



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

RAFAELA BENAN ZARA

**INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS TERMOFÍSICOS NO
DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS COM SISTEMAS CONSTRUTIVOS LEVES**

Londrina
2019

RAFAELA BENAN ZARA

**INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS TERMOFÍSICOS NO
DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS COM SISTEMAS CONSTRUTIVOS LEVES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Thalita Gorban Ferreira Giglio

Londrina
2019

RAFAELA BENAN ZARA

**INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS TERMOFÍSICOS NO
DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS EM SISTEMAS CONSTRUTIVOS LEVES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Thalita Gorban Ferreira
Giglio
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof.^a Dr.^a Camila Gregório Atem
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Arthur Santos Silva
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul -
UFMS

Londrina, 25 de setembro de 2019.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que me guiou por esse caminho, pela força e proteção em todos os momentos.

À minha família, pelo constante apoio e suporte à minha trajetória, presença e incentivo em todas as etapas.

À minha orientadora Prof.^a Thalita Giglio pela confiança, dedicação e paciência ao longo de todo o processo de desenvolvimento desse estudo.

Aos professores Miriam Barbosa, Arthur Silva e Camila Atem pelas valiosas contribuições.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina, pela oportunidade, principalmente aos professores que contribuíram imensamente com a minha formação profissional.

Aos amigos de estudo, Vanessa, Gustavo, Nádia, Jéssica e Celis, pelo apoio e ajuda ao longo desse ciclo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À todos, que direta ou indiretamente, contribuíram com esse trabalho, inclusive aos que eventualmente não foram citados.

ZARA, Rafaela Benan. **Influência dos parâmetros termofísicos no desempenho térmico de edificações residenciais em sistemas construtivos leves**. 2019. 177p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

Os sistemas construtivos leves representam uma alternativa ao grande impacto ambiental causado pela alvenaria convencional, oferecendo maior produtividade e qualidade para a edificação com menores danos ao meio ambiente. No entanto, a difusão da tecnologia tem sido bastante limitada no Brasil. A dificuldade de inserção do sistema construtivo no país, entre outros aspectos, pode estar relacionada à baixa massa térmica da envoltória, importante propriedade para controle das trocas de calor. A norma brasileira de desempenho, ABNT NBR 15575, limita a capacidade térmica das envoltórias em $130 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$, muito acima dos valores obtidos por sistemas leves. Por outro lado, o método de avaliação da norma é muito simplificado e não considera a correlação entre os elementos construtivos da envoltória. A literatura, por sua vez, aponta a necessidade de avaliação global da edificação, considerando a interação entre os elementos e suas propriedades. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo analisar a influência dos parâmetros termofísicos no desempenho termoenergético de edificações residenciais com sistemas construtivos leves em três zonas bioclimáticas brasileiras. Para isso, primeiramente definiu-se as características construtivas a serem simuladas por meio da análise de composições de envoltória de sistemas leves utilizadas no Brasil. Os parâmetros termofísicos foram combinados fatorialmente e simulados pelo método do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Por fim, foi empregado a análise de variância (ANOVA) de forma a determinar quais os parâmetros mais influentes nos indicadores graus-hora de resfriamento (GHR), consumo relativo para aquecimento (CA), consumo relativo para refrigeração (CR) e equivalente numérico da envoltória. Os resultados mostraram que os parâmetros mais influentes se repetem entre os indicadores de desempenho, diferindo na ordem e na parcela de influência entre eles. Em geral, os parâmetros mais relevantes em sistemas construtivos leves para o indicador graus-hora de resfriamento foram a absorvância solar (40% a 44%) e transmitância térmica das paredes externas (10% a 14%) para Curitiba e São Paulo e a absorvância solar das paredes externas (72%) e a interação entre transmitância térmica e absorvância solar das paredes externas (9%) para Belém. No consumo relativo para aquecimento, os parâmetros mais influentes foram a transmitância térmica das paredes externas (50% a 67%) e o contato do piso com o solo (15% a 34%). No consumo relativo para refrigeração, o contato com o solo (60% a 71%), absorvância solar (13% a 62%) e transmitância térmica das paredes externas (2% a 14%) foram os mais influentes nas três cidades analisadas. A baixa transmitância térmica e o contato com o solo, em especial, são estratégias interessantes para suprir a baixa capacidade térmica dessas edificações, adquirindo uma importância maior quando comparados a edificações pesadas. Além disso, nota-se que a utilização das características mais influentes nos indicadores não garante um bom desempenho termoenergético, mas a combinação adequada das propriedades da envoltória como um todo.

Palavras-chave: Sistemas leves. Eficiência Energética. Envoltória.

ZARA, Rafaela Benan. **Influence of thermophysical parameters on the thermal performance of residential buildings in lightweight construction systems.** 2019. -177p. Dissertation (Mastering in Civil Engineering) – State University of Londrina, Londrina, 2019.

ABSTRACT

Lightweight construction systems represent an alternative to the great environmental impact caused by conventional masonry, offering greater productivity and quality for buildings with less damage to the environment. However, the diffusion of technology has been quite limited in Brazil. The difficulty of insertion of the construction system in the country, among other aspects, may be related to the low thermal mass of the envelope, an important property to control heat exchanges. The Brazilian performance standard, ABNT NBR 15575, limits the thermal capacity of the enclosures to 130 kJ/m²·K, well above the values obtained by lightweight systems. On the other hand, the method of evaluation of the standard is very simplified and does not consider the correlation between the constructive elements of the envelope. Literature points out the need for a global evaluation of the building, considering the interaction between the elements and their properties. In this sense, this work aims to analyze the influence of thermophysical parameters on the thermal energy performance of residential buildings with lightweight construction systems for three Brazilian bioclimatic zones. For this purpose, firstly the constructive characteristics to be simulated in the work were defined by means of the analysis of envelope compositions used in Brazil. The thermophysical parameters were factorially combined and simulated by the method of Technical Regulation of the Quality for the Energy Efficiency Level of Residential Buildings (RTQ-R). Finally, analysis of variance (ANOVA) were performed in order to determine the most influential parameters in the degree-hour cooling indicator, relative consumption for heating, relative consumption for refrigeration and house envelope final index. The results showed that the most influential parameters repeated among the performance indicators, differing in order and in portion of influence between them. In general, the most relevant parameters in lightweight building systems for the degree-hours cooling indicator were solar absorptance (40% a 44%) and thermal transmittance of external walls (10% a 14%) for Curitiba and São Paulo and solar absorptance of external walls (72%) and the interaction between thermal transmittance and solar absorptance of the external walls (9%) for Belém. At relative consumption for heating, the most influential parameters were thermal transmittance of the external walls (50% a 67%) and the contact of the dwellings' floor with the ground (15% a 34%). At relative consumption for cooling, the contact with the ground (60% a 71%), solar absorptance (13% a 72%) and thermal transmittance of external walls (2% a 14%) were the most influential in the three cities analyzed. The low thermal transmittance and contact with the ground, in particular, are interesting strategies to supply the low thermal capacity of these buildings, acquiring a greater importance when compared to heavy buildings. Furthermore, it was noted that the use of the most influential characteristics in the indicators does not guarantee good thermoenergetic performance, but the proper combination of the envelope properties.

Keywords: Lightweight system. Energy efficiency. Envelope.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Movimentação e montagem de um painel em <i>wood frame</i>	24
Figura 2 – Montagem de uma edificação em <i>steel frame</i>	28
Figura 3 – Etiqueta nacional de conservação de energia para habitações autônomas	33
Figura 4 - Fluxograma do método de pesquisa	46
Figura 5 - Habitação em <i>wood frame</i> construída na Universidade Estadual de Londrina	47
Figura 6 – Planta baixa e vista da tipologia de estudo	47
Figura 7 - Composição do modelo de referência.....	53
Figura 8 - Zonas bioclimáticas analisadas	55
Figura 9 - Padrão de ocupação para dias da semana e final de semana	59
Figura 10 - Padrão de uso da iluminação.....	59
Figura 11 - Orientação solar do modelo	68
Figura 12 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no indicador graus-hora de resfriamento para Curitiba	78
Figura 13 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no indicador graus-hora de resfriamento para São Paulo.....	79
Figura 14 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no indicador graus-hora de resfriamento para Belém	79
Figura 15 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no consumo relativo para aquecimento para Curitiba	86
Figura 16 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no consumo relativo para aquecimento para São Paulo	86
Figura 17 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no consumo relativo para refrigeração para Curitiba.....	92
Figura 18 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no consumo relativo para refrigeração para São Paulo.....	92
Figura 19 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no consumo relativo para refrigeração para Belém	93
Figura 20 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no equivalente numérico da envoltória para Curitiba.....	97

Figura 21 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no equivalente numérico da envoltória para São Paulo.....	97
Figura 22 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no equivalente numérico da envoltória para Belém	98
Figura 23- Indicador graus-hora de resfriamento médio para as 2048 combinações paramétricas em Curitiba	102
Figura 24 – Indicador graus-hora de resfriamento médio para as 2048 combinações paramétricas em São Paulo	104
Figura 25 - Indicador graus-hora de resfriamento médio para as 2048 combinações paramétricas em Belém	106
Figura 26 - Consumo relativo para aquecimento médio para as 2048 combinações paramétricas em Curitiba	109
Figura 27 – Consumo relativo para aquecimento médio para as 2048 combinações paramétricas em São Paulo	111
Figura 28 - Consumo relativo para refrigeração médio para as 2048 combinações paramétricas em Curitiba	113
Figura 29 – Consumo relativo para refrigeração médio para as 2048 combinações paramétricas em São Paulo	115
Figura 30 - Consumo relativo para refrigeração médio para as 2048 combinações paramétricas em Belém	117
Figura 31 - Equivalente numérico da envoltória para as 2048 combinações paramétricas em Curitiba	119
Figura 32 - Histograma de frequência do equivalente numérico da envoltória para Curitiba.....	119
Figura 33 – Equivalente numérico da envoltória para as 2048 combinações paramétricas em São Paulo	121
Figura 34 - Histograma de frequência do equivalente numérico da envoltória para São Paulo	121
Figura 35 - Equivalente numérico da envoltória para as 2048 combinações paramétricas em Belém	123
Figura 36 - Histograma de frequência do equivalente numérico da envoltória para Belém	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente	48
Tabela 2 - Dimensões de aberturas para ventilação e iluminação	49
Tabela 3 - Dados considerados no processo de cálculo da temperatura do solo	57
Tabela 4 - Equivalente numérico e nível de eficiência energética para resfriamento, aquecimento e refrigeração para a zona bioclimática 1	63
Tabela 5 - Equivalente numérico e nível de eficiência energética para resfriamento, aquecimento e refrigeração para a zona bioclimática 3	63
Tabela 6 - Equivalente numérico e nível de eficiência energética para resfriamento, aquecimento e refrigeração para a zona bioclimática 8	63
Tabela 7 - Níveis de eficiência energética e equivalentes numéricos	65
Tabela 8 - Parâmetros variáveis e níveis de variação	66
Tabela 9 - Propriedades equivalentes da lã de vidro	67
Tabela 10 - Propriedades térmicas das venezianas.....	68
Tabela 11- Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de indicadores graus-hora de resfriamento para Curitiba.....	75
Tabela 12 - Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de indicadores graus-hora resfriamento para São Paulo	76
Tabela 13- Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de indicadores de graus-hora de resfriamento para Belém.....	77
Tabela 14 - Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de consumo relativo para aquecimento para Curitiba	84
Tabela 15 – Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de consumo relativo para aquecimento para São Paulo	85
Tabela 16 - Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de consumo relativo para refrigeração para Curitiba.....	89
Tabela 17 - Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de consumo relativo para refrigeração para São Paulo	90
Tabela 18 - Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de consumo relativo para refrigeração para Belém.....	91
Tabela 19 - Influência dos parâmetros termofísicos no equivalente numérico da envoltória para Curitiba, São Paulo e Belém.....	96

Tabela 20 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores indicadores graus-hora de resfriamento médios para Curitiba	102
Tabela 21 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores indicadores graus-hora de resfriamento médios para São Paulo	105
Tabela 22 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores indicadores graus-hora de resfriamento médios para Belém	107
Tabela 23 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores consumos relativos para aquecimento médios para Curitiba	110
Tabela 24 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores consumos relativos para aquecimento médios para São Paulo	112
Tabela 25 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores consumos relativos para refrigeração médios para Curitiba.....	114
Tabela 26 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores consumos relativos para refrigeração médios para São Paulo.....	115
Tabela 27 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores consumos relativos para refrigeração médios para Belém	117
Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continua)	140

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Referenciais Técnicos do SINAT relativos aos sistemas construtivos leves em vigor em 2018.....	19
Quadro 2 - Habitações construídas nos sistemas inovadores	20
Quadro 3 - Composições de paredes, entrepisos e coberturas aplicadas pela Tecverde	23
Quadro 4 - Composições de paredes, entrepisos e coberturas utilizadas em <i>steel frame</i>	27
Quadro 5 - Composição e propriedades termofísicas de paredes externas em edificações leves no Brasil	50
Quadro 6 - Composição e propriedades termofísicas de paredes internas em edificações leves no Brasil	51
Quadro 7 - Composição e propriedades termofísicas de coberturas em edificações leves no Brasil	51
Quadro 8 - Composição e propriedades termofísicas do modelo de referência.....	53
Quadro 9 – Tabela da ANOVA para um experimento fatorial com dois fatores	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	14
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	SISTEMAS CONSTRUTIVOS LEVES	15
2.1.1	<i>Definição</i>	15
2.1.2	<i>Inserção de sistemas construtivos leves no Brasil</i>	16
2.1.3	<i>Caracterização dos sistemas construtivos leves</i>	21
2.1.1.1	<i>Light wood framing</i>	21
2.1.1.2	<i>Light steel framing</i>	25
2.2	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO	29
2.2.1	<i>NBR 15575</i>	30
2.2.2	<i>RTQ para edificações</i>	32
2.2.3	<i>Análise de sensibilidade</i>	35
2.3	ESTUDOS SOBRE O DESEMPENHO TÉRMICO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS LEVES	39
3	MÉTODO	45
3.1	DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	47
3.1.1	<i>Tipologia e geometria</i>	47
3.1.2	<i>Modelo de referência</i>	49
3.1.3	<i>Definição das zonas bioclimáticas</i>	54
3.1.4	<i>Definição da temperatura do solo</i>	55
3.2	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	57
3.2.1	<i>Modelagem da edificação</i>	57
3.2.2	<i>Configurações da simulação</i>	58
3.2.3	<i>Obtenção dos equivalentes numéricos da envoltória</i>	61
3.3	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	65
3.3.1	<i>Definição dos parâmetros analisados</i>	66
3.3.2	<i>Processamento dos dados</i>	69

3.3.3	<i>Análise de variância</i>	70
3.3.4	<i>Análise de simulações individuais</i>	73
4	RESULTADOS	74
4.1	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS TERMOFÍSICOS EM UMA EDIFICAÇÃO DE ENVOLTÓRIA LEVE	74
4.1.1	<i>Influência no indicador graus-hora de resfriamento (GHR)</i>	74
4.1.2	<i>Influência no consumo relativo para aquecimento (CA)</i>	83
4.1.3	<i>Influência no consumo relativo para refrigeração (CR)</i>	88
4.1.4	<i>Influência no equivalente numérico da envoltória (EqNum)</i>	95
4.2	DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES COM SISTEMAS CONSTRUTIVOS LEVES – ANÁLISE DE SIMULAÇÕES INDIVIDUAIS	101
4.2.1	<i>Nível de eficiência para a condição de verão – naturalmente ventilado</i>	101
4.2.2	<i>Nível de eficiência para a condição de inverno – condicionado artificialmente</i>	109
4.2.3	<i>Nível de eficiência para a condição de verão – condicionado artificialmente</i>	113
4.2.4	<i>Nível de eficiência para o equivalente numérico da envoltória</i>	118
5	CONCLUSÕES	126
5.1	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	128
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	129
	REFERÊNCIAS	130
	APÊNDICE A – COMBINAÇÕES PARAMÉTRICAS DOS PARÂMETROS TERMOFÍSICOS DA ENVOLTÓRIA	140

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil provoca grandes impactos no meio ambiente, seja pela quantidade de recursos consumidos, seja pelos resíduos gerados. De acordo com o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (2013), o setor da construção civil mundial demanda cerca de 40% da energia, um terço dos recursos naturais e 12% da água potável. Além disso, produz um terço dos gases de efeito estufa e 40% dos resíduos sólidos urbanos.

As crescentes preocupações ambientais, associadas a um processo construtivo predominantemente artesanal, de baixa produtividade e grande desperdício, levaram a busca de novos sistemas construtivos no Brasil (HASS; MARTINS, 2011). Tais tecnologias seguem o princípio de baixo custo e impacto ambiental em todo o ciclo de vida da construção, visando a competitividade no setor, o aumento do nível de qualidade das construções, maior produtividade e otimização do uso das matérias primas (MATEUS, 2004).

No Brasil, os novos sistemas construtivos, quando não contemplados pelas normas e regulamentos vigentes, são avaliados pelo Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais – SINAT (BRASIL, 2018), vinculado ao Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat - PBQP-H. O resultado de desempenho de um novo sistema é obtido por meio do Documento de Avaliação Técnica (DATec), concedido por uma Instituição Técnica Avaliadora (ITA). Entre os sistemas detentores do DATec, destacam-se os sistemas construtivos em *wood frame* e *steel frame*, compostos por perfis estruturais em madeira ou aço combinados com painéis derivados da madeira, placas cimentícias e/ou gesso acartonado, além de materiais isolantes. Ambos são sistemas leves de vedação, isto é, aqueles com densidade superficial abaixo de 60 kg/m² conforme NBR 15575 (ABNT, 2013). Em função do baixo peso, esses sistemas construtivos apresentam baixa inércia térmica, importante propriedade que atrasa os picos de temperaturas em climas com alta amplitude térmica existentes no Brasil.

O desempenho térmico das edificações residenciais brasileiras é avaliado pelos parâmetros estabelecidos pela NBR 15.575 (ABNT, 2013) e pelo Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R (BRASIL, 2012). A NBR 15.575 analisa o desempenho térmico por meio dos parâmetros de transmitância térmica (U) e capacidade térmica (C_T). Para

a transmitância térmica, a norma admite valores máximos de $2,5 \text{ W/m}^2\text{-K}$ ou $3,7 \text{ W/m}^2\text{-K}$ e para a capacidade térmica valores mínimos de $130 \text{ KJ/m}^2\text{-K}$, de acordo com a região do Brasil. Quando a edificação não atende aos valores normativos, recomenda-se a análise por simulação computacional, considerando a resposta global da edificação (ABNT, 2013). Por outro lado, o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R, regulamentação do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações, apresenta requisitos técnicos e métodos para a obtenção do nível de eficiência energética do edifício, variando de A (mais eficiente) à E (menos eficiente). Assim como a NBR 15575 (ABNT, 2013), o RTQ-R apresenta dois métodos de avaliação: o método prescritivo e o método por simulação. Da mesma forma, o método prescritivo pode ser um limitante para sistemas construtivos leves, os quais não atingem o valor de capacidade térmica mínimo de $130 \text{ KJ/m}^2\text{-K}$. Nesse caso, a envoltória receberia no máximo nível C de classificação energética, representando um baixo desempenho térmico.

Tanto a norma quanto o regulamento são considerados recentes, se comparados às normativas de muitos países, sendo um avanço para o setor da construção civil brasileira. O método simplificado é indispensável para avaliações rápidas de edificações com baixo nível de complexidade (CHVATAL, 2014). No entanto, observa-se a dificuldade de avaliação dos sistemas leves. A difusão dessas edificações tem sido prejudicada por apresentarem baixa densidade e, conseqüentemente, baixa capacidade térmica, abaixo do valor mínimo exigido. Dessa forma, percebe-se que a normalização brasileira foi elaborada para sistemas de vedação pesados, sendo necessário estudos mais específicos de modo a não impossibilitar a utilização dessas tecnologias (ROCHA *et al.*, 2016).

Alguns estudos vêm sendo realizados no sentido de avaliar o desempenho termoenergético de habitações com sistemas construtivos leves. Laroca, Krüger e Matos (2008) avaliaram uma habitação em *wood frame* por meio de medição *in loco* para a cidade de Canoinhas, SC. Os resultados mostraram temperaturas dentro da faixa de conforto, demonstrando um bom desempenho térmico do sistema. Foram realizadas simulações para as capitais da região Sul do Brasil constatando que, com a inclusão de materiais isolantes, o protótipo pode se adequar as condições climáticas com excelentes níveis de desempenho. Caldas *et al.* (2016) analisaram o desempenho térmico de uma edificação em *steel frame* com e sem isolante térmico por meio dos métodos simplificado e de simulação da NBR 15575. Enquanto para o

primeiro procedimento, as edificações não atenderam ao critério mínimo de capacidade térmica, para o método por simulação os sistemas apresentaram desempenho térmico satisfatório, sendo que os casos com isolante térmico atingiram os melhores resultados. O mesmo resultado foi obtido por Amorin e Vieira (2016) ao comparar uma edificação em *wood frame* e uma de alvenaria pelo método prescritivo do RTQ-R. Apesar de não atingir o limite mínimo de capacidade térmica, a edificação em *wood frame* apresentou valores inferiores de graus-hora de resfriamento e consumo relativo anual para aquecimento, indicando o melhor desempenho térmico proporcionado pela mesma. Da mesma forma, Thomas e Ding (2018) compararam residências em madeira e alvenaria por meio de simulações, obtendo apenas uma pequena diferença no desempenho térmico para ambos os sistemas construtivos. Os autores concluem que é possível alcançar desempenho térmico similar às construções de materiais pesados mediante mudanças na envoltória da edificação.

Tonnelli e Grimaudo (2016) desenvolveram uma composição de parede leve em madeira para o clima mediterrâneo. Os autores sugeriram uma composição com uma camada interna com massa térmica em contato direto com o ambiente e uma camada externa com isolamento térmico. Dessa forma, a massa contribui para reduzir as oscilações de temperaturas internas, mostrando-se uma boa alternativa para melhorar o desempenho térmico de paredes leves sem perder as vantagens proporcionadas pelo sistema construtivo e pela industrialização da construção. Do mesmo modo, Rossi e Rocco (2014) e Pajek *et al.* (2017) apontam a redução da transmitância térmica das paredes e utilização de materiais com maior capacidade térmica na face interior da parede como formas de melhorar o desempenho térmico de sistemas construtivos leves. No entanto, para Pajek *et al.* (2017), em locais com temperaturas muito quentes, mesmo sistemas leves aprimorados, não são suficientes para o conforto térmico interno, apontando a necessidade de refrigeração mecânica. Souza, Amparo e Gomes (2011) e Rocha *et al.* (2016), por sua vez, sugerem o aproveitamento da capacidade térmica do solo por meio de uma tipologia térrea para a obtenção de condições térmicas aceitáveis no interior de uma edificação leve.

Em geral, os estudos apontados apresentam medidas isoladas para melhorar o desempenho termoenergético de sistemas construtivos leves. Entretanto, quando se analisam as estratégias isoladamente, despreza-se a influência causada por suas combinações. Dessa forma, não se pode garantir níveis satisfatórios de desempenho. Faltam estudos que analisem a edificação de forma global, considerando a interação

entre diversos parâmetros como paredes, coberturas, pisos e aberturas. Nesse sentido, este trabalho visa investigar os parâmetros termofísicos mais influentes no desempenho termoenergético de uma edificação residencial com baixa capacidade térmica, de forma a otimizar a construção de habitações leves e direcionar esforços e recursos em estratégias realmente eficientes. Com isso, espera-se contribuir com o mercado da construção em sistemas leves abordando as características necessárias para uma habitação leve promover maiores níveis de desempenho.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar os parâmetros termofísicos mais influentes no desempenho termoenergético de edificações residências unifamiliares em sistemas construtivos leves.

1.1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos do trabalho destacam-se:

- a) Obter resultados de desempenho termoenergético para três indicadores (indicador graus-hora de resfriamento, consumo relativo para aquecimento e consumo relativo para refrigeração) e a forma como cada parâmetro termofísico da envoltória afetou os mesmos;
- b) Investigar os indicadores de desempenho termoenergético para três climas distintos do Brasil, verificando a diferença de influência dos parâmetros termofísicos da envoltória em diferentes climas;
- c) Determinar combinações de valores para os parâmetros que gerem elevados e reduzidos níveis de desempenho termoenergético no contexto do RTQ-R.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS CONSTRUTIVOS LEVES

2.1.1 Definição

Sistema construtivo é um sistema de produção compreendendo homens, máquinas e outros meios, que convertem materiais e trabalho em um edifício. É a completa integração de subsistemas e componentes em um processo global, utilizando técnicas industrializadas de produção, transporte e montagem. (SABATTINI,1989).

Dependendo dos materiais utilizados, os sistemas construtivos podem ser divididos em leves ou pesados. Assim, a “utilização extensiva de materiais e elementos leves, de pequeno formato, na criação dos principais elementos estruturais de um edifício” resulta em uma construção leve (EESC, 2011, p. 89). Da mesma forma, a utilização de materiais e elementos pesados leva a construções pesadas, tradicionais no Brasil.

De forma mais específica, o Código de Construção da Austrália (ABCB, 2016, p. 28), define uma construção leve como aquela que incorpora ou compreende:

- (a) materiais em chapa ou placas, gesso, reboco, aplicação pulverizada ou outro material suscetível a danos por impacto, pressão ou abrasão;
- (b) concreto e produtos de concreto contendo pedra-pomes, perlita, vermiculita ou outro material macio similarmente suscetível a danos por impacto, pressão ou abrasão; ou
- (c) alvenaria de espessura inferior a 70mm (tradução nossa).

Por outro lado, para Mateus (2004) construções leves geralmente são compostas por madeira ou perfis metálicos como solução estrutural, revestidos por painéis de gesso acartonado, painéis de fibrocimento, painéis OSB (*Oriented Strand Board*), entre outros. Construções pesadas, por sua vez, são compostas por materiais como blocos cerâmicos e de concreto, concreto, pedra e terra.

Uma forma de classificação muito utilizada é por meio da densidade superficial dos elementos de vedação vertical externa, uma vez que estes definem a tecnologia de construção do edifício. No entanto, não há um consenso sobre o limite que define se um elemento é considerado leve ou pesado.

A norma brasileira NBR 15.575 – Edificações habitacionais: Desempenho (ABNT, 2013) considera como:

- Leves: as vedações verticais, sem função estrutural, com densidade superficial inferior a 60 kg/m².
- Pesados: as vedações verticais com densidade superficial acima de 60 kg/m².

Essa mesma definição já era abordada pela NBR 11685: Divisórias internas leves moduladas (ABNT, 1990) para elementos de vedações verticais internas desde 1990. A norma foi cancelada em 2015, sem substituição.

Lopes *et al.* (2018) sugere como referência para elementos leves o valor limitante de 100 kg/m², sendo a massa incorporada apenas para suprir as funções vitais do edifício. Os elementos pesados, por sua vez, possuem densidade superior a 100 kg/m². Neste caso, a vedação agrega maior massa térmica (ou capacidade térmica) que retarda a resposta às mudanças ambientais externas. Esse mesmo valor de fronteira é apresentado por autores como Oliveira (2009), Ferreira (2012) e Silva M. e Silva G. (200-?).

Com base no conceito de inércia térmica e nos limites apresentados no Regulamento de Portugal (RCCTE), Pinto (2010) definiu as fronteiras entre uma solução leve, média ou pesada. Assim, vedações leves são aquelas com massa inferior a 150 kg/m², vedações médias as que estiverem entre os 150 kg/m² e 400 kg/m² e vedações pesadas as que possuírem mais de 400 kg/m².

Nessa perspectiva, a NBR 15220 (ABNT, 2005) apresenta uma divisão em paredes leve, leve refletora e pesada. A classificação é realizada a partir de valores de referência para os parâmetros transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar, caracterizando a inércia térmica do edifício. No entanto, não foram encontrados na literatura trabalhos que abordem tal classificação.

Neste trabalho, admite-se a definição da NBR 15575 (ABNT, 2013) como referência para um sistema leve devido ao caráter normativo da mesma.

2.1.2 Inserção de sistemas construtivos leves no Brasil

O sistema construtivo mais utilizado no Brasil é o sistema convencional com estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação. Este sistema é focado predominantemente em processos artesanais, marcados pela baixa produtividade e elevado desperdício. Tais fatores ocorrem principalmente devido à baixa qualidade da mão de obra, a falta de coordenação modular, sistemas construtivos não racionalizados e a má gestão na construção (SANTIAGO, 2008; MEDEIROS, 2014).

Atualmente, a indústria da construção civil é uma das mais danosas ao meio ambiente, consumindo aproximadamente um terço dos recursos naturais extraídos do planeta, 40% do uso anual de energia primária e produzindo cerca de 40% da geração de gases de efeito estufa (CBCS, 2013). Diante das questões ambientais, aliadas ao crescimento desordenado da população e ao aumento da competitividade do setor, novos sistemas construtivos têm sido utilizados. São sistemas mais eficientes que permitem o aumento da produtividade, a redução do desperdício, a melhor gestão dos recursos e são capazes de atender a demanda cada vez maior por edificações (SANTIAGO, 2008; SANTOS, 2017; CRUZ; BARBOSA; CASTAÑON, 2017).

Segundo Santiago (2008), apesar da resistência do setor da construção civil brasileira, o mercado tem sinalizado pela aceitação de novas formas de se construir, porém de forma lenta comparada a outros setores da economia. A adoção de estratégias voltadas à racionalização do processo construtivo constitui um ponto fundamental para a evolução do setor. Para Gomes e Lacerda (2014), a racionalização da produção pode ser alcançada pelo uso de componentes pré-fabricados, integrando as etapas de projeto, fabricação, montagem no canteiro de obras e responsabilidade técnica do fabricante. Dessa forma, é possível obter o máximo de aproveitamento dos materiais, eliminar o desperdício e perdas e garantir maior agilidade de execução.

Para Mateus (2004), a necessidade de aumentar a racionalização da matéria-prima consiste em uma evolução lógica do sistema construtivo convencional. Uma construção mais racional pode ser obtida pela redução do peso próprio da edificação, uma vez que quanto menor a massa total do edifício, menor a quantidade de recursos naturais incorporada. Uma forma de conseguir essa redução é por meio de uma solução construtiva leve na envoltória vertical do edifício. Com uma construção mais leve, o dimensionamento da estrutura e fundação do edifício podem ser reduzidos, acarretando em menor consumo de materiais e menor custo. Além disso, diminui-se o volume de trabalho com a fundação e movimentação de terra, o que acarreta em menor impacto no terreno da construção (MATEUS, 2004; PINTO, 2010).

Além da redução do consumo de insumos, pode-se observar uma maior facilidade no transporte e na manipulação dos materiais, possibilitando o acesso a lugares remotos. A facilidade de industrialização do setor permite a produção dos elementos em fábrica e montagem no canteiro de obras, reduzindo o tempo de

execução e a dependência de fatores climáticos. Com isso, tem-se maior produtividade e baixo desperdício, além do elevado controle dos materiais em fábrica o que garante maior qualidade da construção (MATEUS, 2004; PINTO, 2010).

No entanto, os sistemas construtivos leves também apresentam desvantagens como o baixo nível de conhecimento das suas características, a necessidade de mão de obra especializada e maior necessidade de manutenção (PINTO, 2010). Segundo Holanda (2003), há uma carência de programas voltados ao treinamento da mão de obra na construção civil brasileira, principalmente em relação à inserção de novas tecnologias.

Além disso, qualquer solução construtiva nova “deve passar por processos de adequação e avaliação de sua pertinência para a aceitação do usuário final das construções” (SANTIAGO, 2008, p. 4). Quando desenvolvida fora do Brasil, a solução construtiva deve ser adaptada às condições climáticas, sociais e econômicas do país. Essa adaptação é fundamental para garantir a viabilidade técnica do sistema construtivo, aceitação dos usuários, minimização de patologias e desempenho satisfatório do sistema construtivo (SANTIAGO, 2008). De acordo com Sales (2001, p. 4), difundir o desenvolvimento das “tecnologias construtivas nos meios envolvidos consiste em um dos primeiros passos para sua popularização”.

No Brasil, os novos sistemas construtivos são avaliados por meio do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), vinculado ao Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e subordinado ao Ministério do Desenvolvimento Regional, do Governo Federal. O SINAT é resultado de uma mobilização da comunidade técnica nacional na elaboração de um suporte ao funcionamento de procedimentos de avaliação de produtos de construção inovadores, com a finalidade de estimular a inovação tecnológica e aumentar a competitividade do setor produtivo (BRASIL, 2018)¹.

Dessa forma, o SINAT visa suprir, provisoriamente, as lacunas da normalização técnica prescritiva por meio da “harmonização de procedimentos para a avaliação de novos produtos para a construção, quando não existem normas específicas aplicáveis ao produto” (BRASIL, 2018)¹. Essa harmonização de procedimentos é fundamental para assegurar a avaliação de todos os aspectos relevantes ao comportamento em uso de um produto de construção, bem como obter uma convergência de resultados

¹ Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SINAT. Disponível em: http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php. Acesso em: junho de 2018.

da avaliação de um mesmo produto quando analisado por instituições avaliadoras distintas ou em tempos diferentes (BRASIL, 2018).

Os requisitos, critérios de desempenho e métodos de avaliação adotados na avaliação dos produtos são apresentados na Diretriz SINAT, elaborada pelas Instituições Técnicas Avaliadoras (ITA) com base na norma de desempenho, ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013). Após a definição das Diretrizes, os agentes interessados em um sistema ou produto devem elaborar, com o auxílio de uma ITA, os Documentos de Avaliação Técnica (DATec), que garantem o atendimento às exigências das Diretrizes (AMANCIO *et al.*, 2015; AMANCIO; FABRICIO, 2015; CARDOSO, 2016)

Com a concessão do DATec, o sistema ou produto passam por auditorias técnicas periódicas, que incluem ensaios, análises, vistorias técnicas e auditorias no processo e no produto, considerando o controle de qualidade adotado pelo produtor e os parâmetros definidos no DATec e na Diretriz. Esse documento é essencial para acesso aos financiamentos públicos federais para habitação (AMANCIO *et al.*, 2015).

A lista com as ITAs designadas e os DATecs concedidos e em vigor são disponibilizados na página eletrônica do SINAT. Os sistemas construtivos leves com Diretriz SINAT e/ou DATecs ativos são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Referenciais Técnicos do SINAT relativos aos sistemas construtivos leves em vigor em 2018

Referencial	Título	Ano de Publicação
Diretriz SINAT n° 010	Sistemas construtivos formados por painéis pré-fabricados de chapas delgadas vinculadas por núcleo de isolante térmico rígido	2014
Diretriz SINAT n° 003 – Revisão 2	Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo <i>Light Steel Framing</i>)	2016
Diretriz SINAT n° 009 - Revisão 1	Sistema de vedação vertical externa, sem função estrutural, multicamadas, formado por perfis leves de aço zincado e fechamento em chapas delgadas com revestimento de argamassa (Fachada leve em <i>Steel Frame</i>)	2016
DATec n° 030	Sistema construtivo LP Brasil OSB em <i>Light Steel Frame</i> e fechamento em chapas de OSB revestidas com placa cimentícia	2016
Diretriz SINAT n° 005 - Revisão 2	Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves tipo <i>Light Wood Frame</i>)	2017
DATec n° 020 C	Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada - TECVERDE (tipo <i>Light Wood Framing</i>)	2017
DATec n° 014 b	Sistema construtivo a seco Saint-Gobain – <i>Light Steel Framing</i>	2018

Fonte: Adaptado de PBQP-H. Disponível em: http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php. Acesso em julho de 2018.

Segundo Cardoso (2016), apesar da regulamentação do SINAT, o uso de sistemas construtivos inovadores ainda é pequeno no mercado da construção no Brasil. As práticas relativas à certificação de produtos podem desencorajar esforços e investimentos de pequenas e médias empresas por conta dos custos e prazos envolvidos na obtenção do DATec. Outro ponto que exige atenção é o prazo de validade de apenas 2 anos. Dessa forma, o sistema pode atuar como barreira para o aumento da inovação.

O Quadro 2 apresenta o número de unidades habitacionais construídas no Brasil com novos sistemas construtivos. Até 2014, cerca de 400 mil unidades habitacionais foram construídas com sistemas construtivos considerados inovadores. Destes, 98% utilizaram materiais convencionais na construção, como as paredes de concreto moldado in loco, pré-moldado de concreto e pré-moldado de bloco cerâmico. Os sistemas baseados na construção leve representam apenas 0,48% do total, o que mostra o grande desafio para a consolidação da tecnologia. De acordo com Anauate (2014), o desconhecimento do comportamento dos sistemas construtivos leves, o preconceito do consumidor no uso, ampliação e manutenção da edificação e o custo não competitivo do sistema são obstáculos para a difusão das construções leves.

