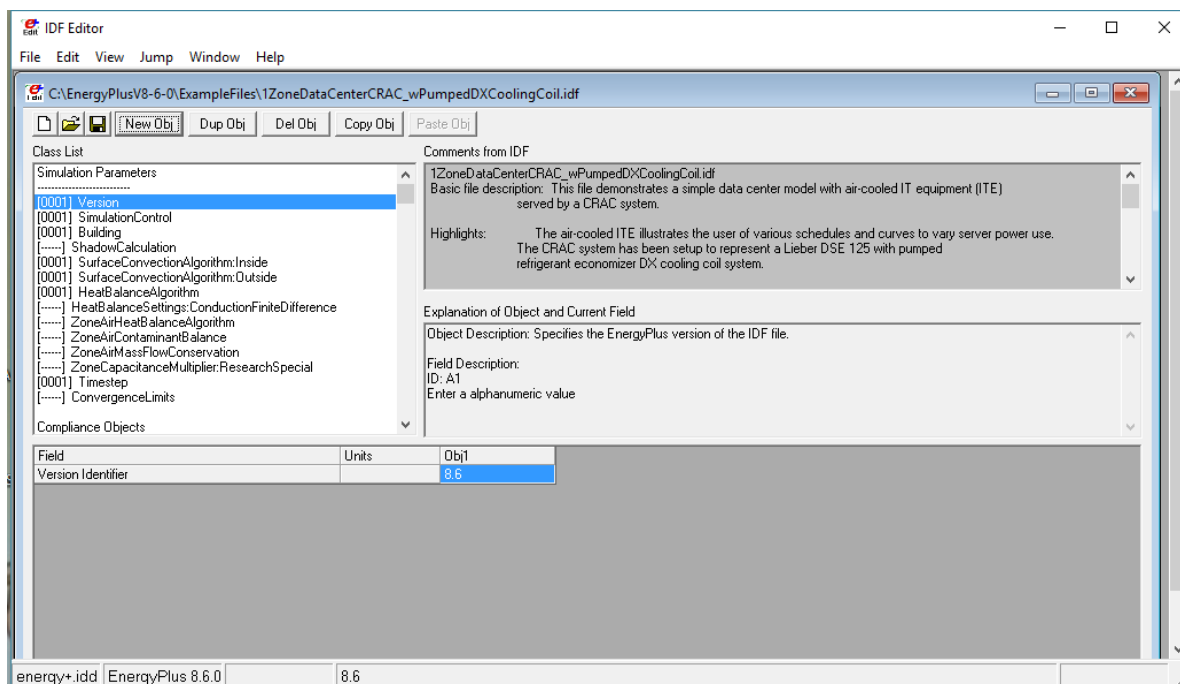
A fim de determinar o comportamento térmico de uma edificação, os *softwares* de simulação devem ponderar nos cálculos o caráter dinâmico dos fenômenos de trocas de energia e massa entre o ambiente construído e o ambiente externo. Segundo o IPT (1998), esses programas devem possuir as seguintes características: cálculo dos fluxos de energia térmica por condução em regime transitório; cálculo das temperaturas internas e externas dos fechamentos por meio de equações de balanço de energia que considerem simultaneamente as trocas de calor por radiação entre os fechamentos e por

convecção com o ar; e cálculo da temperatura do ar interior do ambiente, em conjunto com o cálculo das temperaturas superficiais dos fechamentos, considerando as trocas de massa de ar do ambiente.

3.4 Programa *EnergyPlus*

O programa *EnergyPlus* é desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (CRAWLEY ET AL, 2000). Utilizando um arquivo climático da região de interesse e considerando dados como caracterização geométrica da edificação, componentes construtivos, cargas elétricas instaladas, sistemas de condicionamento de ar e padrões de uso, o programa *EnergyPlus* estima o consumo de energia considerando as trocas térmicas da edificação com o exterior. Na Figura 3.2 apresenta-se uma imagem do editor de dados de entrada do programa.

Figura 3.2: Interface do programa *EnergyPlus*



Fonte: Programa *EnergyPlus*, 2016

O programa possibilita grande flexibilidade nas análises e maior precisão na simulação numérica de ambientes condicionados naturalmente. A modelagem matemática empregada no *EnergyPlus* utiliza o menor número de hipóteses simplificadoras dentre todos os *softwares* disponíveis, implicando na melhor representação física das trocas térmicas no interior dos ambientes em

modelos de simulação detalhada. Este *software* também permite a solicitação de diversos relatórios, incluindo a temperatura interna de cada zona térmica (LBNL, 2006; PEREIRA, 2004).

Apresenta como vantagem a simulação numérica de edifícios com formas complexas e de edifícios com vários pavimentos. Possibilita ainda a inserção de diversos dados de entrada e saída, o que permite uma análise diversificada. Sua interface possibilita o desenho da geometria da edificação em outros programas como o *Sketchup*.

3.5 Método adotado

Para o desenvolvimento deste estudo é elaborado um projeto com dois módulos de contêiner de 20 pés com quarto, banheiro, sala, cozinha e área de serviço, constituindo uma área total de 29,57m² (Figura 3.3 e Tabela 3.3) para ser simulado numericamente no programa *EnergyPlus* (versão 8.6.0) (CRAWLEY, 2000). O modelo é dividido em quatro zonas térmicas, uma para cada ambiente. Analisou-se o impacto do sombreamento, da ventilação natural e da massa térmica dos fechamentos no comportamento térmico da edificação.

Figura 3.3: Planta da casa em contêiner



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 3.3: Dados utilizados na simulação

Descrição	Sala	Quarto	Cozinha	Banheiro
Dimensões	2,19m x 2,82m x 2,60m	2,19m x 4,20m x 2,60m	2,19m x 2,82m x 2,60m	2,19m x 1,40m x 2,60m
Área do piso	6,32m ²	9,12m ²	6,15m ²	3,05m ²
Volume	16,43m ³	23,71m ³	15,99m ³	7,93m ³

Fonte: Elaborado pelo autor

A avaliação do desempenho térmico da edificação proposta considera as condições climáticas das oito zonas bioclimáticas brasileiras (Tabela 3.4) previstas na norma de desempenho térmico NBR 15.220 (ABNT, 2005) e observa também os critérios da norma de desempenho de edificações habitacionais NBR 15.575 (ABNT, 2013).

Tabela 3.4: Dados das zonas bioclimáticas em análise

	Zona Bioclimática	Latitude	Longitude	Altitude
1	Curitiba (PR)	S 25° 42'	W 49° 27'	924 m
2	São Lourenço (MG)	S 22° 07'	W 45° 03'	874 m
3	São Paulo (SP)	S 23° 50'	W 46° 62'	792 m
4	Brasília (DF)	S 15° 78'	W 47° 93'	1160 m
5	Vitória da Conquista (BA)	S 14° 88'	W 40° 79'	875 m
6	Campo Grande (MS)	S 20° 45'	W 54° 62'	530 m
7	Cuiabá (MT)	S 15° 55'	W 56° 12'	151 m
8	Manaus	S 3° 13'	W 60° 02'	72 m

Fonte: Adaptado da NBR 15.575 (ABNT, 2013)

A simulação é feita para os dias típicos de verão e inverno conforme estabelecido pela norma 15575 (ABNT, 2013), e os dados climáticos de dias típicos de verão e de inverno das cidades simuladas são mostrados nas Tabelas 3.5 e 3.6. Os dados climáticos para as cidades representativas das Zonas Bioclimáticas 2 e 5 foram gerados com base nos dados climáticos fornecidos pelo INMET (2012) e pelo CPTEC (2009).

Tabela 3.5: Dados dos dias típicos de verão das zonas simuladas

Zona Bioclimática		$T_{e,máx}$ diária (°C)	Amplitude diária de temperatura (°C)	T_e bulbo úmido (°C)	Radiação solar (Wh/m ²)	Nebulosidade (décimos)
1	Curitiba (PR)	31,4	10,2	21,3	4.988	8
2	São Lourenço (MG)	31,8	11,7	21,6	5.307	8
3	São Paulo (SP)	31,9	9,2	21,3	5.180	6
4	Brasília (DF)	31,2	12,5	20,9	4.625	4
5	Vitória da Conquista (BA)	31,7	10,3	21	5.030	8
6	Campo Grande (MS)	33,6	10	23,6	5.481	6
7	Cuiabá (MT)	37,8	12,4	24,8	4.972	6
8	Manaus	34,9	9,1	26,4	5.177	7

Fonte: Adaptado da NBR 15.575 (ABNT, 2013); CPTEC,2009; INMET, 2012.

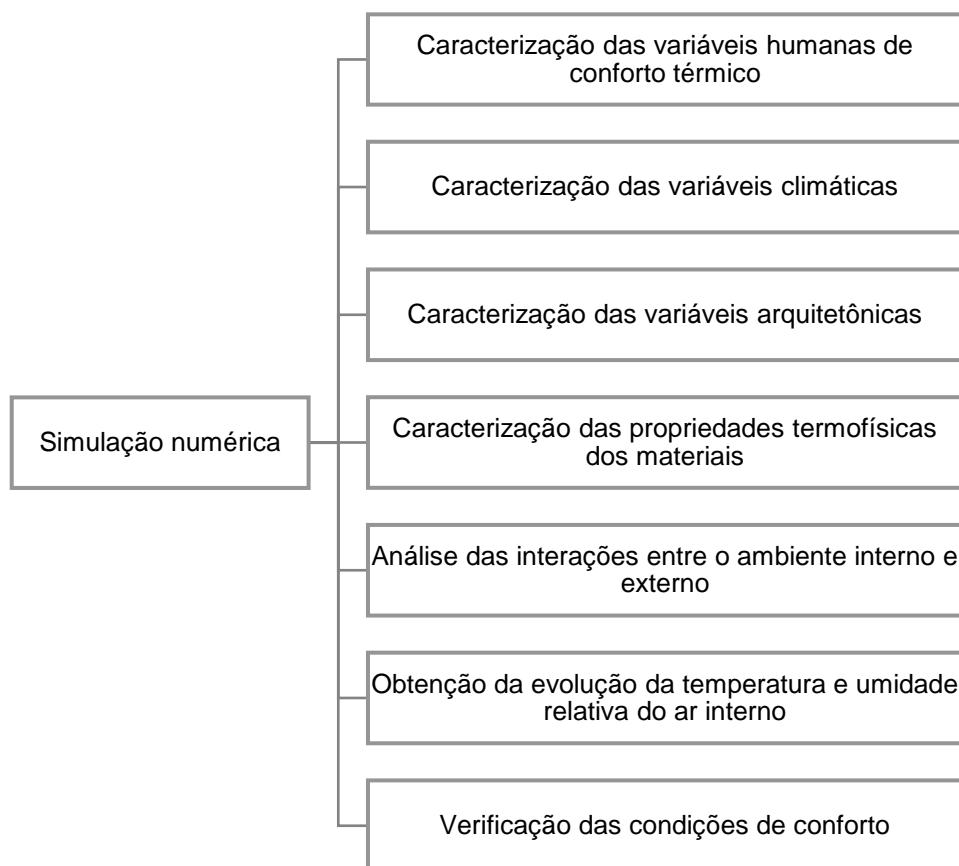
Tabela 3.6: Dados dos dias típicos de inverno das zonas simuladas

Zona Bioclimática		$T_{e,máx}$ diária (°C)	Amplitude diária de temperatura (°C)	T_e bulbo úmido (°C)	Radiação solar (Wh/m ²)	Nebulosidade (décimos)
1	Curitiba (PR)	0,7	11,6	11,0	3.211	6
2	São Lourenço (MG)	2,6	16,6	14,0	3.595	7
3	São Paulo (SP)	6,2	10,0	13,4	4.418	6
4	Brasília (DF)	10,0	12,2	14,8	4.246	3
5	Vitória da Conquista (BA)	10,7	9,7	15,1	4.110	7
6	Campo Grande (MS)	13,7	11,5	17,3	4.250	4
7	Cuiabá (MT)	11,4	14,3	20,1	4.163	4
8	Manaus	21,4	7,9	25,0	4.523	7

Fonte: Adaptado da NBR 15.575 (ABNT, 2013); CPTEC,2009; INMET, 2012.

A partir do desenho do módulo no programa *EnergyPlus*, a avaliação térmica por simulação numérica compreende as etapas apresentadas na Figura 3.4 (LAWRENCE, 2006).

Figura 3.4: Fluxograma dos principais elementos para a simulação numérica



Fonte: Elaborado pelo autor

Como no Brasil as condições climáticas predominantes são de verão e de um inverno mais ameno, a simulação numérica é realizada considerando estes dois períodos. É utilizado o dia típico de verão e de inverno para a simulação numérica de cada zona bioclimática.

Considerou-se na simulação numérica cinco tipos de isolamento térmico nas paredes, dois tipos de cobertura, três tipos de fundação, três cores de pintura externa e dois tipos de tamanho de aberturas, conforme esquema apresentado na Figura 3.5.

Figura 3.5: Organograma dos materiais usados na simulação

Isolamento	Cobertura	Fundação	Pintura externa	Tamanho das aberturas
<ul style="list-style-type: none"> • Câmara de ar • Fibra cerâmica • Isopor • Lã de rocha • Lã de vidro 	<ul style="list-style-type: none"> • Telhado verde • Telhado termoacústico 	<ul style="list-style-type: none"> • Solo • Radier • Sapata rasa 	<ul style="list-style-type: none"> • Clara $\alpha=0,3$ • Média $\alpha=0,5$ • Escura $\alpha=0,7$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor (1,10m x 1,10m) • Maior (1,10m x 1,60m)

Fonte: Elaborado pelo autor

3.5.1 Estratégias de conforto térmico aplicadas

Para o estudo do desempenho térmico da edificação são propostas algumas estratégias, tais como, diferentes tipos de isolamento térmico, variação da absorvância à radiação na pintura externa, telhado verde e ventilação cruzada. A análise é feita para se observar como a edificação composta por contêineres se comporta a cada uma dessas estratégias e quais as melhores opções para o conforto térmico quando o contêiner é usado como residência.

Os isolantes térmicos escolhidos são instalados internamente entre o contêiner e o revestimento final e funcionam retardando a transferência de calor através do fechamento, uma vez que a parede em metal do contêiner é um bom condutor de calor. Os materiais utilizados e suas propriedades são apresentados na Tabela 3.7.

Tabela 3.7: Materiais e suas propriedades termofísicas

Isolamento do fechamento	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Massa específica (kg/m ³)	Calor específico (J/kg.K)	Resistência térmica (m ² .K / W)
Câmara de ar	0,03	-	-	-	0,16
Fibra cerâmica	0,03	0,04	100	1130	-
Isopor	0,03	0,035	25	0,3	-
Lã de rocha	0,03	0,045	100	750	-
Lã de vidro	0,03	0,045	50	700	-

Fonte: Adaptado de NBR 15.220 (ABNT, 2005)

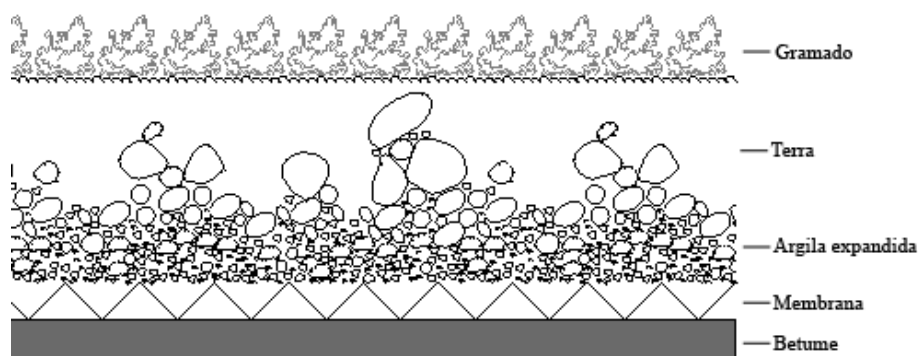
A cobertura contribui no conforto térmico criando áreas de sombreamento e impedindo a radiação solar direta. O contêiner possui um teto inclinado, mas para o melhor aproveitamento como edificação é proposto uma cobertura independente. Nesta simulação numérica são propostos 2 tipos de coberturas diferentes: a telha sanduíche metálica e o telhado verde (Figuras 3.6 e 3.7). A cobertura com telhas sanduíche possui um ático, que é uma zona de ventilação entre a laje de cobertura e o telhado. A cobertura verde é composta de várias camadas, sendo elas: uma de impermeabilizante, uma de drenagem, uma de substrato e uma de vegetação. Na Tabela 3.8 apresenta-se os tipos de coberturas analisadas.

Figura 3.6: Esquema da telha termoacústica



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3.7: Esquema de telhado verde



Fonte: Elaborado pelo autor

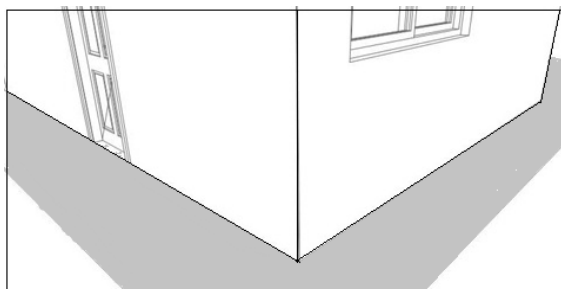
Tabela 3.8: Coberturas e suas propriedades termofísicas

Cobertura	Camadas	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade (kg/m ³)	Calor específico (J/kg.K)
Telha sanduíche	Telha superior				
	Poliuretano (EPS)	0,051	0,03	20	1670
	Telha inferior				
Telhado verde	Gramado	0,05	0,35	1100	1200
	Terra argilosa	0,15	0,52	1700	840
	Argila expandida	0,03	0,16	400	100
	Membrana betuminosa	0,005	0,17	1000	1460
	Betume asfáltico	0,005	0,23	1000	1460

Fonte: Adaptado de NBR 15.220 (ABNT, 2005)

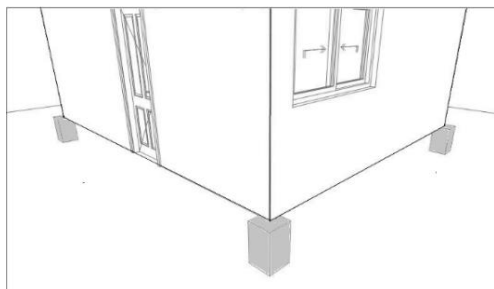
O contato com o solo influencia na transmissão de calor através da fundação. O modelo é simulado com três tipos diferentes de fundação para verificar o impacto no desempenho térmico da edificação. Em um primeiro momento, é simulado com contêiner sobre o solo utilizando como fundação apenas as arestas que vem de fábrica. Depois, é simulado utilizando um radier entre o contêiner e o solo e uma fundação do tipo sapata, onde o contêiner fica suspenso do solo e há uma zona de ventilação entre ambos (Figuras 3.8 e 3.9).

Figura 3.8: Fundação por radier



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3.9: Fundação por sapata



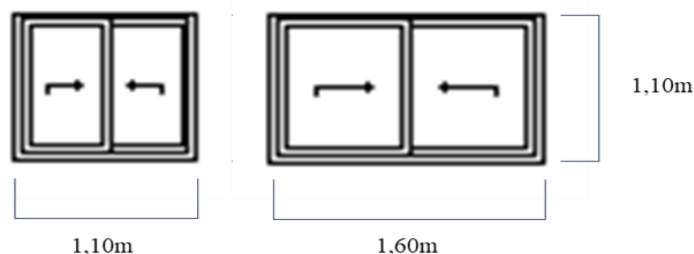
Fonte: Elaborado pelo autor

A absorvância à radiação tem relação com a capacidade de absorção de uma superfície quando a radiação solar incide sobre a mesma. É um parâmetro utilizado para a classificação do nível de desempenho energético da envoltória e nesta simulação são utilizados três tons de cores – clara ($\alpha = 0,3$), média ($\alpha = 0,5$) e escura ($\alpha = 0,7$).

O modelo é dividido em quatro zonas térmicas, como dito anteriormente, e para cada uma zona dessas é atribuído uma zona de ventilação. A simulação numérica considerou quantidades diferentes de renovação de ar, para 1 ren/h, a renovação de ar é realizada somente por frestas nas aberturas e para 5 ren/h é considerada que as aberturas estão completamente abertas.

Também são propostos dois tamanhos diferentes de aberturas. O primeiro com tamanho mínimo, de acordo com o Código de Obras e Edificações de São Paulo, sendo 1/6 da área do ambiente. E o segundo tamanho é estipulado com o aumento de 1/3 da área inicial (Figura 3.10).

Figura 3.10: Dimensões das janelas



Fonte: Elaborado pelo autor

4 RESULTADOS

As estratégias de projeto que visam melhorar o desempenho térmico do ambiente construído e proporcionar conforto térmico aos ocupantes são analisadas e algumas delas combinadas. As simulações numéricas são realizadas para as oito zonas bioclimáticas, mas os resultados parciais são mostrados apenas para zonas bioclimáticas 2, 3 e 8, uma vez que são as zonas que constituem o litoral brasileiro e possuem grande disponibilidade de contêineres. As simulações numéricas consideram todas as quatro zonas térmicas da edificação, mas é escolhida a sala e o quarto para exemplificar os resultados, por se tratar de locais de longa permanência.

4.1 Isolamentos térmicos

Os isolamentos térmicos estudados (Tabela 3.7) propiciam comportamentos parecidos no perfil de temperatura em todas as três zonas bioclimáticas analisadas. No entanto, a câmara de ar gera o melhor desempenho térmico na sala, tanto para o verão como para o inverno. Para o quarto somente este isolamento não teve bom desempenho térmico, atuando como estufa e deixando o ambiente mais quente do que em comparação com o contêiner sem isolamento, como mostra o gráfico 4.2.

Nos gráficos 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4, pode-se observar que no horário da temperatura mais crítica do verão, em torno das 15 horas, o uso da câmara de ar manteve as temperaturas internas mais baixas se comparadas ao uso do contêiner sem a cavidade interna nas paredes. Mas somente o uso da câmara de ar não proporciona um bom desempenho térmico, uma vez que essa estratégia manteve parte das temperaturas internas mais altas do que no contêiner sem intervenção, principalmente nas zonas bioclimáticas (ZB) 2 e 8 após às 17h.