Quadro 2 - Habitações construídas nos sistemas inovadores

Sistemas Inovadores	Unidades habitacionais construídas	Porcentagem
Parede de concreto moldada in loco	306.229	77,34%
Pré-moldado de bloco cerâmico	71.814	18,14%
Pré-moldado de concreto	7.343	1,85%
PVC + concreto	4.092	1,03%
Painéis compósitos	2.926	0,74%
<i>Wood frame</i>	1.302	0,33%
Bloco de gesso	1.054	0,27%
<i>Light steel frame</i>	604	0,15%
Pré-moldado de concreto alveolar	548	0,14%
Solo cimento	24	0,01%

Fonte: Anauate (2014)

Para Rocha *et al.* (2016), o fato da NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013) ter sido elaborada com base em elementos de vedação pesados pode prejudicar a aplicação dos sistemas leves, já que para aprovação no

SINAT é fundamental que a edificação atenda a normalização. Apesar de recente, a norma é considerada um marco para a construção civil brasileira por estabelecer parâmetros mínimos de desempenho para as novas edificações. No entanto, observa-se que ainda há lacunas a serem preenchidas em futuras revisões tanto da norma quanto da documentação técnica do SINAT, principalmente em relação às construções leves.

De fato, os sistemas construtivos leves representam uma evolução do modo de construir, trazendo vantagens que vão desde o menor consumo de recursos naturais até a possibilidade de montagem dos materiais em indústrias, o que permite uma construção rápida e limpa. No entanto, observa-se ainda uma preferência por materiais pesados na construção civil, principalmente em relação a preocupação quanto à qualidade e conforto das edificações. A falta de conhecimento do sistema, assim como a baixa capacidade térmica, não pode ser um limitante para a sua disseminação. As edificações devem ser analisadas de forma global, abrangendo suas características construtivas (físicas e geométricas), as condições climáticas do local e a interação entre cada uma dessas variáveis, o que não tem sido realizado pela normalização brasileira. De acordo com Amancio e Fabricio (2015), há a necessidade de formação de uma estrutura coesa em termos de critérios e avaliações técnicas e esse é um processo que ocorre lentamente pela aquisição da prática, que vem com o tempo de atuação.

2.1.3 Caracterização dos sistemas construtivos leves

Os sistemas construtivos leves implantados atualmente no Brasil consistem no *light wood framing*, *light steel framing* e nos painéis de chapas delgadas vinculadas por núcleo de isolante térmico rígido, conforme disposto no Quadro 1. No entanto, apenas os dois primeiros evoluíram das diretrizes SINAT para os DATecs e, portanto, serão considerados nesse trabalho. Os sistemas construtivos são discutidos individualmente a seguir.

2.1.1.1 Light wood framing

O *wood frame* consiste em um sistema construtivo estruturado em perfis de madeira reflorestada e tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhados, combinados e revestidos com outros materiais como placas cimentícias, OSB (*Oriented Strand Board*), gesso acartonado e materiais isolantes. O conceito básico

desse sistema construtivo existe há cerca de 150 anos nos Estados Unidos, apresentando desde então pequenos aperfeiçoamentos e modernização de materiais. Atualmente, a construção em *wood frame* é amplamente utilizada em países da América do Norte, Ásia e Europa, onde o elevado custo da mão de obra incentiva a otimização da gestão da produção. A pré-fabricação dos elementos em ambiente industrial permite um alto controle da qualidade e possibilita que várias atividades sejam executadas simultaneamente, reduzindo os prazos de entrega e custos (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010; GOMES; LACERDA, 2014).

Nas edificações em *wood frame*, a madeira é utilizada principalmente como estrutura principal do sistema, sendo aplicada em forma de perfis montantes com seção transversal de 38 mm x 89 mm nas paredes internas e 38 mm x 140 mm nas paredes externas (VASQUES; PIZZO, 2014; DATec n° 020 C, 2017). Os perfis são distribuídos por toda a extensão das paredes, distanciados entre 40 e 60 cm, o que permite o fenômeno da redundância, ou seja, uma redistribuição dos esforços caso um dos elementos venha a falhar (SACCO; STAMATO, 2008). O fechamento das paredes varia de acordo com a empresa e o empreendimento, assim como o acabamento exterior e interior. De acordo com Vasques e Pizzo (2014), a estrutura em madeira, junto com as placas de fechamento, permite a construção de edificações leves e tão resistentes quanto às de concreto. Tais edificações podem durar muitos anos, sob condições apropriadas. Muitas comunidades na Nova Inglaterra, nordeste dos Estados Unidos, contam com casas em madeira com mais de 100 anos. O sistema construtivo em *wood frame* é bastante flexível, podendo ser aplicado em praticamente qualquer lugar e em qualquer estilo arquitetônico em edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares com altura de até cinco pavimentos, além de edificações comerciais e de serviços (ANDERSON; WINSLOW, 1992; MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010; VASQUES; PIZZO, 2014).

No Brasil, a primeira casa em *wood frame* foi construída em 2001 na cidade de Viamão, Rio Grande do Sul, pelo engenheiro Carlos Alves e pelo construtor americano Alfred Lee Edgar (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010). Em 2016, foi construído o primeiro prédio no país, localizado na cidade de Araucária, Paraná. A montagem do prédio de três pavimentos durou 64 horas, em jornadas de trabalho de oito horas diárias, e contou com a parceria entre a Tecverde e a CRM Construtora (TECVERDE, 2016).

A Tecverde, fundada em 2009, foi a única empresa a elaborar uma Diretriz SINAT e seu respectivo DATec para o sistema construtivo em *wood frame*, sendo

destinada a edificações unifamiliares, térreas ou assobradadas, isoladas ou geminadas, e edificações multifamiliares de até quatro pavimentos (térreo + 3 pavimentos). A empresa foi responsável por alterar a regulamentação nacional para permitir o financiamento bancário de casas feitas em madeira. Paralelamente, o sistema construtivo foi aprovado para construção de habitações de interesse social, o que facilitou o acesso ao *wood frame* por parte da população (GRECO, 2016; TECVERDE, 2018). As composições de paredes, entrepisos e coberturas adotados na Diretriz nº 005 e no DATec nº 020 C são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Composições de paredes, entrepisos e coberturas aplicadas pela Tecverde

Elemento	Composição
Parede Externa	Textura acrílica com 3 mm de espessura, argamassa cimentícia base coat com 5 mm, placa cimentícia de 8 mm, chapa de OSB com 9,5 mm, quadros estruturais compostos por peças de madeira serrada de 38 mm x 140 mm espaçados em no máximo 600 mm, chapa de OSB com 9,5 mm de espessura e duas chapas de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura, totalizando aproximadamente 200 mm.
Parede Interna	Face das áreas secas: duas chapas de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura. Face das áreas molhadas (banheiro) e molháveis (cozinha, lavanderia): chapa de gesso para drywall do tipo RU de 12,5 mm de espessura e revestimento com placas cerâmicas assentadas com argamassa colante. Quadros estruturais compostos por peças de madeira serrada de 38 mm x 89 mm e chapas de OSB com 9,5 mm de espessura nas duas faces. Espessura total: 158 mm.
Paredes de geminação	Faces das áreas secas: duas chapas de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura. Face das áreas molháveis: duas chapas de gesso para drywall do tipo RU de 12,5 mm de espessura e revestimento de placas cerâmicas assentadas com argamassa. Quadros estruturais simples ou duplos compostos por peças de madeira serrada de 38 mm x 89 mm e chapas de OSB com 9,5 mm de espessura nas duas faces. Os quadros estruturais duplos são justapostos entre si na largura da parede com espaçamento mínimo de 5 mm. Espessura total: 271 mm.
Entrepisos	Quadro estrutural compostos por barrotes de 45 mm x 190 mm. A face superior recebe chapa de OSB de 18,3 mm de espessura nas áreas secas e molháveis e chapa de compensado do tipo naval multilaminada em madeira Pinus de 18 mm de espessura nas áreas molhadas. Sobre essas chapas, é realizado um contrapiso de base cimentícia de 40 mm de espessura e acabamento em revestimento de placas cerâmicas. A face inferior (forro) recebe camada dupla de chapas de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura.
Cobertura	Estrutura em madeira e telhas cerâmicas, apresentando beiral de 800mm de projeção horizontal. O forro é composto por camada dupla em chapa de gesso para drywall de 12,5mm de espessura, sobreposto por manta de lã de vidro com 100mm de espessura.

Fonte: Adaptado de DATec nº 020 C (2017)

O processo de produção dos painéis de paredes e entrepiso é industrializado, executado em unidade fabril em linha de produção, armazenado e transportado por meio de caminhão equipados com guindastes para o canteiro de obra. Os painéis chegam ao canteiro de obras prontos para serem alocados sobre o elemento de

fundação, o que permite uma construção rápida e sem desperdícios (Figura 1). Devido ao baixo peso das edificações, o *wood frame* não requer fundações profundas e, normalmente, a fundação do tipo radier é a mais recomendada, deixando o piso pronto para a montagem das paredes. A fundação, instalações elétricas e hidráulicas, esquadrias e revestimentos são realizados da forma convencional.

Figura 1 – Movimentação e montagem de um painel em *wood frame*



Fonte: DATec nº 020 C (2017)

Segundo Molina e Calil Junior (2010), o uso da madeira em elementos estruturais no Brasil é cercado de desconhecimentos e ideias errôneas de que construir em madeira implica em desmatamento de áreas preservadas. No entanto, a construção em madeira é baseada exclusivamente na utilização de madeira de reflorestamento, sendo extremamente racionalizada. Além disso, a indústria de reflorestamento nacional é uma das mais competitivas do mundo e há uma enorme disponibilidade de áreas no país, principalmente nas regiões Sul e Sudeste. Os benefícios da madeira vão além da sua abundância, sendo o único material renovável na construção, com baixo consumo energético para produção, absorção de carbono da atmosfera durante o período de crescimento da árvore, fácil trabalhabilidade e elevada relação peso/resistência (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

A madeira mais utilizada na estrutura das edificações em *wood frame* é de Pinus, que por ser conífera é mais leve, sem cerne e com lenho totalmente permeável ao tratamento de preservação. O tratamento mais recomendado é realizado em autoclave com produtos hidrossolúveis, tornando a madeira imune ao ataque de

fungos e cupins (VASQUES; PIZZO, 2014). Além disso, detalhamentos de projeto evitam o contato dos componentes de madeira com a umidade proveniente de água de chuva, percolação do solo, uso e lavagem dos ambientes, ou proveniente de condensação de vapor de água, como os beirais e pisos ao redor da construção, pingadeiras nas janelas e membranas de impermeabilização (VASQUES; PIZZO, 2014; DATEC n° 020, 2017).

Para Vasques e Pizzo (2014), a prática do sistema construtivo depende quase que exclusivamente do conhecimento da técnica, já que se trata de construções de alta tecnologia, qualidade, velocidade, flexibilidade e preço competitivo. Tais fatores fazem do *wood frame* um sistema construtivo extremamente competitivo, capaz de mudar a realidade brasileira em termos de habitação.

2.1.1.2 *Light steel framing*

O sistema construtivo *steel frame* surgiu como uma adaptação ao modelo americano em *wood frame* para o aço, devido à abundância do material no mercado no período pós segunda guerra mundial. Trata-se de um sistema composto por perfis de aço galvanizado formado por diversos elementos individuais ligados entre si, que suportam as cargas solicitadas na edificação e dão forma às mesmas. Assim como no sistema em *wood frame*, esses perfis compõem uma estrutura leve, que posteriormente é vedada por placas de OSB, cimentícias e de gesso, formando painéis que podem ser estruturais ou não estruturais (SANTIAGO; FREITAS, CRASTO; 2012; CASTRO; VON KRUGER, 2013; GOMES; LACERDA, 2014).

A substituição dos perfis de madeira pelos de aço é vantajosa em virtude da “maior resistência e eficiência estrutural do aço e a capacidade da estrutura de resistir a catástrofes naturais como terremotos e furacões”. Além disso, o aço é um material incombustível e reciclável, podendo ser reciclado diversas vezes sem perder suas propriedades (SANTIAGO, FREITAS; CRASTO, 2012, p.13). No entanto, a construção em aço possui valores mais elevados de emissão de CO² em função da maior energia incorporada na produção do material e custos mais elevados quando comparados ao *wood frame* (GOMES; LACERDA, 2014).

O *steel frame* foi introduzido no Brasil em 1998 com foco em edificações residenciais de médio e alto padrão. A partir daí, atraiu empreendedores buscando a racionalização da construção para reduzir o cronograma de obra, os resíduos nos canteiros e patologias no pós-obra. No entanto, há ainda um grande espaço a ser

conquistado devido à resistência natural do setor (GOMES; LACERDA, 2014; CICHINELLI, 2017).

Para que o sistema seja eficiente, o projeto arquitetônico deve considerar a modulação das placas e a sua interface com os demais subsistemas (hidráulico, elétrico, etc.) (CICHINELLI, 2017). Do mesmo modo, o dimensionamento dos perfis e o projeto estrutural devem ser realizados por profissional especializado de forma que o conjunto autoportante resista adequadamente aos esforços solicitados pela edificação. No Brasil, o projeto estrutural das edificações em *steel frame* deve atender as normas brasileiras para perfis formados a frio (NBR 14762 (ABNT, 2010) e NBR 6355 (ABNT, 2012)). Tais perfis são produzidos a partir de chapas finas com espessura entre 0,8 mm e 3,0 mm. Em geral, são utilizadas seções com formados em “C” ou “U” enrijecido para montantes e vigas e “U” para guia na base e no topo dos painéis. As alturas comercializadas para as seções U são 90 mm, 140 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm e largura de 38 mm e 40 mm. Outros perfis utilizados são as tiras planas, cantoneiras e cartolas (MEIRELLES *et al.* 2012; SANTIAGO, FREITAS; CRASTO, 2012).

O sistema construtivo *steel frame* possui duas Diretrizes SINAT (n° 003 e n° 009) e dois DATecs (n° 030 e n° 014 b), cujas composições de paredes, entrepisos e cobertura são apresentadas no Quadro 4.

O DATec n° 030, da empresa LP Brasil, engloba casas térreas ou assobradadas, isoladas e geminadas, e unidades habitacionais sobrepostas, enquanto o DATec n° 014b, da Saint-Gobain, avaliou apenas casas térreas isoladas e geminadas. Ambos os documentos, apresentam como método de execução a montagem dos painéis nos canteiros de obra, como mostra a Figura 2. Nesse caso, os elementos chegam numerados e com o tamanho correto para a montagem. Os quadros estruturais são montados fora do seu local definitivo, em central interna ou externamente ao canteiro de obras. Posteriormente, são fixados à fundação e colocados as placas de fechamento e demais instalações complementares. Embora mais demorado e com menor grau de industrialização, este é o método mais usual no Brasil. Outros métodos construtivos envolvem painéis pré-fabricados fora do canteiro e montados no local e a construção modular.

Quadro 4 - Composições de paredes, entrepisos e coberturas utilizadas em *steel frame*

Elemento	Composição	
Parede Externa	DATec n° 030	Textura acrílica, argamassa cimentícia base coat, placa cimentícia de 10 mm, chapa de OSB com 11,1 mm, quadros estruturais de perfis leves de aço zincado com dimensões nominais de 90 mm (altura/mesa) x 40 mm (largura/mesa) x 12 mm x 0,8 mm (espessura mínima) espaçados em no máximo 600 mm, núcleo de lã de vidro de 50 mm de espessura, chapa de OSB de 11,1 mm e chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura.
	DATec n° 014b	Textura acrílica, selador acrílico, placa cimentícia de 10 mm, quadros estruturais em perfis leves de aço zincado com dimensões nominais de 90 mm x 40 mm x 12 mm x 0,8 mm (espessura mínima) espaçados em no máximo 600 mm, núcleo de lã de fibra de 50 mm de espessura e chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura.
Parede Interna	DATec n° 030	Chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura, chapa de OSB com 11,1 mm, quadros estruturais em perfis leves de aço zincado com dimensões nominais de 90 mm x 40 mm x 12 mm x 0,8 mm (espessura mínima) espaçados em no máximo 600 mm, chapa de OSB com 11,1 mm de espessura e chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura. Em áreas molhadas e molháveis, a placa de gesso é do tipo RU e acabamento com revestimento cerâmico.
	DATec n° 014b	Chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura, quadros estruturais em perfis leves de aço zincado com dimensões nominais de 90 mm x 40 mm x 12 mm x 0,8 mm (espessura mínima) espaçados em no máximo 600 mm e chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura. Em áreas molhadas (banheiro), o fechamento é realizado em placa cimentícia e em áreas molháveis (cozinha e lavanderia), placa de gesso do tipo RU. Ambos os casos apresentam revestimento cerâmico e espaçamento entre montantes de no máximo 400 mm.
Paredes de geminação	DATec n° 030	Não especificado.
	DATec n° 014b	Duas chapas de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura, quadros estruturais em perfis leves de aço zincado com dimensões nominais de 90 mm x 40 mm x 12 mm x 0,8 mm (espessura mínima) espaçados em no máximo 600 mm, núcleo de lã de vidro de 50 mm e duas chapas de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura.
Entrepisos	DATec n° 030	Trelças metálicas compostas por perfis leves de aço zincado com dimensões nominais de 90 mm x 40 mm x 12 mm x 0,8 mm (espessura mínima). A face superior é formada de chapa de OSB de 18,3 mm de espessura com revestimento de filme fenólico, contrapiso de argamassa de 70 mm de espessura e revestimento de piso. A face inferior é composta de manta de lã de vidro de 50 mm de espessura e fechamento em duas chapas de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura.
	DATec n° 014b	Engloba apenas edificações térreas, portanto, não há entrepisos.
Cobertura	DATec n° 030	Não avaliada pelo documento, por ser considerada convencional.
	DATec n° 014b	Estrutura em perfis leves de aço zincado, telhas de fibrocimento de 6 mm de espessura, subcobertura aluminizada, forro em chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura e manta de lã de vidro de 50 mm de espessura posicionada sobre o forro. Na zona bioclimática 8, a manta de lã de vidro tem 100 mm de espessura. Beiral com no mínimo 600 mm de projeção horizontal.

Fonte: Adaptado de DATec n° 030 (2017) e DATec n° 014b (2018)

Figura 2 – Montagem de uma edificação em *steel frame*

Fonte: DATec n° 030 (2017)

A literatura acerca da construção em *wood frame* e *steel frame* aponta o conforto térmico como uma vantagem desses sistemas construtivos devido a utilização de materiais isolantes nos núcleos dos painéis e, portanto, aumento da resistência térmica da envoltória. No entanto, cabe ressaltar que o desempenho térmico de uma edificação pode variar muito dependendo do clima em que a mesma está inserida. Além disso, a simples adição de material isolante pode não ser suficiente para que a edificação apresente um desempenho satisfatório, podendo até mesmo causar o efeito contrário (AKUTSU *et al.*, 2013). Isso porque a resistência térmica não caracteriza completamente o desempenho térmico de uma edificação, sendo necessário associá-la à capacidade térmica. Nesse caso, a própria norma de desempenho é um obstáculo em relação aos sistemas leves ao limitar a capacidade térmica e, conseqüentemente o peso próprio das edificações.

Dessa forma, a escolha criteriosa dos materiais que compõem a envoltória é fundamental para proporcionar um ambiente agradável para os usuários das edificações. Para obtenção do DATec, as empresas detentoras dos documentos n° 020 C, n° 030 e n° 014b comprovaram ao menos o desempenho mínimo exigido pelo método de simulação da norma de desempenho. Este documento é necessário para o financiamento das obras junto aos bancos públicos. Outras composições podem ser adotadas dependendo do padrão da construção e empresa.

2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO

No Brasil, o desempenho térmico das edificações residenciais pode ser avaliado por meio de parâmetros estabelecidos pela NBR 15.575 (ABNT, 2013) e pelo Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R (BRASIL, 2012). Ambos os procedimentos apresentam dois métodos de avaliação: um simplificado e um por simulação. Segundo Chvatal (2014), o método simplificado é de grande relevância por permitir a análise de edificações mais padronizadas e com baixo nível de complexidade de forma prática. Para isso, é preciso que o método represente de forma fiel o comportamento da edificação, obtendo níveis de desempenho iguais ou inferiores ao método por simulação. Assim, não será aprovado um projeto sem o desempenho mínimo necessário. No entanto, observa-se que o método simplificado, apesar de ser uma ferramenta de aplicação rápida, pode trazer incertezas consideráveis em seus resultados devido as simplificações adotadas. Para Vollaro *et al.* (2015), as condições semi-estacionárias aplicadas em um procedimento simplificado não são capazes de analisar com precisão as condições reais. Entre as limitações dos métodos, pode-se citar a inexistência de uma modelagem com exatidão e as simplificações nas equações da demanda de aquecimento e refrigeração sem considerar as diferenciações geoclimáticas que ocorrem dentro de uma mesma zona bioclimática. Nesse sentido, o procedimento de simulação, ao fazer uma análise dinâmica, analisando as variações climáticas ao longo do tempo, leva a estimativas mais precisas do desempenho termoenergético de uma edificação, permitindo um processo de modelagem que realmente reflita a condição real do edifício. A configuração de um modelo computacional com muitos parâmetros e variáveis, como dados meteorológicos representativos do local, propriedades geométricas, físicas e térmicas dos materiais e componentes construtivos da edificação, cargas internas e sistemas de condicionamentos artificial, faz da simulação uma ferramenta bastante eficaz. Dessa forma, é possível analisar as edificações em termos de eficiência energética e entender as variáveis que mais influenciam no indicador que se quer analisar (SILVA; GHISI, 2014; SILVA; ALMEIDA; GHISI, 2017).

2.1.1 NBR 15575

A norma brasileira NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013), conhecida como norma de desempenho, foi publicada em sua primeira versão em 2008. Como o setor da construção civil não se considerava apto para absorver as mudanças propostas, a norma foi revisada em 2010, 2012 e 2013, entrando em vigor apenas em 19 de fevereiro de 2013, válida a partir de julho do mesmo ano (SORGATO et al., 2014). Inicialmente limitada a edifícios habitacionais com até cinco pavimentos, a norma tem como objetivo estabelecer requisitos mínimos de desempenho, vida útil e garantia para os sistemas que compõem as edificações qualquer que seja seu número de pavimentos. Dessa forma, a norma determina parâmetros que o edifício deve atender para que tenha o desempenho desejado (mínimo, intermediário ou superior) independente do sistema construtivo.

Com relação ao desempenho térmico, a norma apresenta três procedimentos de avaliação: simplificado (ou prescritivo), simulação e medição. O procedimento simplificado avalia o desempenho por meio de valores máximos e mínimos de transmitância e capacidade térmica para paredes e coberturas de acordo com a região do país, além da área mínima de ventilação. No caso das vedações verticais externas, a norma admite valores máximos de transmitância térmica de $2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ nas zonas bioclimáticas 1 e 2 e nas demais zonas $2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para paredes com absorptância solar da superfície externa maior do que 0,6 ou, $3,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para valores de absorptância menores. Para a capacidade térmica, são aceitos valores mínimos de $130 \text{ KJ/m}^2\cdot\text{K}$, com exceção da zona bioclimática 8 que não apresenta exigências. As coberturas são avaliadas conforme a transmitância térmica, podendo variar de $1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a $2,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Os valores de transmitância e capacidade térmica são calculados conforme o método proposto pela NBR 15220-2 (ABNT, 2005), sendo que os valores limites são apresentados na NBR 15575-4 e NBR 15575-5 (ABNT, 2013) e o zoneamento bioclimático na NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Caso a edificação não atenda aos requisitos estabelecidos, recorre-se à simulação computacional. Nesse procedimento, verifica-se o atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na parte 1 da norma por meio do uso de softwares de simulação dinâmica, validados pela ASHRAE 140 (2004). A modelagem da geometria do edifício é realizada considerando uma zona térmica por ambiente, inclusive o ático. Não são considerados ganhos internos, bem como sombreamento nas janelas e a taxa de ventilação deve ser constante e igual a uma renovação de ar

por hora. São analisados o desempenho dos ambientes de permanência prolongada (quartos e salas) nos dias típicos de verão e inverno. O critério para classificação dos níveis de desempenho é a temperatura mínima do ar no interior do ambiente e a temperatura mínima do ar externo para o inverno, ou a temperatura máxima do ar interno e externo para o verão. Caso a edificação não atinja o desempenho mínimo estabelecido, é possível refazer as simulações para as seguintes condições:

- (a) taxa de ventilação de 5 ren/h e janelas sem sombreamento;
- (b) proteção solar que reduza ao menos 50% da incidência da radiação solar no ambiente;
- (c) combinação das duas opções.

No procedimento por medição, o edifício deve atender aos requisitos e critérios também da parte 1, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos. Este método é apenas informativo e não se sobrepõe aos demais procedimentos (ABNT, 2013).

Diversos estudos questionam a relação entre os valores limites estabelecidos pela norma de desempenho e o bom desempenho térmico da edificação. Brito *et al.* (2012), Chvatal (2014), Bogo (2016) e Ferreira, Souza e Assis (2017) observaram que o procedimento simplificado da NBR 15575 (ABNT, 2013) não apresenta o rigor necessário para atender aos critérios da mesma, levando a classificações de desempenho equivocadas. Para os autores, as propriedades térmicas da envoltória (capacidade térmica, transmitância térmica e absorvância solar) devem ser verificadas de forma associada aos demais parâmetros.

Outro ponto que tem sido muito discutido é o método de simulação estabelecido pela NBR 15575 (ABNT, 2013). Sorgato *et al.* (2012), Marques e Chvatal (2013), Sorgato, Melo e Lamberts (2013), Silva *et al.* (2014), Sorgato *et al.* (2014) e Soares e Silva (2017) apontam uma série de falhas no procedimento. A desconsideração de cargas térmicas internas, utilização de estratégias bioclimáticas, tipo de céu, data do dia típico de verão e inverno, velocidade e direção do vento, algoritmo de cálculo da irradiação solar e contato do piso com o solo está fora da realidade de uso das edificações residenciais. A desconsideração desses parâmetros promove imprecisão nos resultados, o que não deveria ocorrer com as variáveis desconsideradas por um método.

Diante disso, observa-se a necessidade de rever os limites estabelecidos na norma. Há um consenso entre os pesquisadores de que a transmitância térmica deve

ser analisada de forma associada à absorvência solar. No entanto, faltam estudos que abordam com profundidade o caso da capacidade térmica. Por outro lado, o método de simulação também necessita de aperfeiçoamentos, uma vez que não representa a realidade de uso, com os hábitos e preferências da população de cada região brasileira. Parâmetros como condição de contato com o solo, variação anual de temperatura, cargas internas decorrentes da ocupação, iluminação e equipamentos e as estratégias bioclimáticas utilizadas devem ser considerados. Dessa forma, o método não permitiria ao usuário escolher valores para essas variáveis de forma a obter melhor classificação do desempenho térmico.

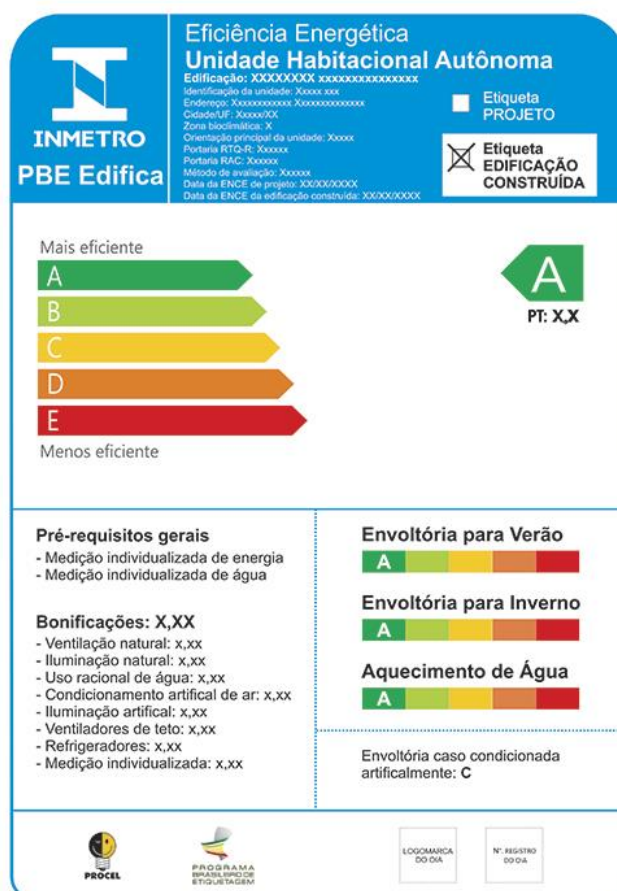
2.1.2 RTQ para edificações

A certificação energética de edifícios é uma tendência mundial, já utilizada por diversos países (CARLO; LAMBERTS, 2010). No Brasil, a certificação desenvolveu-se no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), com a participação do Inmetro e da ELETROBRAS/PROCEL. A iniciativa veio atender a Lei nº 10.295, conhecida como a “Lei da Eficiência Energética”, regulamentada pelo Decreto nº 4059 em 19 de dezembro de 2001. A lei foi elaborada devido a necessidade da criação de níveis máximos de consumo de energia ou níveis mínimos de eficiência energética para equipamentos fabricados ou comercializados no país e para as edificações construídas. A partir desse Decreto, foi criado, em 2003, o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE e, para as edificações, o Grupo Técnico para Melhoria da Eficiência Energética nas Edificações no País (GT – Edificações), com o objetivo de elaborar procedimentos para avaliar a eficiência energética das edificações brasileiras. Com base nas certificações internacionais, o GT – Edificações decidiu pela etiquetagem de edificações, criando a Secretaria Técnica de Edificações (ST – Edificações) em parceria com o Programa PROCEL Edifica, da ELETROBRAS/PROCEL, e com a participação do Inmetro (ELETROBRAS/ PROCEL Edifica; INMETRO; CB3E/UFSC, 2013).

O processo de etiquetagem de edificações comerciais, de serviço e públicas e de edificações residenciais ocorre de modos distintos. As edificações comerciais são avaliadas segundo o escopo dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), lançada em 29 de janeiro de 2009, pela Portaria nº 53. Atualmente está em vigor a Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010, complementada pelas Portarias nº 17,

de 16 de janeiro de 2012 e Portaria n° 229, de 19 de junho de 2013. As edificações residenciais unifamiliares, multifamiliares e áreas de uso comum, por sua vez, são avaliadas segundo o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), aprovado em 25 de novembro de 2010 pela Portaria n° 449 e substituído em 16 de janeiro de 2012 pela Portaria n° 18. Ambos os regulamentos especificam os requisitos técnicos e métodos para classificação de edificações quanto à eficiência energética, possibilitando a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) com níveis de classificação que variam de A (mais eficiente) à E (menos eficiente). As etiquetas podem ser concedidas na fase de projeto e para o edifício construído, sendo emitidas a ENCE de Projeto e a ENCE de Edificação Construída, respectivamente (ELETROBRAS/PROCEL Edifica, INMETRO e CB3E/UFSC, 2013). A Figura 3 apresenta um exemplo de ENCE aplicado à uma edificação autônoma.

Figura 3 – Etiqueta nacional de conservação de energia para habitações autônomas



Fonte: <http://www.procelinfo.com.br>.

As unidades habitacionais são avaliadas segundo a envoltória, o sistema de aquecimento de água e bonificações para a implementação de estratégias que aumentem a eficiência energética da mesma. No caso de edificações multifamiliares também são analisadas as áreas de uso comum, por meio da avaliação dos sistemas presentes, como iluminação, elevadores, bombas centrífugas, entre outros.

O RTQ-R estabelece dois métodos para a avaliação da eficiência energética da envoltória: o método prescritivo e o método por simulação termoenergética. Em ambos os métodos o desempenho termoenergético da envoltória é determinado por meio do indicador de graus-hora de resfriamento, consumo relativo para aquecimento e consumo relativo para refrigeração, sendo o último apenas informativo e não contabilizado para o nível de classificação da envoltória. Tais valores são determinados para cada ambiente isolado e ponderados de acordo com a área do mesmo. Posteriormente são comparados com valores de referência, resultando no Equivalente Numérico para cada caso (graus-hora de resfriamento, consumo relativo para aquecimento e consumo relativo para refrigeração). Os dois primeiros são ponderados de acordo com a zona bioclimática a qual a edificação está inserida, concluindo o Equivalente Numérico da envoltória (variando de 1 a 5) ou o nível de classificação da eficiência energética (A a E) (BRASIL, 2012).

No método por simulação, a envoltória é avaliada por meio da modelagem da geometria da habitação e simulação termoenergética computacional. As simulações são realizadas para duas condições: a edificação quando naturalmente ventilada, obtendo a eficiência para verão, e quando condicionada artificialmente, resultando no consumo relativo para aquecimento e para refrigeração. Para a simulação, o RTQ-R padroniza as condições de uso das edificações, como padrão de ocupação e iluminação, carga interna de pessoas e equipamentos, abertura de janelas, temperatura para refrigeração e aquecimento, entre outras (BRASIL, 2012). Essa padronização de configurações é necessária para possibilitar a comparação de resultados entre a edificação analisada e a edificação de referência estipulada pelo regulamento (ALMEIDA, 2014).

No método prescritivo, os indicadores de desempenho são calculados por meio de equações de regressão linear múltipla com base em parâmetros construtivos (propriedades das aberturas e contato das superfícies com o exterior), térmicos (transmitância térmica, absorvância solar e capacidade térmica dos elementos construtivos) e geométricos (área dos ambientes e das paredes, áreas envidraçadas,

áreas de abertura para ventilação, pé direito e volume). As equações foram elaboradas a partir do método de simulação computacional, gerando equações diferentes para cada uma das oito zonas bioclimáticas (VERSAGE, 2011). Dessa forma, foram fixados os padrões de ocupação e iluminação, carga internas e outras configurações padronizados no procedimento de simulação. Além disso, a edificação deve atender alguns pré-requisitos, como valores limites para absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica, áreas mínimas para ventilação nos ambientes de permanência prolongada e áreas mínimas para iluminação natural (BRASIL, 2012).

Assim como a norma de desempenho, o método prescritivo do RTQ-R estabelece, como um dos pré-requisitos, o valor de capacidade térmica mínimo de $130 \text{ KJ/m}^2\cdot\text{K}$. Caso contrário, a edificação atinge apenas nível C de classificação energética, representando um baixo desempenho térmico. Essa limitação no nível da classificação é um obstáculo para a avaliação de sistemas construtivos leves, já que dificulta a avaliação da tecnologia.

Os estudos de Van Der Knapp (2011), Pouey, Brandalise e Silva (2012), Silva Almeida e Ghisi (2013), Silva e Ghisi (2014) e Fossati et al. (2016) demonstram as vantagens do método de simulação do RTQ-R sobre o método prescritivo e até mesmo sobre o de simulação da NBR 15575 (ABNT, 2013). Apesar de mais complexo, o método tem sido muito utilizado para avaliação de sistemas construtivos e estratégias bioclimáticas associadas à edificação. A consideração de fatores importantes como a influência do usuário e a evolução do clima ao longo do ano levam a resultados bastante satisfatórios, permitindo definir as melhores estratégias para cada edificação. Comparado aos demais métodos de avaliação, a simulação do RTQ-R tem sido pouco questionada na comunidade acadêmica, sendo atualmente a forma mais precisa de avaliar uma edificação no país. Dessa forma, o presente trabalho contempla o método de simulação do RTQ-R, juntamente com a análise de sensibilidade discutida na seção 2.1.3.

2.1.3 Análise de sensibilidade

A forma de análise mais comum dos estudos relacionados à otimização do desempenho térmico e eficiência energética de edificações baseia-se no princípio “E se”. A abordagem “E se”, denominada análise de sensibilidade, consiste em analisar a variação na resposta de um sistema quando ocorrem perturbações nos parâmetros

de entrada (SILVA; GHISI, 2013; ALMEIDA, 2014). Dessa forma, a análise de sensibilidade aplicada em um modelo fornece informações sobre quais os parâmetros de entrada têm um impacto significativo nos dados de saída da simulação, permitindo direcionar esforços em fatores que são responsáveis pela maior variabilidade dos resultados (MECHI; CAPOZZOLI; CORRADO, 2010).

De acordo com Breesch e Janssens (2010) e Silva e Ghisi (2013), a análise de sensibilidade pode ser classificada em três tipos: análise por triagem, análise local e análise global. O método de triagem é utilizado para classificar qualitativamente os parâmetros que controlam a maior parte da variabilidade dos dados de saída em situações em que há um grande número de parâmetros de entrada. O método consiste em variar os parâmetros de entrada individualmente em dois níveis extremos, enquanto para os demais são utilizados valores médios. Comparando o resultado obtido com um valor padrão e com os valores extremos é possível obter a influência de primeira ordem do parâmetro. O método é útil para análises preliminares, no entanto é incompleto por não considerar a interação entre os mesmos (HEISELBERG *et al.*, 2009; BREESCH; JANSSENS, 2010; SILVA, GHISI, 2013).

A análise local baseia-se na variação de um parâmetro em diversos níveis, mantendo-se todos os demais parâmetros constantes. Como resultado, obtêm-se a tendência do parâmetro analisado em cada nível. Dessa forma, o método investiga quantitativamente o impacto local das incertezas do dado de entrada nos resultados do modelo. Assim como a análise por triagem, a análise local não considera a correlação entre os diversos parâmetros de projeto. Além disso, o método não é recomendado para modelos não lineares (HEISELBERG *et al.*, 2009; BREESCH; JANSSENS, 2010; SILVA, GHISI, 2013).