Gráfico 4.1: Evolução temporal da temperatura, para verão, com isolamento térmico - sala – ZB 2

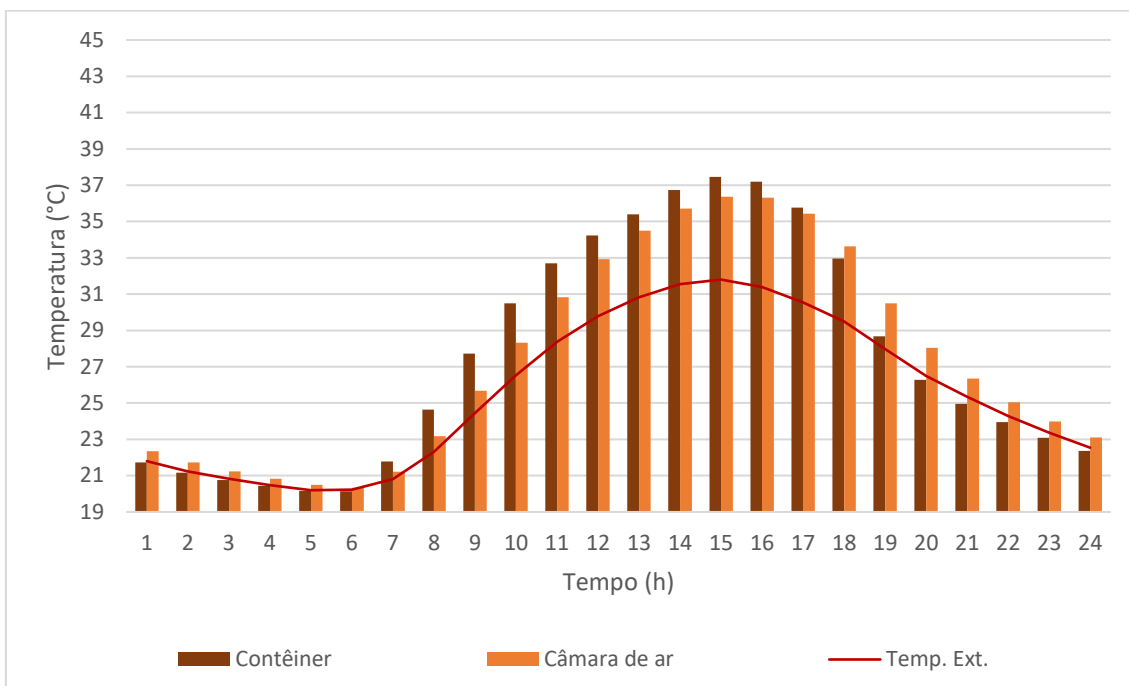


Gráfico 4.2: Evolução temporal da temperatura, para verão, com isolamento térmico - quarto – ZB 2

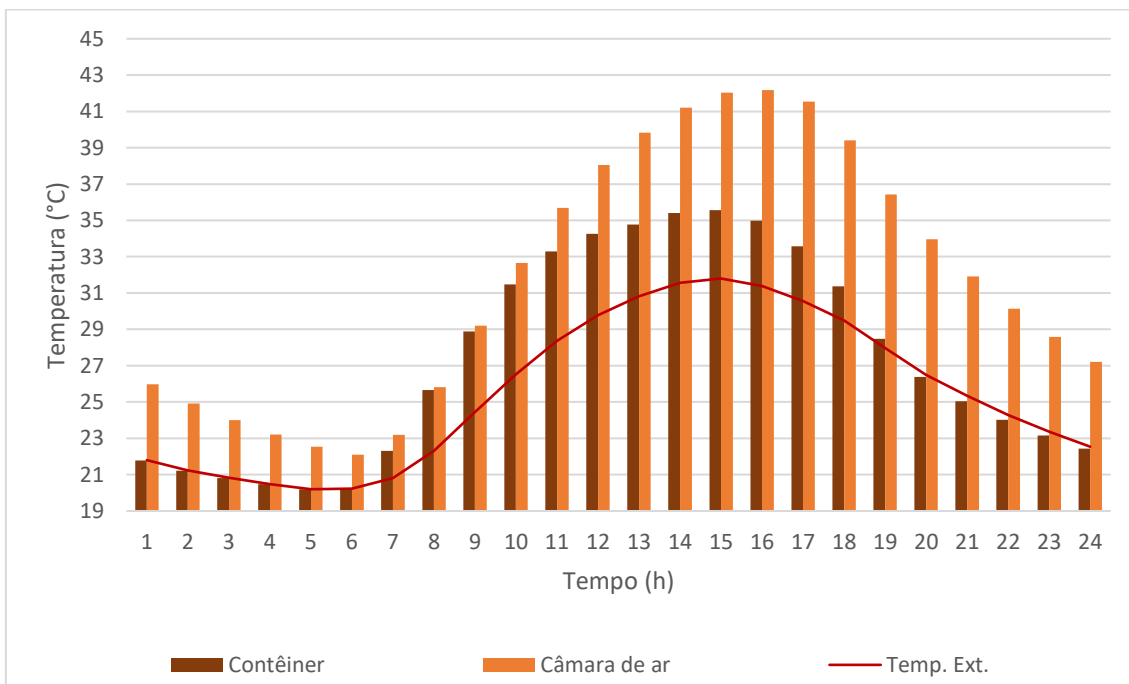


Gráfico 4.3: Evolução temporal da temperatura, para verão, com isolamento térmico - sala – ZB 3

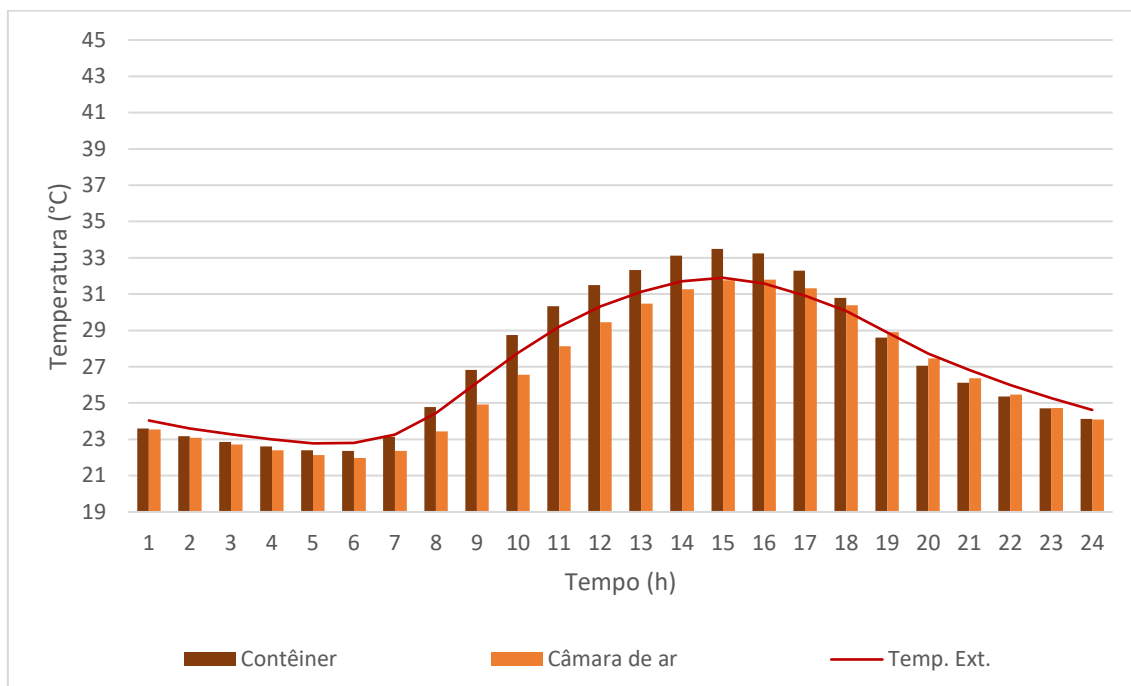
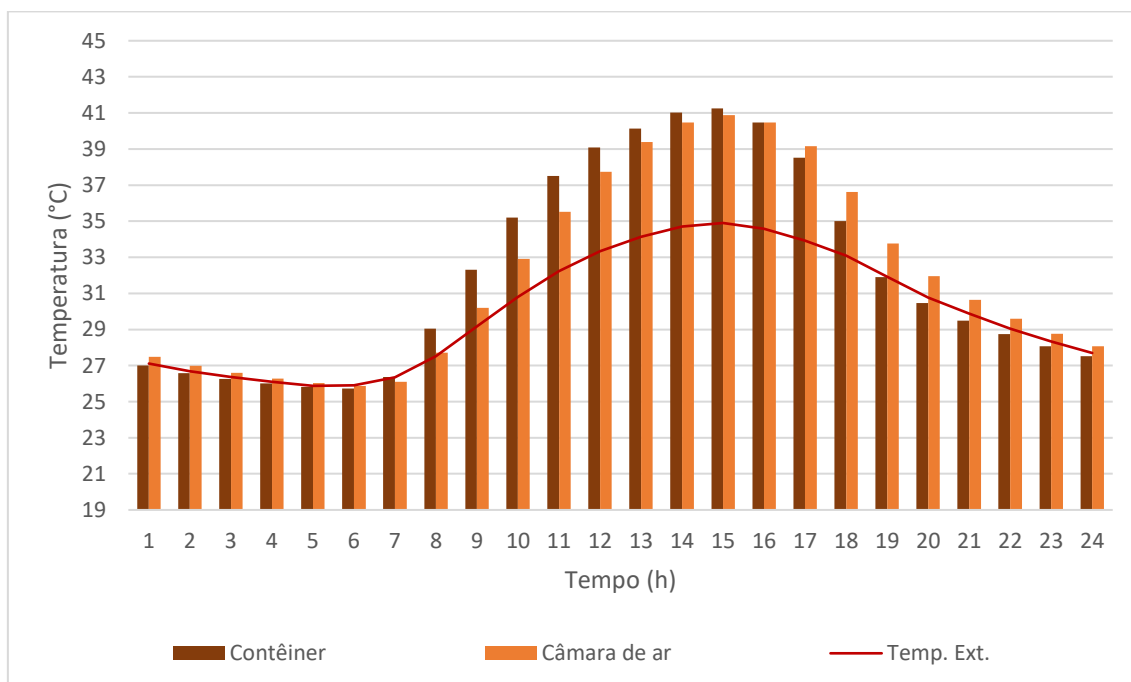


Gráfico 4.4: Evolução temporal da temperatura, para verão, com isolamento térmico - sala – ZB 8



Segundo a norma NBR 15575, para as zonas 6, 7 e 8 não é necessário a avaliação de desempenho térmico para o inverno. Então os gráficos dos resultados parciais no inverno são apresentados apenas para as zonas bioclimáticas 2 e 3, sem avaliar a zona bioclimática 8, e os resultados completos

para as zonas 1, 2, 3, 4 e 5. Nos gráficos 4.5, 4.6 e 4.7, observa-se que com a câmara de ar no interior das paredes há um aumento da temperatura interna no período com as temperaturas externas mais baixas, proporcionando um ambiente mais adequado aos ocupantes.

Gráfico 4.5: Evolução temporal da temperatura, para inverno, com isolamento térmico - sala – ZB 2

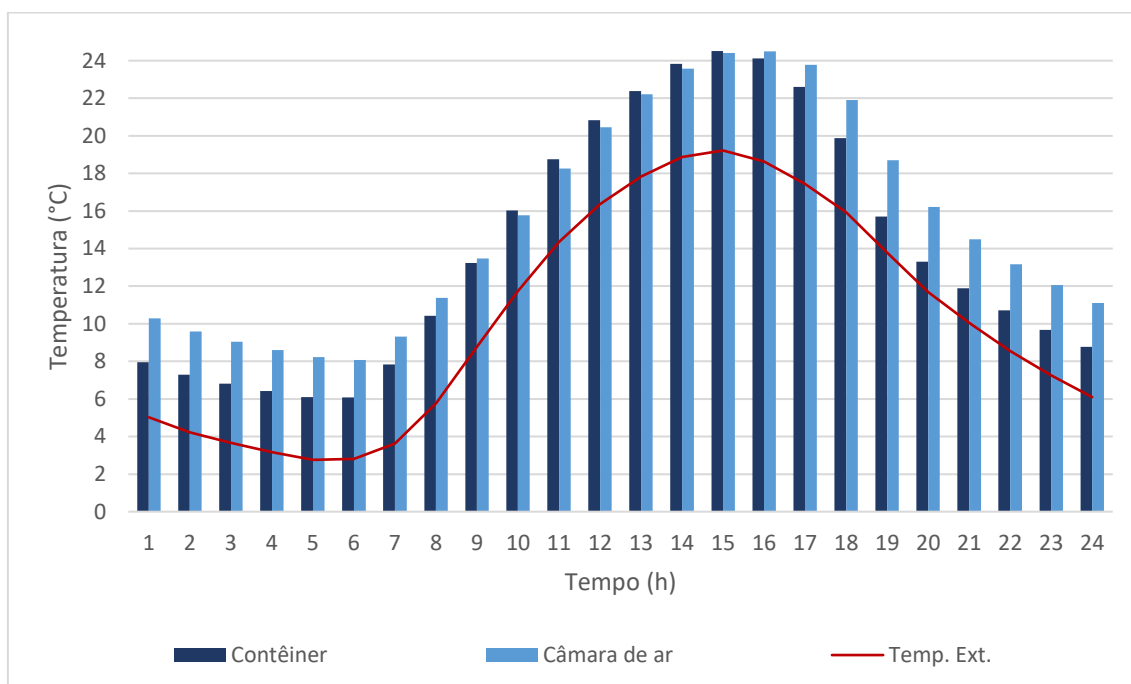


Gráfico 4.6: Evolução temporal da temperatura, para inverno, com isolamento térmico - quarto – ZB 2

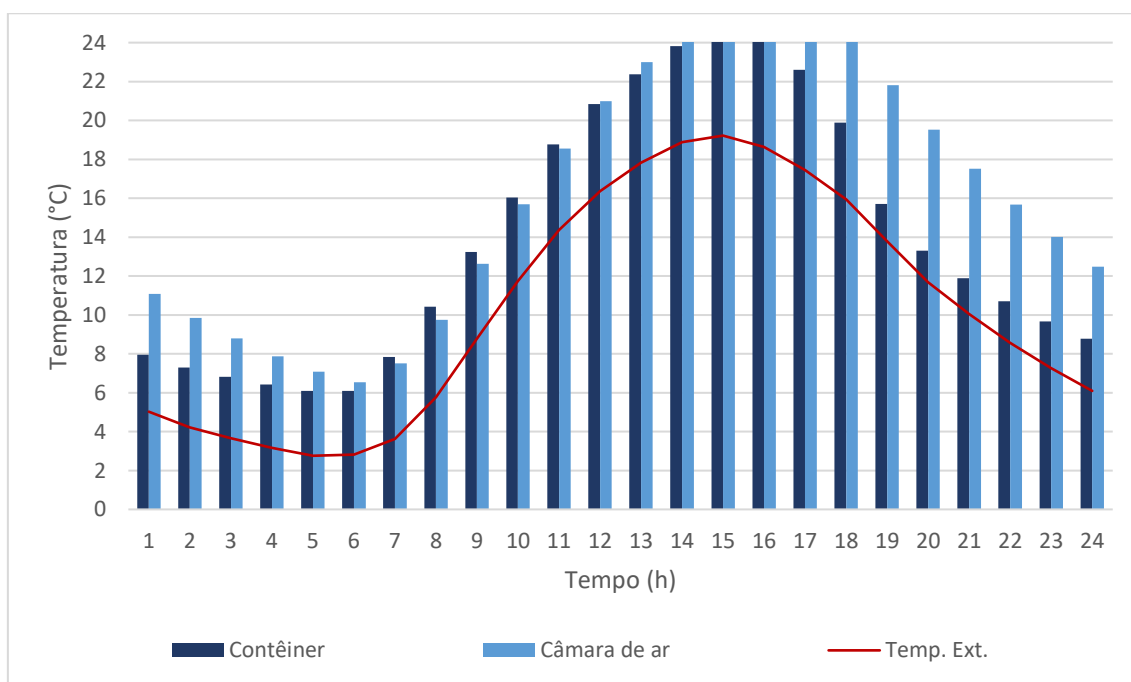
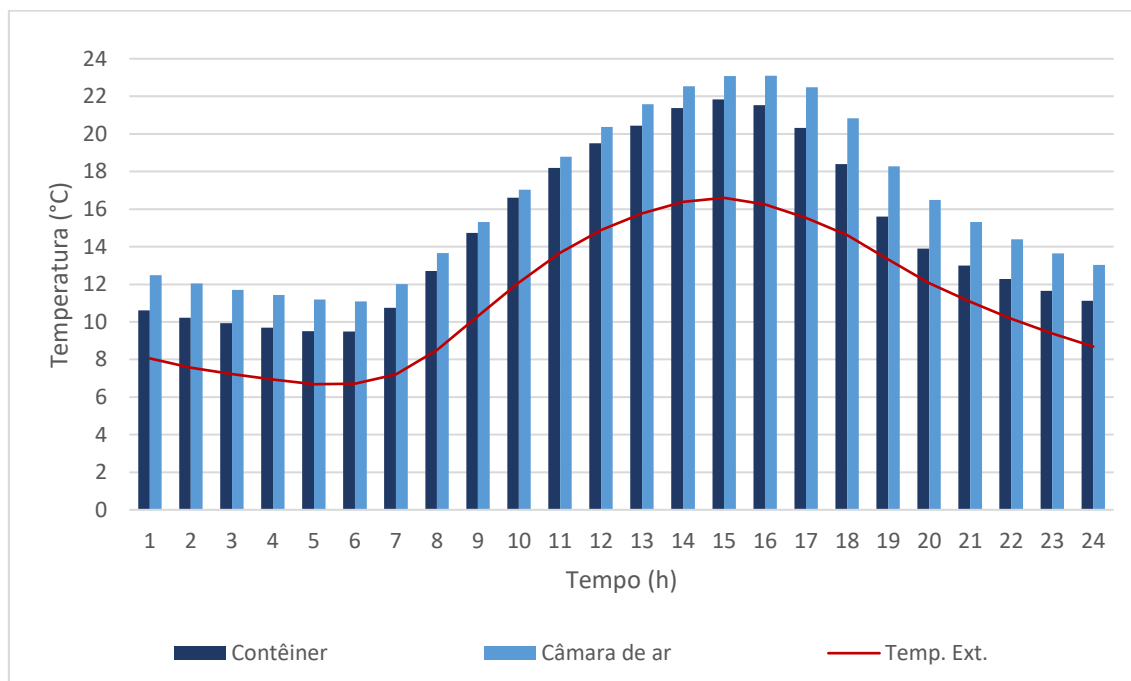


Gráfico 4.7: Evolução temporal da temperatura, para inverno, com isolamento térmico - sala – ZB 3



4.2 Coberturas

São realizados dois tipos de simulação numérica para avaliar a influência da cobertura no desempenho térmico. Inicialmente considera-se a casa contêiner sem uma cobertura sobreposta e depois com as propostas discriminadas no item 3.5.1.

Nos gráficos 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11, observa-se que as duas coberturas propostas proporcionam uma temperatura interna mais amena do que a temperatura gerada pelo contêiner sem intervenção, no horário mais quente do verão. O telhado termoacústico proporciona melhor desempenho térmico do que o telhado verde, por possuir uma zona de ventilação entre o contêiner e a cobertura. Além disso, nesta simulação numérica, o algoritmo de solução utilizado no *EnergyPlus* não considera os efeitos da umidade na transferência de calor. Fato este que pode ter prejudicado a análise do telhado verde.

Gráfico 4.8: Evolução temporal da temperatura, para verão, com cobertura - sala – ZB 2

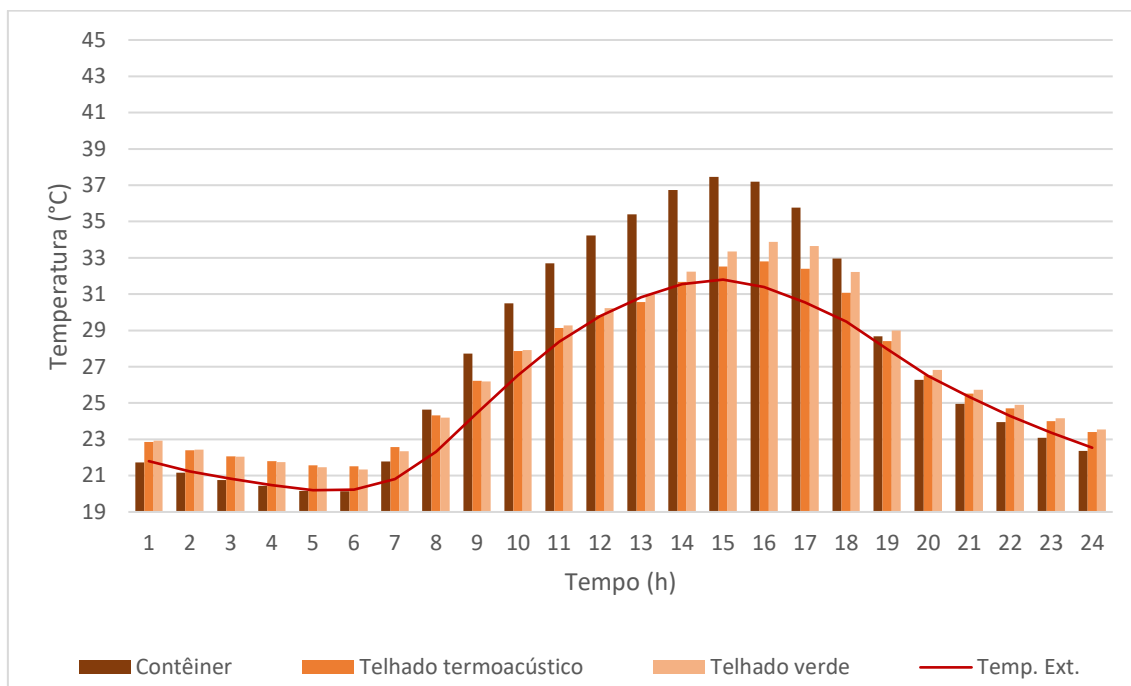


Gráfico 4.9: Evolução temporal da temperatura, para verão, com cobertura - quarto – ZB 2

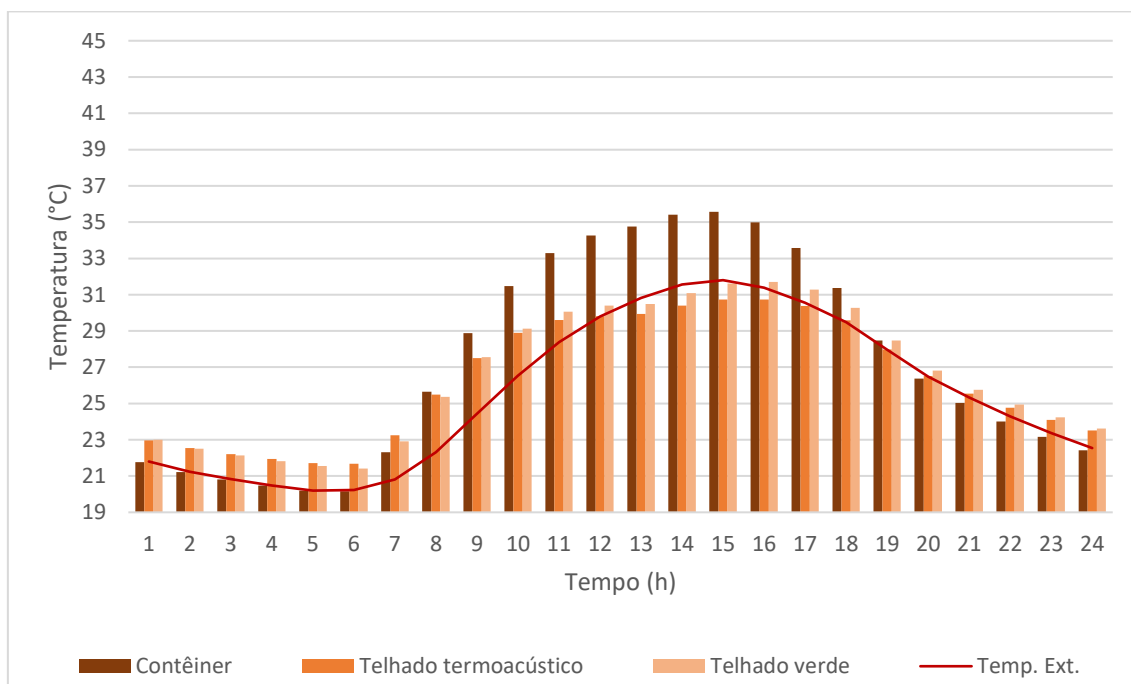


Gráfico 4.10: Evolução temporal da temperatura, para verão, com cobertura - sala – ZB 3

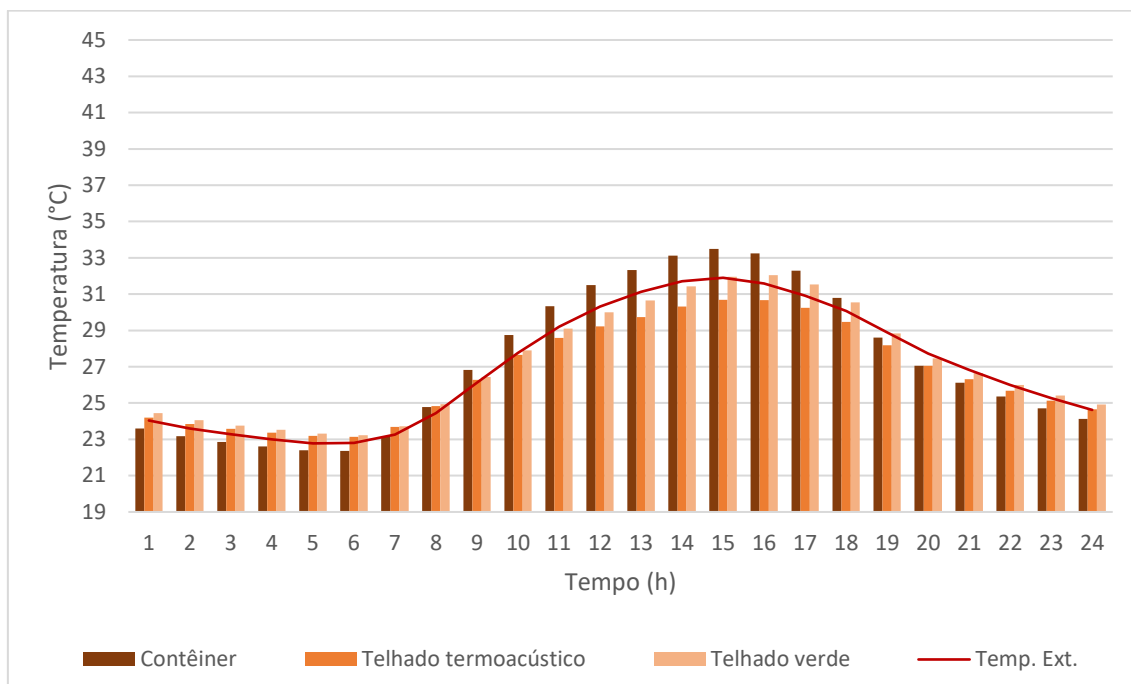
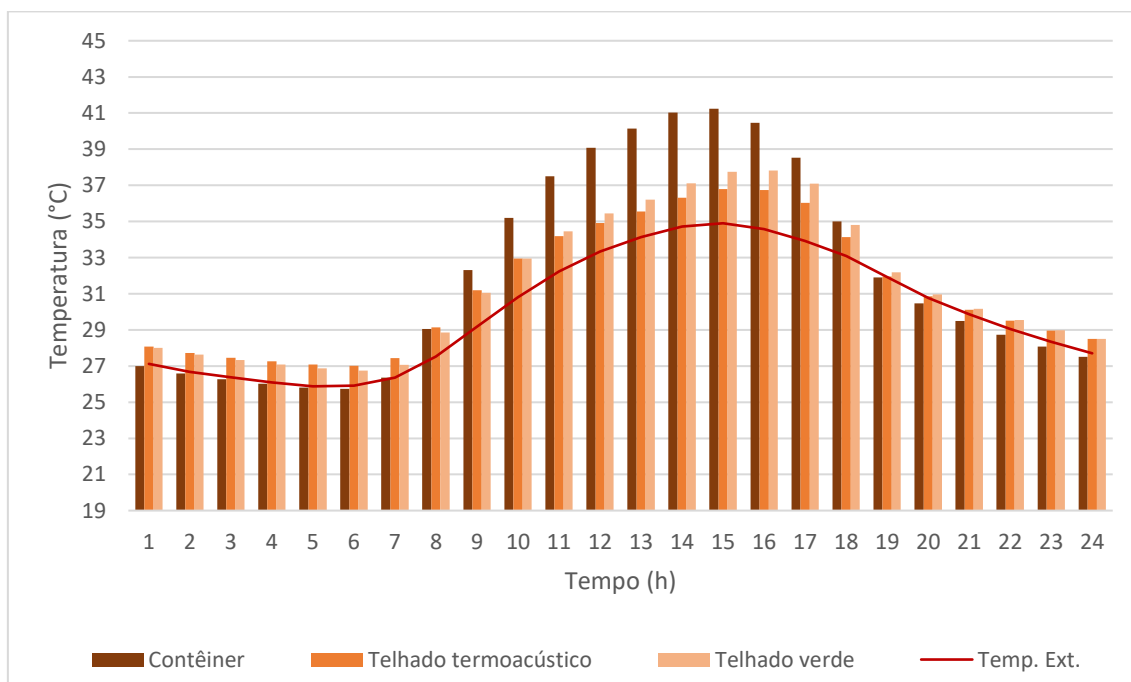


Gráfico 4.11: Evolução temporal da temperatura, para verão, com cobertura - sala – ZB 8



Nos gráficos 4.12, 4.13 e 4.14, pode ser notado que no inverno, as coberturas propostas mantêm a temperatura interna mais elevada do que no contêiner sem a cobertura, no horário mais frio do inverno. E diferentemente do verão, as duas coberturas têm resultados próximos neste horário do dia.