A análise global, por sua vez, é o método mais completo e complexo devido a variação de todos os parâmetros simultaneamente. Nesse caso, é selecionado um conjunto de parâmetros e os dados de saída obtidos permitem determinar a sensibilidade de cada parâmetro individualmente por meio de tratamentos estatísticos. Com isso, obtêm-se quantitativamente a influência dos parâmetros, considerando também a interação entre diversos parâmetros de projeto. Há diversas formas de se promover uma abordagem de sensibilidade global, incluindo a análise de regressão linear, por amostragem aleatória, análise de variância (ANOVA) e os meta-modelos (HEISELBERG *et al.*, 2009; TIAN, 2013; SILVA, GHISI, 2013).

Em geral, a metodologia para implementação da análise de sensibilidade é a mesma para diferentes tipos de aplicações. Os passos básicos para análise de desempenho de edifícios incluem: definição dos parâmetros variáveis; criação dos modelos de simulação energética do edifício; execução dos modelos; coleta dos dados; execução da análise de sensibilidade e apresentação dos resultados (TIAN, 2013).

A seguir são apresentados alguns estudos que utilizaram a análise de sensibilidade para análise de desempenho termoenergético de edifícios, em especial na investigação da influência de parâmetros termofísicos variáveis.

Mara e Tarantola (2008) empregaram a análise de sensibilidade para calibrar uma célula-teste, construída para validação do modelo. Os autores utilizaram a análise de variância o método de Sobol' para avaliar a influência de 35 parâmetros, em dois níveis de variação, para dez variáveis dependentes. Observou-se que apenas dez parâmetros e suas interações foram responsáveis em promover um ajuste adequado entre os valores previstos e os dados de medição. Nesse caso, os parâmetros mais influentes foram a absorvância solar das paredes externas, o albedo e o coeficiente de convecção de superfícies à sotavento.

Mechri, Capozzoli e Corrado (2010) investigaram por meio da análise de variância o desempenho termoenergético de um edifício típico de escritórios. Os autores analisaram seis parâmetros de projeto para cinco cidades em diferentes zonas climáticas da Itália. Para o consumo com aquecimento, os parâmetros mais influentes foram a área de abertura para iluminação e o índice de compactidade. Em relação ao consumo de energia com refrigeração, a área de abertura para iluminação novamente demonstrou maior influência, enquanto o índice de compactidade, orientação e sombreamento apresentaram um impacto pequeno. A absorvância solar, no entanto, apresentou uma influência insignificante no consumo de energia tanto para aquecimento quanto refrigeração. Os autores concluem que a contribuição dos parâmetros de projeto da edificação está diretamente relacionada com o clima do país e dependem da taxa em que cada parâmetro varia.

Silva e Ghisi (2013) analisaram a sensibilidade global pelos métodos dos Coeficientes de Regressão Padronizados e Coeficientes de Correlação Parcial de 15 parâmetros termofísicos de uma edificação residencial localizada em Florianópolis, SC. As simulações foram configuradas conforme o RTQ-R, sendo as variáveis de saída o grau-hora de resfriamento, consumo relativo com aquecimento e com

refrigeração. Os resultados mostraram que a influência dos parâmetros depende da variável analisada. Para o grau-hora de resfriamento, os parâmetros mais influentes foram a absorvância solar da cobertura, transmitância térmica da cobertura e contato da cobertura com o exterior. Na análise do consumo relativo com aquecimento, por sua vez, a emissividade da cobertura, a transmitância térmica das paredes externas e da cobertura mostraram-se mais influentes. No consumo relativo com refrigeração, os parâmetros mais influentes foram a emissividade, capacidade térmica e absorvância solar da cobertura. Os autores concluem que há dificuldades em se propor estratégias de eficiência energética para as edificações, uma vez que os parâmetros influentes divergem de uma variável para outra.

Da mesma forma, Almeida (2014) investigou a influência de parâmetros físicos e geométricos nas variáveis dependentes do RTQ-R de cinco tipologias representativas para habitações localizadas em Florianópolis, SC. Para o indicador grau-hora de resfriamento, os parâmetros mais influentes foram a absorvância solar das paredes externas e da cobertura. No caso do consumo relativo com aquecimento, a transmitância térmica das paredes externas e o contato da cobertura com o exterior foram mais influentes. Para o consumo relativo com refrigeração, a absorvância solar das paredes externas, a transmitância térmica das paredes externas e o contato do piso da habitação com o solo demonstraram maior influência. Não foram observadas diferenças relevantes na ordem de influência dos fatores entre as tipologias representativas.

Silva, Almeida e Ghisi (2016) utilizaram a análise de sensibilidade no processo de tomada de decisões de sistema construtivo em 4 cidades brasileiras (Belém, Campo Grande, Curitiba e Florianópolis). Os autores seguiram o método de conforto adaptativo da ASHRAE 55, empregando como indicadores de desempenho os grau-hora de resfriamento e aquecimento e o consumo de energia para resfriamento e aquecimento. A análise de sensibilidade foi realizada pelo método de Morris em dois cenários: edificação naturalmente ventilada e híbrida. Em geral, para os grau-hora de resfriamento as variáveis mais importantes foram a absorvância solar de coberturas e paredes e a transmitância térmica da cobertura. Para o consumo relativo para resfriamento, a absorvância solar e capacidade térmica das coberturas e paredes apresentaram as maiores influências, exceto para Curitiba onde as propriedades das paredes externas mostraram-se mais relevantes. Para o grau-hora e consumo de energia para aquecimento, no entanto, foi observado maior divergência entre as

variáveis mais importantes, destacando-se as propriedades das paredes externas e transmitância térmica da cobertura.

Observa-se que os parâmetros mais influentes variam de acordo com as características das edificações e com o clima local. O estudo de influência de parâmetros variáveis mostra-se relevante na análise termoenergética de edificações por apresentar os fatores que devem ser priorizados na otimização do desempenho e aqueles que podem ser desconsiderados. No caso de edifícios de baixa capacidade térmica, essa abordagem pode ser útil para determinar estratégias que possam suprir esta propriedade térmica de forma eficiente, promovendo um desempenho termoenergético semelhante ou superior a edifícios pesados. Dessa forma, a utilização de sistemas construtivos leves não é prejudicada em termos de consumo de energia e conforto para seus usuários.

2.3 ESTUDOS SOBRE O DESEMPENHO TÉRMICO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS LEVES

Sabe-se que a capacidade térmica de uma envoltória é um parâmetro importante para controle das trocas de calor da edificação, por meio do atraso na condução do calor para o interior dos ambientes. A utilização de materiais de alta inércia térmica em um sistema de fechamento atua diminuindo a amplitude de temperatura do ar interno em relação à temperatura externa. O mesmo não ocorre em edificações com materiais de fechamento de baixa inércia térmica, cuja temperatura interna sofre grande influência das condições climáticas externas (SOUZA; AMPARO; GOMES, 2011).

Segundo Dornelles e Roriz (2003) e Souza, Amparo e Gomes (2011), o uso de materiais com elevada capacidade térmica é recomendado para locais onde predomina o clima quente e seco, com temperaturas altas durante o dia e mais baixas durante a noite. Da mesma forma, Brito *et al.* (2010) aconselham o uso de elementos de alta inércia para locais com amplitude térmica acima de 10°C, o que permite o armazenamento de calor durante o dia e liberação a noite.

Apesar da falta de capacidade térmica, os sistemas construtivos leves apresentam diversas vantagens que devem ser consideradas na escolha do envelope da edificação. Nesse caso, é importante a utilização de estratégias para melhorar o desempenho térmico dessas edificações. Como o sistema construtivo é composto por

painéis de fechamento em multicamadas é possível adaptar a composição dos mesmos como uma forma de se obter melhor desempenho (THOMAS; DING, 2018).

Outro fator importante a se considerar é a grande extensão territorial do Brasil, abrangendo uma diversidade climática que vai desde regiões com verão e inverno bem definidos a regiões com temperaturas altas durante o ano inteiro. Assim, se um sistema construtivo não apresenta bom desempenho para determinada zona bioclimática, pode apresentar características ideais para outra zona. Por isso, é imprescindível considerar o local onde a edificação será construída para a escolha do sistema construtivo e estratégias a serem adotadas.

A seguir são relatados alguns estudos que abordam o desempenho térmico de edificações com sistemas construtivos leves e as estratégias mais abordadas.

Krüger e Zannin (2006) avaliaram o desempenho térmico de uma edificação com painéis duplos de madeira reconstituída e uma de painéis monolite (placa de EPS entre telas de aço com aplicação de argamassa em ambas as faces) para o clima de Curitiba (Zona Bioclimática 1). Os autores observaram que na edificação em madeira as temperaturas internas acompanharam as temperaturas mais altas, amortecendo de certa forma as temperaturas mais baixas, enquanto o sistema em monolite promoveu um expressivo amortecimento dos picos de temperatura, reduzindo a amplitude térmica diária. Dessa forma, os materiais usados na envoltória foram determinantes nos ganhos e perdas de calor da edificação e na capacidade de armazenar e reter calor, sendo que a maior inércia dos painéis monolite mostrou-se favorável a um bom desempenho térmico. Para os autores, um sistema construtivo considerado ideal deve ter características termofísicas intermediárias, não amortecendo tanto o interior de modo a dificultar o ganho de calor nos dias frios e não sendo tão permeável à passagem da onda de calor.

Embora Krüger e Zannin (2006) tenham observado um baixo desempenho térmico no sistema construtivo leve, Amorin e Vieira (2016) e Thomas e Ding (2018) obtiveram resultados semelhantes a alvenaria cerâmica. Além disso, Thomas e Ding (2018) observaram uma redução da carga térmica com o aumento da área bruta da edificação, o que pode ser causado por menores áreas na cobertura nos edifícios de dois pavimentos e maior eficiência térmica dos ambientes em pavimentos térreos devido ao isolamento do piso. Por fim, os autores concluem que é possível alcançar desempenho térmico similar às construções de materiais pesados por meio de mudanças na envoltória da edificação.

Rossi e Rocco (2014) observaram que valores adequados de capacidade térmica interna podem reduzir a demanda de energia para condicionamento dos ambientes. No entanto, o parâmetro nem sempre é suficiente para garantir paredes externas energeticamente eficientes. Notou-se que os valores de referência para a capacidade térmica interna foram dependentes não apenas da transmitância térmica periódica (relacionada à transmitância térmica, atraso térmico e fator de decréscimo térmico), mas também das condições climáticas locais e do peso da parede. Dessa forma, o parâmetro pode ser alterado com mudanças simples, como redução da transmitância térmica da parede e a utilização de materiais com maior densidade e maior calor específico na face interna da mesma de forma a favorecer a absorção da carga térmica interna.

Utilizando esse conceito de adição camadas pesadas no enquadramento leve de madeira, Tonelli e Grimaudo (2014) desenvolveram uma composição de parede leve em madeira para o clima mediterrâneo, com uma camada interna com massa térmica em contato direto com o ambiente e uma camada externa com isolamento térmico. Assim, no verão o sobreaquecimento da edificação é absorvido pela massa das paredes, ao mesmo tempo que o isolamento das paredes dificulta as trocas de calor, o que mantém as temperaturas internas mais baixas. A ventilação noturna auxilia na retirada da energia térmica acumulada durante o dia, impedindo a dissipação do calor da massa térmica das paredes no interior dos ambientes durante a noite. O mesmo ocorre no inverno, com o acúmulo de calor resultante dos ganhos de calor pelas janelas, pessoas e equipamentos na massa térmica das paredes, sendo liberado nos ambientes no período noturno. Dessa forma, a massa contribuiu para reduzir as oscilações de temperaturas internas, mostrando-se uma boa alternativa para melhorar o desempenho térmico de paredes leves sem perder as vantagens proporcionadas pelo sistema construtivo e pela industrialização da construção.

Pajek *et al.* (2017) chegaram a mesma conclusão ao realizar uma análise aprofundada sobre o comportamento de vários sistemas construtivos leves em madeira. Os autores observaram que construções leves bem isoladas possuem melhor comportamento em climas com verões mais brandos. Em climas muito quentes mesmo sistemas leves aprimorados com PCM ou ainda adequadamente ventilados naturalmente, não são suficientes para o conforto térmico interno, apontando a necessidade de refrigeração mecânica. Os resultados também demonstraram que a ventilação apropriada tem uma relevância maior no desempenho térmico de sistemas

leves em comparação com o aumento da capacidade térmica ou aplicação de PCM. Por fim, os autores sugerem superfícies de paredes internas com maior capacidade térmica para melhores respostas térmicas do envelope da edificação.

Adekunle e Nikolopoulou (2016) obtiveram, por meio de questionários, monitoramento e simulação, altas taxas de satisfação em relação as condições térmicas internas de edificações em *wood frame* no sudeste da Inglaterra. Alguns parâmetros mostraram-se influentes nos níveis de conforto térmico, como a orientação solar e o nível do piso. Ambientes na face sul e em níveis superiores, assim como como altura do pé direito, parecem influenciar na ocorrência de temperaturas mais altas. A interação do usuário com a edificação é outra variável que interfere na sensação de conforto térmico, incluindo a abertura de janelas e portas para ventilação natural, utilização de ventiladores e venezianas para sombreamento. Em relação ao superaquecimento, foi observado que a edificação com materiais leves, como a de madeira pré-fabricada, apresenta riscos de superaquecimento no verão mais frequentes quando comparada a edificações com materiais pesados de estudos prévios. Dessa forma, é fundamental utilizar-se de estratégias para dissipação das cargas internas e incorporar ao projeto do edifício medidas para aumentar o conforto adaptativo dos ocupantes.

O aproveitamento da inércia térmica do solo, ventilação e sombreamento mostraram-se estratégias eficazes para redução dos níveis desconforto térmico. Souza, Amparo e Gomes (2011) observaram temperaturas até 1,5° C mais baixas quando o ambiente está em contato com o solo, enquanto a ventilação causou uma redução média de temperatura de 3,5° C. Dessa forma, combinando a ventilação com a inércia térmica do solo obtêm-se temperaturas mais baixas e, conseqüentemente, menor somatório de graus-hora de resfriamento. No caso do sombreamento, foram observadas reduções de temperatura interna inferiores as obtidas pelo uso da inércia térmica do solo.

Da mesma forma, Brito *et al.* (2013), ao comparar as respostas térmicas de uma edificação térrea e um sobrado em *wood frame*, verificaram que o contato com o solo causou uma redução dos picos de temperatura, indicando o aumento da inércia térmica. O sombreamento das janelas e a ventilação dos ambientes também contribuíram com menores amplitudes diárias e temperaturas inferiores nos ambientes, principalmente quando em contato com o solo. Os autores concluem que nos sistemas leves a redução das temperaturas máximas promovidas pelas

estratégias analisadas pode ser um diferencial para que o sistema construtivo atenda as exigências da norma de desempenho. Assim, em locais que demandam por inércia térmica, a escolha de uma tipologia térrea pode ser essencial para a obtenção de condições térmicas aceitáveis no interior de uma edificação.

Awad *et al.* (2014), por sua vez, estudaram a redução das pontes térmicas entre os meios interno e externo provocadas pela alta condutividade dos materiais estruturais comparada aos isolantes térmicos utilizados no interior dos painéis de *wood frame*. Foram analisados cinco sistemas de fechamento: dois sistemas com montantes de madeira compensada em perfil I espaçados em 304,8 mm e 406,4 mm respectivamente, dois sistemas de montantes 38 mm x 140 mm escalonados com os mesmos espaçamentos dos casos anteriores e um sistema base com montantes de seção retangular 38 mm x 184 mm espaçados em 304,8 mm. O sistema com perfis I espaçados em 406,4 mm apresentou a maior resistência térmica, seguido do sistema de montantes escalonados com espaçamento de 304,8 mm. No entanto, os valores de resistência térmica obtidos não foram constantes para cada sistema de parede, reduzindo seu valor com o aumento da temperatura externa. Em relação ao desempenho estrutural, o sistema convencional apresentou a maior capacidade de carga. Assim, os autores recomendam o uso de perfis I em paredes não estruturais por conta da maior eficiência energética, sugerindo estudos mais efetivos a respeito das conexões de forma a encontrar um equilíbrio entre desempenho térmico e estrutural.

Pelaz *et al.* (2017) avaliaram o comportamento da madeira aplicada em fachadas de *wood frame* e CLT (*cross laminated timber*). Os autores constataram diferentes valores de condutividade para as amostras de madeira, dependendo do tipo de tratamento empregado e da temperatura em consideração. Quando aplicada em uma edificação, a forma do material e o sistema de montagem se mostraram influentes nos valores de condutividade, uma vez que as folgas na montagem geraram pontes térmicas. Analisando a edificação como um todo, a variação dos valores de condutividade térmica provocou uma diferença na perda de calor pelas paredes externas e, conseqüentemente, no consumo de energia, sendo mais expressiva para o sistema construtivo em CLT. Nota-se que a análise aprofundada do sistema da envoltória e a caracterização do material é um recurso interessante para evitar perdas de calor pela envoltória, principalmente para um sistema construtivo leve que necessita de baixos valores de transmitância térmica.

Observa-se que é consenso entre os pesquisadores que a baixa capacidade térmica dos sistemas construtivos leves pode promover um baixo desempenho térmico, principalmente em climas quentes. Nesse sentido, várias estratégias têm sido estudadas a fim de suprir a falta de massa térmica dessas edificações. Medidas como a utilização de materiais isolantes, o aproveitamento da inércia térmica do solo, o uso de camadas mais pesadas na face interna das paredes, a redução de pontes térmicas, o sombreamento de aberturas e uso da ventilação natural são apontadas como saídas para melhorar o desempenho termoenergético de uma edificação. No entanto, estas estratégias, quando isoladas, não são suficientes para garantir uma boa resposta térmica do sistema. Pelo contrário, é necessário avaliar todo o conjunto da envoltória, o que depende muito da cultura e clima do local. Apesar disso, observa-se que muitos estudos não se preocupam em caracterizar o envelope da edificação, definindo os materiais que compõem os elementos de fechamento. Isso pode ser um problema ao se confrontar com a diversidade de opções de paredes, pisos e coberturas utilizadas. Nesse sentido, percebe-se que faltam estudos que analisem com profundidade a interação entre diferentes elementos da envoltória e demais estratégias. Nesse caso, uma análise de sensibilidade global poderia mostrar as melhores formas de se construir uma edificação leve, promovendo elevados níveis de desempenho termoenergético.

3 MÉTODO

Este capítulo expõe a abordagem utilizada para a realização desta pesquisa, incluindo a definição do objeto de estudo, simulação computacional e análise de sensibilidade.

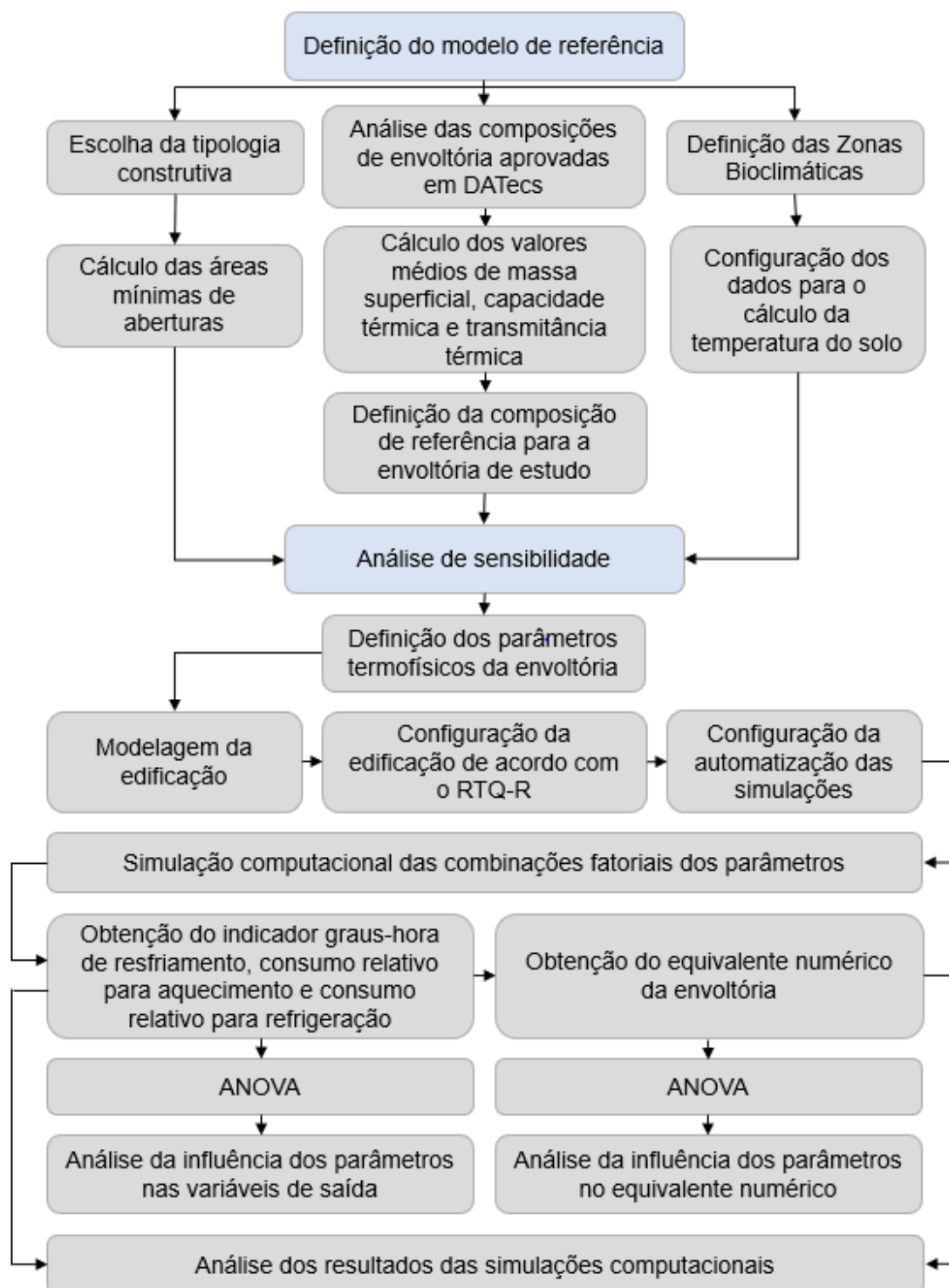
A definição do objeto de estudo consistiu na definição da tipologia de habitação adotada, escolha das características construtivas e zonas bioclimáticas analisadas.

A segunda parte do método compreende a descrição do processo de simulação computacional utilizado no processamento dos dados da análise de sensibilidade, assim como na análise de desempenho termoenergético das edificações de envoltória leve.

A terceira parte do método consiste na análise de sensibilidade para determinação da influência dos parâmetros termofísicos. Este item compreende a determinação dos parâmetros analisados, seus níveis e valores de variação, além do processamento dos dados e análise de variância. Por fim, serão selecionadas as melhores e piores combinações em termos de desempenho termoenergético para análise individual.

A Figura 4 ilustra o fluxograma do processo de realização da pesquisa, o qual será detalhado nos itens a seguir.

Figura 4 - Fluxograma do método de pesquisa



Fonte: A autora (2018)

3.1 DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

3.1.1 Tipologia e geometria

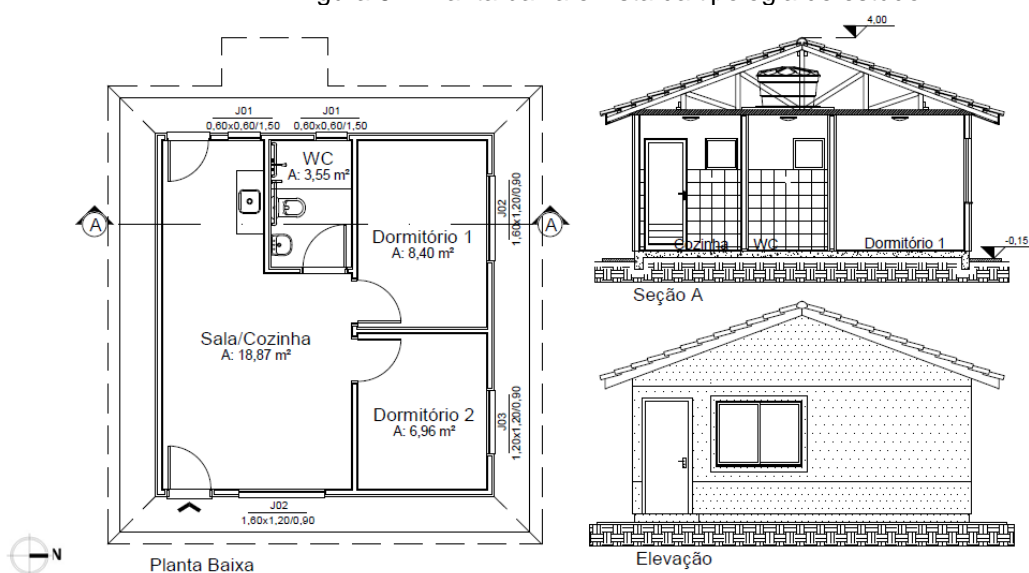
A tipologia definida consiste em uma habitação de interesse social desenvolvida por uma empresa especializada em edificações em *wood frame* e aplicada em um protótipo construído na Universidade Estadual de Londrina em 2013 (Figura 5). A habitação possui área útil total de 41,3 m², dividida em dois dormitórios, sala e cozinha conjugadas e banheiro, como apresentado na Figura 6 .

Figura 5 - Habitação em *wood frame* construída na Universidade Estadual de Londrina



Fonte: A autora

Figura 6 – Planta baixa e vista da tipologia de estudo



Fonte: A autora

O projeto segue as especificações mínimas estabelecidas pela Caixa Econômica Federal para o Programa Minha Casa, Minha Vida em 2013, ano de

execução do protótipo. Foram respeitados ainda os requisitos mínimos de ventilação e iluminação natural propostos pela NBR 15575 (2013) e RTQ-R (BRASIL, 2012). O percentual de áreas mínimas para ventilação dos ambientes de permanência prolongada é apresentado na Tabela 1. São considerados ambientes de permanência prolongada a sala/cozinha e os dois dormitórios.

Tabela 1- Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente

Percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso			
	ZB1 a ZB6	ZB7	ZB8
NBR 15575:2013	$A \geq 7\%$	$A \geq 7\%$	$A \geq 12\%$ - Região norte do Brasil $A \geq 8\%$ - Região nordeste e sudeste do Brasil
RTQ-R	$A \geq 8\%$	$A \geq 5\%$	$A \geq 10\%$

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15575 (2013) e Brasil (2012)

Assim, os ambientes de permanência prolongada atenderam a área mínima para ventilação de 10% da área do piso de forma a abranger todas as zonas bioclimáticas analisadas, como apresentado na seção 3.1.3. Além disso, a habitação possui ventilação cruzada proporcionada pelo sistema de aberturas internas e externas, atendendo a proporção de aberturas indicada na Equação 1.

$$\frac{A_2}{A_1} \geq 0,25 \quad (1)$$

Onde:

A_1 : é o somatório das áreas efetivas de abertura para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior abertura para ventilação [m²];

A_2 : é o somatório das áreas efetivas de abertura para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações [m²].

Quanto à iluminação, a soma das áreas efetivas de aberturas para iluminação natural dos ambientes atende ao mínimo de 12,5% da área útil conforme o RTQ-R (BRASIL,2012). As dimensões das aberturas e suas áreas efetivas para ventilação e iluminação são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Dimensões de aberturas para ventilação e iluminação

Ambiente	Área do ambiente [m ²]	Dimensões das aberturas [m]	Tipo	Área para ventilação [m ²]	Porcentagem de área para ventilação	Área para iluminação [m ²]	Porcentagem de área para iluminação	Relação A2/A1
Sala/Cozinha	18.87	1,60 x 1,20 m (sala)	Correr 2 folhas	0,864	11,1%	1,536	14,6%	1,21
		0,60 x 0,60 m (cozinha)	Maxim-ar	0,288		0,288		
		1,55 x 0,67 m (porta com folha móvel)	Abrir 1 folha	0,935		0,935		
Dormitório 1	8.4	1,60 x 1,20 m	Correr 2 folhas	0,864	10,3%	1,536	18,3%	
Dormitório 2	6.96	1,20 x 1,20 m	Correr 2 folhas	0,864	12,4%	1,536	22,1%	

Fonte: A autora

3.1.2 Modelo de referência

A definição do modelo de referência, denominado caso-base, partiu da análise das composições de paredes e coberturas aprovadas em DATecs. Foram considerados os sistemas construtivos *wood frame* e *steel frame*, representados pelos DATecs nº 020 C, nº 030 e nº 014 b. Para a constituição dos elementos da envoltória, procurou-se adotar uma composição média em relação as propriedades térmicas de parede externa, parede interna e cobertura entre as utilizadas comercialmente no Brasil.

Tendo em vista a estruturação da edificação, escolheu-se trabalhar com a madeira pela vantagem adicional de ser um material totalmente renovável e abundante no país, além de não emitir CO₂ na fase de produção do material quando comparado ao aço. Além disso, a tipologia adotada foi desenvolvida para o sistema construtivo *wood frame*, representando o objeto de estudo desse trabalho. Cabe ressaltar que a diferença básica entre os sistemas construtivos se constitui no material da estrutura da edificação, podendo utilizar os mesmos materiais no fechamento da envoltória. Desta forma, o estudo é representativo para ambos os sistemas construtivos.

Para o fechamento da envoltória, o desenvolvimento da composição média baseou-se nos materiais de envoltória utilizados e em valores médios de massa superficial, capacidade térmica e transmitância térmica. O cálculo dos valores de capacidade térmica e transmitância térmica de cada elemento de fechamento segue o método da NBR 15220 (ABNT, 2005), considerando as propriedades térmicas apresentadas na mesma. A massa superficial das paredes e coberturas, por sua vez, foi determinada por meio do somatório da massa superficial de cada elemento da

composição. Com base nos valores médios, buscou-se uma composição que pudesse representar de forma aproximada uma parcela significativa das edificações construídas no país. Essa análise partiu do princípio da envoltória em multicamadas, permitindo a inclusão ou exclusão de camadas até a obtenção dos valores desejados.

Os Quadros 5, 6 e 7 apresentam as composições aprovadas em DATecs para paredes e coberturas de sistemas construtivos considerados leves e suas respectivas propriedades. Ressalta-se que os sistemas construtivos foram classificados como leves de acordo com a massa superficial dos elementos da envoltória, considerando o limite 60 kg/m² proposto pela NBR 15575 (ABNT, 2013). Apesar da composição referente ao DATec n° 020 C apresentar massa superficial acima do limite, o sistema construtivo foi considerado nas análises devido as suas características e possibilidade de redução de peso principalmente para edificações térreas.

Quadro 5 - Composição e propriedades termofísicas de paredes externas em edificações leves no Brasil

Referência	Composição das paredes externas	M _s [kg/m ²]	C _T [kJ/m ² ·K]	U [W/m ² ·K]
DATec n° 020 C	Textura acrílica com 3 mm de espessura + argamassa cimentícia base coat com 5 mm + placa cimentícia de 8 mm + chapa de OSB com 9,5 mm + quadros estruturais compostos por peças de madeira serrada de 38 mm x 140 mm espaçados em no máximo 600 mm + chapa de OSB com 9,5 mm de espessura + duas chapas de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura.	63,97	76	1,76
DATec n° 030	Textura acrílica + argamassa cimentícia base coat + placa cimentícia de 10 mm + chapa de OSB com 11,1 mm + quadros estruturais em perfis leves de aço zincado com dimensões nominais de 90 mm (altura/mesa) x 40 mm (largura/mesa) x 12 mm x 0,8 mm (espessura mínima) espaçados em no máximo 600 mm + núcleo de manta de lã de fibra de vidro de 50 mm de espessura + chapa de OSB com 11,1 mm de espessura + chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura.	58,28	75	0,61
DATec n° 014 b	Textura acrílica + selador acrílico + placa cimentícia de 10 mm + quadros estruturais em perfis leves de aço zincado com dimensões nominais de 90 mm (altura/mesa) x 40 mm (largura/mesa) x 12 mm x 0,8 mm (espessura mínima) espaçados em no máximo 600 mm + núcleo de manta de lã de fibra de vidro de 50 mm de espessura + chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura.	43,16	40	0,68
Média		55,14	64	1,02

Fonte: Adaptado de DATec n° 020 C (2017), DATec n° 030 (2017) e DATec n° 014b (2018)

Quadro 6 - Composição e propriedades termofísicas de paredes internas em edificações leves no Brasil

Referência	Composição das paredes internas	M _s [kg/m ²]	C _T [kJ/m ² ·K]	U [W/m ² ·K]
DATec n° 020 C	Duas chapas de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura + chapa de OSB com 9,5 mm de espessura + quadro estruturais compostos por peças de madeira serrada de 38 mm x 89 mm + chapa de OSB com 9,5 mm de espessura + duas chapas de gesso para drywall de 12,5 mm	53,22	63	1,64
DATec n° 030	Chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura + chapa de OSB com 11,1 mm + quadros estruturais em perfis leves de aço zincado com dimensões nominais de 90 mm x 40 mm x 12 mm x 0,8 mm (espessura mínima) espaçados em no máximo 600 mm + chapa de OSB com 11,1 mm de espessura + chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura	35,85	51	1,85
DATec n° 014 b	Chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura + quadros estruturais em perfis leves de aço zincado com dimensões nominais de 90 mm x 40 mm x 12 mm x 0,8 mm (espessura mínima) espaçados em no máximo 600 mm + chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura.	20,73	16	2,44
Média		36,60	43	1,98

Fonte: Adaptado de DATec n° 020 C (2017), DATec n° 030 (2017) e DATec n° 014b (2018)

Quadro 7 - Composição e propriedades termofísicas de coberturas em edificações leves no Brasil

Referência	Composição da cobertura	M _s [kg/m ²]	C _T [kJ/m ² ·K]	U [W/m ² ·K]
DATec n° 020 C	Telhas cerâmicas + câmara de ar + manta de lã de vidro com 100mm de espessura + camada dupla em chapa de gesso para drywall de 12,5mm de espessura.	59,79	53	0,37
DATec n° 030	-	-	-	-
DATec n° 014 b	Telhas de fibrocimento de 6 mm de espessura, subcobertura aluminizada + forro em chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura e manta de lã de vidro de 50 mm de espessura posicionada sobre o forro.	20,78	17	0,51
Média		40,29	35	0,44

Fonte: Adaptado de DATec n° 020 C (2017), DATec n° 030 (2017) e DATec n° 014b (2018)

Nota-se que as composições de paredes (Quadros 5 e 6) dos documentos n° 020 C e n° 030 são similares, diferindo basicamente na utilização de uma chapa extra de gesso acartonado, ausência de material isolante e no material dos quadros estruturais pelo DATec n° 020 C. O DATec n° 014b, por sua vez, apresenta uma composição inferior aos dois primeiros, caracterizada pela ausência de placas de OSB junto aos quadros estruturais. Tais placas apresentam função estrutural, atuando como contraventamento das paredes e suportando as cargas de móveis suspensos.

Em relação às coberturas, cada documento, com exceção do DATec n° 030, apresenta uma composição com características próprias e distintas entre si. O DATec n° 020 C prioriza materiais mais pesados com telhas cerâmicas e forro em placa dupla de gesso acartonado. Já o DATec n° 014 b utiliza uma emissividade baixa, promovida

pela subcobertura aluminizada, como estratégia para reduzir o fluxo de calor pela cobertura. Ambas as coberturas se beneficiam da presença de material isolante para a redução da transmitância térmica, com espessuras de 100 mm e 50 mm respectivamente. Nota-se que a utilização de materiais mais espessos, tanto no material isolante quanto nas telhas e forro, promoveu um valor mais baixo de transmitância térmica quando comparado à baixa emissividade da cobertura. Sendo a transmitância térmica a capacidade do elemento em transmitir calor, este fato poderia levar a conclusão de que o sistema construtivo nº 020 C apresenta um desempenho superior ao nº 014 b. No entanto, salienta-se que a transmitância térmica sozinha não é o suficiente para determinar a eficiência da envoltória. O DATec nº 030 não apresenta a composição de cobertura adotada por ser considerada convencional.

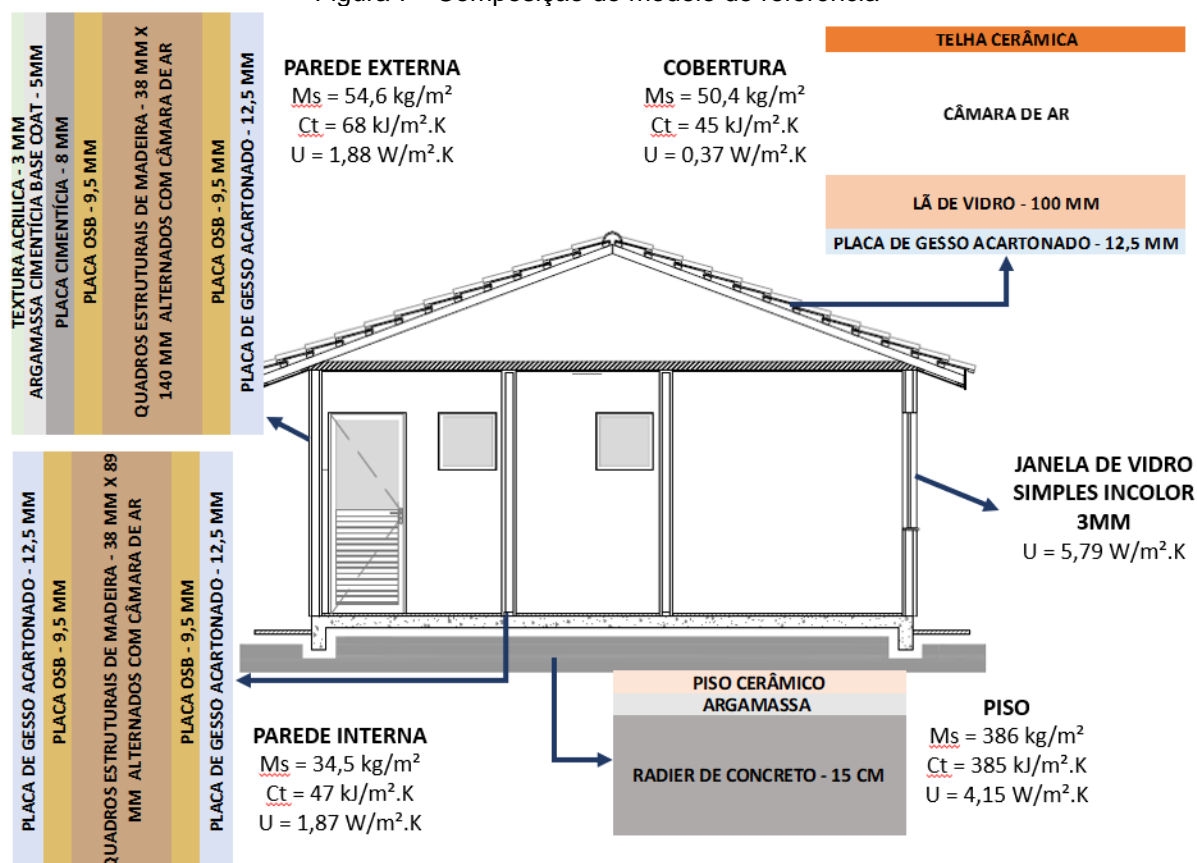
O Quadro 8 e a Figura 7 apresentam as composições obtidas para o modelo de referência e as propriedades termofísicas utilizadas na análise de sensibilidade. A partir das análises das composições de envoltórias aprovadas em DATec e dos valores médios de massa superficial, capacidade térmica e transmitância térmica, optou-se por adotar como caso-base para as paredes externas a composição nº 020 C em *wood frame* com a exclusão da segunda camada de gesso acartonado. Dessa forma, foi possível reduzir a massa superficial de forma a atender o limite de 60 kg/m² especificado pela NBR 15575 (2013) para sistemas construtivos leves. A exclusão da segunda chapa de gesso acartonado permitiu não só a redução da massa superficial para atender a norma, mas também da capacidade térmica das paredes. Dessa forma, os valores 54,59 kg/m² e 68 kJ/m²·K para massa superficial e capacidade térmica ficaram próximos aos valores médios 55,14 kg/m² e 64 kJ/m²·K, apresentados no Quadro 5, caracterizando a composição representativa dos três sistemas construtivos. Salienta-se que como a composição foi formada por materiais com espessuras usuais e baseada nos Documentos de Avaliação Técnica (DATec) não foi possível atingir o valor médio exato. No entanto, a similaridade entre as composições foi considerada para a representatividade do sistema. Em relação a transmitância térmica, tendo em vista as particularidades dos documentos em relação a inclusão ou não de material isolante, optou-se por não utilizar a camada de manta de lã de vidro nas paredes externas do caso-base e inseri-la posteriormente na análise de parâmetros influentes respeitando a espessura de lã de vidro usual. Dessa forma, a parede de referência apresenta transmitância térmica 1,88 W/m²·K, semelhante à composição original do DATec nº 020 C.

Quadro 8 - Composição e propriedades termofísicas do modelo de referência

Elemento	Caso-base	M_s [kg/m ²]	C_T [kJ/m ² ·K]	U [W/m ² ·K]
Paredes externas	Textura acrílica com 3 mm de espessura + argamassa cimentícia base coat com 5 mm + placa cimentícia de 8 mm + chapa de OSB com 9,5 mm + quadros estruturais compostos por peças de madeira serrada de 38 mm x 140 mm espaçados em no máximo 600 mm + chapa de OSB com 9,5 mm de espessura + chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura.	54,59	68	1,88
Paredes internas	Chapa de gesso para drywall de 12,5 mm de espessura + chapa de OSB com 9,5 mm de espessura + quadro estruturais compostos por peças de madeira serrada de 38 mm x 89 mm + chapa de OSB com 9,5 mm de espessura + Chapa de gesso para drywall de 12,5 mm	34,47	47	1,87
Cobertura	Telhas cerâmicas + câmara de ar + manta de lã de vidro com 100mm de espessura + chapa de gesso para drywall de 12,5mm de espessura.	50,41	45	0,37
Piso	Radier de concreto de 15 cm de espessura + argamassa de 0,5 cm + piso cerâmico de 1,0 cm	386	385	4,15
Janelas	Vidro simples incolor de 3 mm de espessura	7,5	6,3	5,79

Fonte: A autora

Figura 7 - Composição do modelo de referência



Fonte: A autora

O mesmo raciocínio foi adotado para as paredes internas, em que a exclusão da segunda camada de gesso acartonado permitiu uma composição mais representativa, comparada com as demais. Nesse caso, como nenhum sistema

construtivo inclui material isolante, foi possível obter valores de massa superficial, capacidade térmica e transmitância mais próximos à média. Assim, os valores dos parâmetros adotados para o modelo de referência foram 34,47 kg/m², 47 kJ/m²·K e 1,87 W/m²·K para massa superficial, capacidade térmica e transmitância térmica respectivamente, próximo aos valores médios de 36,60 kg/m², 43 kJ/m²·K e 1,98 W/m²·K.

Em função das divergências das coberturas, adotou-se a composição do DATec n° 020 C completando o sistema construtivo em *wood frame*. Novamente, escolheu-se trabalhar com apenas uma chapa de gesso acartonado, promovendo valores mais baixos de massa superficial e capacidade térmica. A estratégia da subcobertura aluminizada do DATec n° 014 b será analisada na influência dos parâmetros.

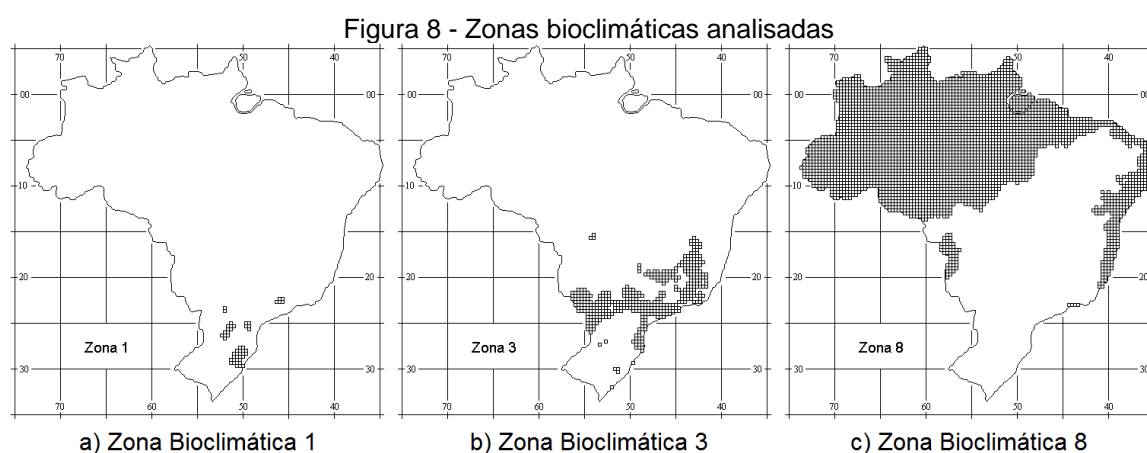
O piso e janelas adotadas são os convencionais. Para uma edificação leve geralmente a fundação em radier é suficiente, sendo mais utilizada. Assim, foi considerado um piso composto por radier de concreto de 15 cm, argamassa de assentamento de 5 mm e piso cerâmico, encontrando-se em contato direto com o solo. O uso do radier resultou em um piso de alta capacidade térmica e alta transmitância térmica, bem acima dos demais elementos. Dessa forma, espera-se que o mesmo auxilie na atenuação dos picos de temperatura no interior dos ambientes quando considerado as trocas de calor com o solo. As janelas são de vidro incolor de 3 mm, empregado na maioria das habitações brasileiras. O mesmo vidro será utilizado na folha da porta da cozinha, que auxilia na obtenção das porcentagens mínimas de ventilação e iluminação do ambiente Sala/Cozinha.

3.1.3 Definição das zonas bioclimáticas

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005) estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro, subdividindo o país em oito zonas bioclimáticas. Para o estudo em questão, procurou-se avaliar três regiões com características extremas de forma a representar uma parcela expressiva do território brasileiro. Desse modo, foram analisadas as Zonas Bioclimáticas 1, 3 e 8, representadas pelas cidades de Curitiba (25° 25' 40" S, 49° 16' 13" W, 934 m), São Paulo (23° 32' 56" S, 46° 38' 20" O, 745 m) e Belém (1° 27' 21" S, 48° 30' 16" O, 10 m), respectivamente. A Zona Bioclimática 1 caracteriza um clima predominantemente frio, com inverno frio e verão ameno, além de elevada amplitude térmica diária. As chuvas são bem distribuídas durante o ano, contudo são

mais concentradas no verão. A Zona Bioclimática 3, por sua vez, caracteriza-se por regiões de clima mais ameno ao longo do ano, com invernos secos e frios e verões mais úmidos e quentes. Já a Zona Bioclimática 8 é uma região de clima quente e úmido, com chuvas durante o ano todo (FERREIRA; SOUZA; ASSIS, 2014). A Figura 8 ilustra as três zonas bioclimáticas consideradas nesse trabalho.

Os arquivos climáticos utilizados fornecem valores horários para todos os parâmetros relevantes para a simulação, como temperatura e umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar representativos para cada Zona Bioclimática. Os arquivos são disponibilizados em formato TRY (*Test Reference Year*) pelo Laboratório de Eficiência Energética de Edificações (LabEEE).



Fonte: (adaptado de ABNT NBR 15220-3:2005)

3.1.4 Definição da temperatura do solo

A temperatura do solo é um fator importante para a simulação computacional e deve ser calculada sempre que o piso do ambiente estiver em contato com o solo. Neste trabalho, a temperatura média mensal do solo foi determinada a partir do objeto *Ground Domain* no programa *EnergyPlus*. O *Ground Domain* estabelece uma superfície para representar as lajes de piso das diferentes zonas térmicas do modelo, denominadas superfícies horizontais, acoplando-as em um mesmo domínio de solo. “Esta superfície interage com o solo, fornecendo temperaturas atualizadas para o objeto *OtherSideConditionsModels* que são utilizadas nos cálculos de balanço de calor da superfície” (MAZZAFERRO; MELO; LAMBERTS, 2015). Para isso, o programa realiza iterações até alcançar a convergência das temperaturas do domínio do solo. Todo o processo é feito de forma automática, juntamente com a simulação

computacional do balanço térmico das edificações, retornando ao final as variáveis definidas no item 3.2.

O cálculo da transferência de calor do piso foi realizado com base no modelo *KusudaAchenbach*, que utiliza a correlação desenvolvida por Kusuda e Achenbach (1965) para fornecer as temperaturas de solo não perturbado, ou seja, as temperaturas que o solo apresentaria caso não estivesse sendo perturbado por uma edificação. Para isso, o modelo requer as propriedades do solo, como a condutividade térmica, a densidade e o calor específico. A escolha desse método de cálculo baseou-se na comparação de simulações preliminares com as temperaturas do solo obtidas com o processador *Slab*, obtendo diferenças de temperatura inferiores ao método *FiniteDifference*. A escolha do *Ground Domain*, por sua vez, embasou-se na facilidade de simulação da temperatura do solo, principalmente em análises de valores elevados de simulações uma vez que as características das edificações influenciam nas temperaturas do solo. Apesar do processador *Slab* ser mais recomendado, a necessidade de múltiplas simulações até que se atinja a convergência das temperaturas do ar internas inviabilizaria a obtenção de temperaturas do solo para todos os casos analisados. Sendo assim, optou-se pelo objeto *Ground Domain* nos casos com contato com o solo e do objeto *Site:GroundTemperature:BuildingSurface* nos casos sem contato com o solo, inserindo diretamente as temperaturas médias mensais do solo dos arquivos climáticos.

Os dados utilizados para as simulações das temperaturas do solo são apresentados na Tabela 3. Os valores foram definidos com base em valores de referência levantados por Costa (2015) e valores padrões do processador *Slab* e do objeto *Ground Domain* de modo a se obter temperaturas mais precisas. Além disso, foram inseridas no objeto *Site:GroundTemperature:Shallow* as temperaturas médias mensais do solo a 0,5 m de profundidade fornecidas pelos arquivos climáticos. Essas temperaturas são utilizadas pelo *Ground Domain* para o cálculo de transferência de calor entre o piso e o solo. No entanto, não são recomendadas para o cálculo de balanço térmico da edificação, uma vez que são consideradas muito extremas para o solo sob uma edificação condicionada (DEPARTMENT..., 2017).

Tabela 3 - Dados considerados no processo de cálculo da temperatura do solo

Parâmetros de entrada	Valor adotado
Profundidade entre a superfície do solo e o limite do domínio considerado (m)	15
Razão entre a maior e a menor dimensão da laje	50
Distância entre a superfície da parede externa da edificação e o limite do domínio do solo (m)	15
Condutividade térmica do solo (W/m K)	0,52
Densidade do solo (kg/m ³)	1700
Calor específico do solo (J/kg K)	840
Valor nominal da umidade do solo (%)	30
Valor nominal da umidade do solo saturado (%)	50
Condição de evapotranspiração da cobertura do solo	0.5
Condição de contorno	<i>GroundCoupledSurface</i> (definido em <i>SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel</i>)
Localização da laje	<i>OnGrade</i>
Condição de isolamento do piso	Sem isolamento

Fonte: A autora

3.2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

As envoltórias foram analisadas por simulação computacional, de acordo com os procedimentos do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Para isso, foi necessário modelar a geometria da edificação e realizar simulações para duas condições: uma para a edificação naturalmente ventilada e uma quando condicionada artificialmente. O método compara o desempenho dos ambientes de permanência prolongada da edificação com os valores de referência das tabelas de classificação dos níveis de eficiência energética da envoltória. Na tipologia adotada são considerados como ambientes de permanência os dois dormitórios e a sala conjugada com a cozinha (sala/cozinha). Nos itens a seguir o método é descrito detalhadamente.

3.2.1 Modelagem da edificação

Para a modelagem da edificação foi utilizado o programa *SketchUp* com auxílio do plug-in *Euclid*. Cada ambiente foi modelado como uma zona térmica, respeitando suas características geométricas, conforme especificado no RTQ-R. As aberturas de portas e janelas e dispositivos de sombreamento (beirais) foram desenhadas conforme o projeto apresentado em 3.1.1.

3.2.2 Configurações da simulação

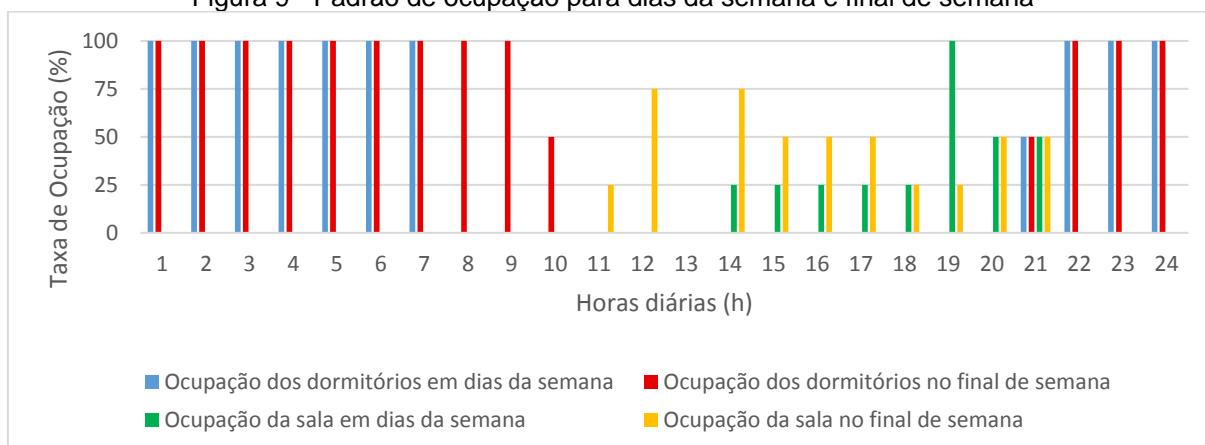
O processo de simulação da edificação foi realizado no programa *EnergyPlus* v. 8.8. O programa atende os pré-requisitos fixados pelo RTQ-R, sendo capaz de analisar o consumo de energia de edifícios; modelar 8760 horas por ano; modelar variações horárias de ocupação, potência de iluminação e equipamentos, rede de ventilação natural e sistemas de condicionamento artificial, definidos separadamente para cada dia da semana e feriados; modelar efeitos de inércia térmica e de multi-zonas térmicas; simular estratégias bioclimáticas; determinar a capacidade solicitada pelo sistema de condicionamento de ar; produzir relatórios horário das trocas de ar e das infiltrações e do uso final de energia. O programa foi verificado e validado pela ASHRAE *Standard* 140 – *Standard method of test for the evaluation of building energy analysis computer programs* (BRASIL, 2012).

O RTQ-R estabelece padrões de ocupação, iluminação, cargas internas de equipamentos e sistema de ventilação natural e condicionamento de ar. Dessa forma, é possível comparar edificações diferentes, desconsiderando a influência dos usuários.

O padrão de ocupação adotado foi de duas pessoas por dormitório, somando todos os usuários para a ocupação da sala/cozinha. Foram modelados padrões de ocupação diferentes para dias da semana e finais de semana, conforme os horários de ocupação pré-definidos pelo RTQ-R. A ocupação dos ambientes é apresentada na Figura 9, representada pela porcentagem de pessoas disponíveis em cada hora por dia nos ambientes. Além disso, foram fixadas as taxas de metabolismo dos ocupantes em 81 W/pessoa nos dormitórios e 108 W/m² na sala/cozinha, considerando uma área de pele média de 1,80 m², e fração radiante de 0,5.

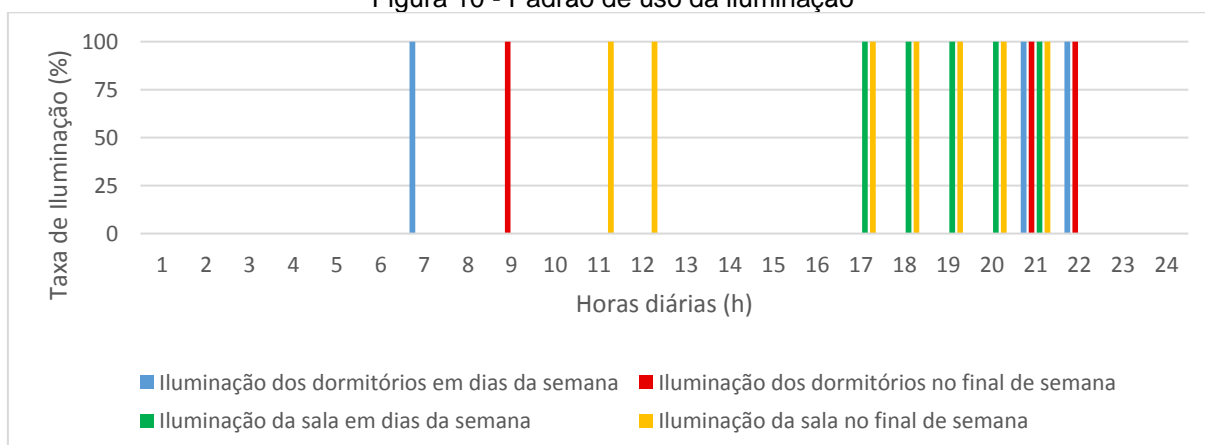
Da mesma forma, o RTQ-R apresenta os padrões de uso da iluminação para os ambientes de permanência prolongada para os dias de semana e finais de semana (Figura 10). Nesse caso, os valores 100% indicam que a iluminação do ambiente está ligada enquanto 0% representa a iluminação desligada. A densidade de potência instalada foi de 5,0 W/m² nos dormitórios e 6,0 W/m² na sala/cozinha, com fração radiante 0,72 e fração visível 0,18.

Figura 9 - Padrão de ocupação para dias da semana e final de semana



Fonte: Adaptado de Brasil (2012)

Figura 10 - Padrão de uso da iluminação



Fonte: Adaptado de Brasil (2012)

O RTQ-R considera ainda as cargas internas de equipamentos para a sala. Foi considerado densidade de potência dos equipamentos de $1,5 \text{ W/m}^2$, com rotinas de uso constante de 100%.

Para cada caso foram criados dois modelos base: (1) para a edificação naturalmente ventilada e (2) quando condicionada artificialmente. Para o primeiro modelo, todos os ambientes da edificação que possuem abertura foram modelados, incluindo as coordenadas cartesianas exatas de portas e janelas. A edificação foi considerada localizada em um terreno de centro urbano com coeficiente de rugosidade do entorno (α) 0,33, como recomendado pelo RTQ-R. Dado que a edificação possui formato retangular, o coeficiente de pressão superficial foi calculado pelo próprio programa de simulação. Já o coeficiente de descarga e o coeficiente de fluxo de ar por frestas para janelas e portas retangulares foram fixados em 0,60 e 0,001 kg/s·m, respectivamente, e o expoente de fluxo do ar 0,65.

O padrão de uso da ventilação natural foi realizado por controle automático da temperatura. Essa estratégia habilita a abertura das janelas sempre que a temperatura do ar do ambiente é igual ou superior à temperatura do termostato e quando a temperatura do ar do ambiente é superior à temperatura externa. A temperatura de referência do termostato é fixada em 20°C.

Para a edificação condicionada artificialmente, o sistema de condicionamento de ar foi considerado ligado no período das 21 h às 8 h e no restante do tempo considerou-se a ventilação natural. Neste caso, a temperatura do termostato de refrigeração foi fixada em 24°C e de aquecimento 22°C em todos os ambientes de permanência prolongada. Considerou-se taxa de fluxo de ar por pessoa de 0,00944 m/s com modo contínuo de operação do ventilador. O ventilador apresenta eficiência de 0,7 e eficiência do motor de 0,9. Além disso, o RTQ-R fixa para o sistema de refrigeração a razão entre o calor retirado do ambiente e a energia consumida pelo equipamento (COP) em 3,00 W/W. Para o sistema de aquecimento, a razão entre o calor fornecido ao ambiente e a energia consumida pelo equipamento (COP) é 2,75 W/W.

Nesta etapa também foram inseridas as propriedades físicas e térmicas de cada material que compõem a envoltória. Os dados de condutividade, densidade e calor específico foram especificados conforme a NBR 15220 (ABNT, 2005) e os DATecs de análise, sendo apresentados na Tabela 4. Como o *EnergyPlus* não reconhece componentes heterogêneos, as camadas heterogêneas dos painéis foram transformadas em homogêneas conforme o método apresentado por Ordenes *et al.* (2003), considerando a espessura e densidades equivalentes dos montantes em madeira de Pinus e mantendo os mesmos parâmetros termofísicos da composição inicial.

Tabela 4 – Propriedades dos materiais componentes de paredes, cobertura e piso

Material	Espessura [m]	Condutividade de térmica [W/(m·K)]	Calor específico [kJ/(kg·K)]	Densidade [kg/m ³]
Acabamento em textura acrílica	0,003	1,15	1,00	1700
Argamassa cimentícia <i>base coat</i>	0,005	1,15	1,00	1840
Placa cimentícia	0,008	0,35	1,00	1700
Placa OSB	0,0095	0,17	2,30	681
Madeira Pinus – Parede Externa (equivalente)	0,0024	0,15	1,34	767
Madeira Pinus – Parede Interna (equivalente)	0,0019	0,15	1,34	664
Gesso acartonado	0,0125	0,35	0,84	750
Telha cerâmica	0,02	1,05	0,92	2000
Telha fibrocimento	0,006	0,315	0,84	1800
Lã de vidro ¹	Variável	0,045	0,70	10,53
Piso cerâmico	0,01	0,90	0,92	1600
Argamassa de assentamento do piso	0,005	1,15	1,00	2000
Concreto do radier	0,15	1,75	1,00	2400

¹Propriedades térmicas reais do material. A condutividade térmica e densidade variam de acordo com a espessura e local de aplicação, como especificado no item 3.3.

Fonte: A autora

3.2.3 Obtenção dos equivalentes numéricos da envoltória

A avaliação da edificação naturalmente ventilada consiste na comparação dos indicadores de graus-hora de resfriamento (GHR) dos ambientes de permanência prolongada com valores de referência. Os indicadores de graus-hora de resfriamento foram calculados com base na temperatura operativa horária obtida na simulação por meio da Equação 2. A temperatura base para o cálculo é de 26°C.

$$GH_R = \begin{cases} se T_i > 26 & \sum_{n=1}^{8760} (T_i - 26^\circ) \\ se T_i \leq 26 & 0 \end{cases} \quad (2)$$

Em que:

GHR: indicador de graus-hora de resfriamento de cada ambiente de permanência prolongada [°Ch];

T_i: temperatura operativa horária do ambiente de permanência prolongada [°C];

i: cada uma das 8760 horas do ano [h].

Para o modelo de condicionamento artificial de ar, foram analisados os consumos relativos para aquecimento (C_A) e consumo relativo para refrigeração (C_R) dos ambientes de permanência prolongada, calculados pelas Equações 3 e 4.

$$CA_{amb} = \frac{CA_{amb\ anual}}{AU_{amb}} \quad (3)$$

$$CR_{amb} = \frac{CR_{amb\ anual}}{AU_{amb}} \quad (4)$$

Em que:

$CA_{amb\ anual}$: consumo anual de energia elétrica com aquecimento noturno de cada ambiente de permanência prolongada [kWh/ano];

$CR_{amb\ anual}$: consumo anual de energia elétrica com refrigeração noturna de cada dormitório [kWh/ano];

CA_{amb} : consumo relativo com aquecimento de cada ambiente de permanência prolongada [kW/m²·ano];

CR_{amb} : consumo relativo com refrigeração de cada dormitório [kW/m²·ano];

AU_{amb} : área útil de cada ambiente [m²].

O equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Rest}$), para aquecimento ($EqNumEnvAmb_A$) e para refrigeração ($EqNumEnvAmb_R$) foram determinados a partir de comparação dos valores obtidos nas Equações 2, 3 e 4 respectivamente, com os valores de referência estipulados pelo RTQ-R. Os equivalentes numéricos e os níveis de eficiência dos ambientes de permanência prolongada utilizados para comparação são apresentados nas Tabelas 4, 5 E 6. Nota-se que para a Zona Bioclimática 8 não será analisado o equivalente numérico do ambiente para aquecimento de acordo com o método de avaliação do RTQ-R.

Tabela 4 - Equivalente numérico e nível de eficiência energética para resfriamento, aquecimento e refrigeração para a zona bioclimática 1

Eficiência	EqNum	GHR	CA (kWh/m²·ano)	CR (kWh/m²·ano)
A	5	GHR ≤ 143	CA ≤ 16,7	CR ≤ 0,713
B	4	143 < GHR ≤ 287	16,7 < CA ≤ 33,4	0,713 < CR ≤ 1,426
C	3	287 < GHR ≤ 430	33,4 < CA ≤ 50,099	1,426 < CR ≤ 2,138
D	2	430 < GHR ≤ 574	50,099 < CA ≤ 66,799	2,138 < CR ≤ 2,851
E	1	574 < GHR	66,799 < CA	2,851 < CR

Fonte: Adaptado de Brasil (2012)

Tabela 5 - Equivalente numérico e nível de eficiência energética para resfriamento, aquecimento e refrigeração para a zona bioclimática 3

Eficiência	EqNum	GHR	CA (kWh/m²·ano)	CR (kWh/m²·ano)
A	5	GHR ≤ 412	CA ≤ 8,63	CR ≤ 0,642
B	4	412 < GHR ≤ 597	8,63 < CA ≤ 17,895	0,642 < CR ≤ 3,965
C	3	597 < GHR ≤ 863	17,895 < CA ≤ 31,78	3,965 < CR ≤ 7,121
D	2	863 < GHR ≤ 1374	31,78 < CA ≤ 41,08	7,121 < CR ≤ 10,629
E	1	1374 < GHR	41,08 < CA	10,629 < CR

Fonte: Adaptado de Brasil (2012)

Tabela 6 - Equivalente numérico e nível de eficiência energética para resfriamento, aquecimento e refrigeração para a zona bioclimática 8

Eficiência	EqNum	GHR	CA (kWh/m²·ano)	CR (kWh/m²·ano)
A	5	GHR ≤ 5828	- CA ≤ -	CR ≤ 42,787
B	4	5828 < GHR ≤ 10340	- < CA ≤ -	42,787 < CR ≤ 68,78
C	3	10340 < GHR ≤ 16107	- < CA ≤ -	68,78 < CR ≤ 95,513
D	2	16107 < GHR ≤ 20455	- < CA ≤ -	95,513 < CR ≤ 124,572
E	1	20455 < GHR	- < CA -	124,572 < CR

Fonte: Adaptado de Brasil (2012)

Com base nos equivalentes numéricos de cada ambiente de permanência prolongada foram determinados o equivalente numérico da envoltória da edificação para resfriamento, aquecimento e refrigeração. O cálculo foi realizado por meio da média ponderada dos equivalentes numéricos dos ambientes pelas áreas úteis dos mesmos, de acordo com as Equações 5, 6 e 7.

$$EqNumEnv_{Resfr} = \sum \frac{EqNumEnv_{Amb_{Resfr_i}} \times AU_{amb_i}}{AU_T} \quad (5)$$

$$EqNumEnv_A = \sum \frac{EqNumEnv_{Amb_{A_i}} \times AU_{amb_i}}{AU_T} \quad (6)$$

$$EqNumEnv_R = \sum \frac{EqNumEnv_{Amb_{R_i}} \times AU_{amb_i}}{AU_T} \quad (7)$$

Em que:

$EqNumEnv_{Resfr}$: equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional para resfriamento;

$EqNumEnv_{Amb_{Resfri}}$: equivalente numérico da envoltória de cada ambiente da unidade habitacional para resfriamento;

$EqNumEnv_A$: equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional para aquecimento;

$EqNumEnv_{Amb_{Ai}}$: equivalente numérico da envoltória de cada ambiente da unidade habitacional para aquecimento;

$EqNumEnv_R$: equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional para refrigeração;

$EqNumEnv_{Amb_{Ri}}$: equivalente numérico da envoltória de cada ambiente da unidade habitacional para refrigeração;

$EqNumEnv_{R}$: equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional para refrigeração;

AU_{ambi} : área útil de cada ambiente de permanência prolongada da unidade habitacional [m²];

AU_T : área útil total dos ambientes de permanência prolongada da unidade habitacional [m²].

O equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional foi determinado a partir de uma equação que relaciona a importância do nível de eficiência energética para resfriamento e aquecimento em cada zona bioclimática. O equivalente numérico da envoltória para refrigeração é apenas informativo, não sendo considerado no cálculo do equivalente numérico da envoltória da edificação. Para as zonas bioclimáticas 1, 3 e 8, o cálculo do equivalente numérico da envoltória se dá pelas Equações 8, 9 e 10 respectivamente.

$$ZB1: EqNumEnv = 0,08 \times EqNumEnv_{Resfr} + 0,92 \times EqNumEnv_A \quad (8)$$

$$ZB3: EqNumEnv = 0,64 \times EqNumEnv_{Resfr} + 0,36 \times EqNumEnv_A \quad (9)$$

$$\text{ZB8:} \quad \text{EqNumEnv} = \text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}} \quad (10)$$

Em que:

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional;

EqNumEnv_{Resfr}: equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional para resfriamento;

EqNumEnv_A: equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional para aquecimento.

O nível de eficiência da envoltória da unidade habitacional está vinculado ao equivalente numérico da envoltória, dado pela Tabela 7. Para efeito de classificação, nessa etapa foi considerado apenas uma casa decimal. Nos demais cálculos e classificações não foram realizados arredondamentos de acordo com Fossati *et al.* (2014).

Tabela 7 - Níveis de eficiência energética e equivalentes numéricos

EqNumEnv	Nível
$4,5 \leq \text{EqNumEnv}$	A
$3,5 \leq \text{EqNumEnv} < 4,5$	B
$2,5 \leq \text{EqNumEnv} < 3,5$	C
$1,5 \leq \text{EqNumEnv} < 2,5$	D
$\text{EqNumEnv} < 1,5$	E

Fonte: Adaptado de Brasil (2012)

3.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade foi realizada por análise de variância (ANOVA). O método consiste no cálculo da variância da resposta do modelo com base em uma amostra fatorial. Para isso, determinou-se fatores a serem analisados, bem como seus níveis de variação. Após a determinação dos fatores, os níveis foram combinados fatorialmente, permitindo a análise de toda a amostra multivariada. Em seguida, estes dados foram processados por meio de simulação computacional, conforme descrito na seção 2.2, e os resultados tratados por análise estatística, no caso a análise de variância. O método é apresentado em detalhes nos itens a seguir.

3.3.1 Definição dos parâmetros analisados

Os parâmetros termofísicos analisados foram determinados com base na literatura e nos parâmetros considerados no método prescritivo do RTQ-R referentes às propriedades térmicas da envoltória e ao contato das superfícies com o exterior. Como o objetivo do trabalho é avaliar a influência dos parâmetros físicos e térmicos em uma edificação com baixa capacidade térmica, o valor de capacidade térmica das paredes foi mantido fixo em todas as simulações conforme o modelo de referência. Os demais parâmetros foram variados simultaneamente de forma a obter a sensibilidade de cada um nos índices de desempenho analisados. A Tabela 8 apresenta os parâmetros variados na análise, a quantidade de níveis de variação e os valores utilizados.

Tabela 8 - Parâmetros variáveis e níveis de variação

Parâmetros Variáveis	ID	Níveis	Valores
Transmitância térmica da parede	U _{par}	2	1,88/0,63
Absortância solar da parede	α_{par}	2	0,2/0,8
Capacidade térmica da cobertura	C _{tcob}	2	45/17
Transmitância térmica da cobertura	U _{cob}	2	0,37/0,63
Absortância solar da cobertura	α_{cob}	2	0,2/0,8
Emissividade da cobertura	ϵ_{cob}	2	0,1/0,9
Contato da cobertura com o exterior	cob	2	0/1
Contato do piso	piso	2	0/1
Existência de veneziana	venez.	2	0/1
Orientação solar	orient.	4	0/90/180/270

Fonte: A autora

Foram determinados dois níveis de variação para a maioria dos parâmetros, representando um valor baixo e um valor alto de forma a possibilitar o planejamento de experimentos.

Os valores de capacidade térmica e transmitância térmica de paredes e coberturas foram definidos a partir da análise dos DATecs realizada em 3.1.2, observando as configurações adotadas pelas empresas especializadas. Com exceção da capacidade térmica das paredes externas, os dois níveis de variação adotados são relacionados (1) ao modelo de referência e (2) à alguma prática usual adotada na composição da envoltória. Assim, para a transmitância térmica das paredes externas foram considerados o modelo de referência e a adição de uma camada de 50 mm de lã de vidro na composição do caso-base, resultando em dois níveis de variação. Não

foram analisadas as propriedades das paredes internas, por não compor a envoltória da edificação.

No caso da cobertura, a capacidade térmica variou conforme o tipo de telha utilizado, sendo telhas cerâmicas do modelo de referência e telhas de fibrocimento. Dessa forma, foi possível analisar ambas as composições aprovadas em DATec. A transmitância da cobertura, por sua vez, considera duas espessuras de lã de vidro: 100 mm do modelo de referência e 50 mm utilizada pela empresa detentora do DATec nº 014 b.

Para que a inclusão e mudança de espessura do material isolante não alterasse a capacidade térmica das paredes externas e cobertura foram calculados valores de densidade e espessura equivalentes, mantendo os valores da Tabela 8. As propriedades térmicas de cada isolante são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Propriedades equivalentes da lã de vidro

Aplicação	Espessura (m)	Densidade (kg/m³)
Parede – U=1,88 W/m ² -K	-	-
Parede – U=0,63 W/m ² -K	0,05	0,01
Cobertura – U=0,63 W/m ² -K	0,10	5,20
Cobertura – U=0,37 W/m ² -K	0,05	10,35

Fonte: A autora

Os valores de absorvância solar de paredes e coberturas são variados em dois níveis extremos, representando uma cor clara (0,2) e uma cor escura (0,8), independentes das composições analisadas.

Para a cobertura, foi considerada a emissividade das superfícies em dois níveis de variação: 0,10 para superfícies metálicas, como adotado pelo DATec nº 014 b, e 0,90 para os demais tipos de superfície.

Quanto ao contato das superfícies com o exterior, o contato da cobertura variou em (0) sem contato com o exterior e (1) com contato direto com exterior. Para o contato do piso, considera-se (0) sem contato com o solo e (1) em contato direto com o solo. Não foi considerado o piso sobre pilotis por não ser uma prática usual na região.