Gráfico 4.12: Evolução temporal da temperatura, para inverno, com cobertura - sala – ZB 2

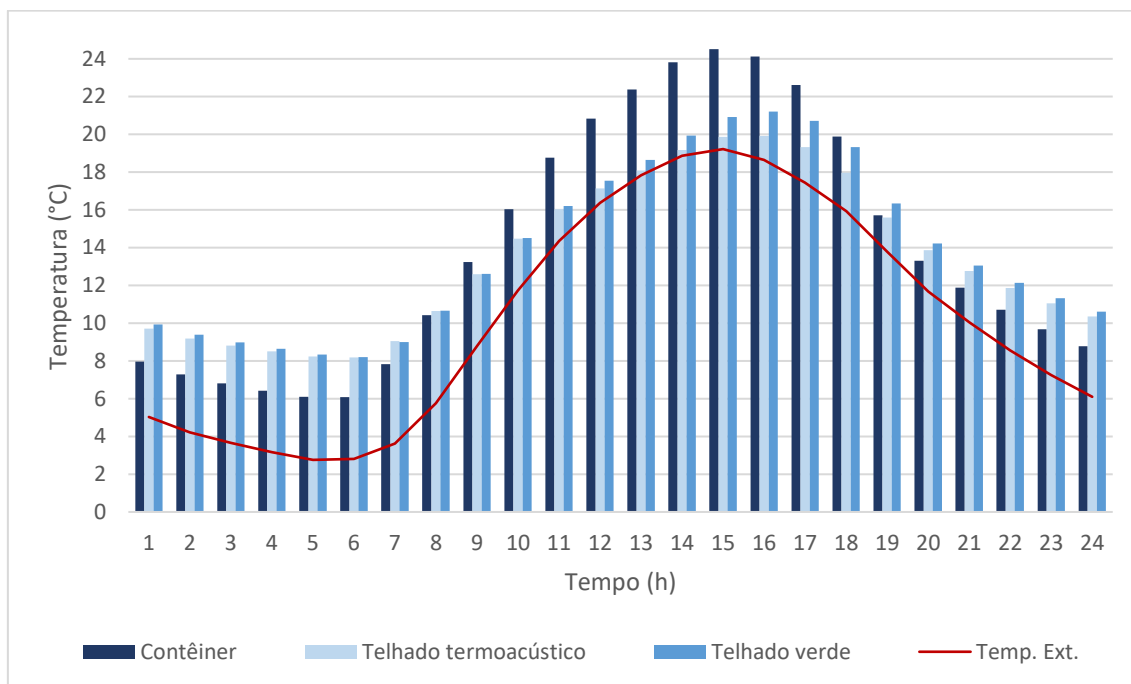


Gráfico 4.13: Evolução temporal da temperatura, para inverno, com cobertura - quarto – ZB 2

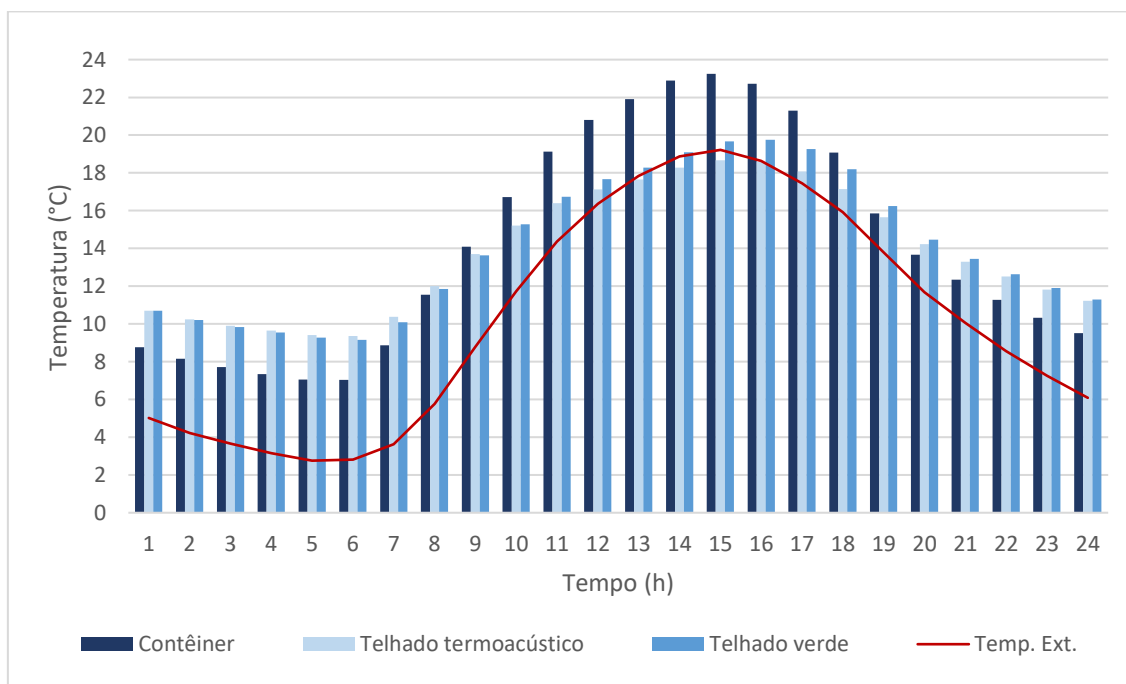
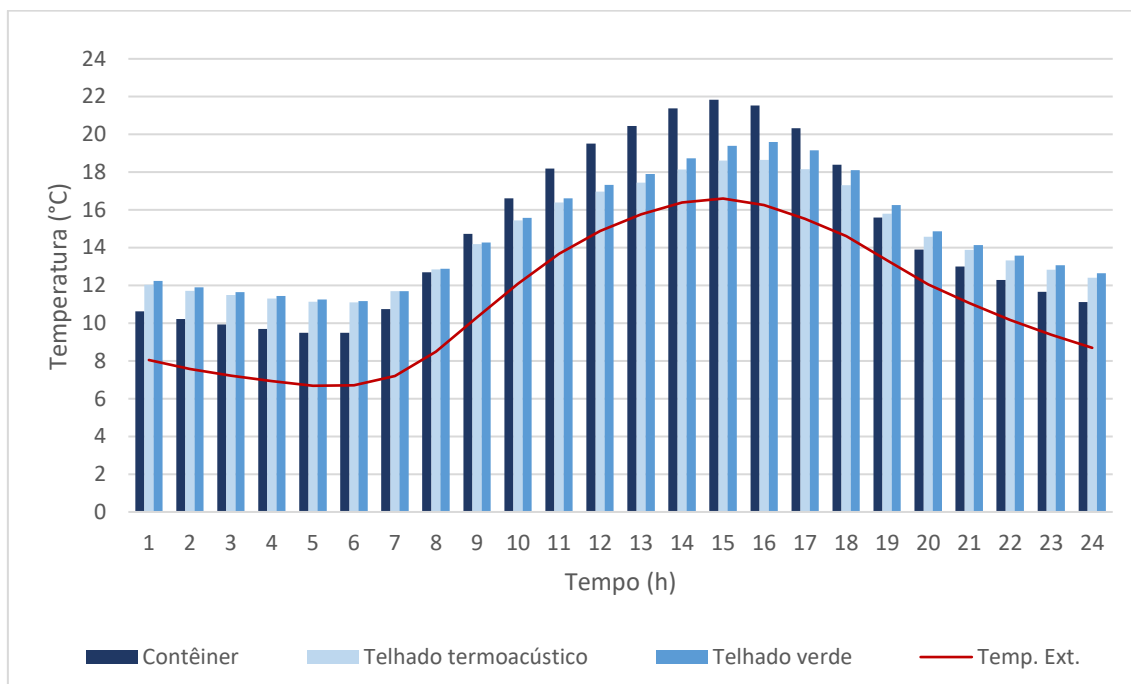


Gráfico 4.14: Evolução temporal da temperatura, para inverno, com cobertura - sala – ZB 3



Nos gráficos 4.15, 4.17 e 4.18, pode-se notar que o uso concomitante da câmara de ar nas paredes e da cobertura melhora bastante o desempenho térmico global da edificação. A melhor combinação se dá com a câmara de ar e o telhado termoacústico, apresentando as menores temperaturas no verão. E no gráfico 4.16, pode-se observar que o uso de isolamento nas paredes com o telhado termoacústico proporciona melhor desempenho térmico se comparado ao contêiner sem modificação. Mas o uso somente do telhado é melhor para o desempenho do quarto.

Gráfico 4.15: Evolução temporal da temperatura, para verão, com combinação da cobertura e isolamento - sala – ZB 2

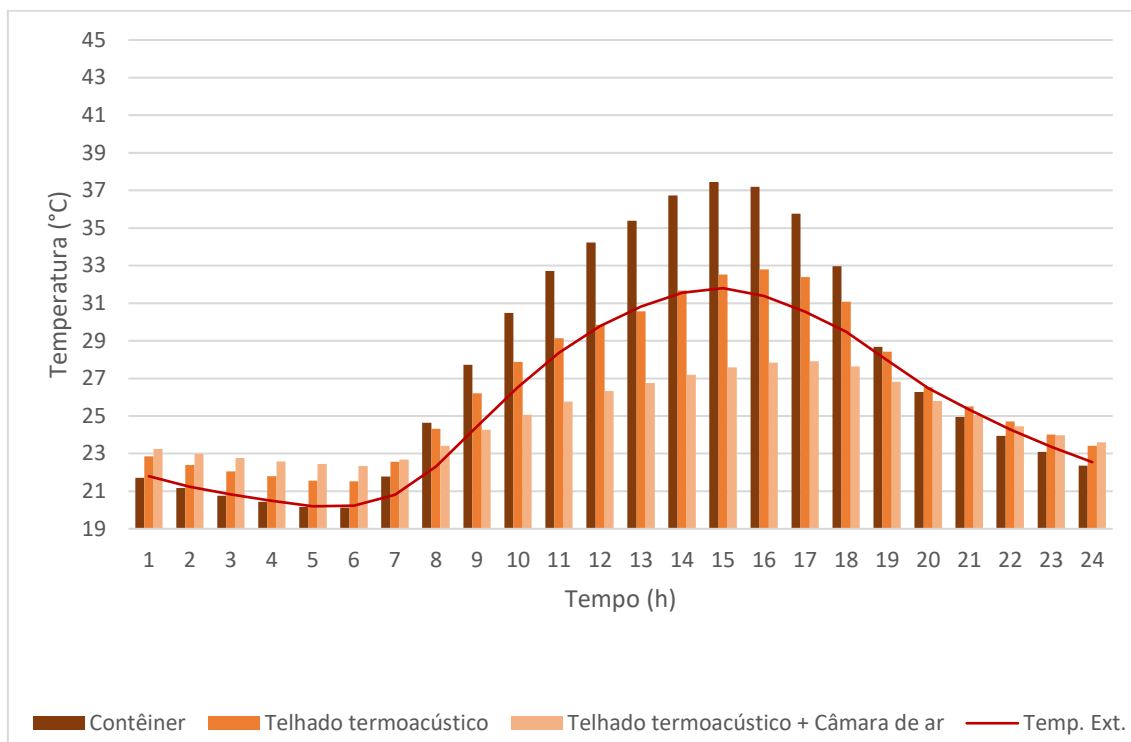


Gráfico 4.16: Evolução temporal da temperatura, para verão, com combinação da cobertura e isolamento - quarto – ZB 2

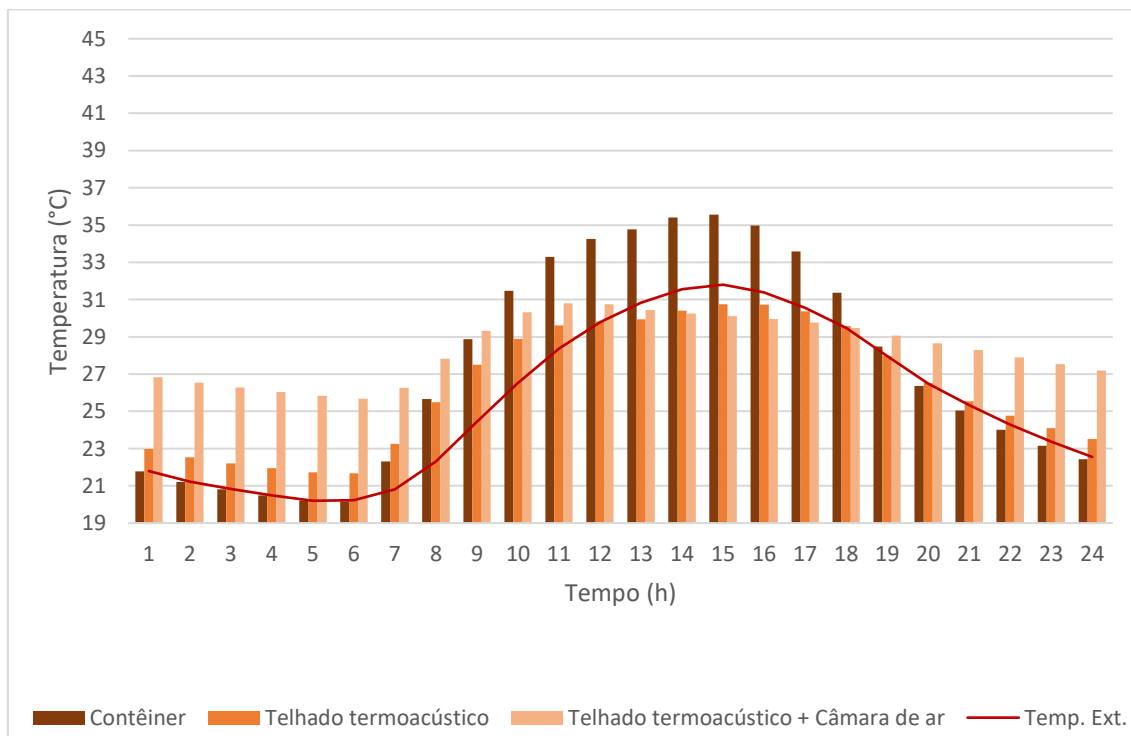


Gráfico 4.17: Evolução temporal da temperatura, para verão, com combinação da cobertura e isolamento - sala – ZB 3

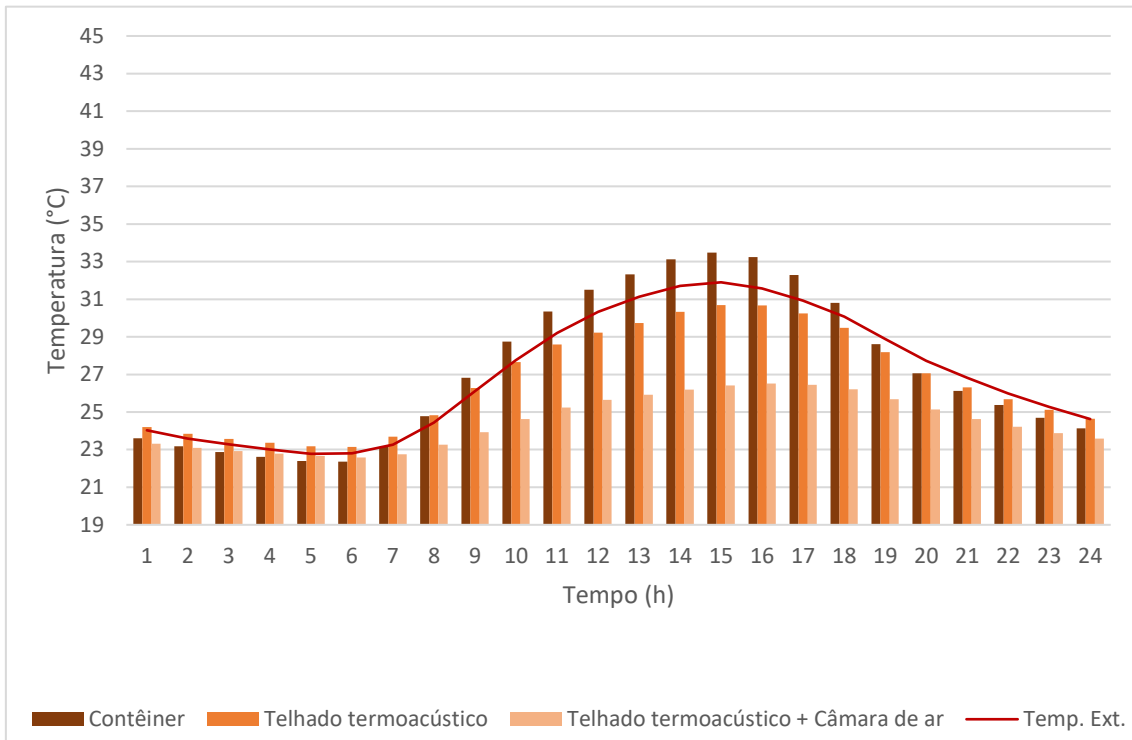
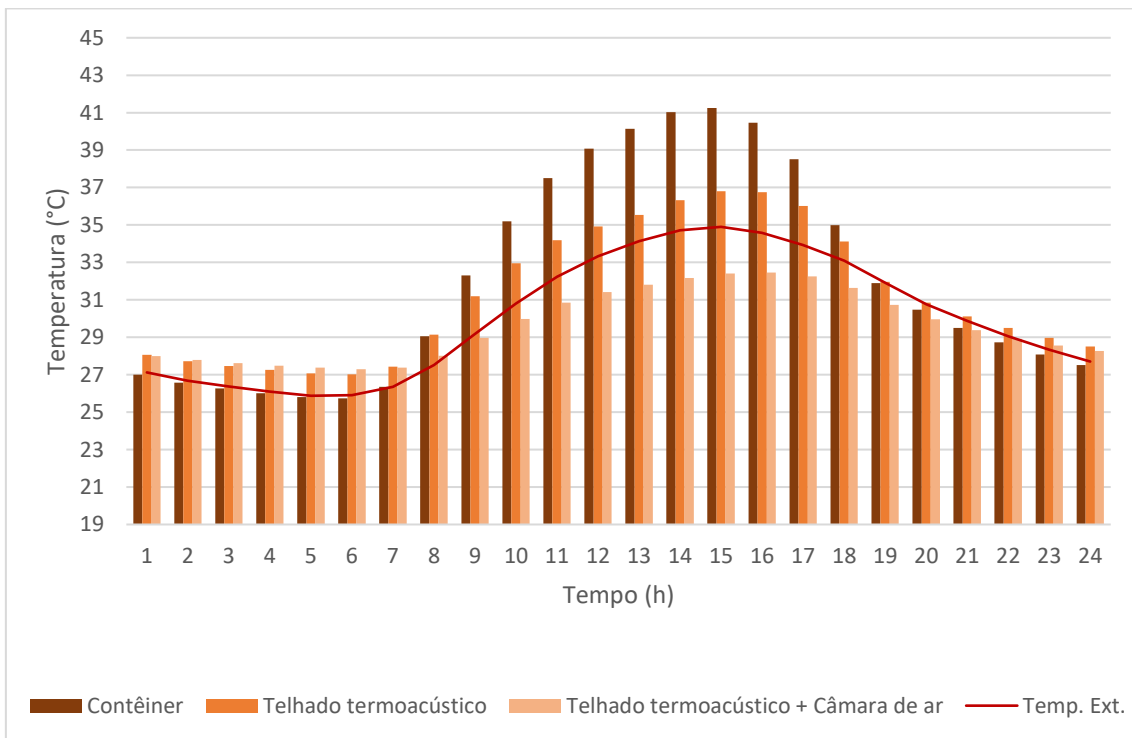


Gráfico 4.18: Evolução temporal da temperatura, para verão, com combinação da cobertura e isolamento - sala – ZB 8

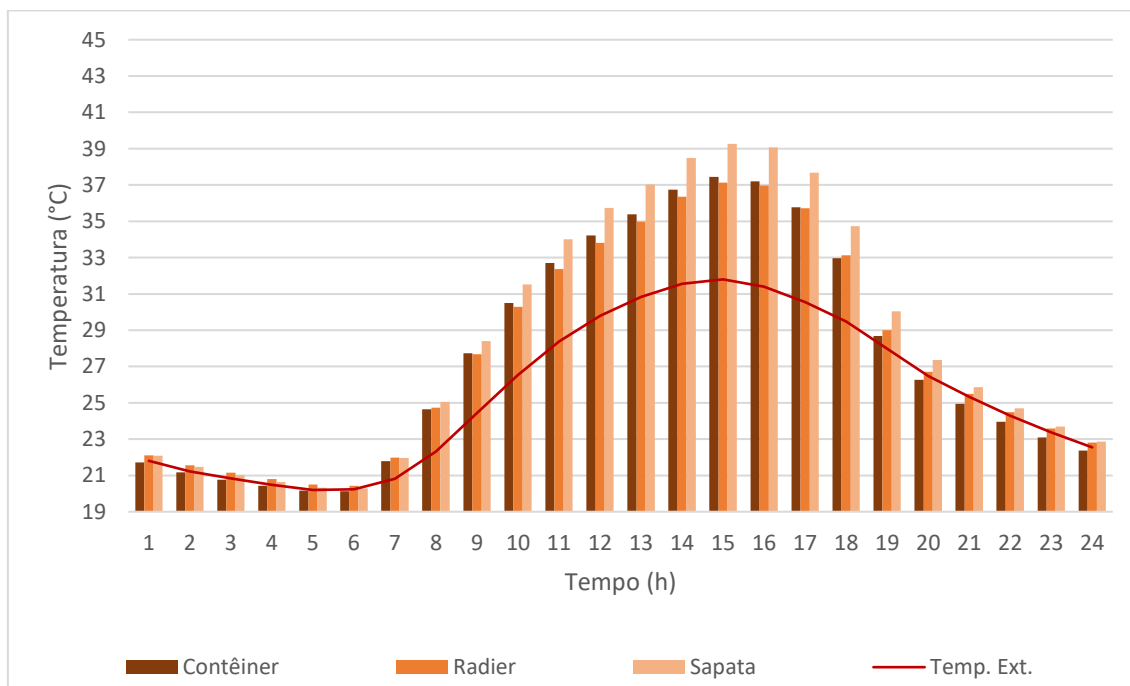


4.3 Fundação

Nesta parte do trabalho, não é considerado o isolamento nas paredes e as coberturas propostas; somente os três tipos de fundação: o contêiner sobre o solo, o contêiner sobre um radier e o contêiner sobre sapatas (acima do solo e com uma zona térmica de ventilação).

Nos gráficos 4.19, 4.20, 4.21 e 4.22, pode-se observar que o radier obteve as menores temperaturas se comparado aos outros tipos de fundação no período das maiores temperaturas no verão. Este resultado se dá em função da influência da grande área de contato do radier com o solo⁴, que diminui a temperatura no verão e aumenta no inverno.

Gráfico 4.19: Evolução temporal da temperatura, para verão, com diferentes tipos de fundação – sala – ZB 2



⁴ Nas simulações numéricas foram utilizados os valores médios mensais das temperaturas do solo no verão e inverno.