Além disso, variou-se o sombreamento das janelas em dois níveis, considerando o uso de venezianas sendo (0) caso não haja e (1) caso haja veneziana. Nesse caso, as venezianas foram aplicadas apenas nas janelas dos ambientes de permanência prolongada, localizadas nos dormitórios e na sala. A porta com postigo

em vidro e a pequena janela na cozinha não foram sombreadas com veneziana de forma a respeitar as características comerciais dos elementos. As propriedades térmicas das venezianas utilizadas na análise são apresentadas na Tabela 10.

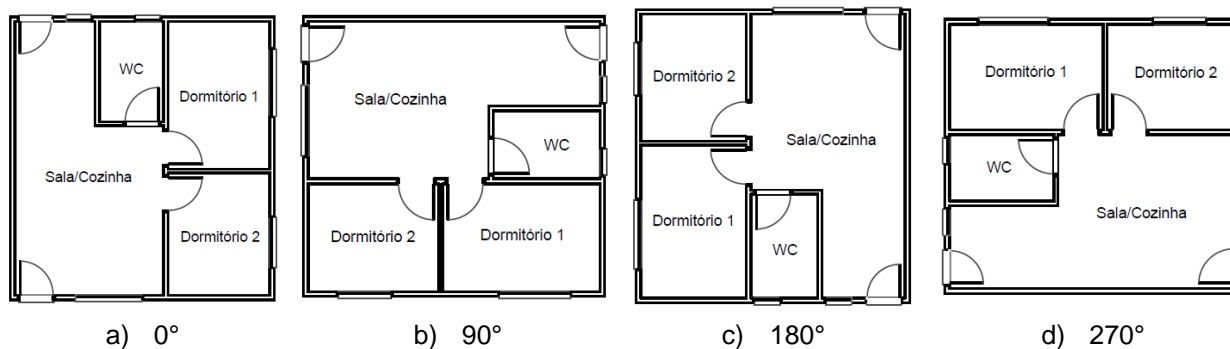
Tabela 10 - Propriedades térmicas das venezianas

Parâmetros de entrada	Valor adotado
Transmissão solar e visível	0,4
Reflexão solar e visível	0,2
Emissividade	0,9
Espessura (m)	0,005
Condutividade térmica (W/m·K)	0,1
Distância do vidro (m)	0,05
Permeabilidade	0
Radiação solar de operação (W/m ²)	400

Fonte: A autora

O único parâmetro variado em mais de dois níveis foi a orientação solar, avaliando a edificação a cada 90° no total de 4 casos: (0) norte, (90) leste, (180) sul e (270) oeste (Figura 11).

Figura 11 - Orientação solar do modelo



Fonte: A autora

Os parâmetros foram combinados fatorialmente, de modo a considerar toda a amostra multivariada. O tamanho da amostra é dado pela multiplicação dos níveis de cada fator ou parâmetro (Equação 11), totalizando 2048 casos.

$$\text{Tamanho da amostra} = a \times b \times \dots \times n \quad (11)$$

Em que:

a: nível de valores do parâmetro A;

b: número de níveis do parâmetro B;

n: número de níveis do parâmetro N.

3.3.2 Processamento dos dados

As simulações computacionais foram executadas a partir da amostra multivariada do item 3.3.1, seguindo os padrões estabelecidos no RTQ-R e descrito em 3.2. Foram analisados 2048 casos. Considerando os dois modelos base (1) edificação naturalmente ventilada e (2) quando condicionada artificialmente, foram realizadas 4096 simulações para cada zona bioclimática.

Para facilitar o processamento dos dados e reduzir erros, as simulações computacionais foram automatizadas com o uso do programa JEPlus v1.7. O JEPlus é uma ferramenta de código aberto desenvolvida para gerenciamento de simulações no *EnergyPlus*. O programa, por meio da linguagem Python, gera arquivos de entrada para o *EnergyPlus* a partir de um arquivo IDF (*Input Data file*), executa as simulações e extrai os resultados.

O primeiro passo para a automatização das simulações com o JEPlus foi a edição do arquivo IDF, utilizado no *Energyplus*, identificando os dados a serem alterados. Para que esses dados sejam substituídos pelos dados de cada uma das configurações analisadas, partes do arquivo modelo foram substituídos pelas chamadas “*search strings*”, relacionados aos parâmetros analisados. As *search strings* são uma sequência de caracteres especiais não encontrados naturalmente em um arquivo IDF, mas implantados no mesmo por meio de um editor de texto para localização dos parâmetros a serem alterados.

Em seguida, o arquivo IDF foi inserido no JEPlus, assim como o arquivo climático da região simulada e um terceiro arquivo associado a coleta dos dados. Esse último consiste em um arquivo de texto no formato RVI/MVI/RVX que informa as variáveis extraídas nas simulações, a frequência dos dados (horária, mensal e anual) e o formato desejado para a extração dos resultados. Neste caso, foram extraídos as temperaturas operativas horárias, o consumo anual para aquecimento e o consumo anual para refrigeração, necessários para o cálculo do indicador graus-hora de resfriamento, consumo relativo para aquecimento e consumo relativo para refrigeração, respectivamente. Por fim, são inseridos os parâmetros de análise,

informando as *search strings* do arquivo IDF e seus respectivos valores. A partir disso, o JEPlus gera os arquivos IDF, combinando os parâmetros fatorialmente, realiza as simulações em modo paralelo ao *EnergyPlus* e elabora um arquivo com os resultados das simulações.

Após a obtenção dos resultados, foram determinados os indicadores de graus-hora de resfriamento, consumo relativo para aquecimento, consumo relativo para refrigeração, além dos equivalentes numéricos das envoltórias de cada caso conforme especificado em 3.2.3.

3.3.3 Análise de variância

Os dados obtidos por simulação computacional foram tratados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA). O objetivo da ANOVA é analisar a variação média dos resultados das simulações e determinar quais os parâmetros são influentes na resposta do sistema. O processo baseia-se na decomposição da variação total dos resultados em fatores: de primeira ordem, para representar a influência de um parâmetro específico na variação resultante; de segunda ordem, referente a influência da interação dos parâmetros que não podem ser explicados pela soma dos efeitos de primeira ordem; e, analogamente ao fator de segunda ordem, há os fatores de ordem superior (MECHRI; CAPOZZOLI; CORRADO, 2010; ALMEIDA, 2014).

A ANOVA pode ser resumida no Quadro 9 para um experimento com dois fatores. O modelo consiste em dois efeitos principais ou de primeira ordem, duas interações de segunda ordem e um termo de erro (MONTGOMERY; RUNGER, 2012). Este padrão de análise pode ser estendido para mais de dois fatores.

Quadro 9 – Tabela da ANOVA para um experimento fatorial com dois fatores

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F_0
Tratamentos A	SQ_A	$a - 1$	$MQ_A = \frac{SQ_A}{a - 1}$	$\frac{MQ_A}{MQ_E}$
Tratamentos B	SQ_B	$b - 1$	$MQ_B = \frac{SQ_B}{b - 1}$	$\frac{MQ_B}{MQ_E}$
Interação	SQ_{AB}	$(a - 1)(b - 1)$	$MQ_{AB} = \frac{SQ_{AB}}{(a - 1)(b - 1)}$	$\frac{MQ_{AB}}{MQ_E}$
Erro	SQ_E	$ab(n - 1)$	$MQ_E = \frac{SQ_E}{ab(n - 1)}$	
Total	SQ_T	$abn - 1$		

Fonte: Montgomery; Runger (2012)

A primeira coluna apresenta a soma dos quadrados dos parâmetros analisados, da interação, do erro e do total, dada pelas Equações 12 a 16, respectivamente. A soma dos quadrados representa a variabilidade dos dados, ou seja, a variação na resposta do sistema que pode ser atribuída aos fatores.

$$SQ(A) = b \times \sum_i (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 \quad (12)$$

$$SQ(B) = a \times \sum_j (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2 \quad (13)$$

$$SQ(AB) = \sum_i \sum_j (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})^2 \quad (14)$$

$$SQ(\text{Erro}) = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_{ij})^2 \quad (15)$$

$$SQ(\text{Total}) = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 \quad (16)$$

Em que:

a : número de níveis da variável A;

b : número de níveis da variável B;

$\bar{y}_{i.}$: média do i ésimo nível da variável A;

$\bar{y}_{..}$: média de todas as observações;

$\bar{y}_{.j}$: média do j ésimo nível da variável B;

\bar{y}_{ij} : média do i ésimo nível da variável A, e do j ésimo nível da variável B;

y_{ij} : cada observação individual do i ésimo nível da variável A, e do j ésimo nível da variável B;

$SQ(A)$: soma dos quadrados da variável A;

$SQ(B)$: soma dos quadrados da variável B;

$SQ(AB)$: soma dos quadrados da interação entre variáveis;

$SQ(\text{Erro})$: soma dos quadrados do erro, ou seja, dos efeitos não contabilizados de ordens superiores;

$SQ(\text{Total})$: soma dos quadrados total.

A segunda coluna refere-se aos graus de liberdade de cada parâmetro ou interação. O grau de liberdade é determinado por $k-1$, sendo k o número de níveis do parâmetro.

Em seguida, apresenta-se a média quadrática dos parâmetros, suas interações e do erro. A média dos quadrados são obtidas dividindo-se a soma dos quadrados pelo grau de liberdade do parâmetro (Quadro 9) e representa a variação entre as médias amostrais.

Por último, o fator F_0 , calculado de acordo com o Quadro 9, determina qualitativamente a sensibilidade do parâmetro à resposta do sistema. Quanto maior o valor de F_0 , maior a influência na variável de saída. Além disso, a influência dos parâmetros será determinada quantitativamente a partir da Equação 17:

$$Influência_i(\%) = \frac{MQ_i}{\sum MQ_i} \times 100 \quad (17)$$

Em que:

Influência: influência do termo i no resultado analisado;

MQ_i : média quadrática do termo i ;

$\sum MQ_i$: somatória das médias quadráticas de todos os termos.

Foram avaliadas a influência dos parâmetros no indicador graus-hora de resfriamento, no consumo relativo para aquecimento, no consumo relativo para refrigeração e no equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional. O processo de análise de variância foi realizado com auxílio do programa estatístico R, utilizando o script desenvolvido por Silva (2016). Os resultados das simulações foram inseridos no programa por meio de tabelas no formato CSV, juntamente com os valores dos parâmetros da amostra. Com o auxílio do script, foram calculados os índices de sensibilidade conforme descrito anteriormente. Foram analisadas a influência dos fatores de primeira ordem e de segunda ordem originado pela interação de dois parâmetros, sendo que quanto maior a relação física entre os parâmetros, maior a interação entre eles.

3.3.4 Análise de simulações individuais

Nesta etapa foram analisadas as configurações dos casos que apresentaram os melhores resultados para o indicador graus-hora de resfriamento, consumo relativo para aquecimento, consumo relativo para refrigeração e no equivalente numérico da envoltória. A análise busca entender as combinações que geraram maiores níveis de eficiência energética, observando os parâmetros em comum entre as simulações.

Foram selecionadas as seis combinações com menores valores de GH_R , CA e CR e, posteriormente, analisados os parâmetros envolvidos no melhor desempenho termoenergético da edificação para cada indicador, assim como a interação entre os parâmetros. O mesmo foi realizado para as seis combinações com maiores valores de GH_R , CA e CR . Além disso foram analisados os parâmetros relacionados aos maiores e menores níveis de eficiência energética da envoltória a fim de otimizar as estratégias estudadas, ou seja, obter uma combinação de parâmetros capaz de promover bons níveis de desempenho tanto no verão quanto no inverno. O objetivo dessa análise foi obter parâmetros de referência a serem aplicados e evitados em cada zona bioclimática do estudo.

4 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos pela aplicação do método proposto. Os resultados são expostos em duas partes, referentes à análise de variância e ao desempenho termoenergético da amostra analisada. Na primeira parte, é apresentada a influência de cada parâmetro de estudo nas variáveis de saída do RTQ-R em três zonas bioclimáticas distintas. Foram identificadas as propriedades térmicas mais importantes para o desempenho termoenergético de uma edificação de baixa capacidade térmica em cada indicador de desempenho e no equivalente numérico da envoltória, assim como os efeitos na interação entre os mesmos. Na segunda parte, são apontadas as combinações de parâmetros que geraram os maiores e menores níveis de eficiência energética, sendo uma referência para edificações leves quando não há possibilidades de realizar um estudo mais preciso.

4.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS TERMOFÍSICOS EM UMA EDIFICAÇÃO DE ENVOLTÓRIA LEVE

Este item consiste da análise de sensibilidade dos parâmetros termofísicos em uma edificação de envoltória leve. A partir da ANOVA, apresenta-se a influência global dos parâmetros analisados nos indicadores graus-hora de resfriamento, consumo relativo para aquecimento e consumo relativo para refrigeração, bem como no equivalente numérico da envoltória, obtidos das simulações da edificação definida em 3.1 para as cidades de Curitiba (ZB1), São Paulo (ZB3) e Belém (ZB8).

4.1.1 Influência no indicador graus-hora de resfriamento (GHR)

As Tabelas 11, 12 e 13 apresentam a influência dos parâmetros de entrada e suas interações de segundo grau nos indicadores graus-hora de resfriamento em cada ambiente de permanência prolongada para Curitiba, São Paulo e Belém, respectivamente.

Tabela 11- Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de indicadores graus-hora de resfriamento para Curitiba

Fator	Influência [%]		
	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2
solo	10,62	9,11	8,38
venez.	0,65	0,75	0,69
cob	8,97	6,85	6,26
Upar	11,21	13,81	14,48
α par	39,78	41,20	42,10
Ctcob	0,00	0,00	0,00
Ucob	0,47	0,39	0,35
α cob	5,66	4,49	4,10
ϵ cob	0,17	0,13	0,12
orient	2,34	1,97	2,16
solo:venez.	0,05	0,05	0,04
solo:cob	0,15	0,16	0,13
solo:Upar	0,01	0,04	0,04
solo: α par	1,18	1,49	1,46
solo:Ctcob	0,00	0,00	0,00
solo:Ucob	0,00	0,00	0,00
solo: α cob	0,14	0,14	0,12
solo: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
solo:orient	0,15	0,02	0,03
venez.:cob	0,01	0,01	0,01
venez.:Upar	0,00	0,00	0,00
venez.: α par	0,04	0,05	0,06
venez.:Ctcob	0,00	0,00	0,00
venez.:Ucob	0,00	0,00	0,00
venez.: α cob	0,00	0,00	0,00
venez.: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
venez.:orient	0,09	0,22	0,17
cob:Upar	0,02	0,01	0,01
cob: α par	0,13	0,21	0,22
cob:Ctcob	0,01	0,01	0,01
cob:Ucob	0,60	0,48	0,44
cob: α cob	5,66	4,49	4,10
cob: ϵ cob	0,23	0,18	0,17
cob:orient	0,02	0,03	0,03
Upar: α par	10,80	12,59	12,99
Upar:Ctcob	0,00	0,00	0,00
Upar:Ucob	0,00	0,00	0,00
Upar: α cob	0,02	0,01	0,01
Upar: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Upar:orient	0,03	0,14	0,20
α par:Ctcob	0,00	0,00	0,00
α par:Ucob	0,00	0,00	0,00
α par: α cob	0,12	0,17	0,17
α par: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
α par:orient	0,12	0,32	0,49
CTcob:Ucob	0,00	0,00	0,00
CTcob: α cob	0,00	0,00	0,00
CTcob: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
CTcob:orient	0,00	0,00	0,00
Ucob: α cob	0,42	0,35	0,32
Ucob: ϵ cob	0,03	0,02	0,02
Ucob:orient	0,00	0,00	0,00
α cob: ϵ cob	0,12	0,10	0,09
α cob:orient	0,01	0,01	0,01
ϵ cob:orient	0,00	0,00	0,00

Fonte: A autora

Tabela 12 - Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de indicadores graus-hora resfriamento para São Paulo

Fator	Influência [%]		
	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2
solo	11,67	10,82	10,13
venez.	0,77	0,75	0,72
cob	9,25	7,49	6,99
Upar	10,41	12,78	13,23
α par	40,68	43,13	44,08
Ctcob	0,00	0,00	0,00
Ucob	0,43	0,37	0,34
α cob	5,68	4,71	4,40
ϵ cob	0,16	0,14	0,13
orient	2,82	1,16	1,52
solo:venez.	0,05	0,04	0,04
solo:cob	0,03	0,04	0,03
solo:Upar	0,01	0,00	0,00
solo: α par	0,64	0,78	0,78
solo:Ctcob	0,00	0,00	0,00
solo:Ucob	0,00	0,00	0,00
solo: α cob	0,07	0,06	0,06
solo: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
solo:orient	0,15	0,02	0,02
venez.:cob	0,00	0,00	0,00
venez.:Upar	0,00	0,00	0,00
venez.: α par	0,02	0,02	0,02
venez.:Ctcob	0,00	0,00	0,00
venez.:Ucob	0,00	0,00	0,00
venez.: α cob	0,00	0,00	0,00
venez.: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
venez.:orient	0,07	0,16	0,14
cob:Upar	0,04	0,03	0,02
cob: α par	0,02	0,04	0,04
cob:Ctcob	0,02	0,02	0,02
cob:Ucob	0,56	0,46	0,43
cob: α cob	5,68	4,71	4,40
cob: ϵ cob	0,22	0,18	0,17
cob:orient	0,00	0,01	0,01
Upar: α par	9,80	11,19	11,43
Upar:Ctcob	0,00	0,00	0,00
Upar:Ucob	0,00	0,00	0,00
Upar: α cob	0,04	0,03	0,03
Upar: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Upar:orient	0,03	0,13	0,10
α par:Ctcob	0,00	0,00	0,00
α par:Ucob	0,00	0,00	0,00
α par: α cob	0,04	0,06	0,06
α par: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
α par:orient	0,09	0,22	0,23
CTcob:Ucob	0,00	0,00	0,00
CTcob: α cob	0,00	0,00	0,00
CTcob: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
CTcob:orient	0,00	0,00	0,00
Ucob: α cob	0,37	0,32	0,29
Ucob: ϵ cob	0,02	0,02	0,02
Ucob:orient	0,00	0,00	0,00
α cob: ϵ cob	0,11	0,09	0,08
α cob:orient	0,01	0,01	0,01
ϵ cob:orient	0,00	0,00	0,00

Fonte: A autora

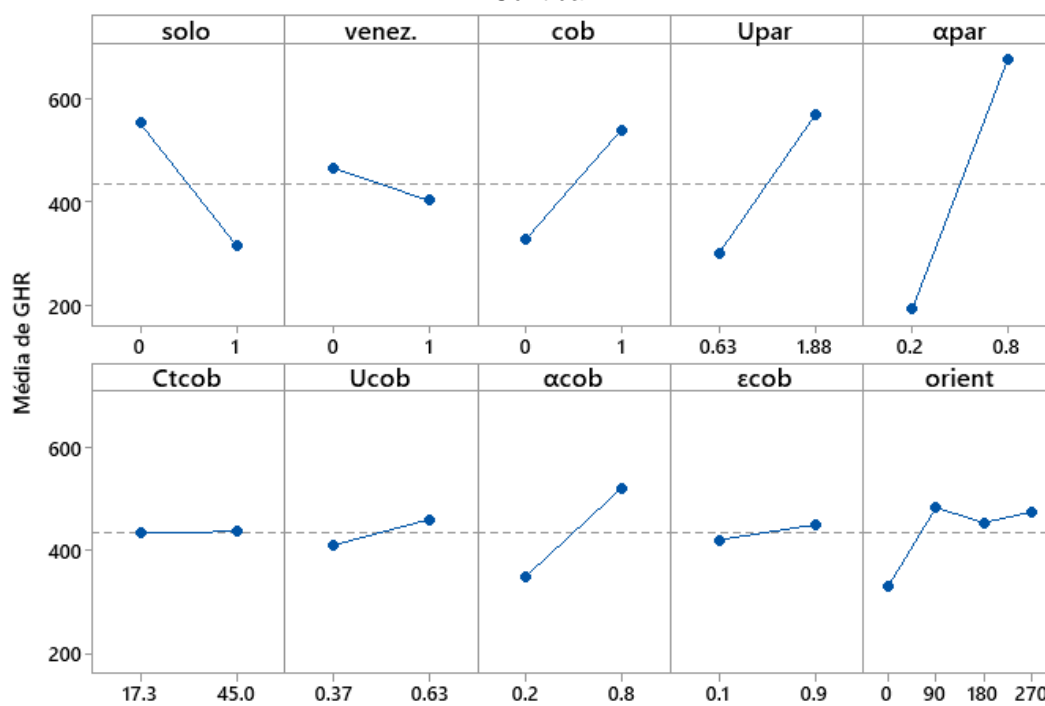
Tabela 13- Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de indicadores de graus-hora de resfriamento para Belém

Fator	Influência [%]		
	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2
solo	1,46	1,40	1,39
venez.	0,81	0,72	0,66
cob	1,71	1,16	1,02
Upar	0,39	0,30	0,26
α par	69,34	72,43	73,92
Ctcob	0,17	0,16	0,15
Ucob	0,08	0,06	0,05
α cob	6,10	5,40	4,99
ϵ cob	0,05	0,04	0,03
orient	1,50	0,74	0,31
solo:venez.	0,03	0,02	0,02
solo:cob	0,00	0,00	0,00
solo:Upar	0,04	0,03	0,03
solo: α par	0,64	0,61	0,62
solo:Ctcob	0,00	0,00	0,00
solo:Ucob	0,00	0,00	0,00
solo: α cob	0,07	0,05	0,05
solo: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
solo:orient	0,10	0,03	0,01
venez.:cob	0,00	0,00	0,00
venez.:Upar	0,01	0,01	0,01
venez.: α par	0,00	0,00	0,00
venez.:Ctcob	0,00	0,00	0,00
venez.:Ucob	0,00	0,00	0,00
venez.: α cob	0,00	0,00	0,00
venez.: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
venez.:orient	0,02	0,07	0,04
cob:Upar	0,00	0,00	0,00
cob: α par	0,51	0,46	0,43
cob:Ctcob	0,13	0,12	0,12
cob:Ucob	0,09	0,06	0,05
cob: α cob	6,10	5,40	4,99
cob: ϵ cob	0,06	0,05	0,04
cob:orient	0,02	0,01	0,01
Upar: α par	9,94	10,11	10,25
Upar:Ctcob	0,02	0,02	0,02
Upar:Ucob	0,00	0,00	0,00
Upar: α cob	0,11	0,12	0,12
Upar: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Upar:orient	0,03	0,02	0,02
α par:Ctcob	0,00	0,00	0,00
α par:Ucob	0,00	0,00	0,00
α par: α cob	0,04	0,04	0,04
α par: ϵ cob	0,01	0,01	0,00
α par:orient	0,04	0,03	0,03
CTcob:Ucob	0,00	0,00	0,00
CTcob: α cob	0,00	0,00	0,00
CTcob: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
CTcob:orient	0,00	0,00	0,00
Ucob: α cob	0,29	0,25	0,24
Ucob: ϵ cob	0,01	0,00	0,00
Ucob:orient	0,00	0,00	0,00
α cob: ϵ cob	0,08	0,07	0,06
α cob:orient	0,00	0,00	0,00
ϵ cob:orient	0,00	0,00	0,00

Fonte: A autora

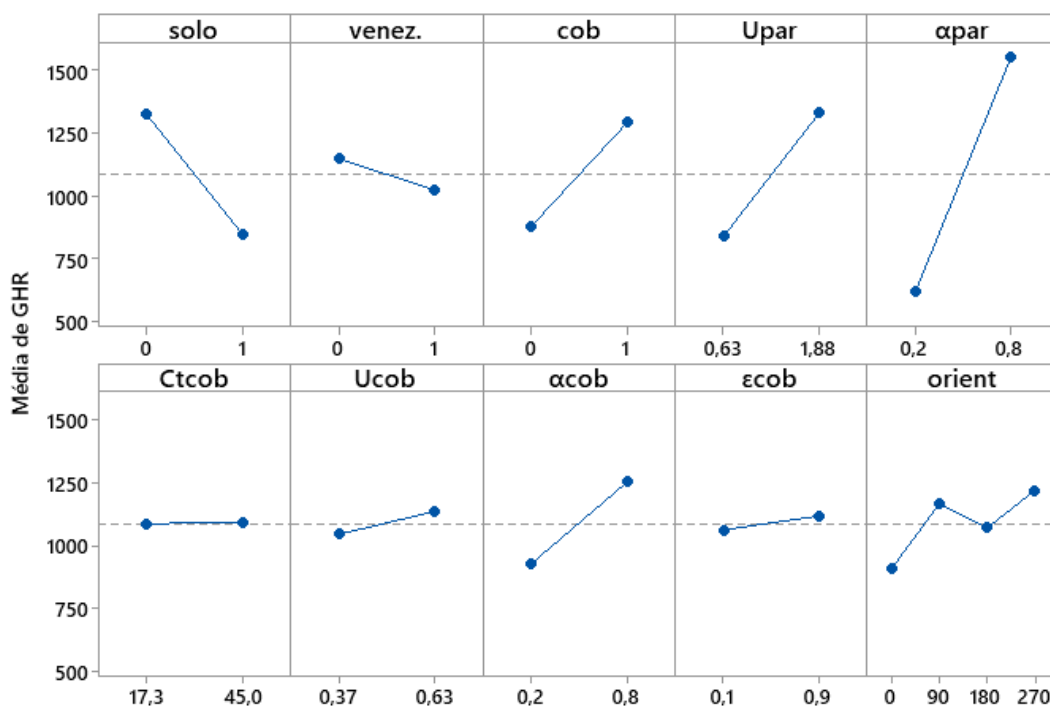
As Figuras 12, 13 e 14 representam o efeito de cada parâmetro principal nos valores médios ponderados pela área do indicador graus-hora de resfriamento. A utilização da média ponderada do indicador justifica-se pela redução da quantidade de gráficos apresentados, uma vez que os efeitos dos parâmetros são iguais em todos os ambientes. O objetivo da análise é visualizar se os parâmetros apresentam efeitos positivos ou negativos nas variáveis de saída. Os efeitos positivos são caracterizados por um aumento na variável de saída com o aumento na variável de entrada, diminuindo o desempenho térmico da edificação. Analogamente, os efeitos negativos ocorrem quando, ao aumentar a variável de entrada, há uma diminuição nos valores das variáveis dependentes do modelo e, conseqüentemente, melhora do desempenho.

Figura 12 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no indicador graus-hora de resfriamento para Curitiba



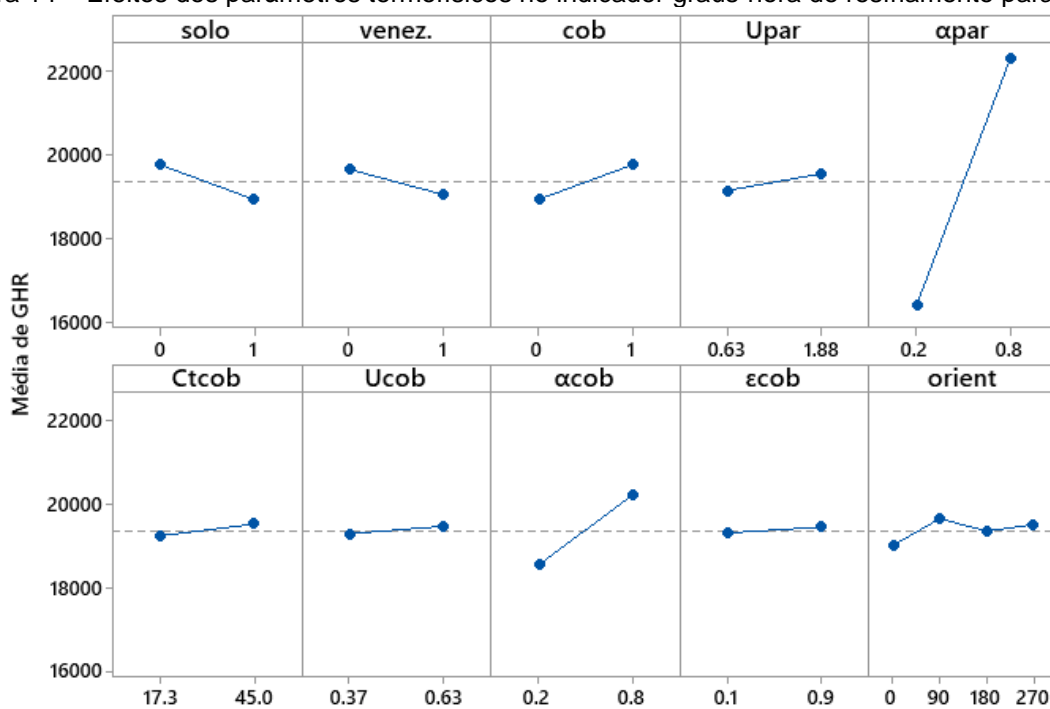
Fonte: A autora

Figura 13 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no indicador graus-hora de resfriamento para São Paulo



Fonte: A autora

Figura 14 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no indicador graus-hora de resfriamento para Belém



Fonte: A autora

Observa-se, pelas Tabelas 11, 12 e 13, que o parâmetro mais influente para o indicador graus-hora de resfriamento nos três ambientes de permanência prolongada e nas três cidades analisadas foi a absorvância solar das paredes externas. Para

Curitiba e São Paulo, a absorvância das paredes representou entre 40% a 44% da variabilidade do indicador. Em ambas as cidades, a influência do parâmetro é acompanhada da transmitância térmica das paredes externas, com valores entre 10% a 14%, e da interação entre os dois parâmetros (9% a 13%). A elevada interação entre absorvância e transmitância térmica indica que a diferença no indicador graus-hora de resfriamento nos níveis de um parâmetro não é equivalente em ambos os níveis do outro parâmetro, ou seja, a influência da absorvância solar das paredes depende da transmitância térmica das mesmas e vice-versa. Ocorre que o fluxo térmico que atravessa uma parede é diretamente proporcional à absorvância solar das mesmas e, quanto maior esse coeficiente, maior o fluxo de calor através da envoltória e consequentemente maior a carga térmica dos ambientes (DORNELLES; RORIZ, 2007). Dessa forma, para envoltórias leves com elevada absorvância solar é importante que as paredes apresentem certa resistência à passagem do fluxo térmico de modo a reduzir a entrada de calor no meio interno, compensando assim, a baixa capacidade térmica (Figuras 12 e 13). Porém, no caso de envoltórias com baixa absorvância, pode-se usufruir de paredes com maior transmitância térmica, ou menor resistência, com menores prejuízos ao conforto dos usuários.

Essa mesma relação foi observada, em menor intensidade, por Almeida (2014) e Ferreira (2016). Ambos os trabalhos foram realizados por meio da análise de variância de parâmetros termofísicos da envoltória de edificações, incluindo a capacidade térmica das paredes externas como uma variável independente. Para Ferreira (2016), a absorvância solar das paredes foi o fator mais relevante na maioria das cidades localizadas nas Zonas Bioclimáticas 1 e 3, demonstrando sua importância no desempenho termoenergético de edificações independente da composição da envoltória. Da mesma forma, Almeida (2014) obteve resultados semelhantes para a absorvância solar, variando entre 23% a 73%. No entanto, parâmetros como a absorvância solar da cobertura, o contato da mesma com o exterior e a interação entre ambas superaram a influência da transmitância térmica das paredes externas, tornando-a um fator secundário no desempenho da edificação.

Nota-se que para uma envoltória de baixa capacidade térmica, em que não se observa um atraso térmico considerável devido ao armazenamento de calor em sua estrutura, é imprescindível promover uma resistência a passagem do fluxo térmico.

Além disso, percebe-se que, em ambas as cidades, o indicador graus-hora de resfriamento em edificações leves é mais sensível às estratégias associadas à perda

de calor quando comparados às envoltórias de maior densidade. É o caso do contato do piso com o solo, responsável por uma variabilidade entre 8% a 12% no indicador, mas pouco significativo no estudo de Almeida (2014). O solo possui elevada capacidade térmica e, por isso, mantém temperaturas inferiores à temperatura do ar no verão e superior à temperatura do ar no inverno (ZAKI; AL-MUSAED; KHALIL, 2005). Assim, os ambientes em contato com o solo tendem a fornecer calor ao mesmo, buscando um equilíbrio térmico entre os elementos. Esse processo faz com os ambientes apresentem temperaturas mais baixas no verão, com a diminuição nos níveis de desconforto térmico (temperaturas acima de 26°C), como mostra as Figuras 12 e 13. O contato com o piso, inclusive, foi capaz de superar a influência da transmitância térmica do ambiente de sala/cozinha em São Paulo. A maior área de piso do ambiente comparado aos dormitórios pode ter sido responsável por essa diferença na ordem de influência, já que as trocas térmicas são proporcionais à área de contato entre piso e solo. Observa-se ainda que há certa interação entre o contato do piso com o solo e a absorvância solar das paredes externas. Isso porque para o piso adiabático, isto é, sem trocas térmicas, o calor extra absorvido por paredes com valores elevados de absorvância mantêm-se no interior dos ambientes por mais tempo, elevando as temperaturas internas. Cabe ressaltar que o contato com o solo é encontrado sempre em edificações térreas, principalmente em países como o Brasil em que não é comum a prática de utilizar materiais isolantes entre o solo e piso do edifício.

O contato da cobertura com o exterior apresenta um comportamento semelhante ao contato com o solo, com influência significativa de cerca de 9% na sala/cozinha e 7% nos dormitórios. Portanto, edificações sem contato da cobertura com o exterior podem ser vantajosos para locais em que a temperatura do ar ultrapassa a temperatura de conforto térmico, como as cidades de Curitiba e São Paulo (Figuras 12 e 13).

Para Belém, no entanto, parâmetros como a transmitância térmica das paredes externas, contato do piso com o solo e contato da cobertura com o exterior não se mostraram tão significativos. Nesse caso, a absorvância solar das paredes externas foi responsável por cerca de 72% da variabilidade do indicador graus-hora de resfriamento, valor muito superior ao observado em Curitiba e São Paulo. Por outro lado, o contato do piso com o solo influenciou em 1,4% do indicador, indicando que as trocas térmicas entre os elementos são menos expressivas. O mesmo verifica-se

para o contato da cobertura, mostrando uma certa dificuldade de retirar o calor da edificação.

Nota-se que a utilização de materiais isolantes para reduzir a entrada do fluxo térmico na edificação é pouco eficaz para a Zona Bioclimática 8, tanto para edificações leves quanto pesadas, como observado no trabalho de Ferreira (2016). No entanto, a interação entre a transmitância térmica e absorvância solar das paredes externas apresenta uma influência expressiva de cerca de 10%, indicando uma vantagem para os casos de alta absorvância solar. Com isso, observa-se que paredes sem isolantes podem manter um desempenho térmico razoável em regiões quentes como Belém dependendo das demais propriedades térmicas da envoltória, mas são necessários em locais com maiores variações climáticas como Curitiba e São Paulo.

A absorvância solar da cobertura foi o terceiro fator mais importante para Belém, com influência de cerca de 5%, semelhante à obtida para Curitiba e São Paulo. As demais propriedades térmicas da cobertura, no entanto, mostraram-se pouco influentes no indicador graus-hora de resfriamento, com valores abaixo de 1% nas três cidades analisadas. Observa-se, nas Figuras 12, 13 e 14, que a absorvância solar, transmitância térmica, capacidade térmica e emissividade da cobertura apresentam efeitos positivos no indicador. Dessa forma, a redução dos valores dos parâmetros acarreta um ligeiro aumento no desempenho térmico da envoltória. Ressalta-se que ambos os níveis analisados para a transmitância térmica se utilizam de materiais isolantes em espessuras diferentes em sua composição (50 mm e 100mm), conforme observado na avaliação dos DATecs. A comparação com coberturas sem isolamento térmico provavelmente geraria resultados mais discrepantes. Assim, não se pode afirmar que os isolantes térmicos são dispensáveis na cobertura. O uso de isolante térmico em ambos os níveis, também pode ter afetado a influência da emissividade da cobertura uma vez que as duas propriedades atuam no isolamento da envoltória. Além disso, é importante notar que os valores quantitativos da influência dos efeitos de segunda ordem gerados pelo contato da cobertura com sua absorvância e do contato da cobertura com sua transmitância são praticamente iguais aos parâmetros absorvância e transmitância térmica. Isso indica a necessidade do contato da cobertura com o exterior para que tais parâmetros possam atuar na redução das temperaturas internas.

Esses mesmos parâmetros foram considerados de grande influência em estudos com níveis mais elevados de capacidade térmica nas paredes externas. A

absortância solar, a transmitância térmica e o contato da cobertura foram as variáveis mais relevantes para o indicador graus-hora de resfriamento na análise de sensibilidade de Silva e Ghisi (2016) em Florianópolis (ZB3). Em outros dois estudos (SILVA; GHISI, 2014; SILVA; ALMEIDA; GHISI, 2016), a absortância solar da cobertura e das paredes externas e a transmitância térmica da cobertura foram os parâmetros mais influentes para cidades como Curitiba, Campo Grande, Florianópolis e Belém.