Gráfico 4.20: Evolução temporal da temperatura, para verão, com diferentes tipos de fundação – quarto – ZB 2

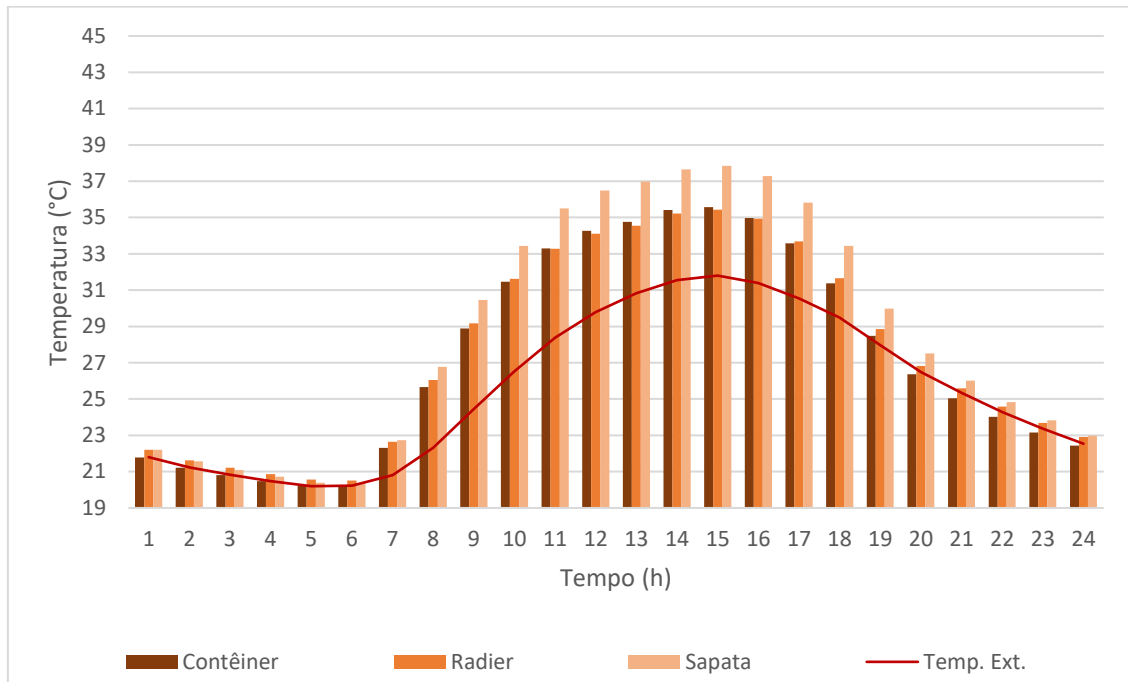


Gráfico 4.21: Evolução temporal da temperatura, para verão, com diferentes tipos de fundação - sala – ZB 3

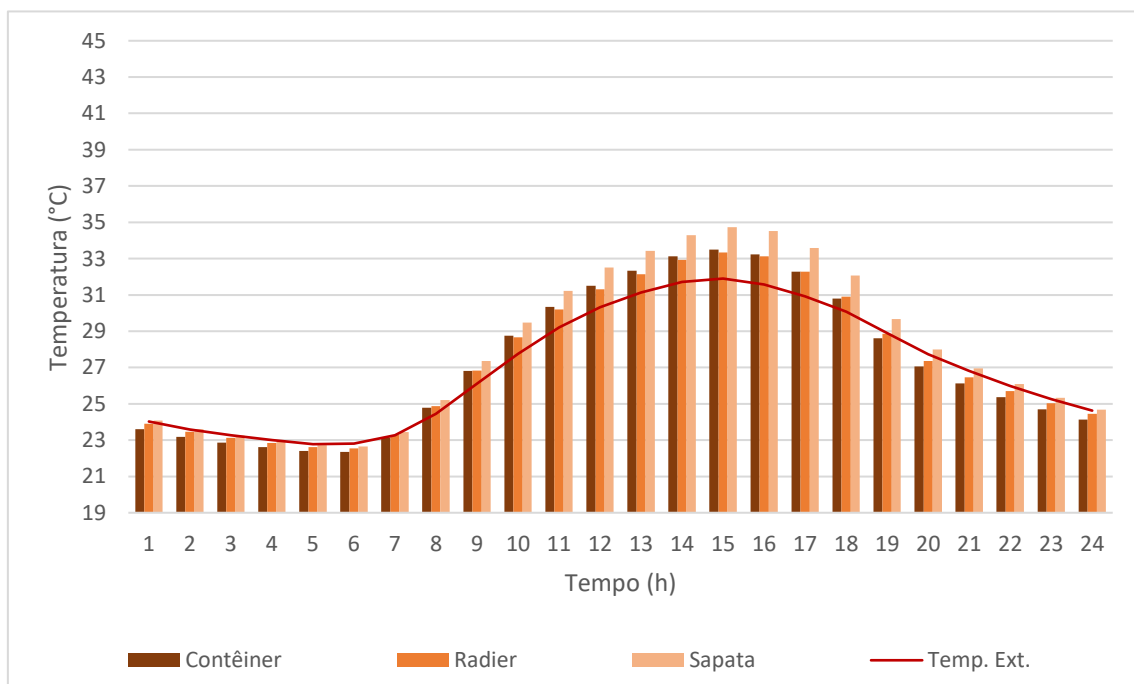
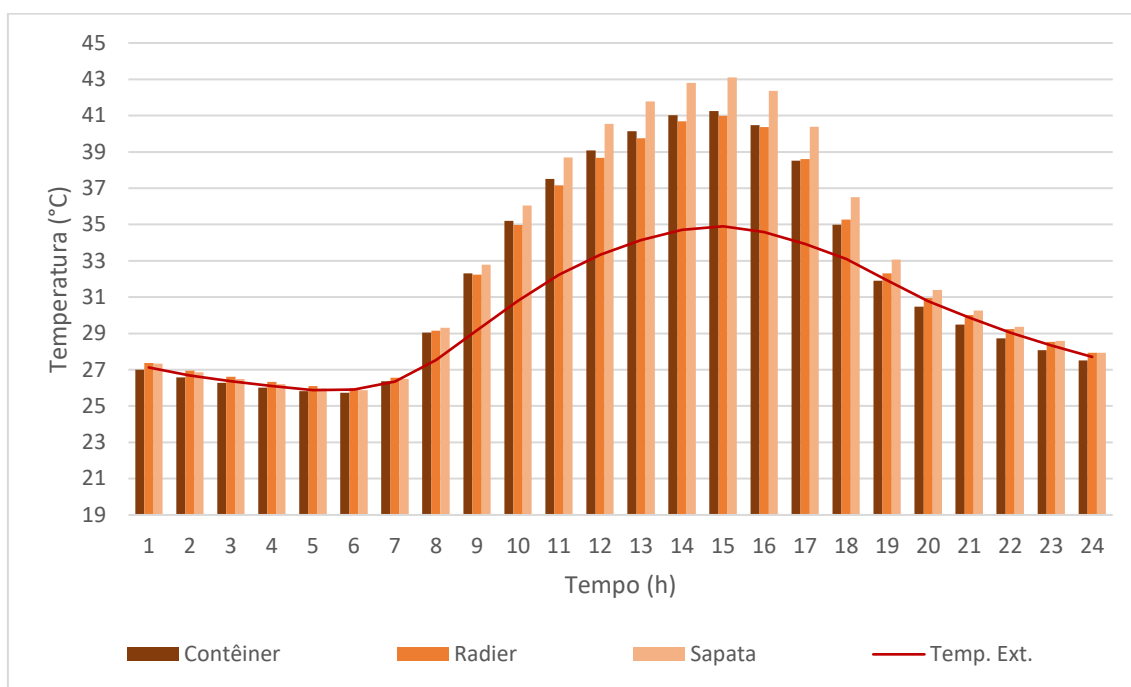


Gráfico 4.22: Evolução temporal da temperatura, para verão, com diferentes tipos de fundação – sala – ZB 8



E nos gráficos 4.23, 4.24 e 4.25, pode-se observar que o uso do radier proporciona um desempenho térmico mais adequado aos usuários no inverno para a zona bioclimática 2. Para as zonas bioclimática 3 os 3 tipos de fundação têm resultados muito próximos.

Gráfico 4.23: Evolução temporal da temperatura, para inverno, com diferentes tipos de fundação – sala – ZB 2

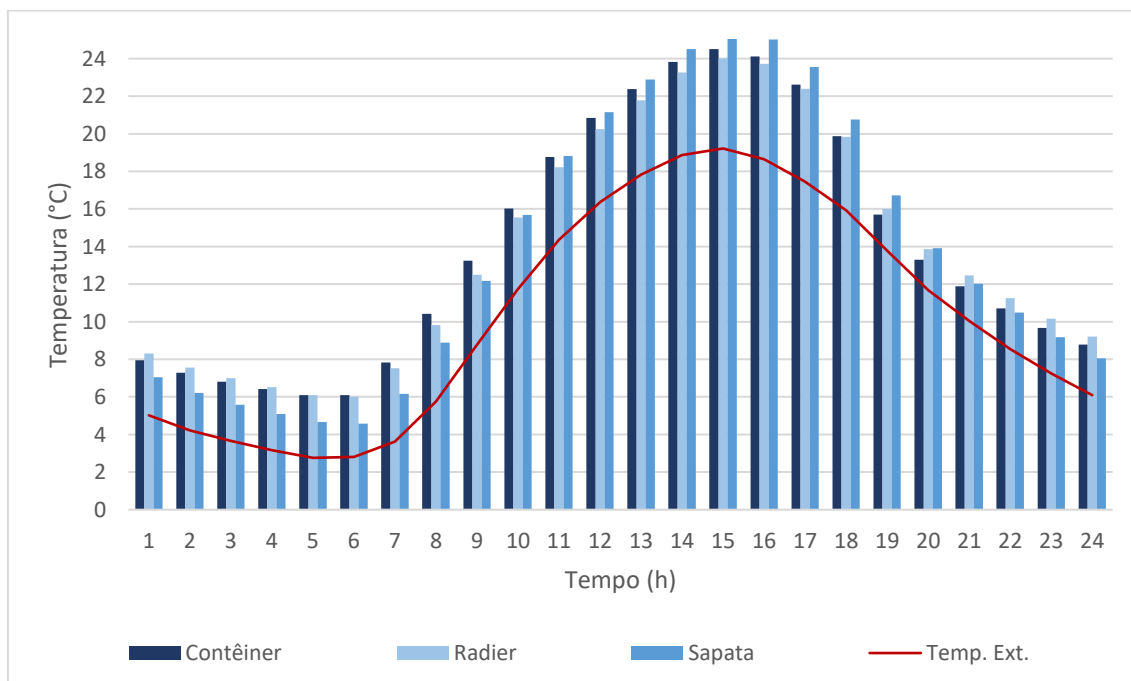


Gráfico 4.24: Evolução temporal da temperatura, para inverno, com diferentes tipos de fundação – quarto – ZB 2

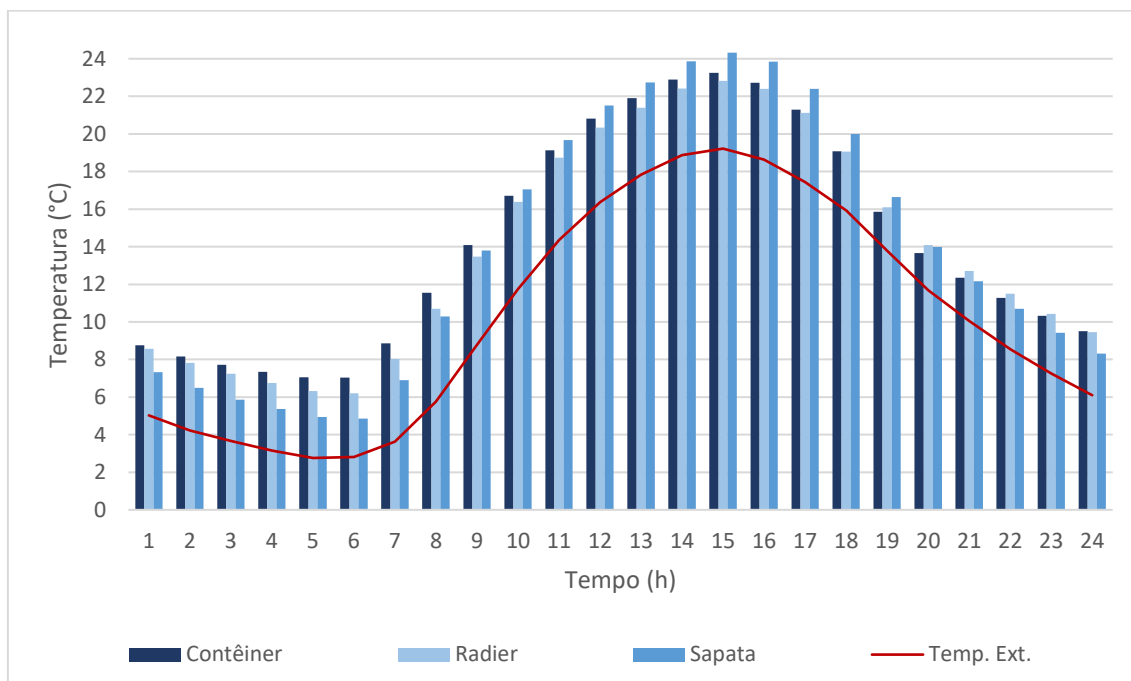
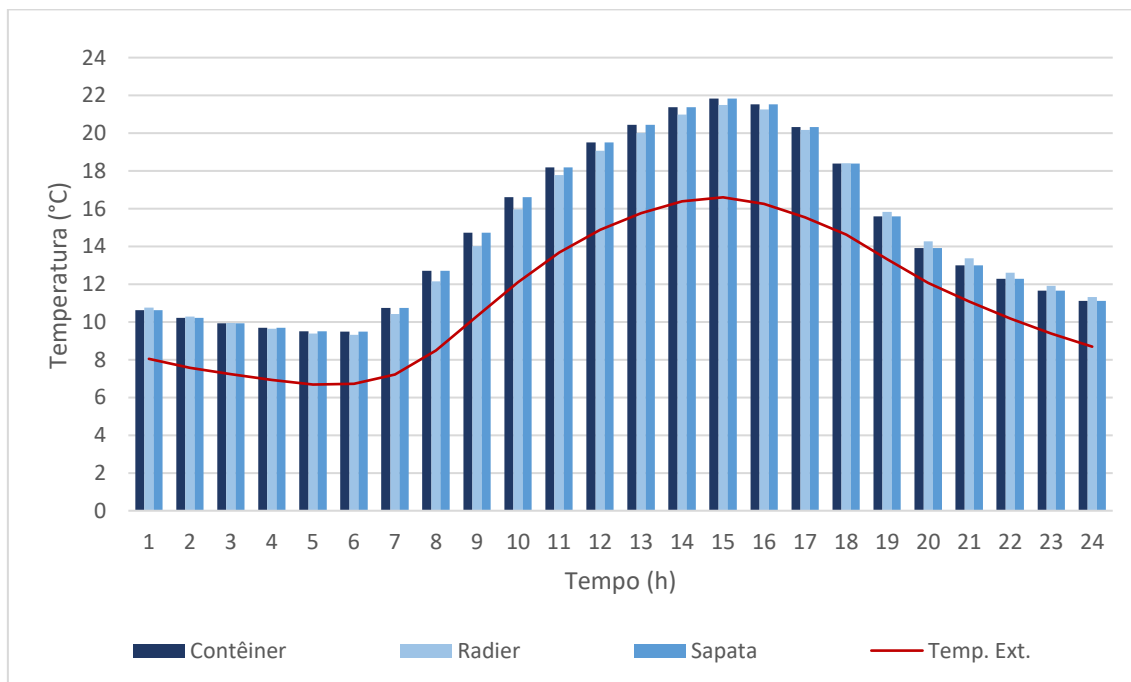


Gráfico 4.25: Evolução temporal da temperatura, para inverno, com diferentes tipos de fundação – sala – ZB 3



4.4 Pintura externa

Nesta etapa são considerados os três tons de cores nas paredes externas e, como era esperado, as cores mais claras refletem mais a radiação e as cores mais escuras absorvem mais o calor. São analisadas as três zonas bioclimáticas

para verão e inverno, e o comportamento apresentado pela temperatura interna é o mesmo para todos, como é mostrado nos gráficos 4.26, 4.27, 4.28 e 4.29.

Gráfico 4.26: Evolução temporal da temperatura, para verão, absorvância às 3 cores propostas- sala – ZB 2

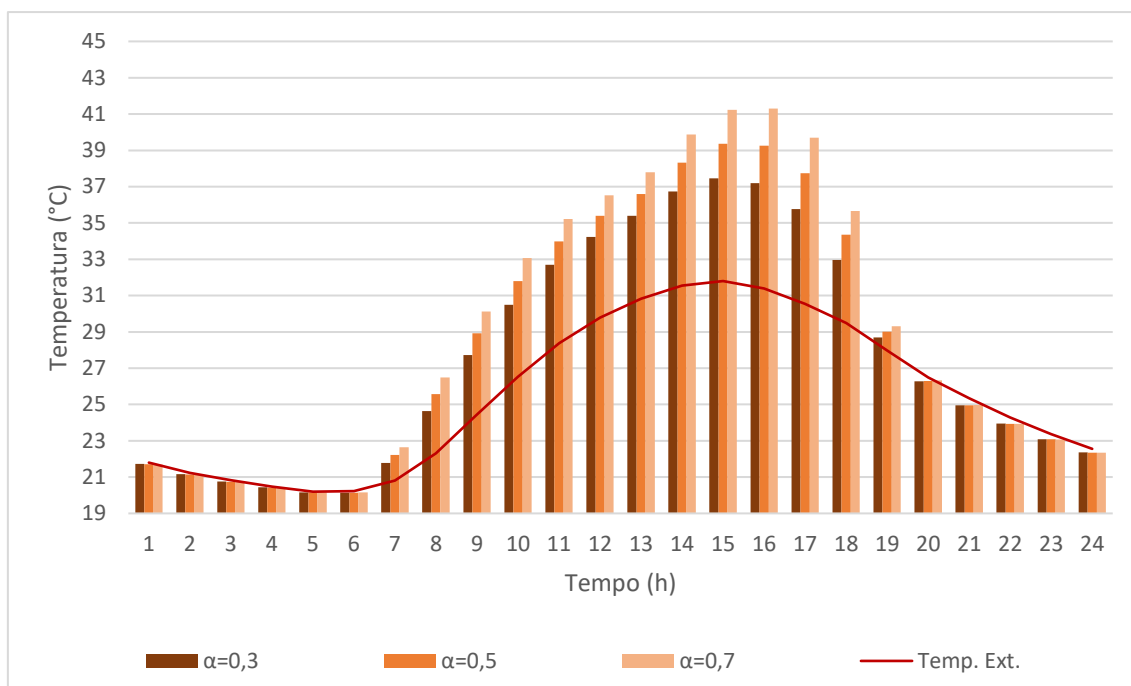


Gráfico 4.27: Evolução temporal da temperatura, para verão, absorvância às 3 cores propostas - quarto – ZB 2

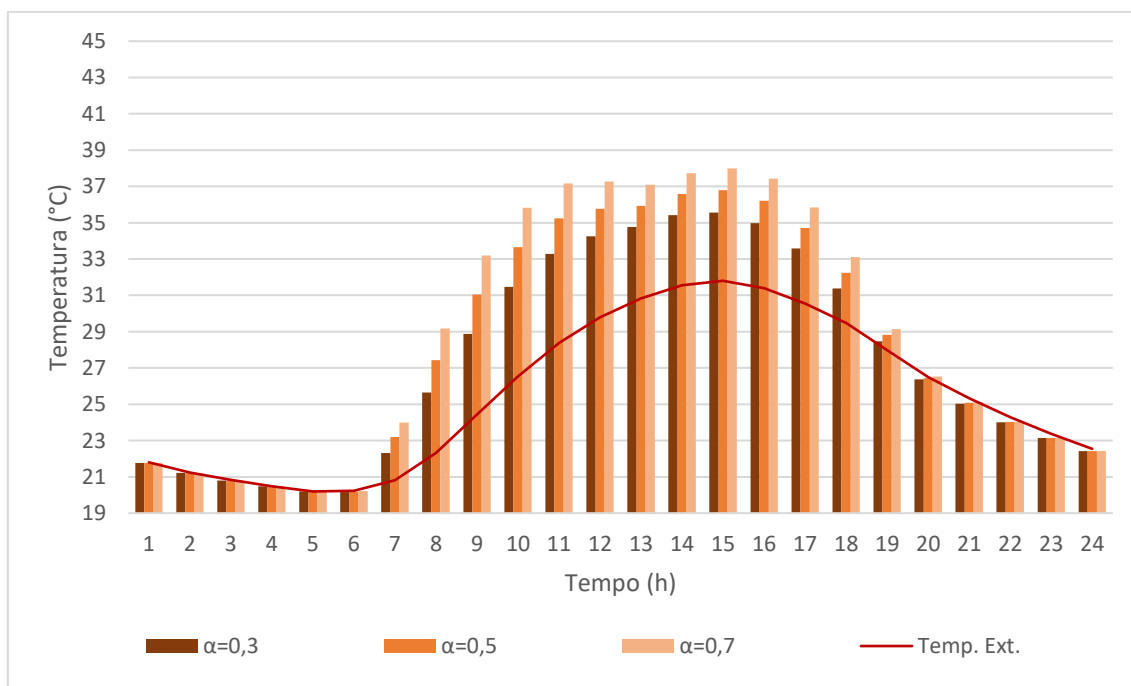


Gráfico 4.28: Evolução temporal da temperatura, para verão, absorvância às 3 cores propostas- sala – ZB 3

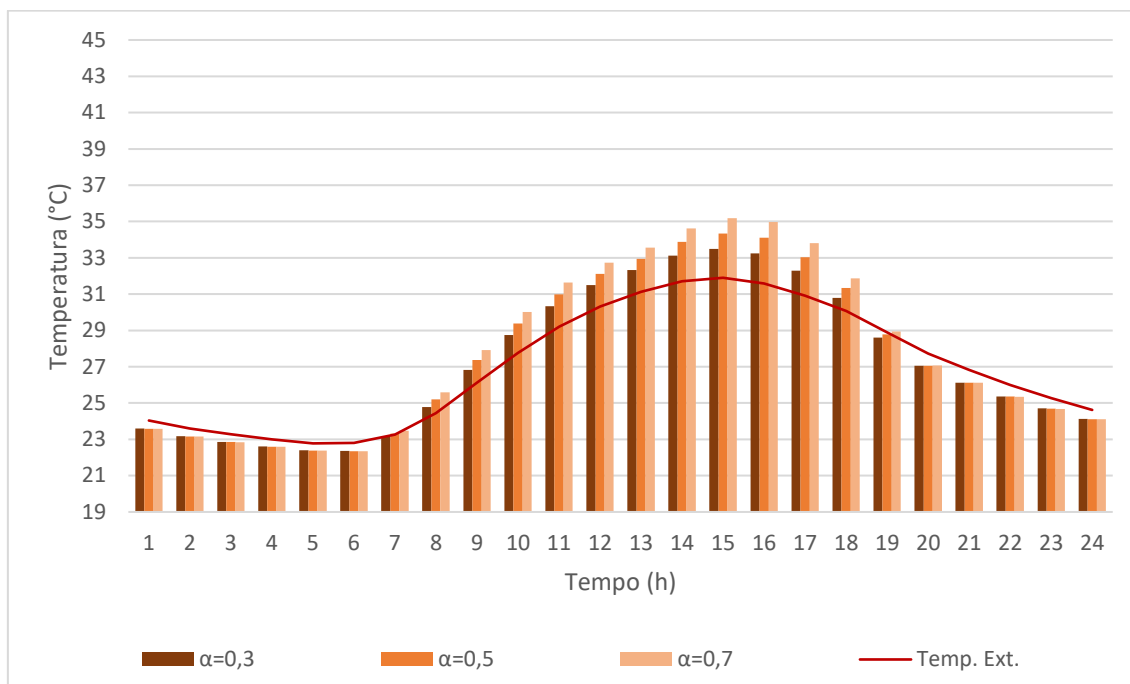
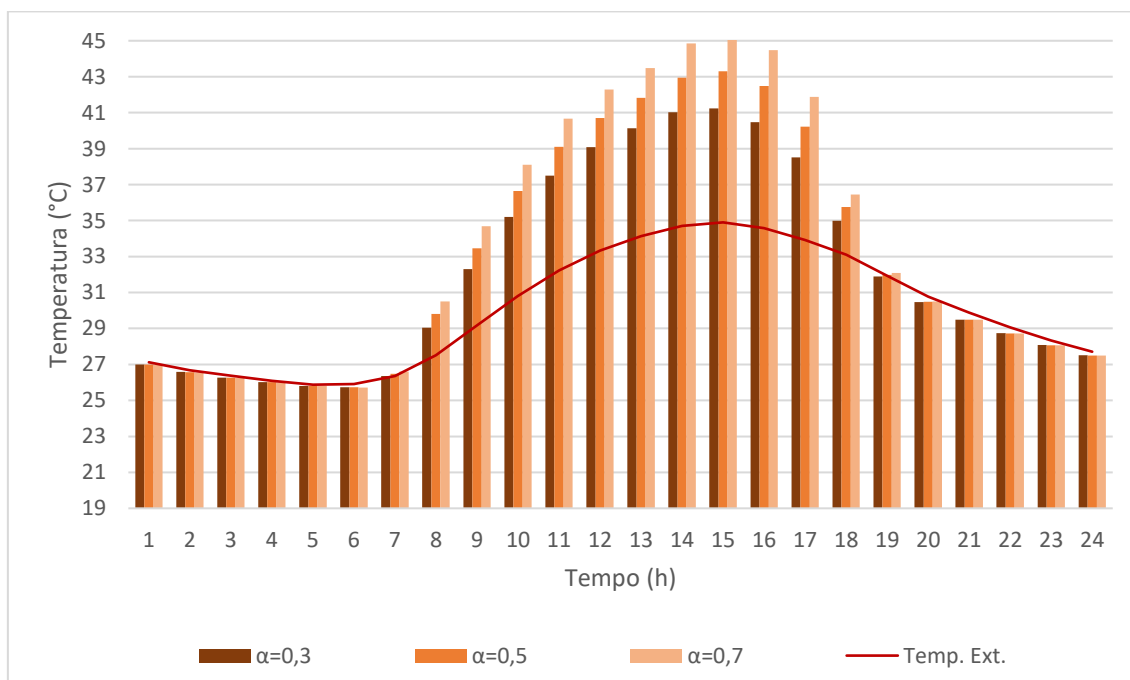


Gráfico 4.29: Evolução temporal da temperatura, para verão, absorvância às 3 cores propostas – sala – ZB 8



4.5 Renovação de ar

Em um estudo preliminar, foram feitas simulações numéricas com diferentes taxas renovação de ar. No entanto, nessa análise não houve um resultado importante, sendo as diferentes taxas de renovação de ar adotadas pouco influentes nos resultados.

Então as simulações numéricas passaram a ser feitas com a modificação do tamanho das aberturas para a análise de sua influência no desempenho térmico global da edificação. Pode-se perceber pelos resultados que o aumento das aberturas não proporciona a diminuição da temperatura interna no contêiner no verão, mas essa diferença é mínima como é ilustrado nos gráficos 4.30, 4.31, 4.32 e 4.33. Isto se deu porque a abertura ou fechamento das aberturas não foi considerado na simulação, houve uma maior entrada da radiação solar e aumento do efeito estufa, aumentando as temperaturas internas.