Outros dois parâmetros, o sombreamento das janelas e a orientação solar, mostraram-se pouco influentes para o indicador de desempenho, assim como observado por Silva e Ghisi (2014). A influência da veneziana, em especial, está relacionada ao *setpoint* de 400W/m². Entretanto, como é uma estratégia facilmente controlada pelo usuário, há possibilidade de maior redução das temperaturas internas quando utilizados valores de operação menores que o considerado.

4.1.2 Influência no consumo relativo para aquecimento (CA)

As Tabelas 14 e 15 apresentam a influência dos parâmetros analisados no consumo relativo para aquecimento para Curitiba e São Paulo, respectivamente. Devido ao clima da região, Belém não foi analisada para as condições de inverno. As Figuras 15 e 16, por sua vez, representam o efeito de cada parâmetro principal nos consumos relativos médios e possibilita a visualização do comportamento dos parâmetros nas variáveis de saída.

Assim como no indicador graus-hora de resfriamento, Curitiba e São Paulo apresentaram um comportamento semelhante quanto as variáveis mais influentes. Nesse caso, o parâmetro mais influente foi a transmitância térmica das paredes externas, variando cerca de 50% para a sala/cozinha a 67% no dormitório 2. De acordo com as Figuras 15 e 16, a utilização de materiais isolantes na composição das paredes externas tende a manter os ambientes mais aquecidos ao dificultar a perda de calor proveniente tanto da radiação solar incidente quanto do calor produzido pelo sistema de condicionamento de ar.

Tabela 14 - Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de consumo relativo para aquecimento para Curitiba

Fator	Influência [%]		
	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2
solo	34,65	26,25	22,97
venez.	0,07	0,04	0,03
cob	7,13	5,67	4,84
Upar	50,96	60,64	65,33
α par	4,34	4,22	3,84
Ctcob	0,07	0,05	0,04
Ucob	0,56	0,55	0,51
α cob	0,22	0,17	0,13
ϵ cob	0,07	0,06	0,05
orient	0,04	0,45	0,33
solo:venez.	0,00	0,00	0,00
solo:cob	0,00	0,03	0,05
solo:Upar	0,04	0,02	0,10
solo: α par	0,00	0,01	0,01
solo:Ctcob	0,00	0,00	0,00
solo:Ucob	0,00	0,00	0,00
solo: α cob	0,00	0,00	0,00
solo: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
solo:orient	0,01	0,01	0,01
venez.:cob	0,00	0,00	0,00
venez.:Upar	0,00	0,00	0,00
venez.: α par	0,00	0,00	0,00
venez.:Ctcob	0,00	0,00	0,00
venez.:Ucob	0,00	0,00	0,00
venez.: α cob	0,00	0,00	0,00
venez.: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
venez.:orient	0,01	0,01	0,00
cob:Upar	0,06	0,00	0,00
cob: α par	0,02	0,00	0,00
cob:Ctcob	0,01	0,00	0,00
cob:Ucob	0,50	0,43	0,38
cob: α cob	0,22	0,17	0,13
cob: ϵ cob	0,10	0,08	0,07
cob:orient	0,00	0,00	0,00
Upar: α par	0,87	1,10	1,10
Upar:Ctcob	0,00	0,00	0,00
Upar:Ucob	0,00	0,00	0,01
Upar: α cob	0,00	0,00	0,00
Upar: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Upar:orient	0,00	0,01	0,01
α par:Ctcob	0,00	0,00	0,00
α par:Ucob	0,00	0,00	0,00
α par: α cob	0,00	0,00	0,00
α par: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
α par:orient	0,00	0,00	0,01
Ctcob:Ucob	0,00	0,00	0,00
Ctcob: α cob	0,00	0,00	0,00
Ctcob: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Ctcob:orient	0,00	0,00	0,00
Ucob: α cob	0,01	0,01	0,01
Ucob: ϵ cob	0,01	0,01	0,01
Ucob:orient	0,00	0,00	0,00
α cob: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
α cob:orient	0,00	0,00	0,00
ϵ cob:orient	0,00	0,00	0,00

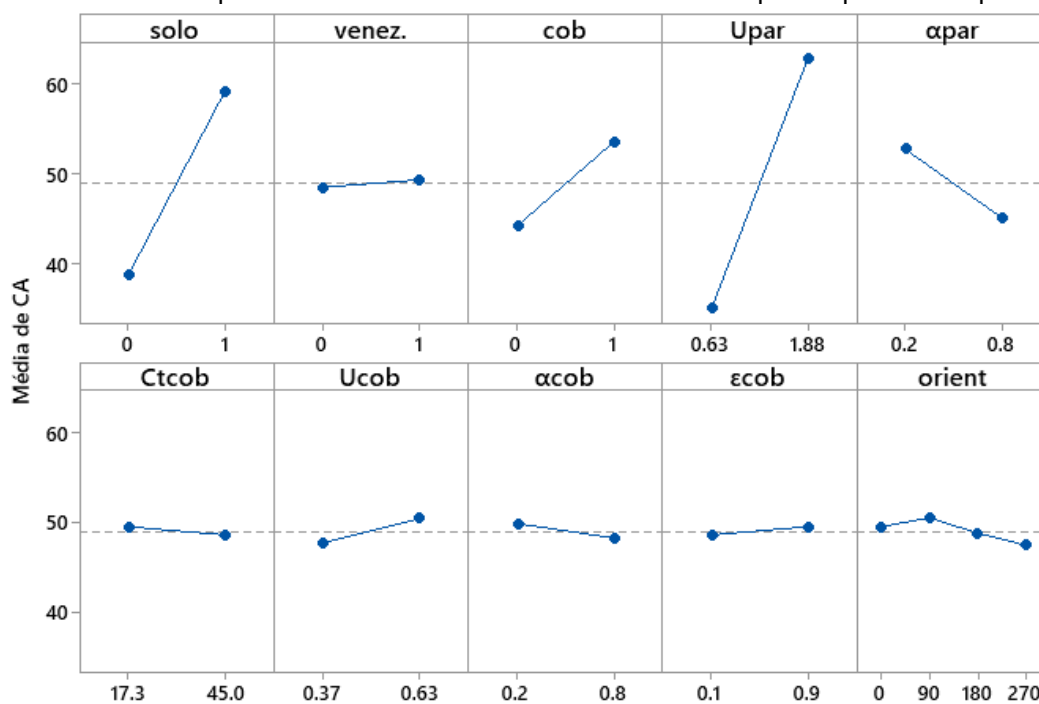
Fonte: A autora

Tabela 15 – Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de consumo relativo para aquecimento para São Paulo

Fator	Influência [%]		
	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2
solo	32,61	18,79	15,49
venez.	0,12	0,06	0,05
cob	8,36	6,50	5,33
Upar	49,75	63,09	67,55
α par	5,48	5,18	4,78
Ctcob	0,11	0,08	0,06
Ucob	0,56	0,61	0,57
α cob	0,29	0,20	0,16
ϵ cob	0,08	0,08	0,07
orient	0,27	1,14	0,77
solo:venez.	0,00	0,00	0,00
solo:cob	0,05	0,24	0,28
solo:Upar	0,01	0,93	1,56
solo: α par	0,00	0,05	0,05
solo:Ctcob	0,00	0,00	0,00
solo:Ucob	0,00	0,01	0,02
solo: α cob	0,00	0,00	0,00
solo: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
solo:orient	0,03	0,00	0,01
venez.:cob	0,00	0,00	0,00
venez.:Upar	0,00	0,01	0,01
venez.: α par	0,00	0,00	0,00
venez.:Ctcob	0,00	0,00	0,00
venez.:Ucob	0,00	0,00	0,00
venez.: α cob	0,00	0,00	0,00
venez.: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
venez.:orient	0,01	0,01	0,01
cob:Upar	0,02	0,11	0,28
cob: α par	0,02	0,00	0,00
cob:Ctcob	0,03	0,01	0,01
cob:Ucob	0,57	0,52	0,45
cob: α cob	0,29	0,20	0,16
cob: ϵ cob	0,13	0,11	0,09
cob:orient	0,00	0,01	0,01
Upar: α par	1,16	1,90	2,07
Upar:Ctcob	0,00	0,00	0,01
Upar:Ucob	0,00	0,02	0,04
Upar: α cob	0,00	0,00	0,01
Upar: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Upar:orient	0,01	0,07	0,06
α par:Ctcob	0,00	0,00	0,00
α par:Ucob	0,00	0,00	0,00
α par: α cob	0,00	0,01	0,01
α par: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
α par:orient	0,01	0,00	0,01
Ctcob:Ucob	0,00	0,00	0,00
Ctcob: α cob	0,00	0,00	0,00
Ctcob: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Ctcob:orient	0,00	0,00	0,00
Ucob: α cob	0,02	0,02	0,01
Ucob: ϵ cob	0,01	0,01	0,01
Ucob:orient	0,00	0,00	0,00
α cob: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
α cob:orient	0,00	0,00	0,00
ϵ cob:orient	0,00	0,00	0,00

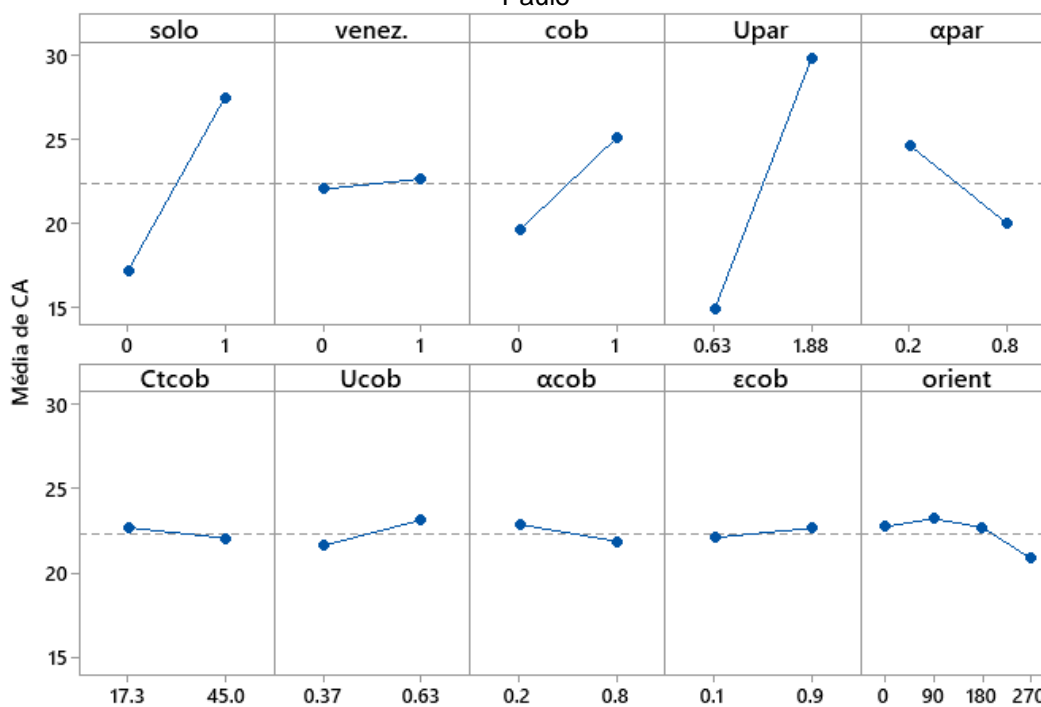
Fonte: A autora

Figura 15 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no consumo relativo para aquecimento para Curitiba



Fonte: A autora

Figura 16 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no consumo relativo para aquecimento para São Paulo



Fonte: A autora

O segundo parâmetro mais influente foi o contato do piso com o solo, responsável por cerca de 35% da variabilidade da resposta do sistema na sala/cozinha, 24% nos dormitórios em Curitiba e 17% nos dormitórios em São Paulo. Nota-se, nas Figuras 15 e 16, que, apesar da tendência do solo apresentar

temperaturas superiores à temperatura do ar nos meses de inverno (ZAKI; AL-MUSAED; KHALIL, 2005), essa diferença não é suficiente para o contato do solo promover melhorias no desempenho termoenergético da edificação na condição de inverno. Assim, percebe-se que, como Curitiba e São Paulo apresentam alta amplitude térmica diária, as trocas térmicas entre solo e piso são mais expressivas no sentido do piso fornecer calor ao solo tanto no verão quanto no inverno. Percebe-se que, assim como no indicador graus-hora de resfriamento, ambientes com maiores áreas de piso apresentaram maior influência do parâmetro devido ao contato entre os elementos para condução do calor.

Essa associação entre área de contato e influência no indicador também pode ser observada no contato da cobertura com o exterior, representando entre 5% a 8% da variabilidade do consumo relativo para aquecimento. Observa-se que a ausência de contato com a cobertura proporciona uma redução no consumo de energia por não permitir a transferência de calor noturna quando as temperaturas são mais baixas. Dessa forma, há maior eficiência do sistema de condicionamento de ar.

Resultados semelhantes, com exceção do contato com o solo, foram obtidos para edificações pesadas. A análise de sensibilidade de Almeida (2014) mostrou que as variáveis mais influentes para o consumo relativo para aquecimento são o contato da cobertura e a transmitância térmica de paredes externas e coberturas. Por outro lado, a emissividade da cobertura e a transmitância térmica das paredes externas e coberturas apresentaram maiores influências nas análises de Silva e Ghisi (2013) e Silva e Ghisi (2014). Neste primeiro, o contato com a cobertura e com o solo obtiveram, respectivamente, apenas o quarto e quinto lugar no ranking de influência, demonstrando um comportamento térmico diferente do observado nas edificações de baixa capacidade térmica.

Para a edificação leve as características de coberturas não foram capazes de provocar alterações significativas no consumo relativo para aquecimento tanto para Curitiba quanto para São Paulo, assim como ocorreu no indicador graus-hora de resfriamento. Nesse caso, a propriedade térmica de maior influência na cobertura foi a transmitância térmica (cerca de 0,55%), seguida da absorvância solar (0,2%). Apesar da baixa influência, são estratégias simples que podem ajudar na redução da demanda de energia quando há maiores disponibilidades de recursos financeiros.

Da mesma forma que o contato com o solo, alguns parâmetros apresentam um comportamento conflitante, com efeitos positivos no indicador graus-hora de

resfriamento e negativo no consumo relativo para aquecimento. É o caso da absorvância solar das paredes externas e coberturas. Além de efeitos contraditórios, os parâmetros apresentam níveis de influência divergentes em ambos os indicadores, principalmente nas paredes externas onde a sua atuação é maior. A absorvância solar das paredes externas é responsável por uma variabilidade de até 44% no indicador graus-hora de resfriamento e 5% no consumo relativo para aquecimento. Assim, o parâmetro deve ser ponderado corretamente de acordo com as condições climáticas do local, de modo a aproveitar da melhor forma os efeitos do mesmo sem prejudicar o desempenho térmico da edificação nos demais meses.

Outro parâmetro que apresentou efeitos conflitantes nos indicadores de desempenho foi a utilização de venezianas. A ausência veneziana mostra-se mais benéfica para o aquecimento de ambientes, uma vez que permite maior entrada de radiação solar. No entanto, a leve desvantagem observada (0,03% a 0,12%) no consumo de energia para climatização não é necessariamente um motivo para ser dispensada.

Além disso, nota-se que a interação entre os parâmetros é pequena comparada ao indicador graus-hora de resfriamento, sendo que as mais significativas são relacionadas as duas propriedades térmicas das paredes externas e o contato da cobertura com suas propriedades. Os dois primeiros pela grande influência no indicador de desempenho e o segundo devido à necessidade das trocas térmicas pela cobertura para atuação das propriedades.

4.1.3 Influência no consumo relativo para refrigeração (CR)

As Tabelas 16, 17 e 18 apresentam a influência dos parâmetros analisados no consumo relativo para refrigeração para Curitiba, São Paulo e Belém, respectivamente. O efeito de cada parâmetro principal no indicador de desempenho é apresentado nas Figuras 17, 18 e 19.

Tabela 16 - Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de consumo relativo para refrigeração para Curitiba

Fator	Influência [%]		
	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2
solo	66,93	62,78	59,80
venez.	0,49	0,60	0,54
cob	0,33	1,20	1,41
Upar	3,25	10,96	14,39
αpar	13,08	12,72	12,73
Ctcob	0,08	0,09	0,09
Ucob	0,00	0,04	0,05
αcob	1,00	0,78	0,72
εcob	0,00	0,01	0,01
orient	1,63	0,82	0,67
solo:venez.	0,28	0,19	0,15
solo:cob	0,19	0,17	0,16
solo:Upar	2,86	3,45	3,73
solo:αpar	5,77	3,35	2,98
solo:Ctcob	0,03	0,01	0,01
solo:Ucob	0,00	0,01	0,01
solo:αcob	0,52	0,24	0,19
solo:εcob	0,00	0,00	0,00
solo:orient	1,18	0,40	0,33
venez.:cob	0,00	0,00	0,00
venez.:Upar	0,04	0,05	0,05
venez.:αpar	0,01	0,01	0,01
venez.:Ctcob	0,00	0,00	0,00
venez.:Ucob	0,00	0,00	0,00
venez.:αcob	0,00	0,00	0,00
venez.:εcob	0,00	0,00	0,00
venez.:orient	0,05	0,12	0,09
cob:Upar	0,03	0,17	0,23
cob:αpar	0,29	0,28	0,27
cob:Ctcob	0,00	0,01	0,01
cob:Ucob	0,02	0,06	0,07
cob:αcob	1,00	0,78	0,72
cob:εcob	0,01	0,02	0,02
cob:orient	0,03	0,01	0,01
Upar:αpar	0,54	0,38	0,29
Upar:Ctcob	0,02	0,02	0,02
Upar:Ucob	0,00	0,00	0,01
Upar:αcob	0,10	0,09	0,09
Upar:εcob	0,00	0,00	0,00
Upar:orient	0,15	0,03	0,05
αpar:Ctcob	0,00	0,00	0,00
αpar:Ucob	0,00	0,00	0,00
αpar:αcob	0,01	0,00	0,00
αpar:εcob	0,00	0,00	0,00
αpar:orient	0,04	0,09	0,07
Ctcob:Ucob	0,00	0,00	0,00
Ctcob:αcob	0,00	0,00	0,00
Ctcob:εcob	0,00	0,00	0,00
Ctcob:orient	0,00	0,00	0,00
Ucob:αcob	0,04	0,03	0,03
Ucob:εcob	0,00	0,00	0,00
Ucob:orient	0,00	0,00	0,00
αcob:εcob	0,01	0,01	0,00
αcob:orient	0,00	0,00	0,00
εcob:orient	0,00	0,00	0,00

Fonte: A autora

Tabela 17 - Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de consumo relativo para refrigeração para São Paulo

Fator	Influência [%]		
	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2
solo	70,98	64,08	61,17
venez.	0,49	0,57	0,51
cob	0,45	1,48	1,66
Upar	2,80	10,98	14,50
α par	12,31	13,43	13,26
Ctcob	0,08	0,10	0,10
Ucob	0,00	0,05	0,06
α cob	0,91	0,81	0,74
ϵ cob	0,00	0,01	0,01
orient	2,57	0,68	0,34
solo:venez.	0,21	0,15	0,12
solo:cob	0,11	0,13	0,14
solo:Upar	1,66	2,25	2,60
solo: α par	3,54	2,43	2,23
solo:Ctcob	0,02	0,01	0,01
solo:Ucob	0,00	0,01	0,01
solo: α cob	0,32	0,16	0,13
solo: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
solo:orient	1,18	0,34	0,26
venez.:cob	0,00	0,00	0,00
venez.:Upar	0,03	0,03	0,03
venez.: α par	0,01	0,00	0,00
venez.:Ctcob	0,00	0,00	0,00
venez.:Ucob	0,00	0,00	0,00
venez.: α cob	0,00	0,00	0,00
venez.: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
venez.:orient	0,04	0,09	0,07
cob:Upar	0,02	0,12	0,16
cob: α par	0,28	0,26	0,24
cob:Ctcob	0,01	0,02	0,02
cob:Ucob	0,03	0,07	0,08
cob: α cob	0,91	0,81	0,74
cob: ϵ cob	0,01	0,02	0,02
cob:orient	0,03	0,01	0,01
Upar: α par	0,66	0,65	0,56
Upar:Ctcob	0,01	0,01	0,01
Upar:Ucob	0,00	0,00	0,01
Upar: α cob	0,08	0,07	0,07
Upar: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Upar:orient	0,12	0,03	0,04
α par:Ctcob	0,00	0,00	0,00
α par:Ucob	0,00	0,00	0,00
α par: α cob	0,00	0,00	0,00
α par: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
α par:orient	0,07	0,07	0,02
Ctcob:Ucob	0,00	0,00	0,00
Ctcob: α cob	0,00	0,00	0,00
Ctcob: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Ctcob:orient	0,00	0,00	0,00
Ucob: α cob	0,03	0,03	0,03
Ucob: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Ucob:orient	0,00	0,00	0,00
α cob: ϵ cob	0,01	0,01	0,01
α cob:orient	0,00	0,00	0,00
ϵ cob:orient	0,00	0,00	0,00

Fonte: A autora

Tabela 18 - Influência dos parâmetros termofísicos nos resultados de consumo relativo para refrigeração para Belém

Fator	Influência [%]		
	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2
solo	7,92	13,97	8,86
venez.	0,81	2,30	2,48
cob	5,80	1,16	1,89
Upar	7,65	0,13	0,66
α par	54,27	56,68	62,67
Ctcob	0,83	0,39	0,43
Ucob	0,04	0,00	0,00
α cob	3,99	3,48	3,10
ϵ cob	0,02	0,00	0,00
orient	5,02	5,84	3,77
solo:venez.	0,07	0,08	0,01
solo:cob	0,03	0,01	0,01
solo:Upar	0,02	0,60	0,26
solo: α par	1,41	0,92	1,79
solo:Ctcob	0,00	0,02	0,01
solo:Ucob	0,00	0,00	0,00
solo: α cob	0,14	0,08	0,15
solo: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
solo:orient	0,32	0,05	0,14
venez.:cob	0,00	0,04	0,03
venez.:Upar	0,00	0,25	0,20
venez.: α par	0,00	0,07	0,00
venez.:Ctcob	0,00	0,00	0,00
venez.:Ucob	0,00	0,00	0,00
venez.: α cob	0,00	0,00	0,00
venez.: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
venez.:orient	0,08	0,58	0,43
cob:Upar	0,01	0,32	0,20
cob: α par	0,79	0,63	0,46
cob:Ctcob	0,13	0,06	0,07
cob:Ucob	0,29	0,03	0,06
cob: α cob	3,99	3,48	3,10
cob: ϵ cob	0,09	0,01	0,02
cob:orient	0,09	0,06	0,02
Upar: α par	5,53	7,40	8,40
Upar:Ctcob	0,03	0,00	0,00
Upar:Ucob	0,00	0,02	0,01
Upar: α cob	0,16	0,15	0,11
Upar: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Upar:orient	0,18	0,87	0,35
α par:Ctcob	0,00	0,00	0,00
α par:Ucob	0,00	0,00	0,00
α par: α cob	0,02	0,01	0,00
α par: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
α par:orient	0,01	0,04	0,04
Ctcob:Ucob	0,02	0,01	0,01
Ctcob: α cob	0,00	0,00	0,00
Ctcob: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Ctcob:orient	0,00	0,00	0,00
Ucob: α cob	0,16	0,19	0,17
Ucob: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Ucob:orient	0,00	0,01	0,00
α cob: ϵ cob	0,04	0,04	0,04
α cob:orient	0,00	0,00	0,00
ϵ cob:orient	0,00	0,00	0,00

Fonte: A autora

Figura 17 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no consumo relativo para refrigeração para Curitiba

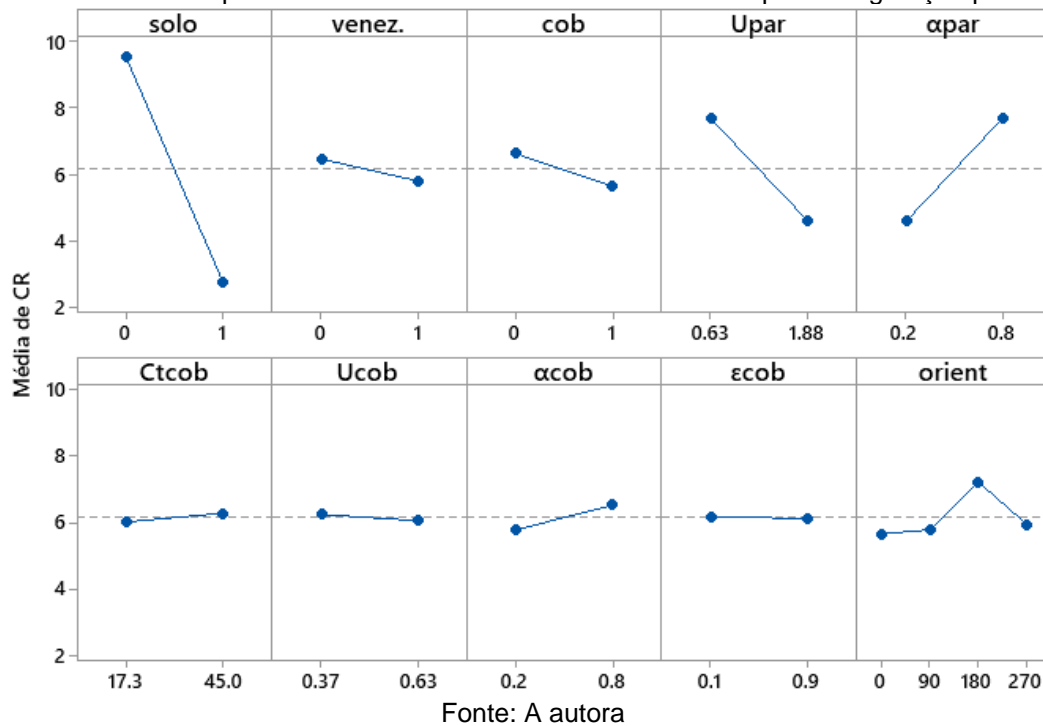


Figura 18 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no consumo relativo para refrigeração para São Paulo

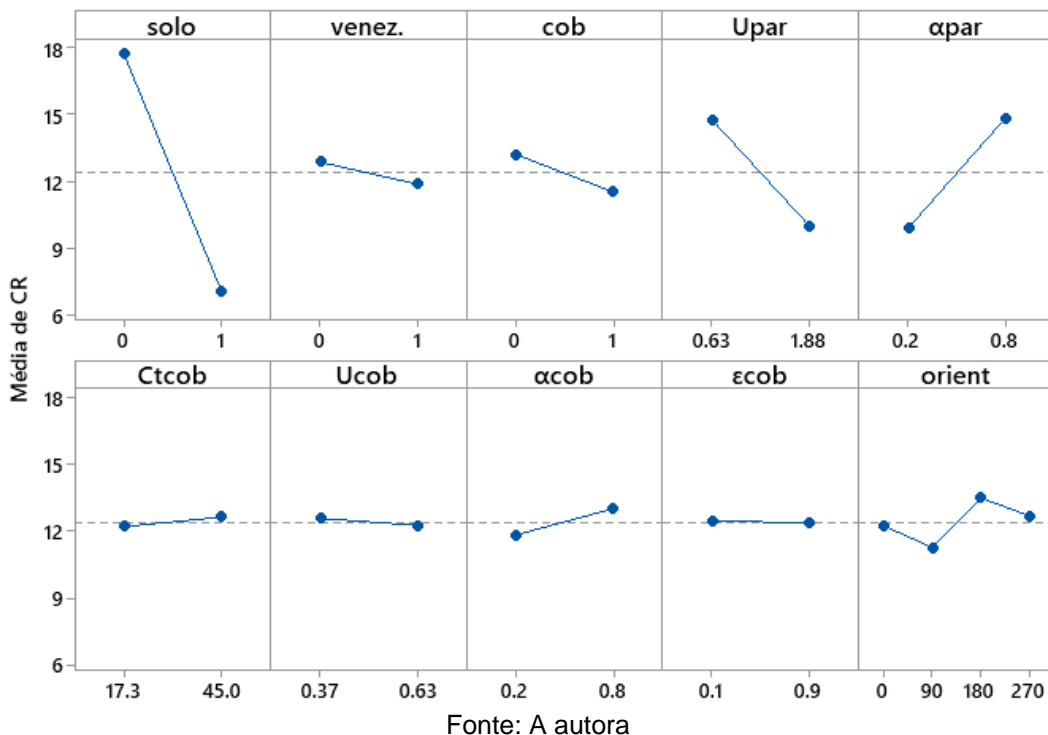
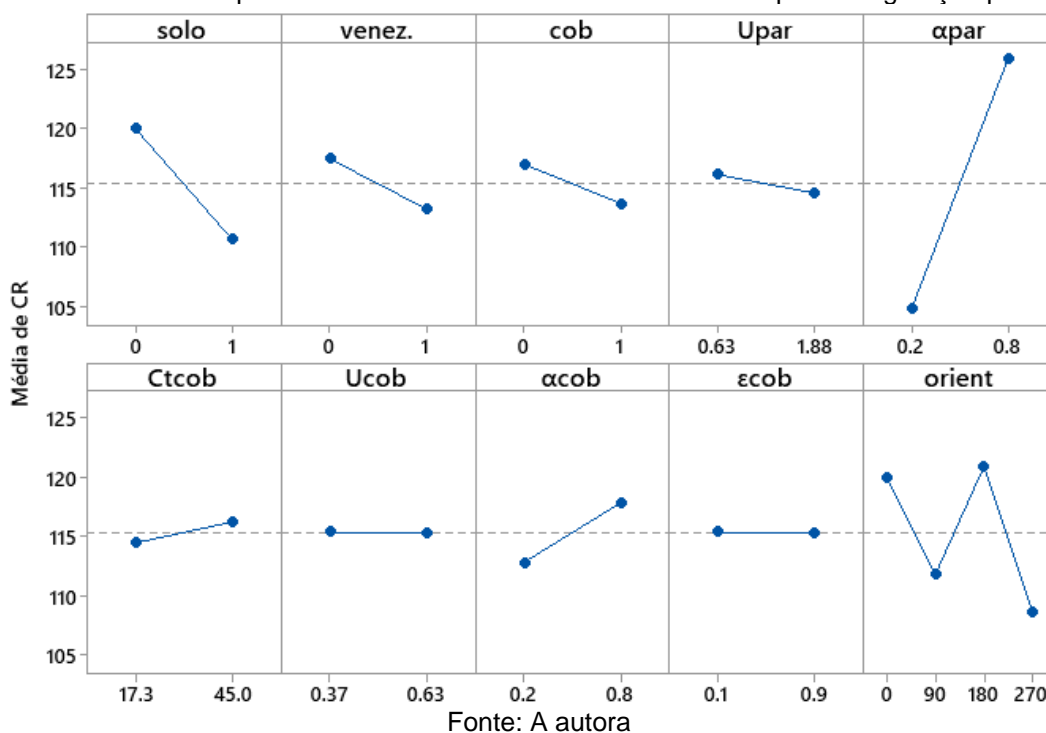


Figura 19 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no consumo relativo para refrigeração para Belém



De acordo com as Tabelas 16 e 17, a variável mais influente no consumo relativo para refrigeração para Curitiba e São Paulo foi o contato do piso com o solo, seguido das propriedades térmicas das paredes externas. O contato do piso com o solo representa entre 60 a 71% da variabilidade do consumo para refrigeração dos ambientes, em ambas as cidades. Além disso, é possível observar que a área de contato entre os elementos influencia na importância do parâmetro dentro dos ambientes e pode ser explorada a fim de se obter maiores níveis de eficiência energética.

A absorvância solar, por sua vez, manteve uma influência média em torno de 13% tanto para Curitiba quanto São Paulo, sendo que valores mais baixos obtiveram melhores resultados assim como no indicador graus-hora de resfriamento. Para a transmitância térmica, todavia, os resultados divergiram dos indicadores anteriores visto que o maior valor da transmitância térmica proporcionou um menor consumo de energia para refrigeração (Figuras 17 e 18). Dessa forma, o calor acumulado durante o dia é facilmente liberado para o exterior à noite quando as temperaturas externas são mais amenas.

Além disso, percebe-se uma variação grande na influência do parâmetro nos ambientes, indo de 3% na sala/cozinha a 14% no dormitório 2. Observa-se que quanto menor área de piso no ambiente, maior a influência do parâmetro. Essa interação

entre os fatores mostra um processo de adaptabilidade da edificação uma vez que a tendência é sempre buscar um equilíbrio térmico com o meio externo.

Essas três variáveis também foram as mais relevantes no estudo de Almeida (2014). Entretanto, os valores de influência de cada parâmetro divergiram consideravelmente, com a absorptância solar variando entre 25% e 64%, a transmitância térmica entre 11% e 19% e o contato do piso com o solo 9% e 15%. Percebe-se que, ao considerar uma edificação de capacidade térmica elevada, o contato do piso com o solo tornou-se um parâmetro secundário, enquanto para edificações leves a contribuição da inércia térmica do solo é fundamental para obter um bom desempenho termoenergético. Isso pode ser observado tanto no consumo relativo para refrigeração quanto no indicador graus-hora de resfriamento.

Para Belém, no entanto, a absorptância solar das paredes externas foi a variável mais influente no consumo relativo para refrigeração, superando o contato com o solo. O parâmetro foi responsável por 54% a 62% da variabilidade no indicador.

Diferente de Curitiba e São Paulo, não foi observada uma proporcionalidade entre área de piso e influência do contato com o solo, que variou entre 8% a 14%. O dormitório 1, com área menor que a sala/ cozinha e maior que o dormitório 2, foi o ambiente com maior influência do contato com o solo. Enquanto o maior ambiente obteve a menor influência do parâmetro. Foi justamente na sala/cozinha onde a transmitância térmica das paredes externas obteve uma influência considerável, sendo pouco influente nos demais ambientes. O mesmo ocorre com o contato da cobertura com o exterior, com uma influência de 5,8% na sala/cozinha e cerca de 1,5% nos dormitórios.

Para Curitiba e São Paulo, todavia, os ambientes com menores áreas de cobertura, isto é, os dormitórios, apresentaram maior influência para o parâmetro. Apesar do comportamento distinto de Belém, o contato com a cobertura também foi mais vantajoso para as demais cidades, como mostra as Figuras 17, 18 e 19.

Em relação as propriedades térmicas da cobertura não foram observados níveis consideráveis de influência. Como esperado, a absorptância solar novamente foi o parâmetro mais relevante na cobertura, com influência de cerca de 3% no consumo relativo para refrigeração em Belém e entre 0,7% e 1% em Curitiba e São Paulo. Apesar disso, a emissividade, capacidade térmica e absorptância solar da cobertura foram os parâmetros mais influentes no estudo de Silva (2013) ao considerar um nível alto de capacidade térmica nas paredes externas para uma edificação na Zona

Bioclimática 3. Para Silva, Almeida e Ghisi (2016), por sua vez, a absorvância da cobertura e das paredes externas, bem como a capacidade térmica das paredes, foram os parâmetros mais influentes para cidades como Belém e Florianópolis. Em contrapartida, para Curitiba, as propriedades térmicas das paredes foram mais relevantes.

Além disso, dois parâmetros chamaram a atenção na análise para Belém: as venezianas e a orientação solar. Ambos os parâmetros apresentaram influência mais significativa comparado aos demais indicadores nas três cidades do estudo. As venezianas apresentaram uma influência média de 2,4% nos dormitórios e a orientação solar em torno de 5%.

Para Curitiba e São Paulo, a utilização de venezianas representa apenas uma leve influência na refrigeração dos ambientes, atingindo no máximo 0,6% de influência. Para a orientação solar, no entanto, foi observada uma diferença na influência entre os ambientes devido aos posicionamentos das aberturas, variando de 0,67% a 1,63% para Curitiba e 0,34% a 2,67% para São Paulo.

4.1.4 Influência no equivalente numérico da envoltória (EqNum)

As Tabelas 19, 20 e 21 apresenta a influência dos parâmetros de entrada e suas interações de segundo grau no equivalente numérico da envoltória para Curitiba, São Paulo e Belém, respectivamente. As Figuras 20, 21 e 22, por sua vez, apresentam os efeitos dos parâmetros principais no desempenho termoenergético da edificação. Ressalta-se que quanto maior o equivalente numérico da envoltória, melhor o desempenho termoenergético da edificação. Dessa forma, os efeitos são exibidos de forma inversa aos apresentados nas Figuras 12 a 19.