Gráfico 4.30: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre aberturas - sala – ZB 2

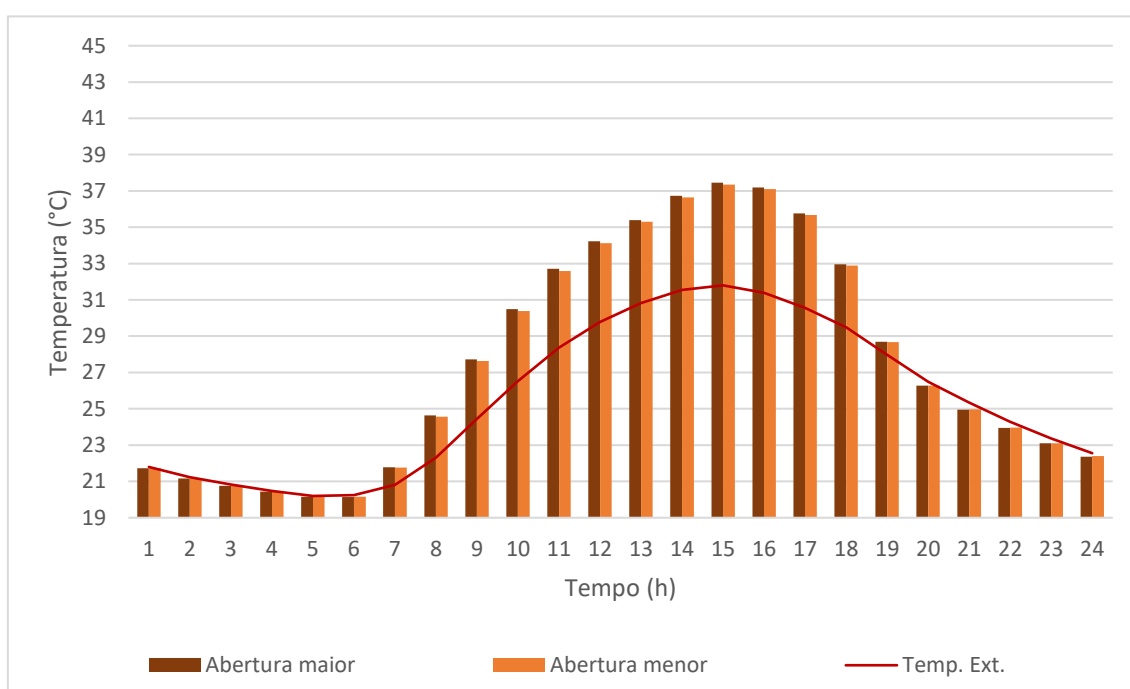


Gráfico 4.31: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre aberturas - quarto – ZB 2

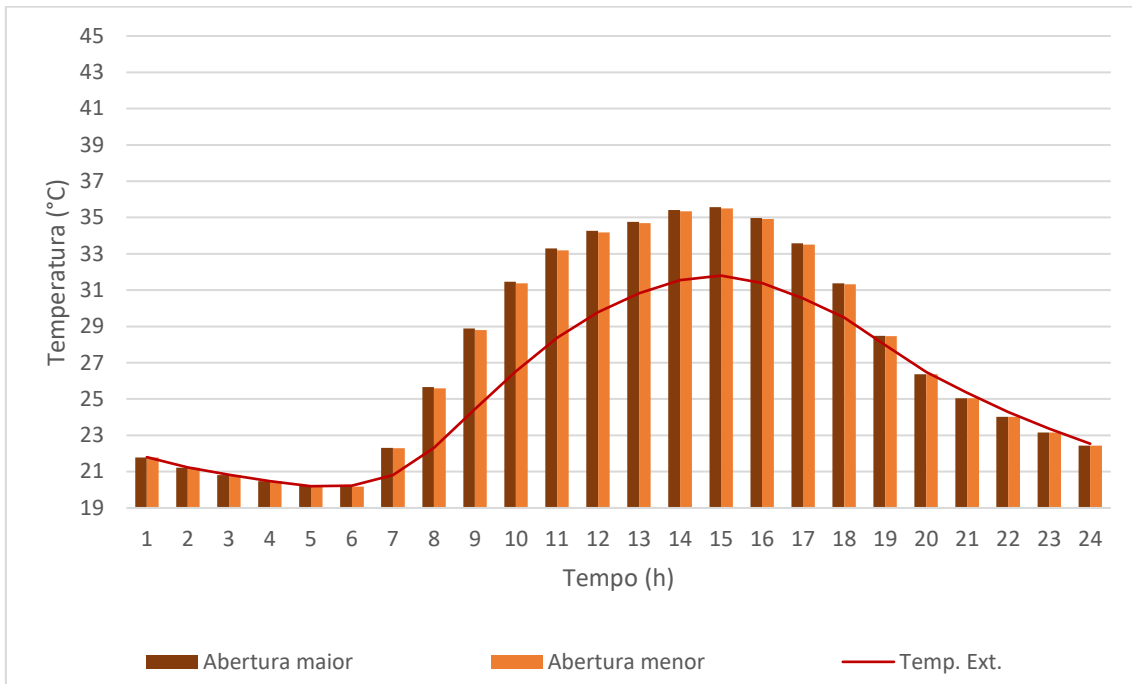


Gráfico 4.32: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre aberturas - sala – ZB 3

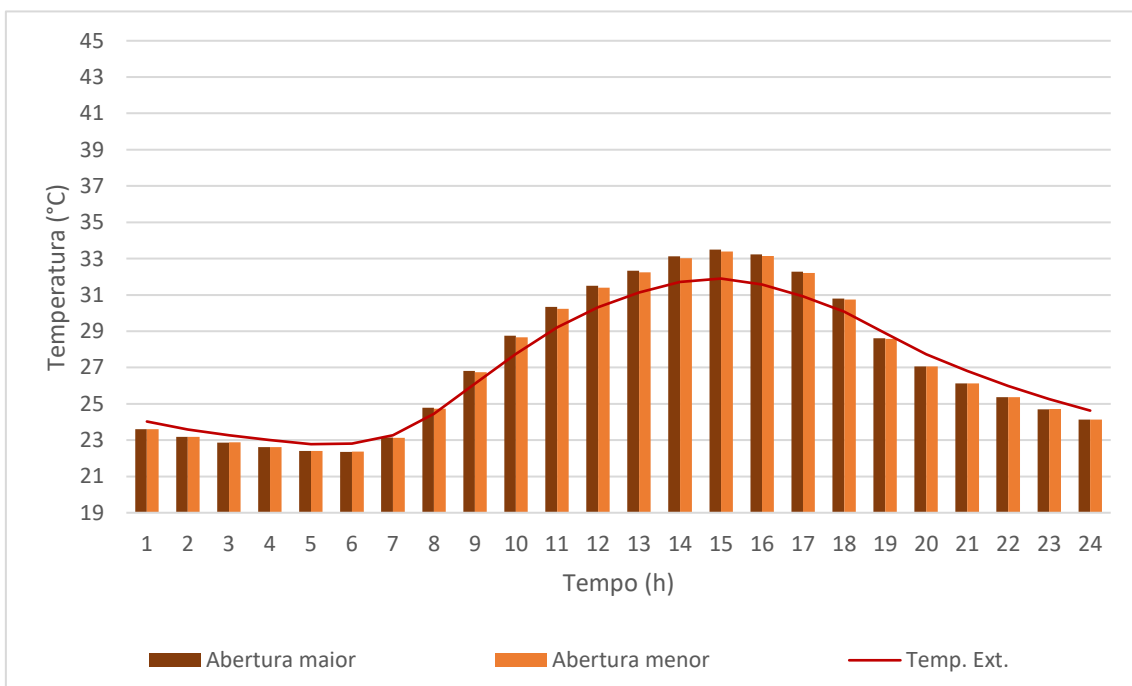
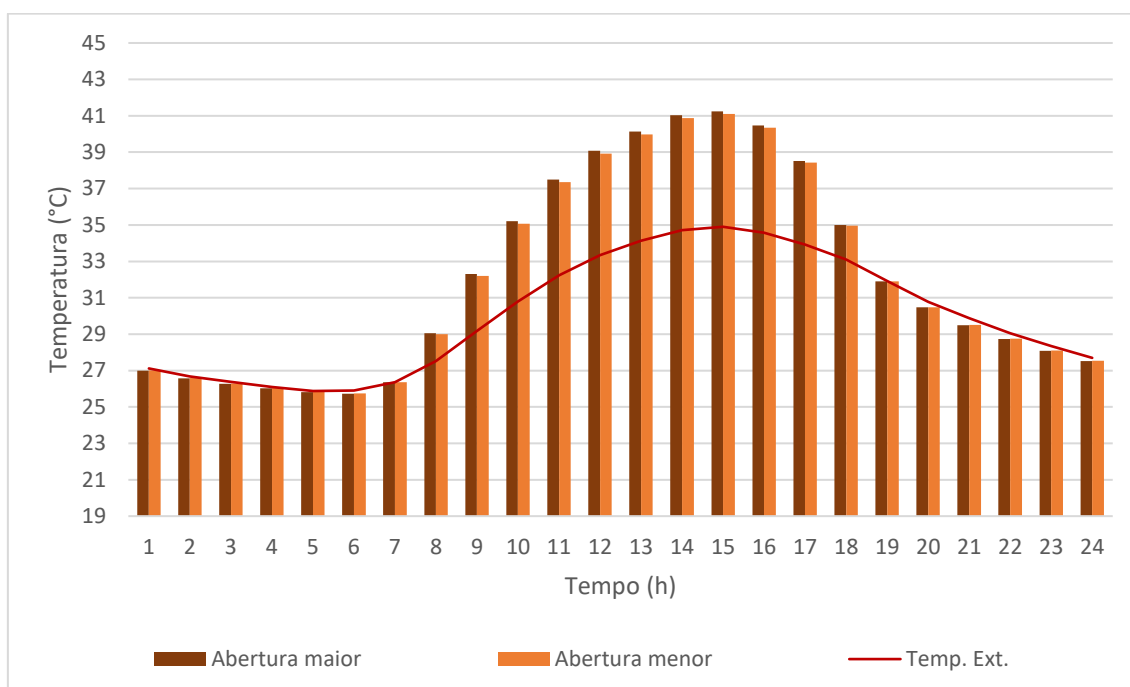


Gráfico 4.33: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre aberturas - sala – ZB 8



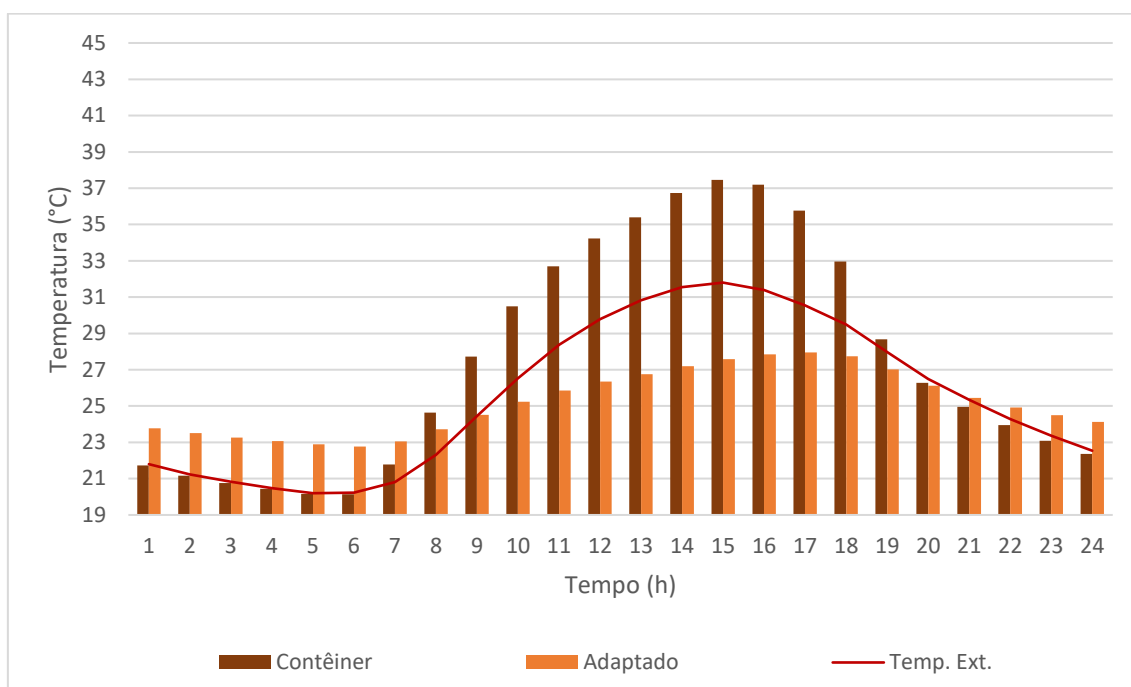
4.6 Contêiner adaptado

Como se pode observar, cada estratégia tem uma contribuição no desempenho térmico da edificação do contêiner e o uso concomitante das melhores estratégias mostram que estas são fundamentais para a obtenção do conforto do usuário.

Do gráfico 4.34 ao 4.42 é mostrado que o uso simultâneo das estratégias de isolamento térmico, cobertura, fundação, pintura externa e tamanho das aberturas obtiveram os melhores resultados para o verão.

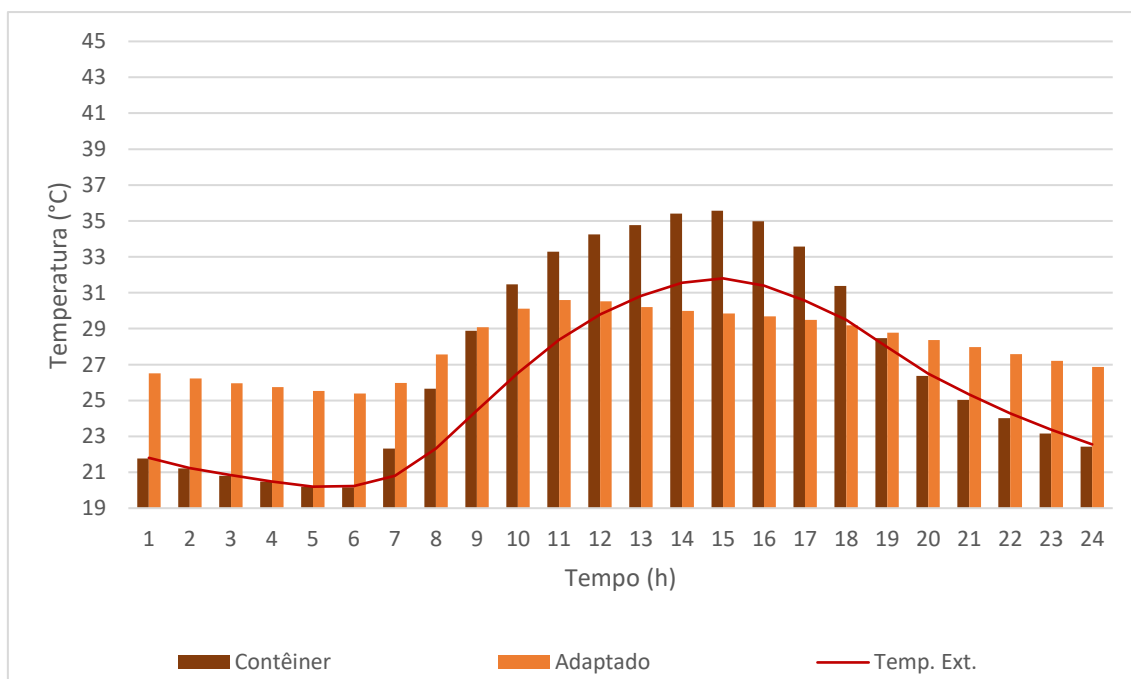
No gráfico 4.34, mostra-se que na ZB 2 as estratégias conjuntas diminuíram em até 9,5°C as temperaturas internas da sala se comparadas ao contêiner sem modificação no verão.

Gráfico 4.34: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 2



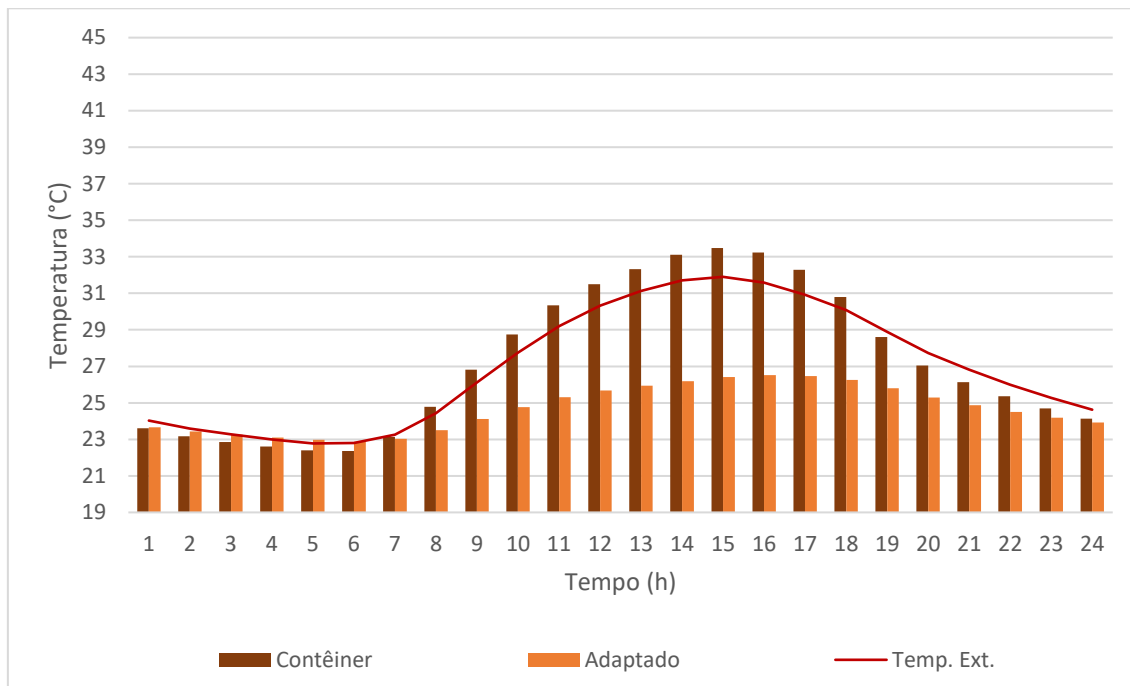
No gráfico 4.35, mostra-se que na ZB 2 as estratégias conjuntas diminuíram em até 5,4°C as temperaturas internas do quarto se comparadas ao contêiner sem modificação no verão.

Gráfico 4.35: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - quarto – ZB 2



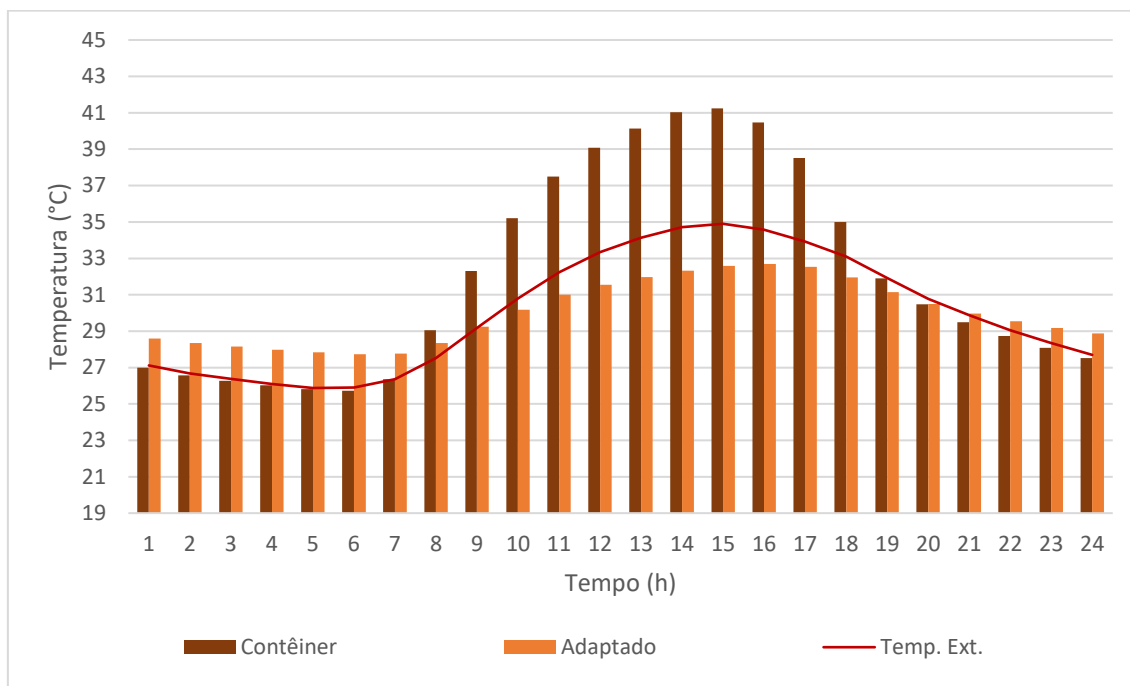
Nota-se pelo gráfico 4.36, que na ZB 3 as estratégias conjuntas diminuíram em até 7,0°C as temperaturas internas se comparadas ao contêiner sem modificação no verão.

Gráfico 4.36: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 3



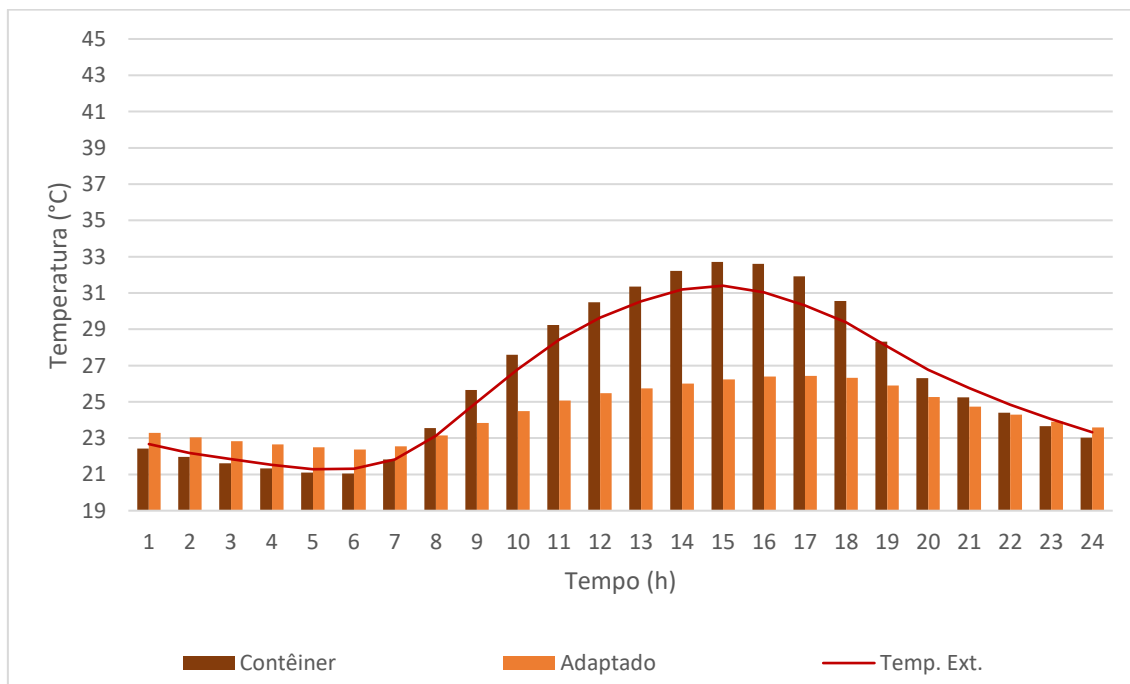
No Gráfico 4.37, é observado que na ZB 8 as estratégias conjuntas diminuíram em até 8,6°C nas temperaturas internas.

Gráfico 4.37: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 8



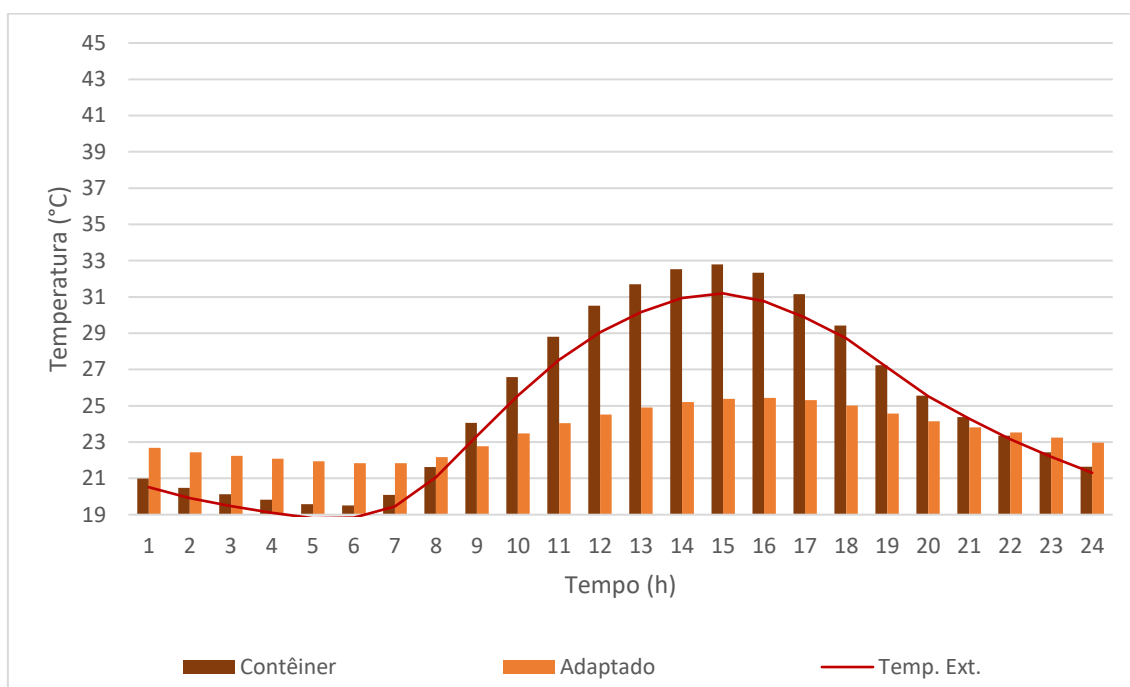
No Gráfico 4.38, é observado que na ZB 1 as estratégias conjuntas diminuiriam em até 6,5°C nas temperaturas internas.

Gráfico 4.38: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 1



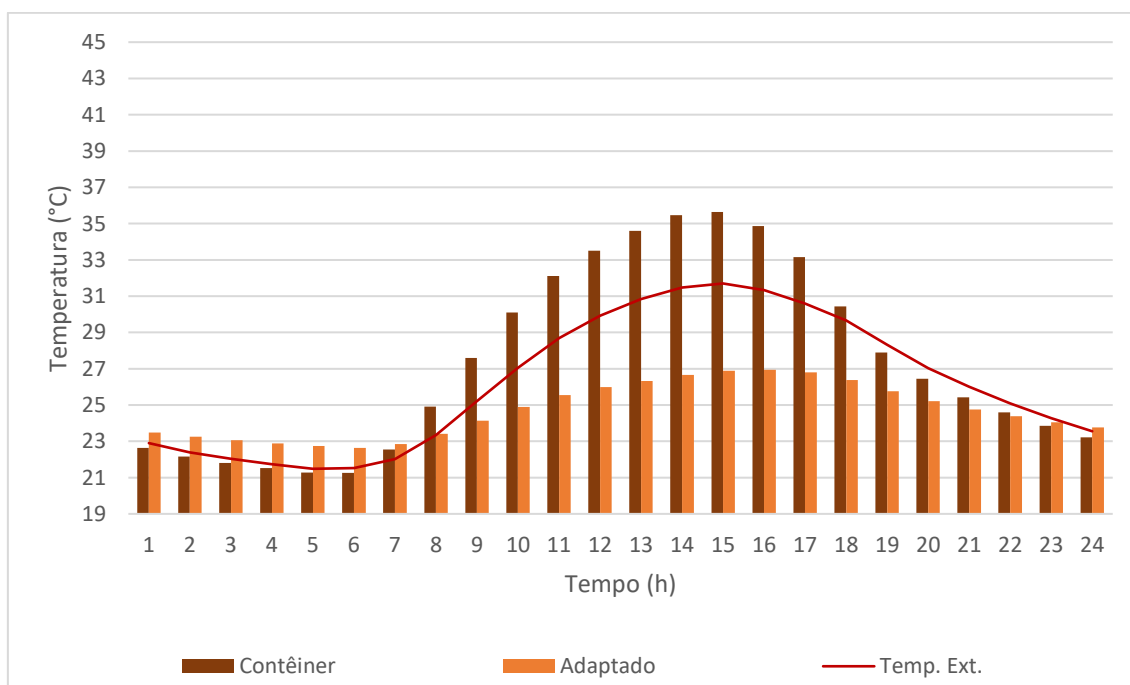
No Gráfico 4.39, é observado que na ZB 4 as estratégias conjuntas diminuiriam em até 7,4°C nas temperaturas internas.

Gráfico 4.39: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 4



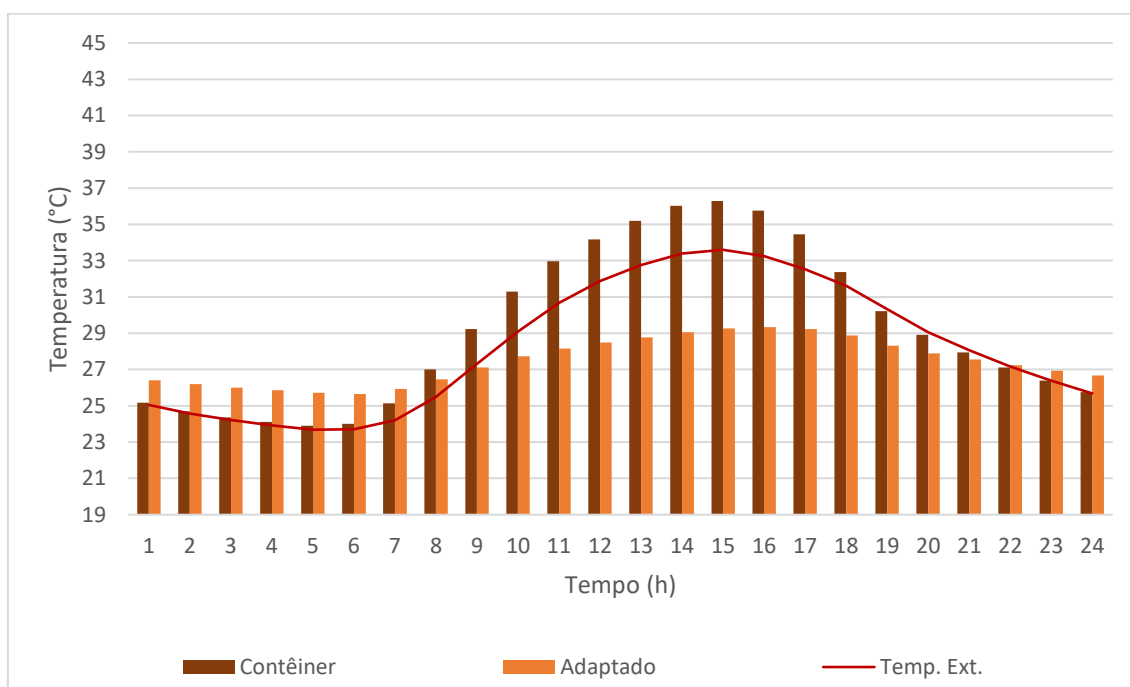
No Gráfico 4.40, é observado que na ZB 5 as estratégias conjuntas diminuiram em até 8,7°C nas temperaturas internas.

Gráfico 4.40: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 5



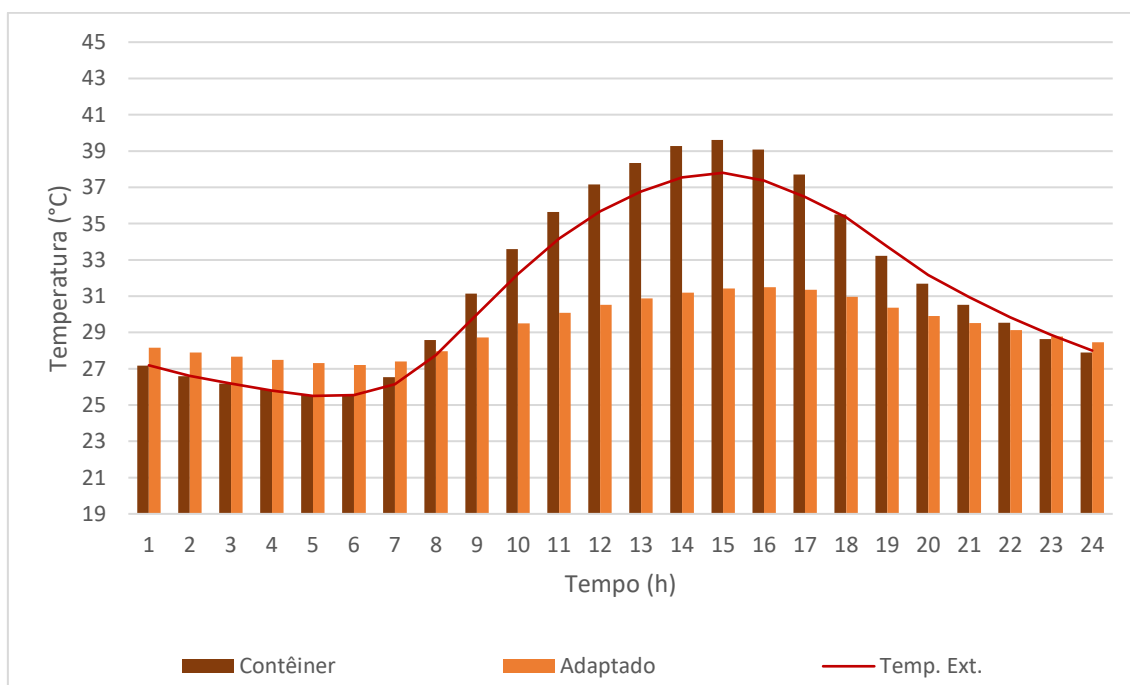
No Gráfico 4.41, é observado que na ZB 6 as estratégias conjuntas diminuiram em até 7,0°C nas temperaturas internas.

Gráfico 4.41: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 6



No Gráfico 4.42, é observado que na ZB 7 as estratégias conjuntas diminuíram em até 8,2°C nas temperaturas internas.

Gráfico 4.42: Evolução temporal da temperatura, para verão, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 7

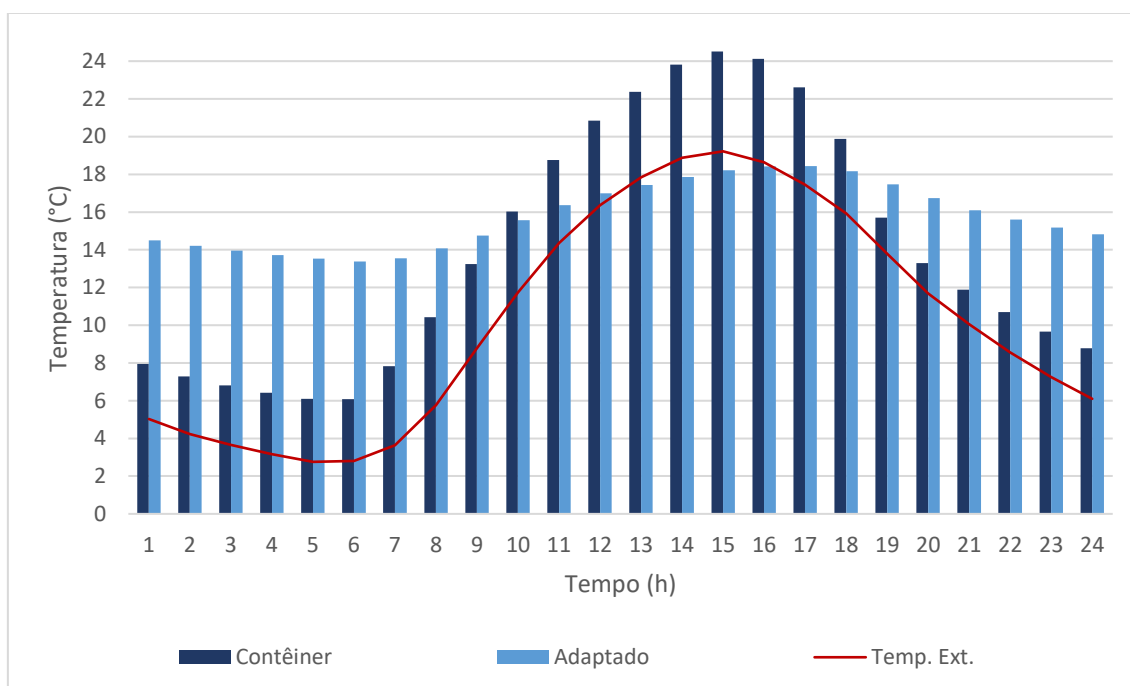


Do gráfico 4.43 ao 4.48 é mostrado o uso simultâneo das mesmas estratégias que obtiveram os melhores resultados para o inverno. De um modo geral observa-se que a combinação destas estratégias diminui a variação diária da

temperatura interna e diminui a temperatura interna no período diurno em relação ao contêiner sem nenhuma estratégia de condicionamento.

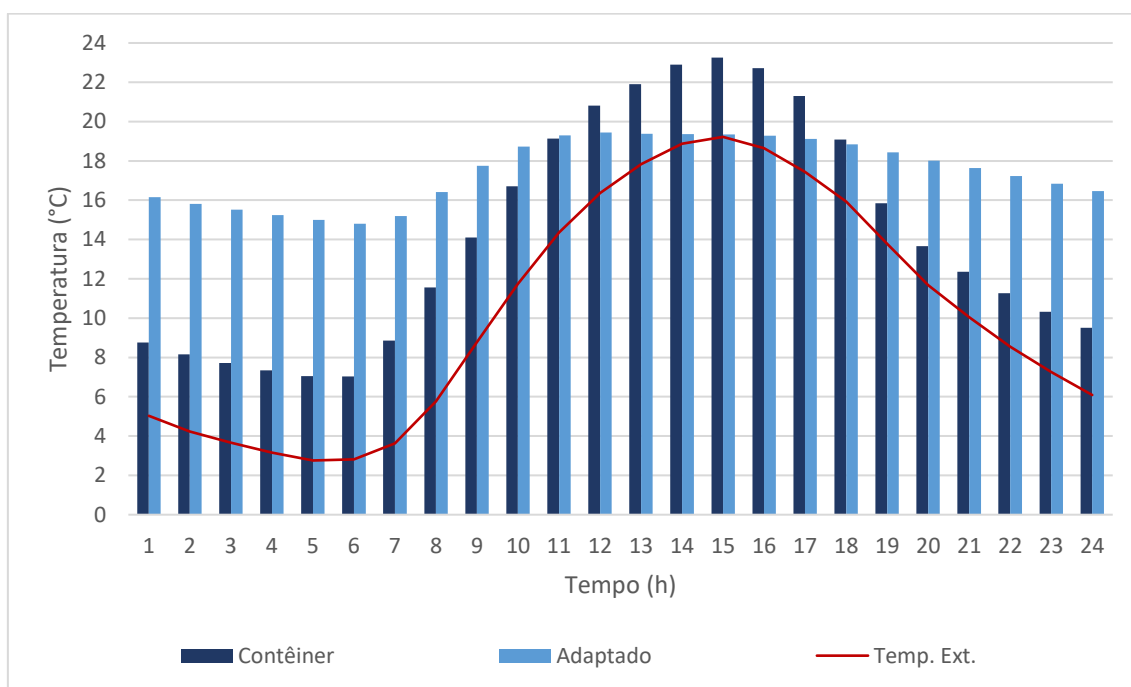
No Gráfico 4.43, mostra-se que na ZB 2 as estratégias conjuntas aumentaram em até 7,3°C as temperaturas internas da sala se comparadas ao contêiner sem modificação no inverno, trazendo mais conforto térmico ao usuário, principalmente no período das menores temperaturas.

Gráfico 4.43: Evolução temporal da temperatura, para inverno, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 2



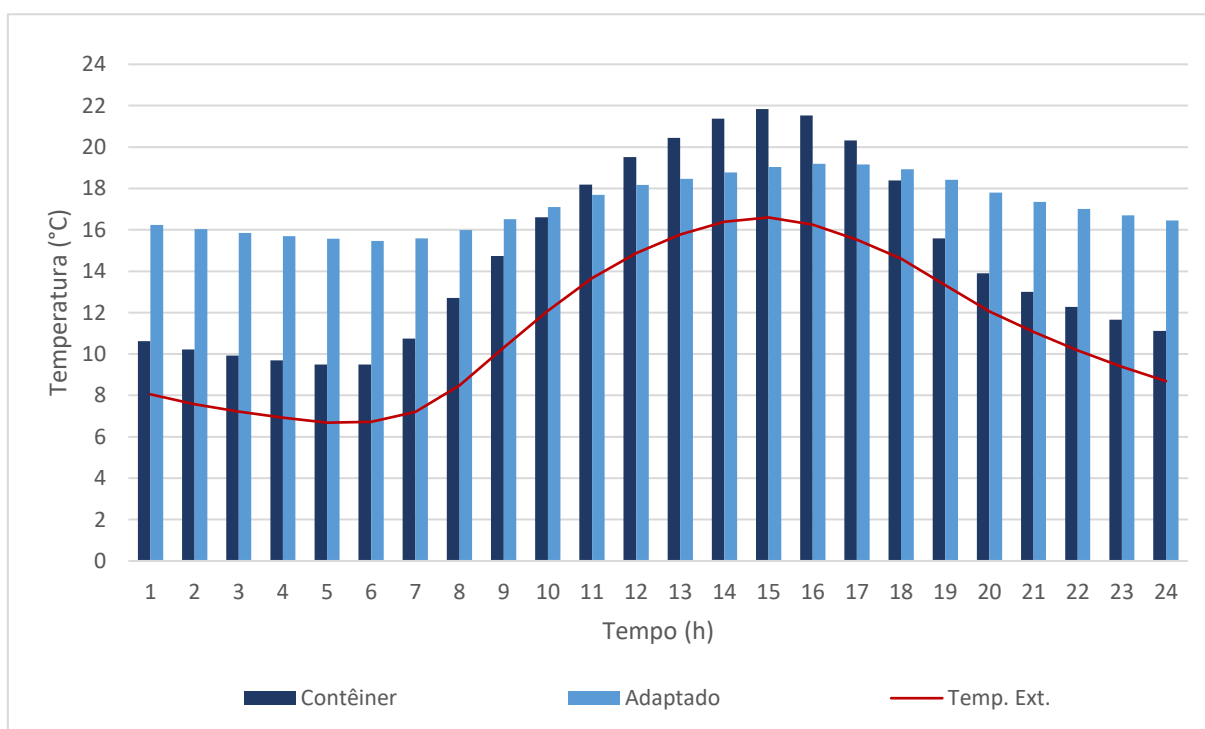
No Gráfico 4.44, mostra-se que na ZB 2 as estratégias conjuntas aumentaram em até 7,9°C as temperaturas internas do quarto se comparadas ao contêiner sem modificação no inverno.

Gráfico 4.44: Evolução temporal da temperatura, para inverno, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - quarto – ZB 2



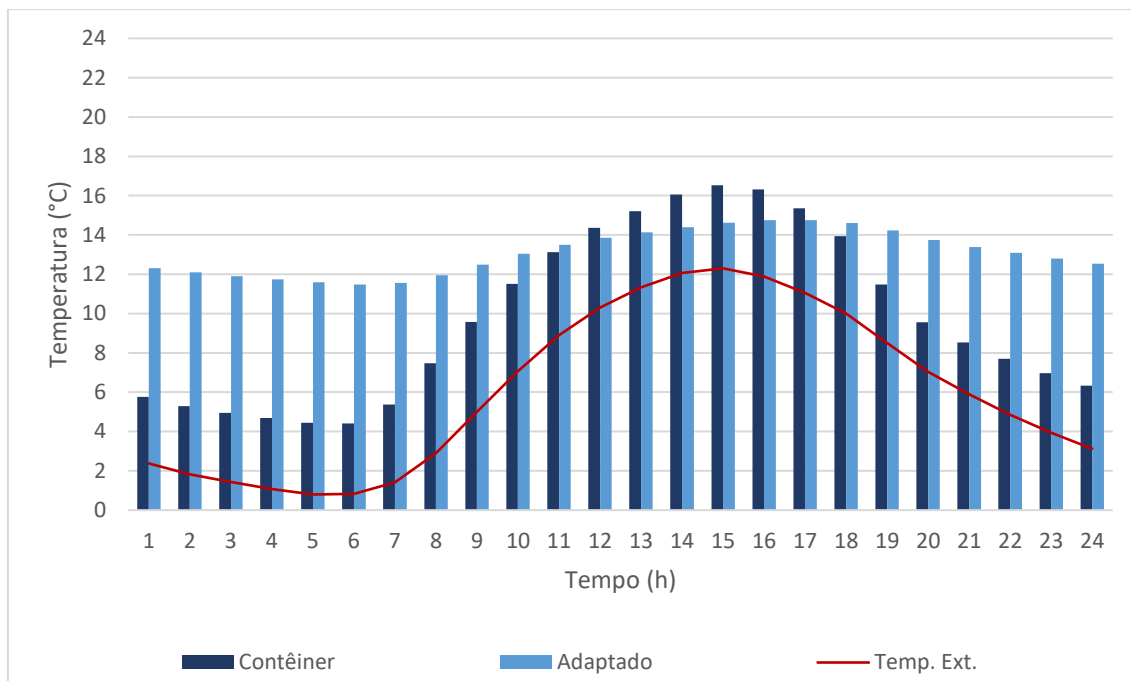
No Gráfico 4.45 mostra-se que na ZB 3 as estratégias conjuntas aumentaram em até 5,9°C as temperaturas internas se comparadas ao contêiner sem modificação no inverno.

Gráfico 4.45: Evolução temporal da temperatura, para inverno, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 3



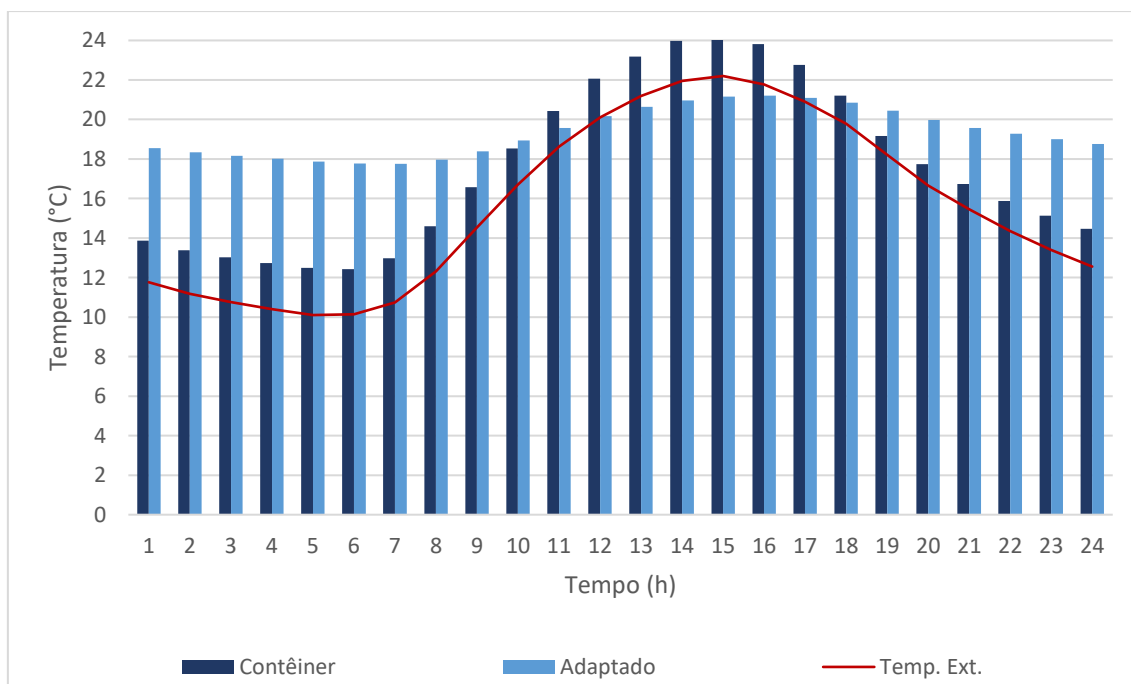
No Gráfico 4.46 mostra-se que na ZB 1 as estratégias conjuntas aumentaram em até 7,2°C as temperaturas internas.

Gráfico 4.46: Evolução temporal da temperatura, para inverno, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 1



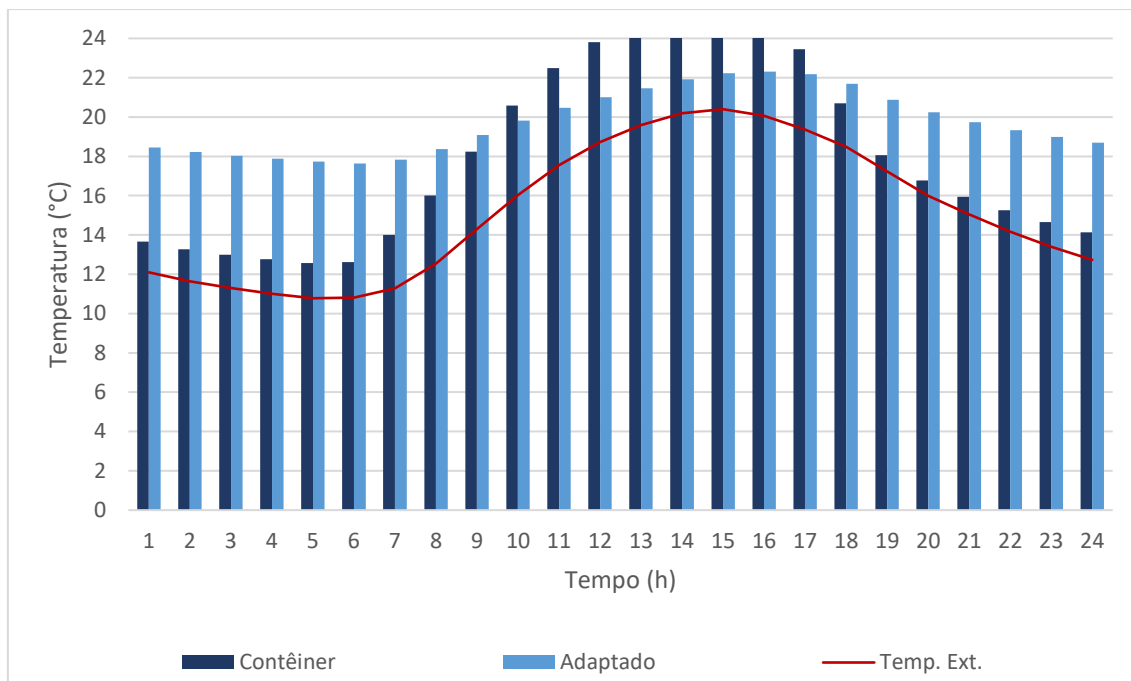
No Gráfico 4.47 mostra-se que na ZB 4 as estratégias conjuntas aumentaram em até 5,4°C as temperaturas internas.

Gráfico 4.47: Evolução temporal da temperatura, para inverno, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 4



No Gráfico 4.48 mostra que na ZB 5 as estratégias conjuntas aumentaram em até 5,2°C as temperaturas internas.

Gráfico 4.48: Evolução temporal da temperatura, para inverno, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação - sala – ZB 5



5 CONCLUSÕES

O uso de contêineres como moradias está sendo empregado no mundo inteiro e pode ser uma alternativa viável ao déficit de habitações no Brasil. Portanto, é imprescindível entender o método de construção e as adaptações necessárias para o seu uso pleno. Neste estudo procura-se entender como o contêiner se comporta como uma edificação e como algumas estratégias de projeto melhoram ou não o seu desempenho térmico.

Pode-se observar que o contêiner, uma vez que é constituído em aço, sofre grande influência das temperaturas externas e da insolação, e é necessário, portanto, o uso de adaptações para que a edificação apresente um bom desempenho térmico. O uso de isolamentos térmicos mostrou-se indispensável para todas as zonas bioclimáticas analisadas e o ideal é que seja combinada com um tipo de cobertura para se obter temperaturas mais amenas no verão e temperaturas internas mais agradáveis aos ocupantes no inverno. No Brasil é menos comum o radier como fundação no uso de habitações com contêiner, mas de acordo com as simulações numéricas realizadas neste estudo, é o mais interessante para ser usado, uma vez que no Brasil o verão é a estação mais característica do clima.