Tabela 19 - Influência dos parâmetros termofísicos no equivalente numérico da envoltória para Curitiba, São Paulo e Belém

Fator	Influência [%]		
	Curitiba	São Paulo	Belém
solo	24,59	3,48	0,76
venez.	0,01	0,95	0,57
cob	8,96	17,21	1,04
Upar	63,03	24,68	0,06
α par	0,40	33,91	72,55
Ctcob	0,03	0,00	0,32
Ucob	0,51	0,38	0,01
α cob	0,01	3,87	5,34
ϵ cob	0,09	0,17	0,01
orient	0,13	0,92	0,14
solo:venez.	0,00	0,04	0,00
solo:cob	0,27	0,30	0,03
solo:Upar	0,64	1,98	0,49
solo: α par	0,01	0,38	0,03
solo:Ctcob	0,00	0,00	0,00
solo:Ucob	0,00	0,01	0,00
solo: α cob	0,00	0,18	0,00
solo: ϵ cob	0,00	0,01	0,00
solo:orient	0,00	0,00	0,02
venez.:cob	0,00	0,06	0,02
venez.:Upar	0,00	0,07	0,31
venez.: α par	0,00	0,10	0,04
venez.:Ctcob	0,00	0,00	0,01
venez.:Ucob	0,00	0,00	0,00
venez.: α cob	0,00	0,02	0,02
venez.: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
venez.:orient	0,00	0,04	0,01
cob:Upar	0,44	0,66	0,26
cob: α par	0,13	1,39	1,11
cob:Ctcob	0,00	0,04	0,28
cob:Ucob	0,47	0,57	0,01
cob: α cob	0,01	3,87	5,34
cob: ϵ cob	0,12	0,26	0,02
cob:orient	0,01	0,08	0,03
Upar: α par	0,03	2,67	9,37
Upar:Ctcob	0,00	0,00	0,23
Upar:Ucob	0,02	0,02	0,01
Upar: α cob	0,00	0,32	0,48
Upar: ϵ cob	0,00	0,01	0,00
Upar:orient	0,01	0,05	0,08
α par:Ctcob	0,00	0,00	0,00
α par:Ucob	0,02	0,05	0,01
α par: α cob	0,01	0,98	0,83
α par: ϵ cob	0,00	0,05	0,02
α par:orient	0,00	0,05	0,02
Ctcob:Ucob	0,00	0,00	0,00
Ctcob: α cob	0,00	0,00	0,00
Ctcob: ϵ cob	0,00	0,00	0,00
Ctcob:orient	0,00	0,00	0,00
Ucob: α cob	0,00	0,07	0,07
Ucob: ϵ cob	0,01	0,01	0,00
Ucob:orient	0,00	0,00	0,00
α cob: ϵ cob	0,00	0,03	0,02
α cob:orient	0,00	0,02	0,00
ϵ cob:orient	0,00	0,00	0,00

Fonte: A autora

Figura 20 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no equivalente numérico da envoltória para Curitiba

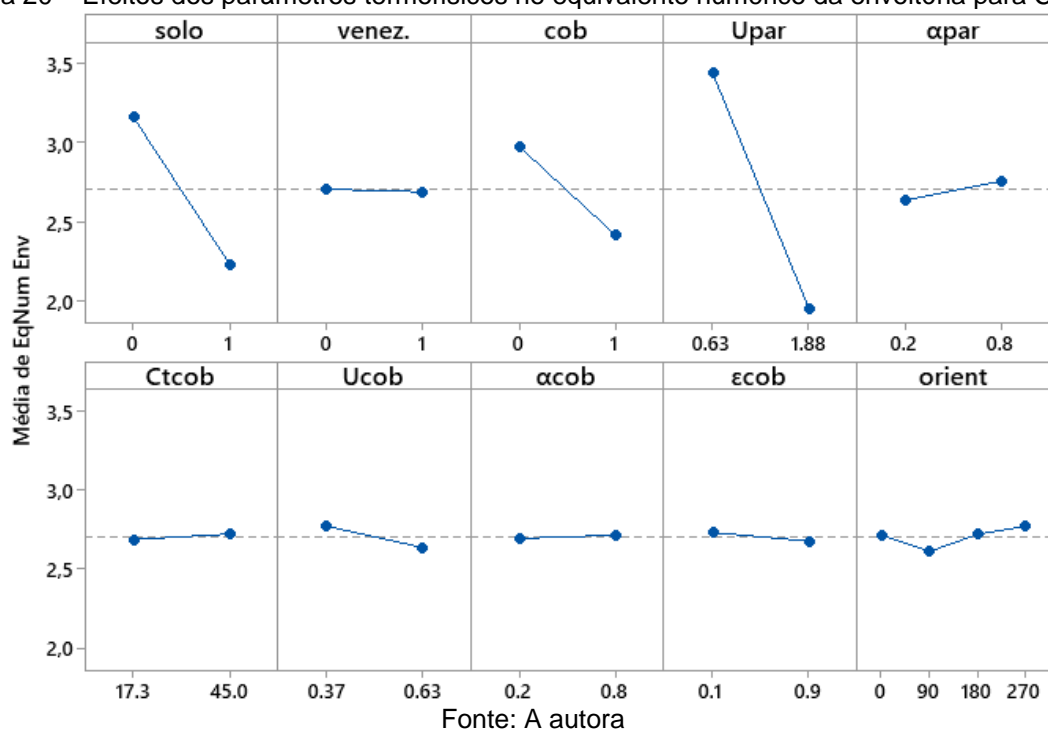


Figura 21 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no equivalente numérico da envoltória para São Paulo

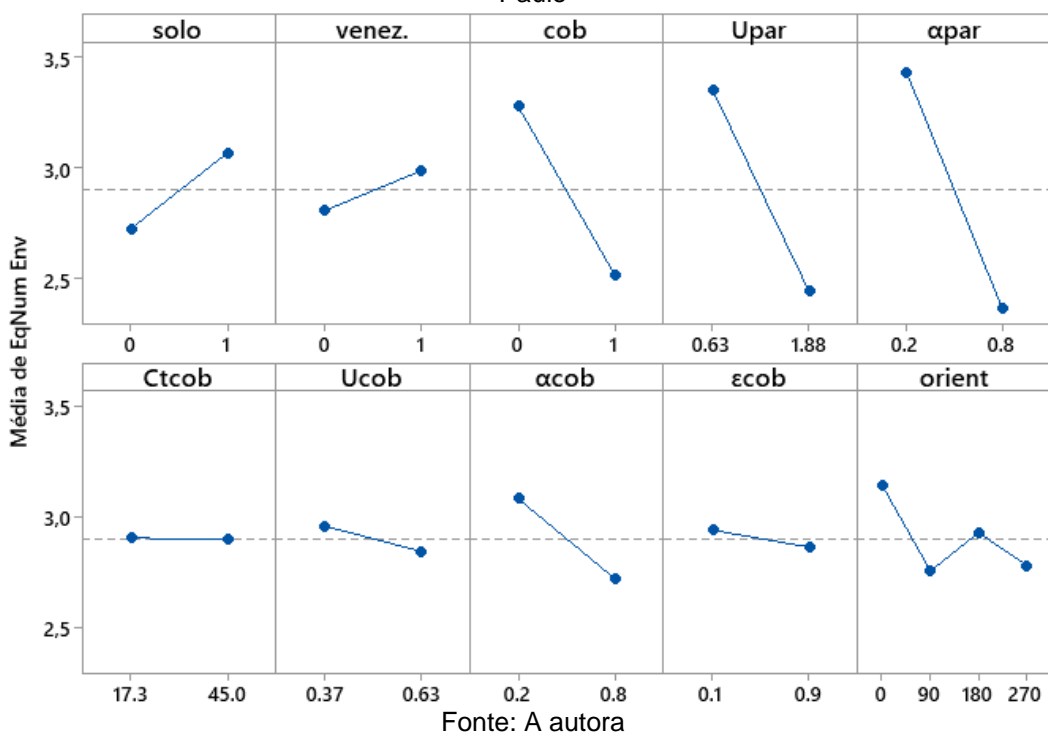
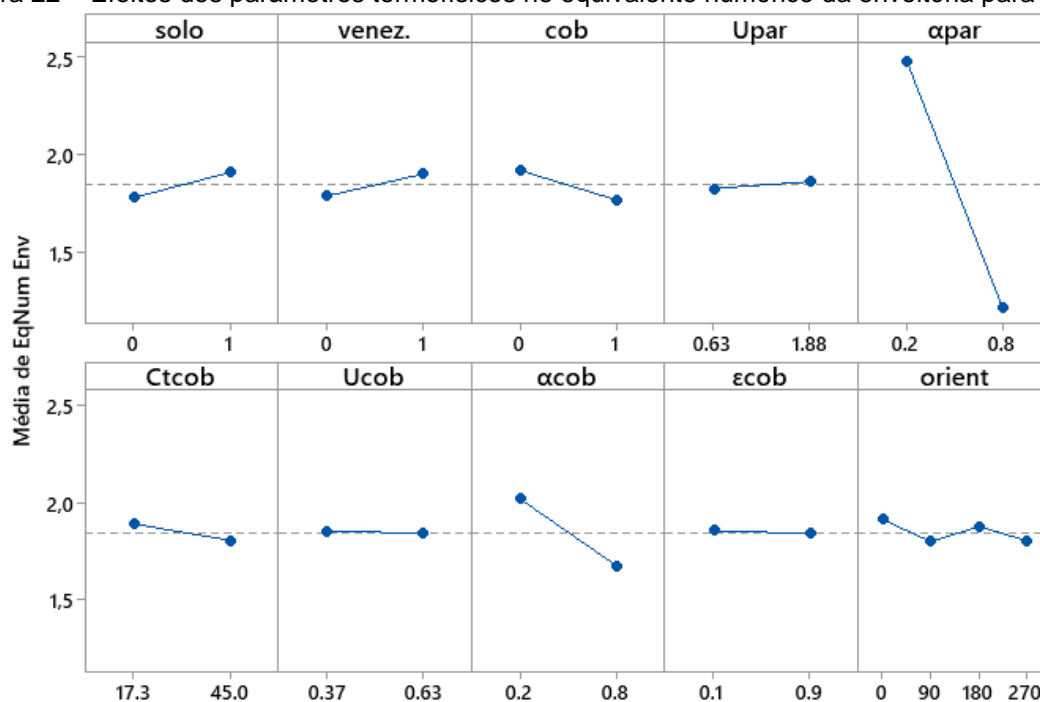


Figura 22 – Efeitos dos parâmetros termofísicos no equivalente numérico da envoltória para Belém



Nota-se que os parâmetros mais influentes no indicador graus-hora de resfriamento, consumo relativo para aquecimento e consumo relativo para refrigeração de uma edificação de envoltória leve se repetem nas três cidades analisadas. Há predominância da transmitância térmica e absorvância solar das paredes externas, contato do piso com o solo e contato da cobertura com o exterior. No entanto, o comportamento deles divergem de acordo com o indicador de desempenho analisado, dificultando a otimização do desempenho termoenergético da edificação. Dessa forma, percebe-se a necessidade de se ponderar a importância de cada indicador de acordo com o clima em que a edificação será inserida.

Para a zona bioclimática 1, representada no estudo pela cidade de Curitiba, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTR-R) determina uma contribuição de 8% do indicador graus-hora de resfriamento e 92% do consumo relativo para aquecimento no equivalente numérico da envoltória. Dessa forma, as estratégias que promovem maior desempenho térmico no período de inverno são mais influentes no desempenho da edificação, como mostra a Tabela 19. Vale lembrar que o consumo relativo para refrigeração não é considerado na classificação da mesma, sendo apenas um critério indicativo.

Os parâmetros mais influentes no equivalente numérico da envoltória para Curitiba foram a transmitância térmica das paredes externas, o contato com o solo e o contato com a cobertura. Essas três variáveis respondem juntas a cerca de 96% da variabilidade de resposta no equivalente numérico. De forma geral, a influência de cada um deles ficou próxima do observado na avaliação do consumo relativo para aquecimento. A transmitância térmica das paredes externas apresenta uma influência de 63%, demonstrando a importância de uma parede bem isolada para uma edificação leve em Curitiba.

Em segundo lugar, tem-se o contato com o solo, com 24,5% de influência. Apesar de apresentar efeitos divergentes no indicador graus-hora de resfriamento e consumo relativo para aquecimento, o piso adiabático prevalece sendo o mais vantajoso (Figura 20). Evidentemente, haverá um prejuízo no desempenho termoenergético na edificação naturalmente ventilada e no consumo relativo para refrigeração. No entanto, considerando que o consumo para aquecimento em Curitiba é mais expressivo, há uma certa compensação ao analisar o comportamento da edificação ao longo do ano.

O contato da cobertura com o exterior influencia em quase 9% no equivalente numérico da envoltória. Nesse caso, a não existência de contato da cobertura com o exterior parece auxiliar na manutenção de temperaturas mais agradáveis. Diferentemente do que ocorre no contato do piso com o solo, observa-se uma concordância entre o efeito do parâmetro no indicador graus-hora de resfriamento, consumo relativo para aquecimento e consumo relativo para refrigeração. Sendo assim, a ausência de transferência de calor pela cobertura tende a ser benéfica para todas as condições.

Os demais parâmetros apresentaram uma influência muito pequena para Curitiba, seja por não provocar mudanças no desempenho termoenergético da edificação, seja pela ponderação do equivalente numérico. Nota-se, por exemplo, que a absorptância solar das paredes externas foi o parâmetro mais influente no indicador graus-hora de resfriamento e, além disso, apresentou influência significativa no consumo relativo para aquecimento. No entanto, representou apenas 0,40% da variabilidade do equivalente numérico devido a discordância entre os efeitos nos indicadores.

Para São Paulo, no entanto, como o equivalente numérico é constituído por 64% do indicador graus-hora de resfriamento e 36% do consumo relativo para

aquecimento, as premissas para a edificação naturalmente ventilada tomam uma importância maior. Dessa forma, há uma distribuição maior da influência dos parâmetros comparado a Curitiba, com a inclusão daqueles que são influentes nos dois indicadores.

Nesse caso, a absorvância solar das paredes externas representa 33,91% da variabilidade dos equivalentes numéricos obtidos nas simulações ao passo que para Curitiba o parâmetro foi pouco influente. Mesmo com a divergência dos efeitos entre os indicadores, a baixa absorvância das paredes externas continua sendo vantajosa (Figura 21). Isso porque seus benefícios no verão, quando analisado o indicador graus-hora de resfriamento, supera as desvantagens causadas nos períodos mais frios, nos quais o contato com o solo e transmitância das paredes se tornam mais importantes.

A transmitância térmica, um dos principais parâmetros para o indicador graus-hora de resfriamento e consumo relativo para aquecimento, apresenta 24,68% de influência. Como o consumo relativo para refrigeração não integra a análise do equivalente numérico, não há um valor de transmitância térmica que se sobreponha a outro, prevalecendo os valores mais baixos como mostra a Figura 21.

Em terceiro lugar, assim como na cidade de Curitiba, tem-se o contato com a cobertura com 17,21% de influência no equivalente numérico da envoltória, valor bem acima do observado para os indicadores individuais. A absorvância solar da cobertura, por sua vez, foi responsável por uma variabilidade de 3,87% no equivalente numérico para São Paulo, superando o contato do piso com o solo.

O contato com o solo, segundo e terceiro fator mais influente para o consumo relativo para aquecimento e indicador graus-hora de resfriamento, respectivamente, apresenta uma atuação menos intensa no equivalente numérico com apenas 3,48% de influência. Isso porque possui efeitos conflitantes entre os dois indicadores, priorizando as condições para verão.

Esses mesmos parâmetros, com exceção do contato com o solo, foram os mais influentes no estudo de Almeida (2014), considerando dois níveis extremos para a capacidade térmica (um baixo e um alto). Observou-se, porém, uma discordância na ordem de influência, sendo a absorvância solar das paredes externas o parâmetro mais influente, seguido do contato com a cobertura e a transmitância térmica das paredes. Dessa forma, percebe-se que o comportamento de uma edificação leve difere de uma edificação pesada. Nesse caso, baixos valores de transmitância térmica

e o contato com o solo são importantes para suprir a baixa capacidade térmica, auxiliando no aumento da inércia térmica da edificação.

É importante notar que a interação dos parâmetros assume uma influência mais significativa no equivalente numérico da envoltória para São Paulo. Nota-se que há uma adaptação do comportamento térmico da edificação de acordo com as características da sua envoltória.

Quanto à Belém, os parâmetros mais influentes para o equivalente numérico da envoltória são os mesmos do indicador graus-hora de resfriamento uma vez que o equivalente numérico é composto por 100% do indicador. A absorvância solar das paredes externas apresenta uma influência de 72,55%, seguida da interação entre transmitância térmica e absorvância solar das paredes externas (9,37%) e da absorvância da cobertura (5,34%). Dessa forma, é importante que toda a envoltória apresente uma baixa absorvância solar, comumente relacionada a superfícies de cores claras. Além disso, por ser uma estratégia facilmente alterada pelo usuário, é necessária uma conscientização dos mesmos de modo que o usuário opte sempre por alternativas que oferecem um melhor desempenho termoenergético.

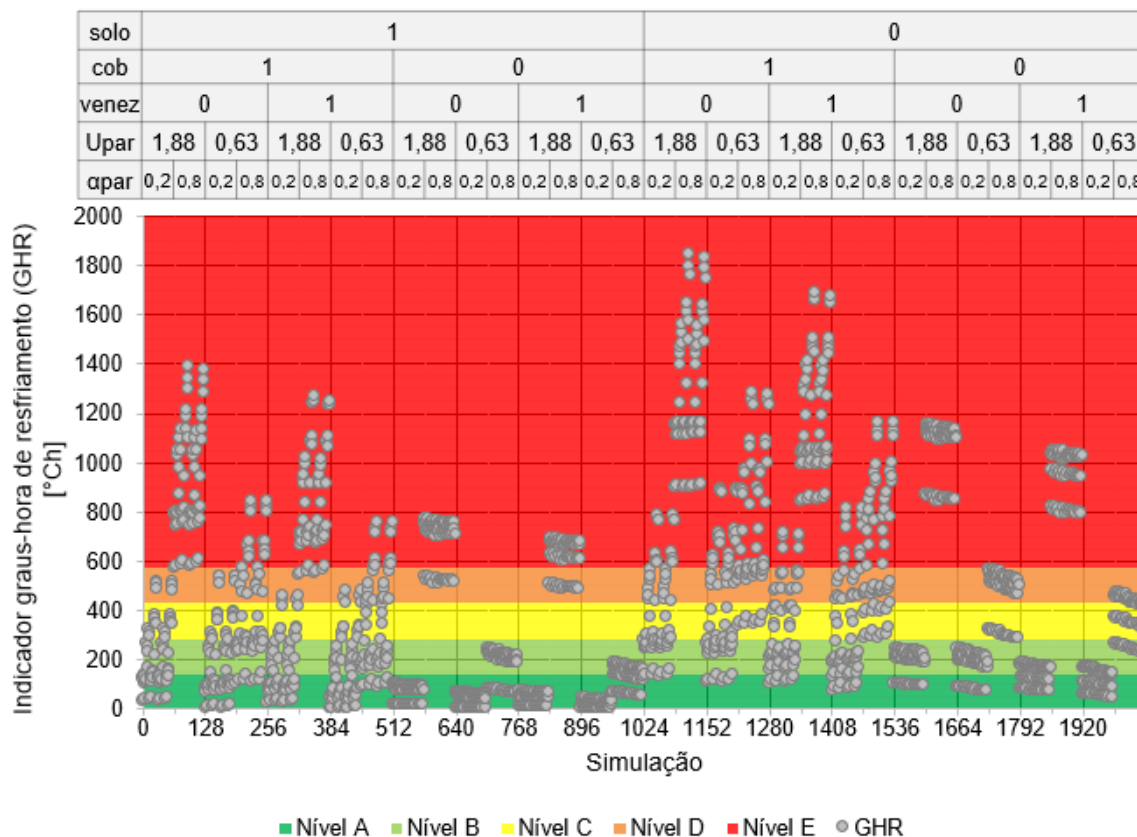
Os demais parâmetros, apesar de pouco influentes, não devem ser dispensados, principalmente aqueles que apresentem uma influência mais significativa no consumo relativo para refrigeração. O projetista deve sempre buscar o melhor desempenho termoenergético de acordo com os recursos disponíveis, oferecendo edificações superiores aos usuários.

4.2 DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES COM SISTEMAS CONSTRUTIVOS LEVES – ANÁLISE DE SIMULAÇÕES INDIVIDUAIS

4.2.1 Nível de eficiência para a condição de verão – naturalmente ventilado

As Figuras 23, 24 e 25 apresentam a média do indicador graus-hora de resfriamento ponderada pela área dos três ambientes de permanência prolongada para os 2048 casos analisados, numerados de 0 a 2047, nas cidades de Curitiba, São Paulo e Belém, respectivamente. As Tabelas 20, 21 e 22 apresentam os seis casos com menores e maiores desempenho para o indicador de desempenho. A estruturação dos parâmetros de cada combinação é apresentada no Apêndice A.

Figura 23- Indicador graus-hora de resfriamento médio para as 2048 combinações paramétricas em Curitiba



Fonte: A autora

Tabela 20 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores indicadores graus-hora de resfriamento médios para Curitiba

ID	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m ² K)	αpar (adm)	Ctcob (kJ/m ² K)	Ucob (W/m ² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)	GHR (°Ch)
Valores Mínimos											
948	1	0	1	0,63	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	0	0.30
956	1	0	1	0,63	0,2	17,3	0,63	0,8	0,9	0	0.30
944	1	0	1	0,63	0,2	17,3	0,63	0,2	0,1	0	0.33
952	1	0	1	0,63	0,2	17,3	0,63	0,8	0,1	0	0.33
932	1	0	1	0,63	0,2	17,3	0,37	0,2	0,9	0	0.40
940	1	0	1	0,63	0,2	17,3	0,37	0,8	0,9	0	0.40
Valores Máximos											
1118	0	1	0	1,88	0,8	45	0,63	0,8	0,9	180	1844.86
1150	0	1	0	1,88	0,8	17,3	0,63	0,8	0,9	180	1831.11
1117	0	1	0	1,88	0,8	45	0,63	0,8	0,9	90	1791.60
1149	0	1	0	1,88	0,8	17,3	0,63	0,8	0,9	90	1783.05
1119	0	1	0	1,88	0,8	45	0,63	0,8	0,9	270	1754.58
1151	0	1	0	1,88	0,8	17,3	0,63	0,8	0,9	270	1745.49

Fonte: A autora

Para Curitiba, o indicador graus-hora de resfriamento variou de valores próximos a 0 até cerca de 1850°Ch, promovendo níveis de desempenho entre A a E

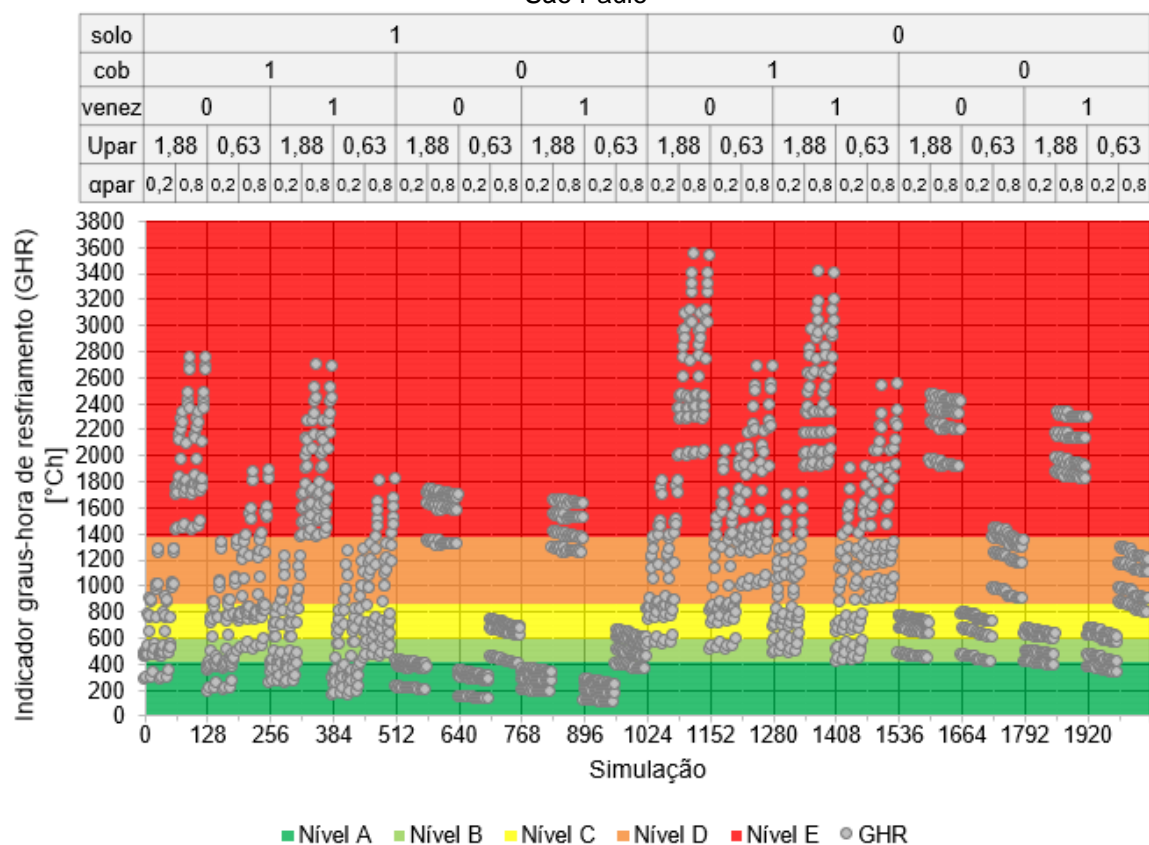
(Figura 23). Observa-se que o aumento ou redução do indicador ocorre em blocos com valores crescentes, de acordo com a alteração nos parâmetros. Os primeiros parâmetros a serem alterados foram a orientação solar, a emissividade, absorptância solar, transmitância térmica e capacidade térmica da cobertura, resultando em um aumento do GHR de 100°Ch a 700°Ch , dependendo das demais configurações da envoltória. Com o aumento da absorptância solar das paredes externas, nos casos 64 a 127, 192 a 255 e assim por diante, observa-se que o desconforto nos ambientes sobe significativamente, levando aos picos observados no gráfico. Este foi o parâmetro que se mostrou mais influente na análise de variância (item 4.1), representando mais de 40% da variabilidade do indicador. A partir do caso 128 até o 255, e seguindo a cada 128 simulações, ocorre uma redução da transmitância térmica, com repetição dos parâmetros anteriormente citados. Nota-se que essa estratégia causa uma redução nos picos de GHR de cerca de 500°Ch quando associada a altos valores de absorptância solar, mostrando-se uma escolha adequada para promover melhor desempenho térmico. O próximo parâmetro alterado foi o sombreamento das janelas, com a inclusão de venezianas nos casos 256 a 511, 768 a 1023, 1280 a 1535 e 1772 a 2047. Com isso, é possível reduzir o indicador graus-hora de resfriamento em cerca de 100°Ch . O efeito da ausência de contato da cobertura, por sua vez, é constatado pela menor variação no indicador graus-hora de resfriamento, causando blocos mais definidos no gráfico. A ausência de transferência térmica entre cobertura e meio externo mostra-se uma solução interessante para a redução das temperaturas internas, promovendo uma redução de 400°Ch a 700°Ch nos picos do indicador. Porém, é restrita a pavimentos intermediários de edificações multifamiliares. Ressalta-se que esse valor inclui o impacto das propriedades térmicas da cobertura no GHR devido a interação entre os parâmetros e, por isso, apresenta uma redução do indicador graus-hora de resfriamento superior à parâmetros mais influentes, como a transmitância térmica das paredes externas e contato com o solo. Por último, foi analisado o contato do solo no GHR. A falta de contato entre os elementos, nos casos 1028 a 2047, promoveu um aumento no indicador de até 400°Ch , demonstrando a vantagem da edificação térrea para envoltórias leves.

Dessa forma, as combinações de parâmetros para edificações com envoltória leve com menores valores do indicador graus-hora de resfriamento apresentam em comum o contato com o solo, ausência de contato da cobertura, uso de venezianas, paredes com baixa transmitância térmica e baixa absorptância solar, cobertura com

baixa capacidade térmica e orientação solar do modelo a 0°. Com essas características, foi possível praticamente zerar o indicador graus-hora de resfriamento, sendo as melhores opções para períodos quentes na cidade de Curitiba. Ressalta-se que a orientação solar do modelo depende de vários fatores, como a área de paredes em cada orientação, área de aberturas e posicionamento das aberturas. Dessa forma, a orientação solar deve ser analisada com cautela para cada caso. Além disso, outros 570 casos obtiveram nível A de eficiência energética, apresentando diferentes configurações em todos os parâmetros, o que mostra que a presença de fatores prejudiciais ao desempenho térmico, nem sempre implica em edificações ruins do ponto de vista térmico, mas sim a combinação de todos os elementos.

Da mesma forma, os casos com maiores valores no indicador apresentaram a ausência de contato com o solo, ausência de veneziana, contato da cobertura, paredes e coberturas de elevada transmitância térmica e absorvância solar e alta emissividade da cobertura. São características que favorecem o aumento das temperaturas internas e devem ser evitadas em edificações de envoltórias leves.

Figura 24 – Indicador graus-hora de resfriamento médio para as 2048 combinações paramétricas em São Paulo



Fonte: A autora

Tabela 21 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores indicadores graus-hora de resfriamento médios para São Paulo

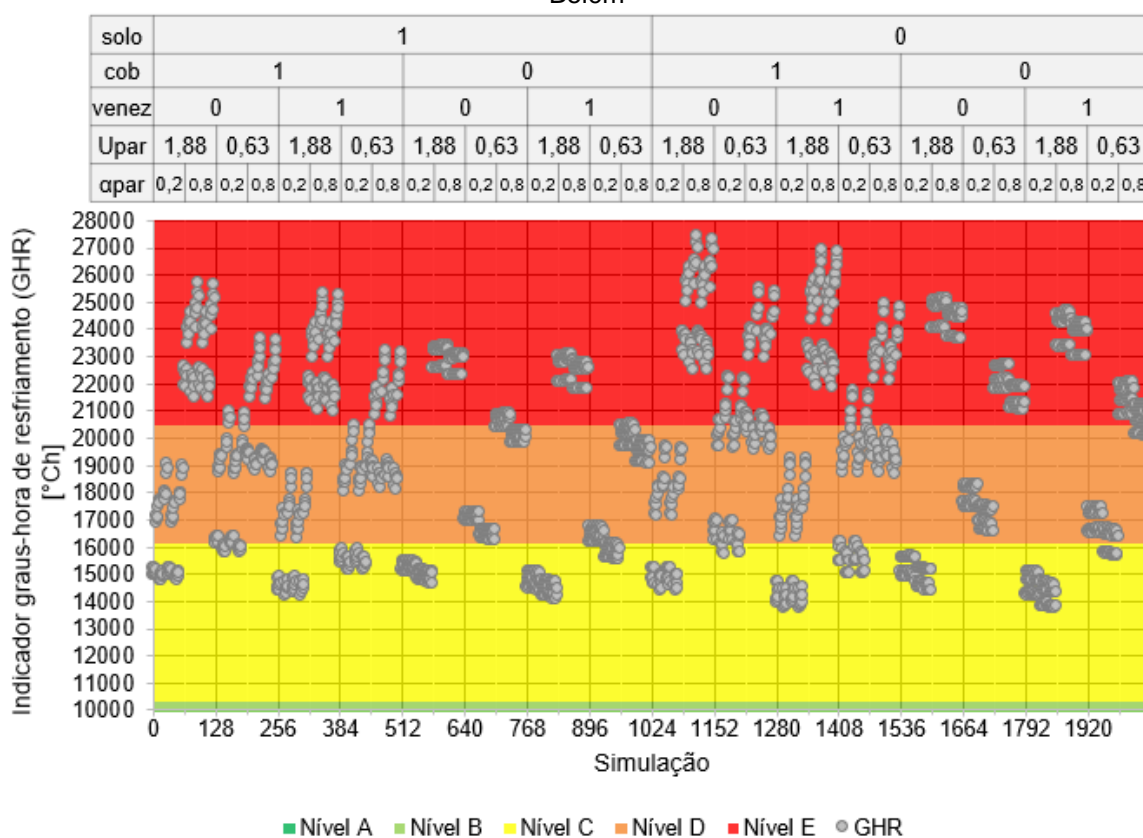
ID	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m ² K)	αpar (adm)	Ctcob (kJ/m ² K)	Ucob (W/m ² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)	GHR (°Ch)
Valores Mínimos											
948	1	0	1	0,63	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	0	94,66
956	1	0	1	0,63	0,2	17,3	0,63	0,8	0,9	0	94,66
944	1	0	1	0,63	0,2	17,3	0,63	0,2	0,1	0	96,27
952	1	0	1	0,63	0,2	17,3	0,63	0,8	0,1	0	96,27
932	1	0	1	0,63	0,2	17,3	0,37	0,2	0,9	0	99,75
940	1	0	1	0,63	0,2	17,3	0,37	0,8	0,9	0	99,75
Valores Máximos											
1119	0	1	0	1,88	0,8	45	0,63	0,8	0,9	270	3536,83
1151	0	1	0	1,88	0,8	17,3	0,63	0,8	0,9	270	3530,51
1631	0	1	1	1,88	0,8	45	0,63	0,8	0,9	270	3404,54
1663	0	1	1	1,88	0,8	17,3	0,63	0,8	0,9	270	3398,10
1149	0	1	0	1,88	0,8	17,3	0,63	0,8	0,9	90	3391,60
1117	0	1	0	1,88	0,8	45	0,63	0,8	0,9	90	3390,22

Fonte: A autora

Percebe-se pela Figura 24 que São Paulo apresentou características bastante semelhantes a Curitiba, com os casos seguindo o mesmo padrão de aumento ou redução do indicador graus-hora de resfriamento. Em São Paulo, o GHR variou entre cerca de 95°Ch a 3500°Ch, com níveis de eficiência entre A a E. Assim como Curitiba, a absorvância solar das paredes externas foi um dos fatores mais relevantes para a obtenção de níveis mais elevados, podendo representar a diferença entre um nível A e E. Este fato pode ser observado nas simulações entre 0 a 63, com absorvância de 0,2, e variações entre A a D devido à orientação solar e as propriedades térmicas da cobertura. Ao aumentar a absorvância para 0,8 mantendo as demais combinações nos casos 64 ao 127, todos eles passam a ser nível E. O mesmo ocorre quando há a utilização de venezianas nos casos 256 a 383 e 768 a 895 e, de forma semelhante, na ausência de contato da cobertura (casos 512 a 640 e 768 a 895) e na ausência de contato com o solo (1024 a 2047), chegando a um aumento de quase 1600°Ch em alguns casos. Com a redução da transmitância térmica nas simulações 128 a 255 e seguindo a cada 128 simulações, nota-se que o impacto da absorvância das paredes externas é amenizado, sendo possível obter edificações com paredes de alta absorvância nível A. O uso de material isolante nas paredes ainda pode ser o responsável por uma redução de até 1000°Ch, dependendo das demais propriedades da envoltória.

O contato do piso com o solo e a ausência de contato da cobertura com o exterior também promoveram a redução das temperaturas internas para São Paulo. Nota-se que 291 dos 356 casos avaliados em nível A apresenta contato com o solo, apresentando ainda baixa absorção solar nas paredes externas. Além de ambos os parâmetros, os casos com menores indicadores graus-hora de resfriamento apresentam sombreamento nas janelas, ausência de contato da cobertura com o exterior, paredes com isolantes térmicos, cobertura com menor capacidade térmica e orientação solar do modelo a 0°. Os maiores GHR, no entanto, apresentam principalmente propriedades contrárias a essas, com edificações sem contato com o solo, contato com a cobertura, paredes com alta transmitância térmica e absorção solar, cobertura com alta transmitância térmica, absorção solar e emissividade. São as mesmas propriedades obtidas para Curitiba para edificações com envoltória leve, englobando inclusive as mesmas combinações em ambas as cidades na maioria dos casos.

Figura 25 - Indicador graus-hora de resfriamento médio para as 2048 combinações paramétricas em Belém



Fonte: A autora

Tabela 22 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores indicadores graus-hora de resfriamento médios para Belém

ID	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m ² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m ² K)	Ucob (W/m ² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)	GHR (°Ch)
Valores Mínimos											
1844	0	0	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	0	13714,96
1852	0	0	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,8	0,9	0	13714,96
1584	0	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,1	0	13726,36
1840	0	0	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,1	0	13726,51
1848	0	0	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,8	0,1	0	13726,51
1552	0	1	1	1,88	0,2	45	0,63	0,2	0,1	0	13727,64
Valores Máximos											
1118	0	1	0	1,88	0,8	45	0,63	0,8	0,9	180	27391,73
1150	0	1	0	1,88	0,8	17,3	0,63	0,8	0,9	180	27313,23
1117	0	1	0	1,88	0,8	45	0,63	0,8	0,10	90	27140,67
1149	0	1	0	1,88	0,8	17,3	0,63	0,8	0,11	90	27041,23
1119	0	1	0	1,88	0,8	45	0,63	0,8	0,12	270	27000,22
1630	0	1	1	1,88	0,8	45	0,63	0,8	0,13	180	26926,62

Fonte: A autora

Belém, por sua vez, foi a cidade que apresentou o pior desempenho termoenergético para o modelo naturalmente ventilado entre as três regiões analisadas, com níveis de eficiência energética entre C e E (Figura 25). Além disso, obteve-se um padrão de distribuição dos casos no gráfico distinto do observado para Curitiba e São Paulo, indicando um comportamento diferente dos parâmetros no indicador. Basicamente, dois parâmetros que promoveram um impacto significativo no indicador graus-hora de resfriamento foram a absorvância solar da cobertura e das paredes externas. O primeiro é responsável pela mudança de um nível de eficiência energética enquanto o segundo aumenta dois níveis na classificação, resultando em D e E, respectivamente.