Em qualquer projeto arquitetônico o que deve ser observado em primeiro lugar é o microclima da região onde a edificação será assentada, pois isto precisará o quanto de insolação a construção irá receber e onde localizar as aberturas, as quais devem estar voltadas para a direção predominante dos ventos locais e sombreadas quando necessário. No caso estudado, a simulação numérica considerou quantidades diferentes de renovação de ar, mas essa estratégia não obteve resultado satisfatório, as mudanças não alteraram o resultado. E aumentar apenas 1/3 do tamanho das aberturas não interferiu significativamente nas temperaturas internas. Além disso, o ideal é que se use cores com tons mais claros, logo, reflexivas, para diminuir a absorção à radiação solar nas zonas bioclimáticas que têm temperaturas altas durante o ano todo. Na zona bioclimática 2, pode ser usado a cor média, onde se apresenta um inverno com temperaturas mais baixas e um verão mais ameno, ajudando no desempenho térmico principalmente no inverno.

Neste estudo mostra-se que é possível utilizar o contêiner como habitação desde que sejam aplicadas modificações que melhorem o seu desempenho

térmico. O uso concomitante de todas as estratégias sugeridas diminuiu a influência da temperatura externa. Com isso o contêiner teve menos variações internas de temperatura, o que proporciona maior conforto térmico ao usuário.

5.1 Sugestões de trabalhos futuros

- Realizar as simulações numéricas no *EnergyPlus* considerando um modo de ventilação por rede de nós;
- Utilizar o *Basement* para considerar a influência do solo no comportamento térmico da edificação;
- Fazer uma análise da contagem de graus-hora para aquecimento ou resfriamento considerando um sistema de condicionamento de ar;
- Considerar as cargas internas nas simulações numéricas horárias;
- Analisar edificações constituídas por contêineres de 40 pés;
- Realizar uma visita técnica em pós-ocupação de casas contêineres.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE. Sistemas construtivos. **Casa de container uma solução criativa**. Disponível em: < <http://www.monteseuprojeto.com.br/casa-de-container-uma-solucao-construtiva/>>. Acesso em: 13 mar 2017.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais – Desempenho, Rio de Janeiro, 2013. 312 p.

AKUTSU, Maria. **Método para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil**. 1998. 156 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

BAUBRASIL. **Casa container**. Disponível em: < <http://baubrasil.com/#baubrasil>>. Acesso em: 08 mar 2017.

BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

CPTEC. **Banco de dados climatológicos**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

CRAWLEY, D. B. et al. **EnergyPlus**: Energy Simulation Program. ASHRAE journal. Atlanta: ASHRAE, 2000, v.42, p. 49-56.

DONDON, Plínio. Casa Container Granja Viana / Container Box. **Archdaily**. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/800283/casa-container-granja-viana-container-box>>. Acesso em: 20 fev 2017.

FANGER, P. O. **Thermal comfort, analysis and applications in environmental engineering**. New York, McGraw-Hill Book Company, 1972.

FIDAS. Tipos de *containers* marítimos. Disponível em: < http://www.fidas.com.br/Fidas_-_Tipos_de_Containers.html>. Acesso em: 13 fev 2017.

FLAKS, Fábio. Casa montada em um container: pequena mais bem organizada. **Casa.com.br**. Disponível em: < <http://casa.abril.com.br/casas-apartamentos/casa-montada-em-um-conteiner-pequena-mas-bem-organizada/>>. Acesso em: 02 mar 2017.

GOMES, Adriano Pinto. **Avaliação do desempenho térmico de edificações unifamiliares em light steel framing**. 2007. 172Ff. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2007.

GREEN ROOF SHELTERS. The Green roof shelters container family. Disponível em: < <http://greenroofshelters.co.uk/green-roof-shelters-container-family/>>. Acesso em: 13 mar 2017.

IBAM. Manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Secretaria especial de desenvolvimento urbano da presidência da república SEDU, 2001. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>> Acesso em: 09 fev 2017.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. (IPT) Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social. São Paulo: Ed. Mandarin Ltda., 1998. 82 p. (Relatório Técnico nº 33.800).

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Moderate thermal environments: Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Switzerland, 1994.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 6346**: Freight containers: Coding, identification and marking. Switzerland, 1995.

LBNL - LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. Energyplus Engineering Reference: The Reference to Energyplus Calculations. April 20, 2006.

LBNL - LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. EnergyPlus Input Output Reference: The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output. April 20, 2006.

LBNL - LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. Getting Started with EnergyPlus: Everything You Need to Know about Running EnergyPlus. Abril 20, 2006.

LOPES, E. S. BELTRAME, M. H. BELTANI, J. M. **A importância do contêiner na logística**. Disponível em: <<http://www.fateclins.edu.br/site/trabalhoGraduacao/40Jan81KBwfLujS8Q97ylQhIY6tqD3sWdnC76mKGy.pdf>> Acesso em: 07 fev. 2017.

LUDOVICO, Nelson. **Logística Internacional**: Um Enfoque em Comércio Exterior. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2013

MELO, Patrícia. Projeto container #4: Minha casa, meu *container*. **Blog remobilia**. Disponível em: <<http://blogremobilia.com/2013/11/21/projeto-container-4-minha-casa-meu-container/>>. Acesso em: 09 fev 2017.

MI *CONTAINER* MINHA VIDA. **Módulos de construção**. Disponível em: <http://www.micontainerminhavid.com.br/modulos_construccion.html>. Acesso em: 03 mar 2017.

NASCIMENTO, Wânia C. do. **Coberturas verdes no contexto da região metropolitana de Curitiba** – Barreiras e potencialidades. 2008, 204f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

OKABAYASHI, Fred. **Parques sustentáveis**. Coberturas verdes: frescor e alimento. Disponível em: <>. Acesso em: 13 mar 2017.

PEREIRA, Iraci Miranda. **Novas metodologias para simulação energética de edificações: estudo de caso**. 2004. 231 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e

Técnicas Nucleares) – Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

PINDER, Mike. **About containers**. INTRA+. Disponível em: < <http://www.intra-plus.com/about-shipping-containers/>>. Acesso em: 07 fev 2017.

PINTO, Maria Angélica Vieira. **Avaliação térmica de edifícios em estrutura metálica**. 2000. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2000.

PIRES, Fernanda. Portos e navios. Movimento de containers no porto de Roterdã aumenta 5,8% em 2014. Disponível em: < <https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/27832-movimento-de-conteineres-no-porto-de-roterda-aumenta-5-8-em-2014>>. Acesso em: 09 fev 2017.

PORTOPÉDIA. Portogene. **TEU – Twenty foot equivalent unit**. Disponível em: < <https://portogente.com.br/portopedia/74883-teu-twenty-foot-equivalent-unit>>. Acesso em: 07 fev 2017.

QINGDAO GOLDEN-RING TECHNOLOGY CO., LTD. Peças-Forging do Fechamento-Trailer de Bottom. Made-in-China.com. Disponível em: < http://pt.made-in-china.com/co_golden-ring/product_Container-Bottom-Twist-Lock-Trailer-Parts-Forging-and-Sand-Casting_hrenrggey.html>. Acesso em: 02 mar 2017.

RESIDENTIAL SHIPPING CONTAINER PRIMER. **Building your shipping container home**. How to Build a Shipping Container Home: Action it. Disponível em: < <http://residentialshippingcontainerprimer.com/action%20it>>. Acesso em: 09 mar 2017.

RIBEIRO, Márcia Mendes. **Academia container** 21. Disponível em: < <http://www.marciamr.jor.br/tag/container> >. Acesso em: 13 mar 2017.

VITTORINO, Fúlvio. Desempenho térmico e lumínico de edifícios habitacionais: discussão da proposta de normalização para habitações de até cinco pavimentos. In: HABITAÇÃO: DESEMPENHO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2005, São Paulo. **Anais** ... São Paulo: IPT, 2005. p. 7-16.

TETRIS CONTAINER HOSTEL. Disponível em: < <http://tetrishostel.com.br/>>. Acesso em: 13 mar 2017.

APÊNDICE A

MODELO DE ARQUIVO DE SIMULAÇÃO - CONTÊNER ADAPTADO – ZB3

!-Generator IDFEditor 1.48
!-Option SortedOrder

!-NOTE: All comments with '!' are ignored by the IDFEditor and are generated automatically.
!- Use '!' comments if they need to be retained when using the IDFEditor.

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: VERSION
=====

! 1ZoneDataCenterCRAC_wPumpedDXCoolingCoil.idf
! Basic file description: This file demonstrates a simple data center model with air-cooled IT equipment (ITE) served by a CRAC system.

! Highlights: The air-cooled ITE illustrates the user of various schedules and curves to vary server power use.

! The CRAC system has been setup to represent a Lieber DSE 125 with pumped refrigerant economizer DX cooling coil system.

! file adapted from example file "1ZoneEvapCooler.idf" which is adapted from 1zoneuncontrolled

! Simulation Location/Run: Denver Centennial Golden CO USA WMO=724666, 2 design days, 1 run period,

! Design Days: Denver Centennial Golden CO USA Annual Heating 99%, MaxDB=-15.5°C

! Denver Centennial Golden CO USA Annual Cooling (DB=>MWB) 1%, MaxDB=32°C MWB=15.5°C

! Run Period (Weather File): Full Annual Simulation, DENVER_STAPLETON_CO_USA_WMO_724690

! Run Control: No zone or system sizing, weather file simulation

! Building: Fictional 1 zone building with resistive walls based on 1ZoneUncontrolled example.

! No windows. Data Center server ITE object for internal gains. No internal mass. The building is oriented due north.

! Floor Area: 232.25 m2

! Number of Stories: 1

Version,
8.6; !- Version Identifier

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: SIMULATIONCONTROL =====

SimulationControl,
No, !- Do Zone Sizing Calculation
No, !- Do System Sizing Calculation
No, !- Do Plant Sizing Calculation
Yes, !- Run Simulation for Sizing Periods
No; !- Run Simulation for Weather File

Run Periods

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: BUILDING =====

Building,
Modelo_fran, !- Name
0.0, !- North Axis {deg}
Suburbs, !- Terrain
0.05, !- Loads Convergence Tolerance Value
0.05, !- Temperature Convergence Tolerance Value {deltaC}
FullExterior, !- Solar Distribution
30, !- Maximum Number of Warmup Days
Days
6; !- Minimum Number of Warmup Days

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: SHADOWCALCULATION =====

ShadowCalculation,
AverageOverDaysInFrequency, !- Calculation Method
20, !- Calculation Frequency
15000, !- Maximum Figures in Shadow
Overlap Calculations
SutherlandHodgman, !- Polygon Clipping Algorithm
SimpleSkyDiffuseModeling;!- Sky Diffuse Modeling Algorithm

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: SURFACECONVECTIONALGORITHM:INSIDE =====

SurfaceConvectionAlgorithm:Inside,
Simple; !- Algorithm

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: SURFACECONVECTIONALGORITHM:OUTSIDE =====

SurfaceConvectionAlgorithm:Outside,
SimpleCombined; !- Algorithm

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: HEATBALANCEALGORITHM =====

HeatBalanceAlgorithm,
ConductionTransferFunction, !- Algorithm
200, !- Surface Temperature Upper Limit {C}
0.1, !- Minimum Surface Convection Heat Transfer Coefficient Value {W/m2-K}
1000; !- Maximum Surface Convection Heat Transfer Coefficient Value {W/m2-K}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: ZONEAIRHEATBALANCEALGORITHM =====

ZoneAirHeatBalanceAlgorithm,
ThirdOrderBackwardDifference; !- Algorithm

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: TIMESTEP =====

```

Timestep,
6;                !- Number of Timesteps per Hour

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:LOCATION =====

Site:Location,
São Paulo,        !- Name
-23.5,           !- Latitude {deg}
-46.62,          !- Longitude {deg}
-3,              !- Time Zone {hr}
792;             !- Elevation {m}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SIZINGPERIOD:DESIGNDAY =====

SizingPeriod:DesignDay,
Verão São Paulo, !- Name
1,               !- Month
1,               !- Day of Month
SummerDesignDay, !- Day Type
31.9,           !- Maximum Dry-Bulb Temperature
{C}
9.2,            !- Daily Dry-Bulb Temperature Range
{deltaC}
DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range
Modifier Type
,                !- Dry-Bulb Temperature Range
Modifier Day Schedule Name
WetBulb,        !- Humidity Condition Type
31.9,           !- Wetbulb or DewPoint at Maximum
Dry-Bulb {C}
,                !- Humidity Condition Day Schedule
Name
,                !- Humidity Ratio at Maximum Dry-
Bulb {kgWater/kgDryAir}
,                !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb
{J/kg}
,                !- Daily Wet-Bulb Temperature Range
{deltaC}
92043,          !- Barometric Pressure {Pa}
15.4,           !- Wind Speed {m/s}
0,              !- Wind Direction {deg}
No,             !- Rain Indicator
No,             !- Snow Indicator
No,             !- Daylight Saving Time Indicator
ASHRAEClearSky, !- Solar Model Indicator
,               !- Beam Solar Day Schedule Name
,               !- Diffuse Solar Day Schedule Name
,               !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth
for Beam Irradiance (taub) {dimensionless}
,               !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth
for Diffuse Irradiance (taud) {dimensionless}
0.5;           !- Sky Clearness

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:GROUNDTEMPERATURE:BUILDINGSURFACE
=====

Site:GroundTemperature:BuildingSurface,
19.7,           !- January Ground Temperature {C}
19.7,           !- February Ground Temperature
{C}
19.7,           !- March Ground Temperature {C}
19.7,           !- April Ground Temperature {C}
19.7,           !- May Ground Temperature {C}
19.7,           !- June Ground Temperature {C}
19.7,           !- July Ground Temperature {C}
19.7,           !- August Ground Temperature {C}
19.7,           !- September Ground Temperature
{C}
19.7,           !- October Ground Temperature {C}

19.7,           !- November Ground Temperature
{C}
19.7;           !- December Ground Temperature
{C}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:GROUNDREFLECTANCE =====

Site:GroundReflectance,
0.2,            !- January Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,            !- February Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,            !- March Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,            !- April Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,            !- May Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,            !- June Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,            !- July Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,            !- August Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,            !- September Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,            !- October Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,            !- November Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2;           !- December Ground Reflectance
{dimensionless}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SCHEDULETYPELIMITS =====

ScheduleTypeLimits,
Numero qualquer, !- Name
,                !- Lower Limit Value
,                !- Upper Limit Value
Continuous,     !- Numeric Type
Dimensionless;  !- Unit Type

ScheduleTypeLimits,
Fracao,         !- Name
0.0,           !- Lower Limit Value
1.0,           !- Upper Limit Value
Continuous,    !- Numeric Type
Dimensionless; !- Unit Type

ScheduleTypeLimits,
Temperatura,   !- Name
0,             !- Lower Limit Value
1,             !- Upper Limit Value
Continuous,    !- Numeric Type
Temperature;   !- Unit Type

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SCHEDULE:CONSTANT =====

Schedule:Constant,
Shading Transmittan, !- Name
Fracao;           !- Schedule Type Limits Name

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
MATERIAL =====

Material,
Aco Galvanizado, !- Name
Smooth,          !- Roughness
0.001,          !- Thickness {m}

```

```

55,          !- Conductivity {W/m-K}
7800,       !- Density {kg/m3}
460,        !- Specific Heat {J/kg-K}
0.25;       !- Thermal Absorptance

Material,
  Chapas de fibra de madeira, !- Name
  MediumRough,               !- Roughness
  0.025,                     !- Thickness {m}
  0.29,                      !- Conductivity {W/m-K}
  1000,                      !- Density {kg/m3}
  1340,                      !- Specific Heat {J/kg-K}
  0.65,                      !- Thermal Absorptance
  0.65,                      !- Solar Absorptance
  0.65;                      !- Visible Absorptance

Material,
  Paine de gesso acartonado, !- Name
  MediumRough,               !- Roughness
  0.022,                     !- Thickness {m}
  2.93,                      !- Conductivity {W/m-K}
  1000,                      !- Density {kg/m3}
  840,                      !- Specific Heat {J/kg-K}

Material,
  Piso ceramico PEI5,       !- Name
  MediumRough,               !- Roughness
  0.002,                     !- Thickness {m}
  0.9,                      !- Conductivity {W/m-K}
  1600,                      !- Density {kg/m3}
  920,                      !- Specific Heat {J/kg-K}
  0.4,                      !- Thermal Absorptance
  0.4,                      !- Solar Absorptance
  0.4;                      !- Visible Absorptance

Material,
  Pintura impermeabilizante, !- Name
  Smooth,                    !- Roughness
  0.003,                     !- Thickness {m}
  1.15,                      !- Conductivity {W/m-K}
  2300,                      !- Density {kg/m3}
  920,                      !- Specific Heat {J/kg-K}
  0.3,                      !- Thermal Absorptance
  0.3,                      !- Solar Absorptance
  0.3;                      !- Visible Absorptance

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
MATERIAL:AIRGAP =====

Material:AirGap,
  Câmara de ar,              !- Name
  0.16;                     !- Thermal Resistance {m2-K/W}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
WINDOWMATERIAL:GLAZING =====

WindowMaterial:Glazing,
  CLEAR 3MM,                 !- Name
  SpectralAverage,          !- Optical Data Type
  ,                          !- Window Glass Spectral Data Set
  Name
  0.003,                    !- Thickness {m}
  0.837,                    !- Solar Transmittance at Normal
  Incidence
  0.075,                    !- Front Side Solar Reflectance at
  Normal Incidence
  0.075,                    !- Back Side Solar Reflectance at
  Normal Incidence
  0.898,                    !- Visible Transmittance at Normal
  Incidence
  0.081,                    !- Front Side Visible Reflectance at
  Normal Incidence
  0.081,                    !- Back Side Visible Reflectance at
  Normal Incidence

0.0,          !- Infrared Transmittance at Normal
Incidence
0.84,         !- Front Side Infrared Hemispherical
Emissivity
0.84,         !- Back Side Infrared Hemispherical
Emissivity
0.9;         !- Conductivity {W/m-K}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
CONSTRUCTION =====

Construction,
  Parede 1,          !- Name
  Pintura impermeabilizante, !- Outside Layer
  Aco Galvanizado,  !- Layer 2
  Câmara de ar,     !- Layer 3
  Paine de gesso acartonado; !- Layer 4

Construction,
  Piso 1,           !- Name
  Chapas de fibra de madeira; !- Outside Layer

Construction,
  Teto,            !- Name
  Aco Galvanizado; !- Outside Layer

Construction,
  Piso 2,          !- Name
  Piso ceramico PEI5; !- Outside Layer

Construction,
  Parede 2,        !- Name
  Paine de gesso acartonado, !- Outside Layer
  Aco Galvanizado, !- Layer 2
  Paine de gesso acartonado; !- Layer 3

Construction,
  Porta,           !- Name
  Chapas de fibra de madeira; !- Outside Layer

Construction,
  Janela,         !- Name
  CLEAR 3MM;      !- Outside Layer

Construction,
  Parede 1a,      !- Name
  Paine de gesso acartonado, !- Outside Layer
  Câmara de ar,   !- Layer 2
  Aco Galvanizado, !- Layer 3
  Pintura impermeabilizante; !- Layer 4

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
GLOBALGEOMETRYRULES =====

GlobalGeometryRules,
  UpperLeftCorner, !- Starting Vertex Position
  CounterClockWise, !- Vertex Entry Direction
  Relative;        !- Coordinate System

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
ZONE =====

Zone,
  Zona 1 - Sala, !- Name
  0,              !- Direction of Relative North {deg}
  0,              !- X Origin {m}
  0,              !- Y Origin {m}
  0,              !- Z Origin {m}
  1,              !- Type
  1,              !- Multiplier
  autocalculate, !- Ceiling Height {m}
  autocalculate; !- Volume {m3}

```



```

Zone,
  Zona 2 - Quarto,      !- Name
  0,                    !- Direction of Relative North {deg}
  0,                    !- X Origin {m}
  0,                    !- Y Origin {m}
  0,                    !- Z Origin {m}
  1,                    !- Type
  1,                    !- Multiplier
  autocalculate,       !- Ceiling Height {m}
  autocalculate,       !- Volume {m3}
  autocalculate;       !- Floor Area {m2}

Zone,
  Zona 3 - Banheiro,   !- Name
  0,                    !- Direction of Relative North {deg}
  0,                    !- X Origin {m}
  0,                    !- Y Origin {m}
  0,                    !- Z Origin {m}
  1,                    !- Type
  1,                    !- Multiplier
  autocalculate,       !- Ceiling Height {m}
  autocalculate,       !- Volume {m3}
  autocalculate;       !- Floor Area {m2}

Zone,
  Zona 4 - Cozinha,    !- Name
  0,                    !- Direction of Relative North {deg}
  0,                    !- X Origin {m}
  0,                    !- Y Origin {m}
  0,                    !- Z Origin {m}
  1,                    !- Type
  1,                    !- Multiplier
  autocalculate,       !- Ceiling Height {m}
  autocalculate,       !- Volume {m3}
  autocalculate;       !- Floor Area {m2}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
BUILDINGSURFACE:DETAILED =====

BuildingSurface:Detailed,
  P1,                  !- Name
  Wall,                !- Surface Type
  Parede 1,           !- Construction Name
  Zona 1 - Sala,     !- Zone Name
  Outdoors,          !- Outside Boundary Condition
  ,                  !- Outside Boundary Condition Object
  SunExposed,        !- Sun Exposure
  WindExposed,       !- Wind Exposure
  autocalculate,     !- View Factor to Ground
  4,                 !- Number of Vertices
  0,                 !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.59,             !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  2.44,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  2.44,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.59;            !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
  P2,                  !- Name
  Wall,                !- Surface Type
  Parede 1,           !- Construction Name
  Zona 1 - Sala,     !- Zone Name
  Surface,           !- Outside Boundary Condition
  P10a,             !- Outside Boundary Condition

Object
  NoSun,             !- Sun Exposure
  NoWind,           !- Wind Exposure
  autocalculate,    !- View Factor to Ground
  4,                 !- Number of Vertices
  0,                 !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  3.07,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  2.59,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  2.44,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  2.44,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.59;            !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
  P3,                  !- Name
  Wall,                !- Surface Type
  Parede 1,           !- Construction Name
  Zona 1 - Sala,     !- Zone Name
  Outdoors,          !- Outside Boundary Condition
  ,                  !- Outside Boundary Condition Object
  SunExposed,        !- Sun Exposure
  WindExposed,       !- Wind Exposure
  autocalculate,     !- View Factor to Ground
  4,                 !- Number of Vertices
  0,                 !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.07,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.59,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.07,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.59;            !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
  Piso 1,             !- Name
  Floor,              !- Surface Type
  Piso 1,             !- Construction Name
  Zona 1 - Sala,     !- Zone Name
  Ground,            !- Outside Boundary Condition
  ,                  !- Outside Boundary Condition Object
  NoSun,             !- Sun Exposure
  NoWind,            !- Wind Exposure
  autocalculate,     !- View Factor to Ground
  4,                 !- Number of Vertices
  0,                 !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.07,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  2.44,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3.07,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  2.44,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  0;                 !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
  Teto 1,             !- Name
  Ceiling,           !- Surface Type
  Teto,              !- Construction Name
  Zona 1 - Sala,     !- Zone Name
  Outdoors,          !- Outside Boundary Condition
  ,                  !- Outside Boundary Condition Object
  SunExposed,        !- Sun Exposure
  WindExposed,       !- Wind Exposure
  autocalculate,     !- View Factor to Ground
  4,                 !- Number of Vertices
  0,                 !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.07,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.59,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  0,                 !- Vertex 2 X-coordinate {m}

```

```

0,                !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
2.59,            !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
2.44,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,                !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
2.59,            !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
2.44,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3.07,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.59;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P4a,              !- Name
Wall,             !- Surface Type
Parede 1,         !- Construction Name
Zona 4 - Cozinha, !- Zone Name
Surface,          !- Outside Boundary Condition
P10b,            !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,           !- Sun Exposure
NoWind,          !- Wind Exposure
autocalculate,  !- View Factor to Ground
4,              !- Number of Vertices
2.44,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3.07,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.59,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.44,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3.07,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
2.44,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.43,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
2.44,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.43,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.59;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P5,              !- Name
Wall,             !- Surface Type
Parede 1,         !- Construction Name
Zona 4 - Cozinha, !- Zone Name
Outdoors,        !- Outside Boundary Condition
,                !- Outside Boundary Condition Object
SunExposed,      !- Sun Exposure
WindExposed,     !- Wind Exposure
autocalculate,  !- View Factor to Ground
4,              !- Number of Vertices
2.44,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
6.06,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.59,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.44,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
6.06,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0,              !- Vertex 3 X-coordinate {m}
6.06,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0,              !- Vertex 4 X-coordinate {m}
6.06,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.59;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P6,              !- Name
Wall,             !- Surface Type
Parede 1,         !- Construction Name
Zona 4 - Cozinha, !- Zone Name
Outdoors,        !- Outside Boundary Condition
,                !- Outside Boundary Condition Object
SunExposed,      !- Sun Exposure
WindExposed,     !- Wind Exposure
autocalculate,  !- View Factor to Ground
4,              !- Number of Vertices
0,              !- Vertex 1 X-coordinate {m}
6.06,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.59,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0,              !- Vertex 2 X-coordinate {m}
6.06,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0,              !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,              !- Vertex 3 Y-coordinate {m}

0,                !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0,                !- Vertex 4 X-coordinate {m}

0,                !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

0,                !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0,                !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,                !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.59;            !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
Piso 4,          !- Name
Floor,           !- Surface Type
Piso 2,          !- Construction Name
Zona 4 - Cozinha, !- Zone Name
Ground,          !- Outside Boundary Condition
,                !- Outside Boundary Condition Object
NoSun,           !- Sun Exposure
NoWind,          !- Wind Exposure
autocalculate,  !- View Factor to Ground
4,              !- Number of Vertices
0,              !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3.07,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0,              !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0,              !- Vertex 2 X-coordinate {m}
6.06,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
2.44,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
6.06,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
2.44,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3.07,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0;              !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
Teto 4,          !- Name
Ceiling,         !- Surface Type
Teto,            !- Construction Name
Zona 4 - Cozinha, !- Zone Name
Outdoors,        !- Outside Boundary Condition
,                !- Outside Boundary Condition Object
SunExposed,      !- Sun Exposure
WindExposed,     !- Wind Exposure
autocalculate,  !- View Factor to Ground
4,              !- Number of Vertices
0,              !- Vertex 1 X-coordinate {m}
6.06,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.59,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0,              !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3.07,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
2.59,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
2.44,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3.07,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
2.59,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
2.44,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
6.06,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.59;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P7,              !- Name
Wall,             !- Surface Type
Parede 1,         !- Construction Name
Zona 2 - Quarto, !- Zone Name
Outdoors,        !- Outside Boundary Condition
,                !- Outside Boundary Condition Object
SunExposed,      !- Sun Exposure
WindExposed,     !- Wind Exposure
autocalculate,  !- View Factor to Ground
4,              !- Number of Vertices
2.44,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,              !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.59,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.44,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,              !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.88,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,              !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.88,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,              !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0;              !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

```

2.59; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P8, !- Name
Wall, !- Surface Type
Parede 1, !- Construction Name
Zona 2 - Quarto, !- Zone Name
Outdoors, !- Outside Boundary Condition
, !- Outside Boundary Condition Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4, !- Number of Vertices
4.88, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.59, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.88, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.88, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.88, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.59; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P9, !- Name
Wall, !- Surface Type
Parede 2, !- Construction Name
Zona 2 - Quarto, !- Zone Name
Surface, !- Outside Boundary Condition
P11, !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun, !- Sun Exposure
NoWind, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4, !- Number of Vertices
4.88, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.59, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.88, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
2.44, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
2.44, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.59; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P10a, !- Name
Wall, !- Surface Type
Parede 1a, !- Construction Name
Zona 2 - Quarto, !- Zone Name
Surface, !- Outside Boundary Condition
P2, !- Outside Boundary Condition Object
NoSun, !- Sun Exposure
NoWind, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4, !- Number of Vertices
2.44, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3.07, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.59, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.44, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3.07, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
2.44, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
2.44, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.59; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P12, !- Name
Wall, !- Surface Type
Parede 1, !- Construction Name
Zona 3 - Banheiro, !- Zone Name

Piso 2, !- Name
Floor, !- Surface Type
Parede 1, !- Construction Name
Zona 2 - Quarto, !- Zone Name
Ground, !- Outside Boundary Condition
, !- Outside Boundary Condition Object
NoSun, !- Sun Exposure
NoWind, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4, !- Number of Vertices
2.44, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.44, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.88, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.88, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
Teto 2, !- Name
Ceiling, !- Surface Type
Teto, !- Construction Name
Zona 2 - Quarto, !- Zone Name
Outdoors, !- Outside Boundary Condition
, !- Outside Boundary Condition Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4, !- Number of Vertices
2.44, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.59, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.44, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
2.59, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.88, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
2.59, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.88, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.59; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P11, !- Name
Wall, !- Surface Type
Parede 2, !- Construction Name
Zona 3 - Banheiro, !- Zone Name
Surface, !- Outside Boundary Condition
P9, !- Outside Boundary Condition Object
NoSun, !- Sun Exposure
NoWind, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4, !- Number of Vertices
2.44, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.59, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.44, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.88, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.88, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.43, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.59; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P12, !- Name
Wall, !- Surface Type
Parede 1, !- Construction Name
Zona 3 - Banheiro, !- Zone Name

Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.88, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.43, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 2.59, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.88, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.43, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.88, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 6.06, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.88, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 6.06, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 2.59; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P13, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Parede 1, !- Construction Name
 Zona 3 - Banheiro, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.88, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 6.06, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 2.59, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.88, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 6.06, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 2.44, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 6.06, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 2.44, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 6.06, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 2.59; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P14, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Parede 1a, !- Construction Name
 Zona 3 - Banheiro, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P4b, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 2.44, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 6.06, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 2.59, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 2.44, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 6.06, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 2.44, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.43, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 2.44, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.43, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 2.59; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 Piso 3, !- Name
 Floor, !- Surface Type
 Piso 2, !- Construction Name
 Zona 3 - Banheiro, !- Zone Name
 Ground, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition Object
 NoSun, !- Sun Exposure

NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 2.44, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.43, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 2.44, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 6.06, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.88, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 6.06, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.88, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.43, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 0; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 Teto 3, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Teto, !- Construction Name
 Zona 3 - Banheiro, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 2.44, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 6.06, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 2.59, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 2.44, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.43, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 2.59, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.88, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.43, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 2.59, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.88, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 6.06, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 2.59; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P10b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Parede 1a, !- Construction Name
 Zona 2 - Quarto, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P4a, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 2.44, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.43, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 2.59, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 2.44, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.43, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 2.44, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3.07, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 2.44, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3.07, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 2.59; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P4b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Parede 1, !- Construction Name
 Zona 4 - Cozinha, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P14, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground

```

4,                !- Number of Vertices
2.44,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.43,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.59,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.44,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.43,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,               !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
2.44,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
6.06,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,               !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
2.44,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
6.06,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.59;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
FENESTRATIONSURFACE:DETAILED =====

FenestrationSurface:Detailed,
  Porta 1,        !- Name
  Door,           !- Surface Type
  Porta,          !- Construction Name
  P3,             !- Building Surface Name
  ,               !- Outside Boundary Condition Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,               !- Shading Control Name
  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier
  4,              !- Number of Vertices
  0,              !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.07,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.07,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  2.27,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  2.27,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  Porta 2a,       !- Name
  Door,           !- Surface Type
  Porta,          !- Construction Name
  P2,             !- Building Surface Name
  Porta 2b,       !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,               !- Shading Control Name
  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier
  4,              !- Number of Vertices
  2.44,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  2.27,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  2.44,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  2.27,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  2.44,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3.07,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  2.44,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3.07,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  Porta 2b,       !- Name
  Door,           !- Surface Type
  Porta,          !- Construction Name
  P10a,           !- Building Surface Name
  Porta 2a,       !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,               !- Shading Control Name
  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier
  ,               !- Number of Vertices
  2.44,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  4.43,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.59,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  2.44,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  4.43,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  2.44,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  6.06,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  2.44,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  6.06,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.59;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier
  4,              !- Number of Vertices
  2.44,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.07,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  2.44,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.07,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  2.44,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  2.27,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  2.44,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  2.27,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  Porta 3a,       !- Name
  Door,           !- Surface Type
  Porta,          !- Construction Name
  P9,             !- Building Surface Name
  Porta 3b,       !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,               !- Shading Control Name
  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier
  4,              !- Number of Vertices
  3.85,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  4.43,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3.85,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  4.43,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  3.2,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  4.43,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  3.2,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  4.43,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  Porta 3b,       !- Name
  Door,           !- Surface Type
  Porta,          !- Construction Name
  P11,           !- Building Surface Name
  Porta 3b,       !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,               !- Shading Control Name
  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier
  4,              !- Number of Vertices
  3.2,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  4.43,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3.2,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  4.43,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  3.85,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  4.43,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  3.85,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  4.43,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  Janela 1,       !- Name
  Window,         !- Surface Type
  Janela,         !- Construction Name
  P1,             !- Building Surface Name
  ,               !- Outside Boundary Condition Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,               !- Shading Control Name
  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier

```

```

4,                !- Number of Vertices
0.42,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,              !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.1,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0.42,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,              !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
1.1,            !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
2.02,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,              !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
1.1,            !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
2.02,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,              !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
Janela 2,       !- Name
Window,        !- Surface Type
Janela,        !- Construction Name
P8,            !- Building Surface Name
,              !- Outside Boundary Condition Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,             !- Multiplier
4,             !- Number of Vertices
4.88,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0.57,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.1,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.88,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0.57,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
1.1,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.88,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
2.17,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
1.1,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.88,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
2.17,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
Janela 3,      !- Name
Window,        !- Surface Type
Janela,        !- Construction Name
P12,           !- Building Surface Name
,              !- Outside Boundary Condition Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,             !- Multiplier
4,             !- Number of Vertices
4.88,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.49,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.1,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.88,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.49,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
1.5,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.88,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
5.69,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
1.5,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.88,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
5.69,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
Janela 4,      !- Name
Window,        !- Surface Type
Janela,        !- Construction Name
P5,            !- Building Surface Name
,              !- Outside Boundary Condition Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,             !- Multiplier
4,             !- Number of Vertices
2.02,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
6.06,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.1,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.02,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
6.06,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
1.5,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0.42,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
6.06,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
1.5,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0.42,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
6.06,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
ZONEVENTILATION:DESIGNFLOWRATE
=====

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
Vent Zona 1,   !- Name
Zona 1 - Sala, !- Zone or ZoneList Name
Shading Transmittan, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
,              !- Design Flow Rate {m3/s}
,              !- Flow Rate per Zone Floor Area
{m3/s-m2}
,              !- Flow Rate per Person {m3/s-person}
1,             !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,       !- Ventilation Type
,              !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,             !- Fan Total Efficiency
1,             !- Constant Term Coefficient
,              !- Temperature Term Coefficient
,              !- Velocity Term Coefficient
,              !- Velocity Squared Term Coefficient
-100,         !- Minimum Indoor Temperature {C}
,              !- Minimum Indoor Temperature
Schedule Name
100,          !- Maximum Indoor Temperature {C}
,              !- Maximum Indoor Temperature
Schedule Name
-100,         !- Delta Temperature {deltaC}
,              !- Delta Temperature Schedule Name
-100,         !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,              !- Minimum Outdoor Temperature
Schedule Name
100,          !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,              !- Maximum Outdoor Temperature
Schedule Name
40;           !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
Vent Zona 2,   !- Name
Zona 2 - Quarto, !- Zone or ZoneList Name
Shading Transmittan, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
,              !- Design Flow Rate {m3/s}
,              !- Flow Rate per Zone Floor Area
{m3/s-m2}
,              !- Flow Rate per Person {m3/s-person}
1,             !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,       !- Ventilation Type
,              !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,             !- Fan Total Efficiency
1,             !- Constant Term Coefficient
,              !- Temperature Term Coefficient
,              !- Velocity Term Coefficient
,              !- Velocity Squared Term Coefficient
-100,         !- Minimum Indoor Temperature {C}
,              !- Minimum Indoor Temperature
Schedule Name
100,          !- Maximum Indoor Temperature {C}
,              !- Maximum Indoor Temperature
Schedule Name
-100,         !- Delta Temperature {deltaC}

```

```

,                !- Delta Temperature Schedule Name
-100,           !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,                !- Minimum Outdoor Temperature
Schedule Name
100,           !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,                !- Maximum Outdoor Temperature
Schedule Name
40;            !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
  Vent Zona 3,    !- Name
  Zona 3 - Banheiro, !- Zone or ZoneList Name
  Shading Transmittan, !- Schedule Name
  AirChanges/Hour,    !- Design Flow Rate
Calculation Method
,                !- Design Flow Rate {m3/s}
,                !- Flow Rate per Zone Floor Area
{m3/s-m2}
,                !- Flow Rate per Person {m3/s-person}
1,              !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,        !- Ventilation Type
,                !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,              !- Fan Total Efficiency
1,              !- Constant Term Coefficient
,                !- Temperature Term Coefficient
,                !- Velocity Term Coefficient
,                !- Velocity Squared Term Coefficient
-100,          !- Minimum Indoor Temperature {C}
,                !- Minimum Indoor Temperature
Schedule Name
100,           !- Maximum Indoor Temperature {C}
,                !- Maximum Indoor Temperature
Schedule Name
-100,          !- Delta Temperature {deltaC}
,                !- Delta Temperature Schedule Name
-100,          !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,                !- Minimum Outdoor Temperature
Schedule Name
100,           !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,                !- Maximum Outdoor Temperature
Schedule Name
40;            !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
  Vent Zona 4,    !- Name
  Zona 4 - Cozinha, !- Zone or ZoneList Name
  Shading Transmittan, !- Schedule Name
  AirChanges/Hour,    !- Design Flow Rate
Calculation Method
,                !- Design Flow Rate {m3/s}
,                !- Flow Rate per Zone Floor Area
{m3/s-m2}
,                !- Flow Rate per Person {m3/s-person}
1,              !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,        !- Ventilation Type
,                !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,              !- Fan Total Efficiency
1,              !- Constant Term Coefficient
,                !- Temperature Term Coefficient
,                !- Velocity Term Coefficient
,                !- Velocity Squared Term Coefficient
-100,          !- Minimum Indoor Temperature {C}
,                !- Minimum Indoor Temperature
Schedule Name
100,           !- Maximum Indoor Temperature {C}
,                !- Maximum Indoor Temperature
Schedule Name
-100,          !- Delta Temperature {deltaC}
,                !- Delta Temperature Schedule Name
-100,          !- Minimum Outdoor Temperature
{C}

```

```

,                !- Minimum Outdoor Temperature
Schedule Name
100,           !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,                !- Maximum Outdoor Temperature
Schedule Name
40;            !- Maximum Wind Speed {m/s}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUT:VARIABLEDICTIONARY =====

Output:VariableDictionary,
  Regular;      !- Key Field

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUT:SURFACES:LIST =====

Output:Surfaces:List,
  Lines;        !- Report Type

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUT:SURFACES:DRAWING =====

Output:Surfaces:Drawing,
  DXF;          !- Report Type

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUT:CONSTRUCTIONS =====

Output:Constructions,
  Constructions; !- Details Type 1

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUT:TABLE:SUMMARYREPORTS
=====

Output:Table:SummaryReports,
  AllSummary;   !- Report 1 Name

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUTCONTROL:TABLE:STYLE =====

OutputControl:Table:Style,
  HTML;         !- Column Separator

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUT:VARIABLE =====

Output:Variable,
,              !- Key Value
  Site Outdoor Air Drybulb Temperature, !- Variable
Name
  Hourly;      !- Reporting Frequency

Output:Variable,
,              !- Key Value
  Zone Mean Air Temperature, !- Variable Name
  hourly;      !- Reporting Frequency

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUT:SQLITE =====

Output:SQLite,
  SimpleAndTabular; !- Option Type

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUT:DIAGNOSTICS =====

Output:Diagnostics,
  DisplayAllWarnings; !- Key 1

```

APÊNDICE B

Quadros comparativos dos resultados para as estratégias de desempenho térmico utilizadas

Isolamento por câmara de ar para temperatura máxima de um dia típico de verão*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	Sem isolamento	32,7	31,8	32,7
	Com isolamento	31,1	35,2	28,5
ZB2	Sem isolamento	37,4	35,6	37,2
	Com isolamento	36,4	42,0	33,1
ZB3	Sem isolamento	33,5	32,6	33,4
	Com isolamento	31,8	35,3	29,2
ZB4	Sem isolamento	32,8	32,2	32,6
	Com isolamento	31,0	32,2	28,7
ZB5	Sem isolamento	35,6	34,3	35,2
	Com isolamento	34,3	38,0	31,1
ZB6	Sem isolamento	36,3	35,2	36,1
	Com isolamento	35,3	38,1	32,8
ZB7	Sem isolamento	39,6	38,5	39,4
	Com isolamento	37,4	40,6	34,7
ZB8	Sem isolamento	41,2	39,4	40,0
	Com isolamento	40,9	44,2	36,8

* Hora do dia: 15h

Isolamento por câmara de ar para temperatura mínima de um dia típico de inverno*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	Sem isolamento	4,4	5,5	4,6
	Com isolamento	6,6	4,3	8,8
ZB2	Sem isolamento	6,1	7,0	6,3
	Com isolamento	8,2	7,1	10,1
ZB3	Sem isolamento	9,5	10,3	9,7
	Com isolamento	11,2	9,8	12,8
ZB4	Sem isolamento	12,5	13,2	12,6
	Com isolamento	14,0	12,9	15,3
ZB5	Sem isolamento	12,6	13,1	12,7
	Com isolamento	13,7	13,4	14,7

* Hora do dia: 05h

Cobertura com telhado termoacústico para temperatura máxima de um dia típico de verão*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	Sem cobertura	32,7	31,8	32,7
	Com cobertura	29,9	29,0	30,7
ZB2	Sem cobertura	37,4	35,6	37,2
	Com cobertura	32,5	30,7	33,6
ZB3	Sem cobertura	33,5	32,6	33,4
	Com cobertura	30,7	29,8	31,4
ZB4	Sem cobertura	32,8	32,2	32,6
	Com cobertura	29,6	28,9	30,3
ZB5	Sem cobertura	35,6	34,3	35,2
	Com cobertura	31,8	30,5	32,4
ZB6	Sem cobertura	36,3	35,2	36,1
	Com cobertura	33,2	32,2	33,8
ZB7	Sem cobertura	39,6	38,5	39,4
	Com cobertura	36,3	35,2	37,0
ZB8	Sem cobertura	41,2	39,4	40,0
	Com cobertura	36,8	35,1	36,9

* Hora do dia: 15h

Cobertura com telhado termoacústico para temperatura mínima de um dia típico de inverno*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	Sem cobertura	4,4	5,5	4,6
	Com cobertura	6,3	7,7	5,7
ZB2	Sem cobertura	6,1	7,0	6,3
	Com cobertura	8,2	9,4	7,5
ZB3	Sem cobertura	9,5	10,3	9,7
	Com cobertura	11,1	12,2	10,6
ZB4	Sem cobertura	12,5	13,2	12,6
	Com cobertura	14,0	14,8	13,5
ZB5	Sem cobertura	12,6	13,1	12,7
	Com cobertura	14,0	14,6	13,5

* Hora do dia: 05h

Combinação de isolamento por câmara de ar e cobertura com telhado termoacústico para temperatura máxima de um dia típico de verão*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	Sem isolamento e cobertura	32,7	31,8	32,7
	Com isolamento e cobertura	26,3	28,8	23,9
ZB2	Sem isolamento e cobertura	37,4	35,6	37,2
	Com isolamento e cobertura	27,6	30,1	24,3
ZB3	Sem isolamento e cobertura	33,5	32,6	33,4
	Com isolamento e cobertura	26,4	28,0	24,2
ZB4	Sem isolamento e cobertura	32,8	32,2	32,6
	Com isolamento e cobertura	25,5	25,5	24,0
ZB5	Sem isolamento e cobertura	35,6	34,3	35,2
	Com isolamento e cobertura	26,9	28,0	24,1
ZB6	Sem isolamento e cobertura	36,3	35,2	36,1
	Com isolamento e cobertura	29,3	30,2	27,3
ZB7	Sem isolamento e cobertura	39,6	38,5	39,4
	Com isolamento e cobertura	31,4	32,3	28,8
ZB8	Sem isolamento e cobertura	41,2	39,4	40,0
	Com isolamento e cobertura	32,4	33,0	28,9

* Hora do dia: 15h

Combinação de isolamento por câmara de ar e cobertura com telhado termoacústico para temperatura mínima de um dia típico de inverno*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	Sem isolamento e cobertura	4,4	5,5	4,6
	Com isolamento e cobertura	11,6	11,9	13,4
ZB2	Sem isolamento e cobertura	6,1	7,0	6,3
	Com isolamento e cobertura	13,2	15,0	14,6
ZB3	Sem isolamento e cobertura	9,5	10,3	9,7
	Com isolamento e cobertura	15,5	16,9	16,9
ZB4	Sem isolamento e cobertura	12,5	13,2	12,6
	Com isolamento e cobertura	17,6	18,7	18,8
ZB5	Sem isolamento e cobertura	12,6	13,1	12,7
	Com isolamento e cobertura	17,4	19,8	18,5

* Hora do dia: 05h

Fundação por radier para temperatura máxima de um dia típico de verão*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	Sem fundação	32,7	31,8	32,7
	Com fundação	32,6	31,8	32,9
ZB2	Sem fundação	37,4	35,6	37,2
	Com fundação	37,1	35,4	37,3
ZB3	Sem fundação	33,5	32,6	33,4
	Com fundação	33,3	32,6	33,6
ZB4	Sem fundação	32,8	32,2	32,6
	Com fundação	32,5	32,0	32,6
ZB5	Sem fundação	35,6	34,3	35,2
	Com fundação	35,4	34,2	35,3
ZB6	Sem fundação	36,3	35,2	36,1
	Com fundação	36,1	35,1	36,2
ZB7	Sem fundação	39,6	38,5	39,4
	Com fundação	39,4	38,4	39,6
ZB8	Sem fundação	41,2	39,4	40,0
	Com fundação	41,0	39,3	40,1

* Hora do dia: 15h

Fundação por radier para temperatura mínima de um dia típico de inverno*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	Sem fundação	4,4	5,5	4,6
	Com fundação	4,2	4,4	3,5
ZB2	Sem fundação	6,1	7,0	6,3
	Com fundação	6,1	6,3	5,4
ZB3	Sem fundação	9,5	10,3	9,7
	Com fundação	9,4	9,6	8,8
ZB4	Sem fundação	12,5	13,2	12,6
	Com fundação	12,5	12,6	12,0
ZB5	Sem fundação	12,6	13,1	12,7
	Com fundação	12,6	12,8	12,3

* Hora do dia: 05h

Pintura externa para temperatura máxima de um dia típico de verão*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	$\alpha=0,3$	32,7	31,8	32,7
	$\alpha=0,5$	33,4	32,2	33,9
	$\alpha=0,7$	34,2	32,7	35,0
ZB2	$\alpha=0,3$	37,4	35,6	37,2
	$\alpha=0,5$	39,4	36,8	40,0
	$\alpha=0,7$	41,2	38,0	42,8
ZB3	$\alpha=0,3$	33,5	32,6	33,4
	$\alpha=0,5$	34,3	33,2	34,7
	$\alpha=0,7$	35,2	33,8	35,9
ZB4	$\alpha=0,3$	32,8	32,2	32,6
	$\alpha=0,5$	33,6	32,9	33,7
	$\alpha=0,7$	34,4	33,6	34,7
ZB5	$\alpha=0,3$	35,6	34,3	35,2
	$\alpha=0,5$	37,2	35,5	37,3
	$\alpha=0,7$	38,7	36,6	39,4
ZB6	$\alpha=0,3$	36,3	35,2	36,1
	$\alpha=0,5$	37,4	36,0	37,6
	$\alpha=0,7$	38,4	36,8	39,1
ZB7	$\alpha=0,3$	39,6	38,5	39,4
	$\alpha=0,5$	40,6	39,2	40,8
	$\alpha=0,7$	41,6	39,9	42,2
ZB8	$\alpha=0,3$	41,2	39,4	40,0
	$\alpha=0,5$	43,3	40,9	42,6
	$\alpha=0,7$	45,3	42,4	45,2

* Hora do dia: 15h

Tamanho de abertura para temperatura máxima de um dia típico de verão*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	Menor	32,6	31,7	32,7
	Maior	32,7	31,8	32,7
ZB2	Menor	37,4	35,5	37,1
	Maior	37,4	35,6	37,2
ZB3	Menor	33,4	32,5	33,4
	Maior	33,5	32,6	33,4
ZB4	Menor	32,7	32,1	32,6
	Maior	32,8	32,2	32,6
ZB5	Menor	35,5	34,3	35,4
	Maior	35,6	34,3	35,2
ZB6	Menor	36,2	35,2	36,1
	Maior	36,3	35,2	36,1
ZB7	Menor	39,5	38,4	39,4
	Maior	39,6	38,5	39,4
ZB8	Menor	41,1	39,3	40,0
	Maior	41,2	39,4	40,0

* Hora do dia: 15h

Tamanho de abertura para temperatura máxima de um dia típico de inverno*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	Menor	4,5	5,5	4,6
	Maior	4,4	5,5	4,6
ZB2	Menor	6,1	7,1	6,3
	Maior	6,1	7,0	6,3
ZB3	Menor	9,5	10,3	9,7
	Maior	9,5	10,3	9,7
ZB4	Menor	12,5	13,2	12,6
	Maior	12,5	13,2	12,6
ZB5	Menor	12,6	13,1	12,7
	Maior	12,6	13,1	12,7

* Hora do dia: 05h

Contêiner adaptado para temperatura máxima de um dia típico de verão*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	Sem adaptação	32,7	31,8	32,7
	Com adaptação	26,2	28,5	23,3
ZB2	Sem adaptação	37,4	35,6	37,2
	Com adaptação	27,6	29,8	23,7
ZB3	Sem adaptação	33,5	32,6	33,4
	Com adaptação	26,4	27,8	23,6
ZB4	Sem adaptação	32,8	32,2	32,6
	Com adaptação	25,4	25,3	23,8
ZB5	Sem adaptação	35,6	34,3	35,2
	Com adaptação	26,9	27,7	23,5
ZB6	Sem adaptação	36,3	35,2	36,1
	Com adaptação	29,3	30,0	27,0
ZB7	Sem adaptação	39,6	38,5	39,4
	Com adaptação	31,4	32,1	28,4
ZB8	Sem adaptação	41,2	39,4	40,0
	Com adaptação	32,6	32,8	28,4

* Hora do dia: 15h

Contêiner adaptado de ar para temperatura mínima de um dia típico de inverno*

Zona	Descrição	Sala T(°C)	Quarto T(°C)	Cozinha T(°C)
ZB1	Sem adaptação	4,4	5,5	4,6
	Com adaptação	11,6	11,8	13,4
ZB2	Sem adaptação	6,1	7,0	6,3
	Com adaptação	13,5	15,0	14,6
ZB3	Sem adaptação	9,5	10,3	9,7
	Com adaptação	15,6	16,6	16,7
ZB4	Sem adaptação	12,5	13,2	12,6
	Com adaptação	17,9	18,8	18,8
ZB5	Sem adaptação	12,6	13,1	12,7
	Com adaptação	17,7	19,6	18,3

* Hora do dia: 05h