O uso de isolantes térmicos nas paredes dos casos 128 a 255, 384 a 511 e assim por diante promoveu um comportamento interessante. Nos casos de baixa absorvância solar, a inserção de materiais isolantes no interior dos painéis de vedação causa um aumento das temperaturas internas. Ao mesmo tempo, nos casos de alta absorvância solar, a baixa transmitância térmica proporciona uma redução nas temperaturas, caracterizado pela diminuição do indicador graus-horas de resfriamento. Ocorre que com a redução da absorção da radiação solar, há uma diminuição significativa do fluxo térmico que atravessa as paredes, fazendo com que o isolamento trabalhe de forma mais intensa na manutenção das cargas térmicas

internas. No entanto, quando o fluxo de calor é mais acentuado, é mais vantajoso promover uma barreira a entrada desse calor que causaria um aumento das temperaturas. De qualquer forma, como a absorvância solar das paredes é o parâmetro mais influente no indicador graus-hora de resfriamento, recomenda-se dar preferência a paredes de alta transmitância térmica e baixa absorvância solar.

Um processo semelhante ocorre com o contato do piso com o solo. Casos com baixa absorvância solar nas paredes externas tendem a apresentar maiores temperaturas internas quando em contato com o solo (simulações 0 a 1023). Casos com alta absorvância, por outro lado, apresentam maiores temperaturas internas na ausência de contato com o solo (simulações 1024 a 2048). Isso porque, com a redução da absorvância das paredes, diminui-se as temperaturas internas ao ponto de torna-las mais baixas que a temperatura do solo, fazendo com que o mesmo forneça calor aos ambientes. Edificações com alta absorvância solar, no entanto, apresentam temperaturas superiores o suficiente para inverter o sentido da transferência de calor. Dessa forma, percebe-se que para climas muito quentes como Belém nem sempre o armazenamento de calor por meio da alta capacidade térmica é vantajoso.

Esse comportamento da transmitância térmica das paredes externas e contato com o solo explica a baixa influência dos parâmetros observada para Belém (item 4.1.1), diferente das cidades de Curitiba e São Paulo. Como os efeitos de ambos os parâmetros depende das demais características da envoltória, há uma tendência de se anularem na análise de variância ao representar grande número de combinações.

De modo geral, os menores indicadores graus-hora de resfriamento para Belém foram obtidos para os casos sem contato do piso com o solo, paredes de alta transmitância térmica e baixa absorvância solar, coberturas com alta transmitância térmica, sombreamento nas janelas e orientação do modelo a 0°. Com exceção do contato com o solo e a transmitância térmica das paredes externas, são as mesmas orientações obtidas para Curitiba e São Paulo. Os casos com os maiores valores para os indicadores, por sua vez, apresentam como diferencial o contato da cobertura com o exterior, ausência de sombreamento nas janelas e paredes e coberturas sempre com alta absorvância solar.

Percebe-se na Tabela 23 que os casos são bastantes semelhantes, sendo as principais diferenças a absorvância das paredes externas e orientação solar. Como as condições de contato do solo e cobertura são menos influentes, observa-se que edificações leves térreas não são tão prejudicadas quanto à avaliação de eficiência

energética como ocorre em Curitiba e São Paulo, sendo possível obter-se também nível C para as mesmas.

4.2.2 Nível de eficiência para a condição de inverno – condicionado artificialmente

As Figuras 26 e 27 apresentam a média do consumo relativo para aquecimento ponderada pela área dos três ambientes de permanência prolongada para Curitiba e São Paulo, respectivamente. As Tabelas 23 e 24 apresentam os seis casos com menores e maiores desempenho para o indicador nas duas cidades analisadas.

Figura 26 - Consumo relativo para aquecimento médio para as 2048 combinações paramétricas em Curitiba

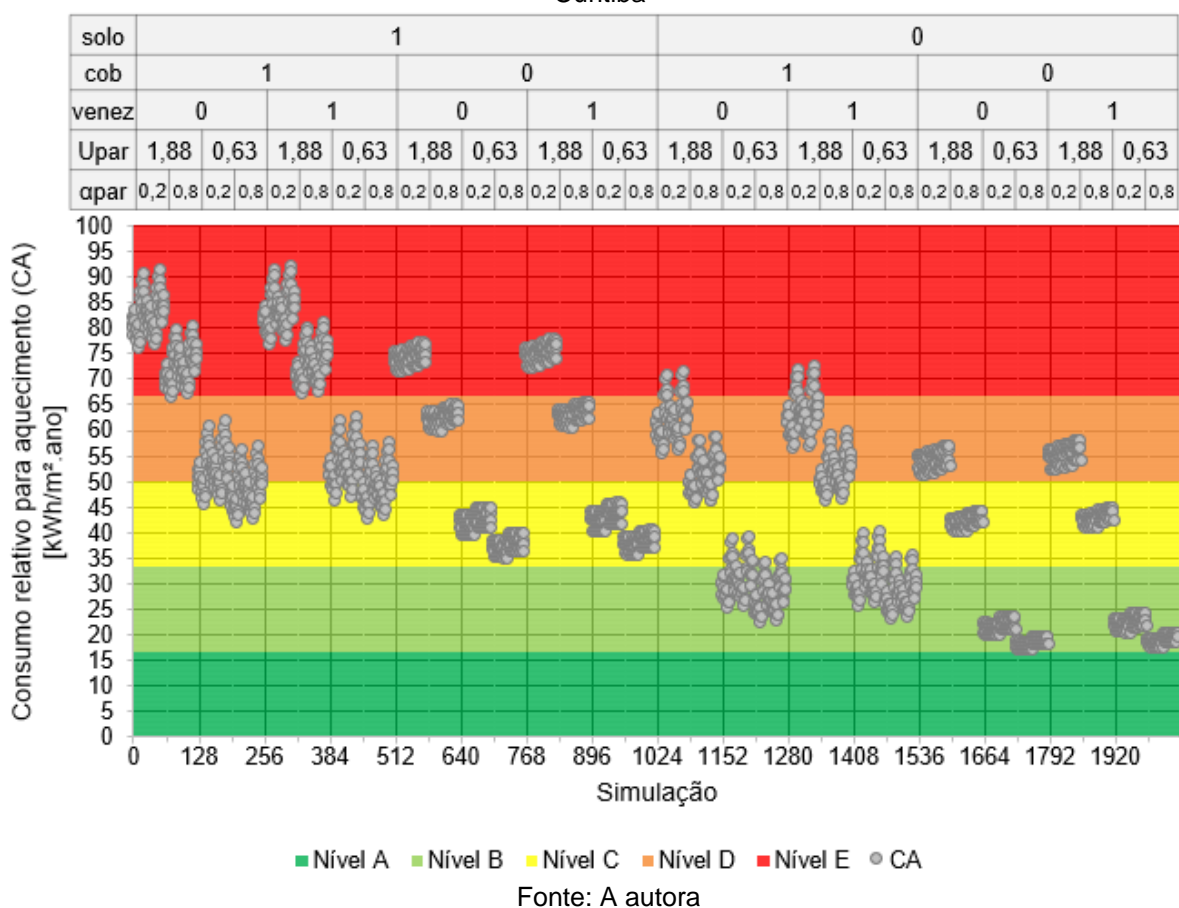


Tabela 23 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores consumos relativos para aquecimento médios para Curitiba

ID	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m ² K)	qpar (adm)	Ctcob (kJ/m ² K)	Ucob (W/m ² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)	CA (kWh/m ² ano)
Valores Mínimos											
1495	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,2	0,9	270	16,77
1503	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,8	0,9	270	16,77
1479	0	0	0	0,63	0,8	45	0,37	0,2	0,9	270	16,90
1487	0	0	0	0,63	0,8	45	0,37	0,8	0,9	270	16,90
1491	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,2	0,1	270	16,91
1499	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,8	0,1	270	16,91
Valores Máximos											
565	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	90	91,76
53	1	1	0	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	90	91,05
533	1	1	1	1,88	0,2	45	0,63	0,2	0,9	90	90,96
566	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	180	90,71
21	1	1	0	1,88	0,2	45	0,63	0,2	0,9	90	90,26
564	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	0	90,15

Fonte: A autora

Para o consumo relativo para aquecimento em Curitiba, apresentado na Figura 26, obteve-se valores entre 16 kWh/m²-ano a 92 kWh/m²-ano, o equivalente a níveis de eficiência energética entre B a E. Comparado com o indicador graus-hora de resfriamento há uma variação menor no indicador de desempenho a partir da variação dos parâmetros, observado pela maior concentração dos casos em alguns pontos do gráfico. Os parâmetros orientação solar, emissividade, absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica da cobertura, absorvância solar das paredes externas e utilização de venezianas apresentaram pequena influência no indicador, como visto no item 4.1. No entanto, juntos são capazes de reduzir entre 20 kWh/m²-ano a 30 kWh/m²-ano no consumo relativo para aquecimento e até dois níveis na classificação da eficiência energética, demonstrando a importância de se considerar todos os fatores no projeto de edificações. O uso de materiais isolantes, ausência de contato com a cobertura e ausência de contato com o solo, por sua vez, causaram reduções mais significativas, representando até 30 kWh/m²-ano, 15 kWh/m²-ano e 20 kWh/m²-ano, respectivamente.

Dessa forma, os seis casos que apresentaram menores consumos relativos para aquecimento foram aqueles sem contato com o solo e a cobertura, sem venezianas, paredes com materiais isolantes e alta absorvância solar, cobertura com telhas cerâmicas e orientação solar do modelo a 270°. Enquanto que os maiores consumos de energia estão relacionados ao contato com o solo e cobertura, paredes

e coberturas de alta transmitância térmica e baixa absorvância solar e alta emissividade térmica na cobertura. Ao contrário do indicador graus-hora de resfriamento, para o consumo relativo para aquecimento não foi observada uma distribuição dos casos de maior nível de eficiência energética ao longo do gráfico, o que demonstra que alguns parâmetros são essenciais para o desempenho termoenergético da edificação. São eles: o isolamento das paredes e a ausência de contato do piso com o solo. Sem essas características chega-se a no máximo nível C na avaliação de inverno, que deve ser considerada prioritária para regiões mais frias como Curitiba.

Figura 27 – Consumo relativo para aquecimento médio para as 2048 combinações paramétricas em São Paulo

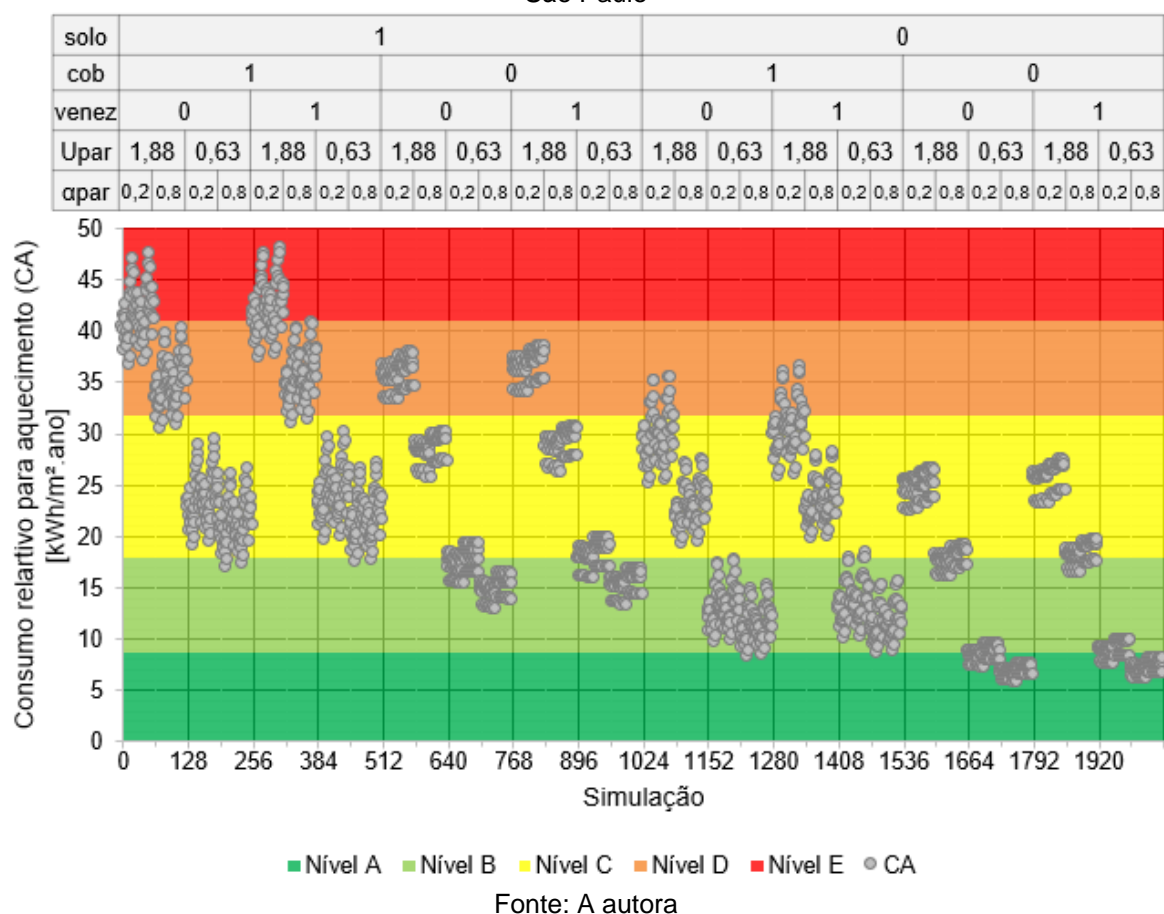


Tabela 24 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores consumos relativos para aquecimento médios para São Paulo

ID	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m ² K)	αpar (adm)	Ctcob (kJ/m ² K)	Ucob (W/m ² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)	CA (kWh/m ² ano)
Valores Mínimos											
1495	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,2	0,9	270	5,86
1503	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,8	0,9	270	5,86
1491	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,2	0,1	270	5,93
1499	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,8	0,1	270	5,93
1479	0	0	0	0,63	0,8	45	0,37	0,2	0,9	270	5,97
1487	0	0	0	0,63	0,8	45	0,37	0,8	0,9	270	5,97
Valores Máximos											
565	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,1	90	48,04
566	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,1	180	47,58
533	1	1	1	1,88	0,2	45	0,63	0,2	0,1	90	47,54
53	1	1	0	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,1	90	47,43
534	1	1	1	1,88	0,2	45	0,63	0,2	0,1	180	47,09
21	1	1	0	1,88	0,2	45	0,63	0,2	0,1	90	46,95

Fonte: A autora

Para São Paulo, o consumo relativo para aquecimento variou entre 5 kWh/m²-ano a 48 kWh/m²-ano, com níveis entre A e E. Nota-se o aumento da absorção solar, ao contrário do que ocorre na avaliação de verão, promove uma redução no indicador de desempenho (cerca de 8 kWh/m²-ano) causando uma concorrência entre os efeitos na análise anual. O mesmo acontece com o contato o solo, sendo que a ausência de trocas térmicas pelo piso demonstrou-se essencial para a avaliação em nível A no consumo relativo para aquecimento com uma redução de 13 kWh/m²-ano. Parâmetros como a ausência de contato com a cobertura e a transmitância térmica, no entanto, mostraram uma redução de ambos os indicadores, sendo responsáveis por uma atenuação em torno de 10 kWh/m²-ano e 18 kWh/m²-ano, respectivamente. Percebe-se ainda que os parâmetros que se mostraram pouco influentes na análise de variância (item 4.1), quando combinados, proporcionam reduções de cerca de 12 kWh/m²-ano, o suficiente para reduzir um nível na classificação da eficiência energética.

Assim como no indicador graus-hora de resfriamento, observa-se o comportamento térmico na edificação é bastante semelhante em ambas as cidades. Em geral, os casos com menores consumos de energia para aquecimento (Tabela 24) foram aqueles sem contato com o solo e cobertura e paredes com isolantes térmicos que favorecem a manutenção das temperaturas internas. Estratégias como ausência

de sombreamento nas aberturas, alta absorção solar das paredes externas, maior capacidade térmica na cobertura e orientação solar do modelo a 270° também são comuns dos casos com melhores desempenhos para a condição de inverno tanto para São Paulo quanto para Curitiba uma vez que auxiliam no aquecimento dos ambientes.

As combinações com maiores consumos relativos para aquecimento também apresentam as mesmas características obtidas para Curitiba, com exceção da emissividade da cobertura, com alta emissividade para Curitiba e baixa emissividade para São Paulo.

4.2.3 Nível de eficiência para a condição de verão – condicionado artificialmente

As Figuras 28, 29 e 30 apresentam a média do consumo relativo para refrigeração ponderada pela área para Curitiba, São Paulo e Belém, respectivamente. As Tabelas 25, 26 e 27, por sua vez, apresentam os seis casos com menores e maiores desempenho no indicador.

Figura 28 - Consumo relativo para refrigeração médio para as 2048 combinações paramétricas em Curitiba

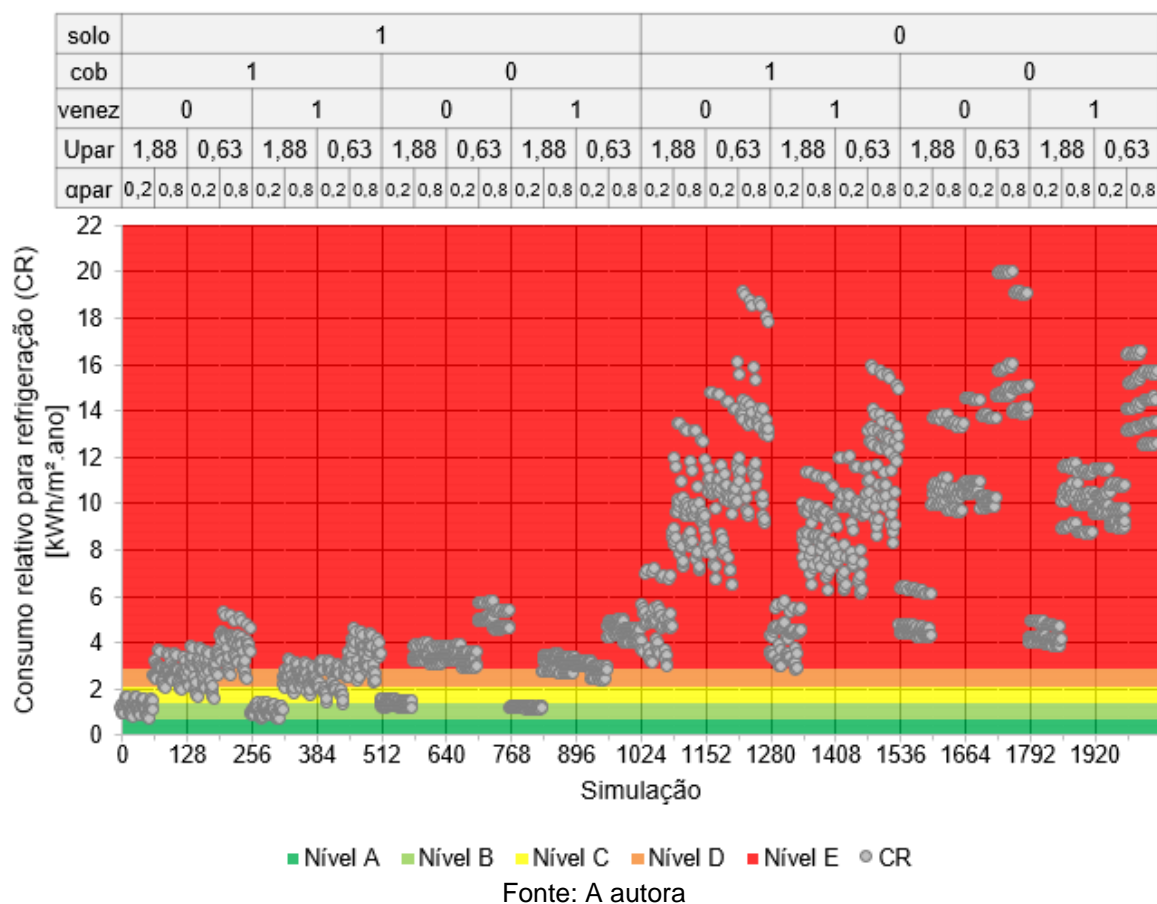


Tabela 25 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores consumos relativos para refrigeração médios para Curitiba

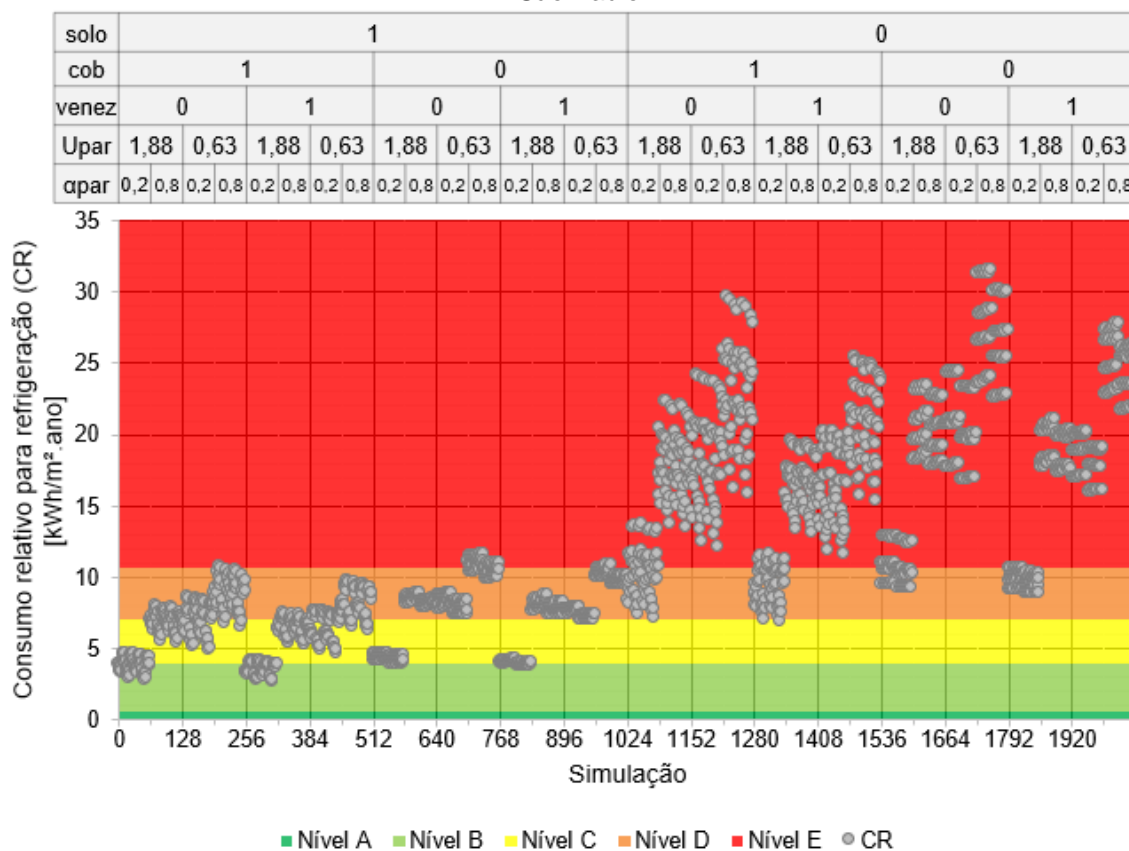
ID	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m ² K)	αpar (adm)	Ctcob (kJ/m ² K)	Ucob (W/m ² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)	CR (kWh/m ² ano)
Valores Mínimos											
564	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	0	0,65
567	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	270	0,67
565	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	90	0,68
55	1	1	0	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	270	0,69
532	1	1	1	1,88	0,2	45	0,63	0,2	0,9	0	0,70
535	1	1	1	1,88	0,2	45	0,63	0,2	0,9	270	0,72
Valores Máximos											
1494	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,2	0,9	180	19,98
1502	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,8	0,9	180	19,98
1478	0	0	0	0,63	0,8	45	0,37	0,2	0,9	180	19,94
1486	0	0	0	0,63	0,8	45	0,37	0,8	0,9	180	19,94
1474	0	0	0	0,63	0,8	45	0,37	0,2	0,1	180	19,90
1482	0	0	0	0,63	0,8	45	0,37	0,8	0,1	180	19,90

Fonte: A autora

Em Curitiba, o consumo relativo para refrigeração variou de 0,6 kWh/m²-ano a 20 kWh/m²-ano com níveis de eficiência energética entre B a E, assim como o consumo relativo para aquecimento. Observa-se que até o caso 1023, os pontos encontram-se mais concentrados, indicando menor impacto da variabilidade dos parâmetros analisados no indicador. Todavia a partir do caso 1024, onde passa-se a considerar a edificação sem contato com o solo, há um aumento significativo no consumo de energia para climatização. O contato com o solo promove uma redução de até 14 kWh/m²-ano. A simples ausência de trocas térmicas entre piso e solo é responsável por nível E de eficiência energética, considerado um desempenho termoenergético bastante deficitário. Quando aliados à redução da absorvância solar e o aumento da transmitância térmica das paredes externas é possível reduzir o consumo de energia em cerca de 4 kWh/m²-ano nos casos em que há contato com o solo, o equivalente a uma mudança de nível de eficiência de E para B.

Tais características são comprovadas na Tabela 25, na qual os seis casos com menores consumos para refrigeração apresentam em comum o contato com o solo e cobertura, paredes e coberturas de alta transmitância térmica e baixa absorvância solar e cobertura de alta emissividade. Os maiores consumos de energia, por outro lado, estão relacionados aos casos sem contato com o solo e cobertura, sem venezianas, paredes de baixa transmitância térmica e alta absorvância solar, cobertura de maior capacidade térmica e orientação solar do modelo a 180°.

Figura 29 – Consumo relativo para refrigeração médio para as 2048 combinações paramétricas em São Paulo



Fonte: A autora

Tabela 26 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores consumos relativos para refrigeração médios para São Paulo

ID	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	αpar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)	CR (kWh/m² ano)
Valores Mínimos											
565	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	90	2,68
533	1	1	1	1,88	0,2	45	0,63	0,2	0,9	90	2,78
564	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	0	2,79
53	1	1	0	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	90	2,81
567	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	270	2,81
566	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	180	2,85
Valores Máximos											
1494	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,2	0,9	180	31,51
1502	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,8	0,9	180	31,51
1478	0	0	0	0,63	0,8	45	0,37	0,2	0,9	180	31,39
1486	0	0	0	0,63	0,8	45	0,37	0,8	0,9	180	31,39
1474	0	0	0	0,63	0,8	45	0,37	0,2	0,1	180	31,30
1482	0	0	0	0,63	0,8	45	0,37	0,8	0,1	180	31,30

Fonte: A autora

Da mesma forma, para São Paulo, as combinações para uma edificação de baixa capacidade térmica com menores consumos relativos para refrigeração são aqueles com contato com o solo e cobertura, paredes e coberturas de maior transmitância térmica e menor absorvância solar e baixa emissividade na cobertura (Tabela 26). Observa-se que a única diferença das combinações de referência para Curitiba foi a emissividade da cobertura, assim como ocorre nos casos com piores desempenho no consumo relativo para aquecimento. Mesmo com tais particularidades, obteve-se no máximo nível B na avaliação da refrigeração para São Paulo.

Por outro lado, características como a ausência de contato com o solo e cobertura, ausência de sombreamento nas aberturas, paredes isolantes e de baixa absorvância solar e cobertura com maior capacidade térmica promoveram os maiores consumos para refrigeração. Estas mesmas características foram as responsáveis pela redução do consumo para aquecimento na Tabela 26, demonstrando um conflito nos efeitos para as variações climáticas das zonas bioclimáticas 1 a 4.

Percebe-se pela Figura 29 que todos os 208 casos classificados como nível B encontram-se concentrados em pontos específicos do gráfico, indicando que alguns parâmetros são essenciais para o desempenho de um sistema de refrigeração em uma edificação leve, assim como ocorre com Curitiba. É o caso do contato com o solo, ausência de isolamento nas paredes e baixa absorvância solar. Estes foram os parâmetros considerados mais influentes na análise de variância (item 4.1). Os demais parâmetros, apesar de pouco influentes, também exercem um impacto nos indicadores de desempenho. De acordo com a combinação utilizada pode-se obter uma diferença de quase 8 kWh/m²·ano nos casos em contato com o solo e 23 kWh/m²·ano nos casos sem contato com o solo.

Figura 30 - Consumo relativo para refrigeração médio para as 2048 combinações paramétricas em Belém

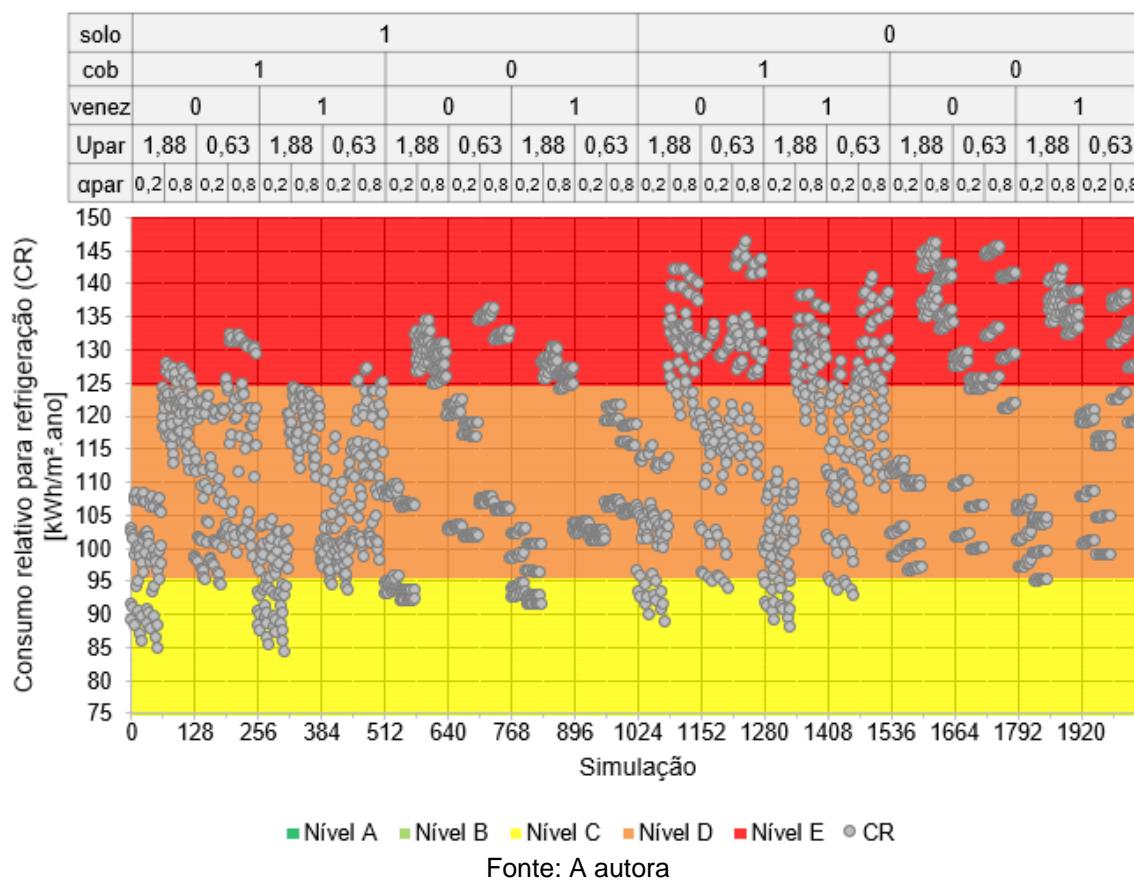


Tabela 27 - Configurações dos parâmetros com menores e maiores consumos relativos para refrigeração médios para Belém

ID	solo (adm)	venez. (adm)	cob (adm)	Upar (W/m ² K)	qpar (adm)	Ctcob (kJ/m ² K)	Ucob (W/m ² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)	CR (kWh/m ² ano)
Valores Mínimos											
567	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	270	84,15
55	1	1	0	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,9	270	84,84
535	1	1	1	1,88	0,2	45	0,63	0,2	0,9	270	85,13
563	1	1	1	1,88	0,2	17,3	0,63	0,2	0,1	270	85,76
23	1	1	0	1,88	0,2	45	0,63	0,2	0,9	270	85,83
531	1	1	1	1,88	0,2	45	0,63	0,2	0,1	270	86,35
Valores Máximos											
1246	0	1	0	0,63	0,8	45	0,63	0,8	0,9	180	146,13
1366	0	0	0	1,88	0,8	45	0,63	0,2	0,9	180	146,06
1374	0	0	0	1,88	0,8	45	0,63	0,8	0,9	180	146,06
1242	0	1	0	0,63	0,8	45	0,63	0,8	0,1	180	145,52
1494	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,2	0,9	180	145,43
1502	0	0	0	0,63	0,8	45	0,63	0,8	0,9	180	145,43

Fonte: A autora

Para Belém, o consumo relativo para refrigeração variou de 84 kWh/m²-ano a 147 kWh/m²-ano, classificados entre nível C a E. Nota-se que o contato com o solo exerce uma influência inferior no indicador para Belém quando comparados com as demais cidades, mantendo os pontos mais uniformes no gráfico. Nesse caso, os parâmetros inicialmente variados e considerados pouco influentes na análise de variância (item 4.1), como a orientação solar e as propriedades térmicas da cobertura, quando associados, provocam uma alteração de até um nível na classificação de eficiência energética, podendo chegar a cerca de 30 kWh/m²-ano. A orientação solar, em especial, exerce uma contribuição significativa para esses valores, o que pode ser observado principalmente nos casos sem contato com a cobertura uma vez que não há atuação dos demais parâmetros nestes.

As propriedades térmicas das paredes externas e condições de contato com o solo e cobertura novamente foram os que mais impactaram no indicador de desempenho. Apesar da interação entre os parâmetros, nota-se que não houve variações nos efeitos dos mesmos, como ocorreu no indicador graus-hora de resfriamento para Belém.

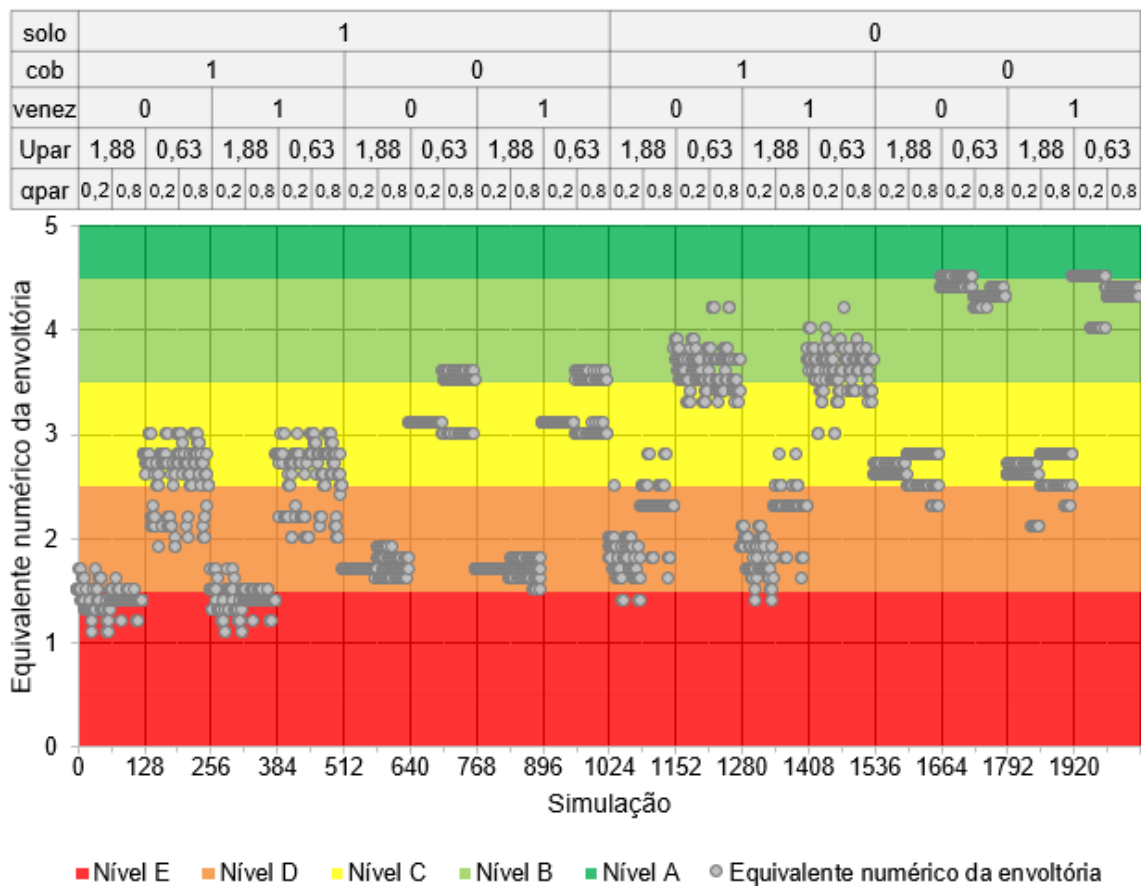
Dessa forma, os menores consumos relativos para refrigeração para Belém foram obtidos para os casos com contato do piso com o solo e da cobertura com o exterior, paredes externas e cobertura de alta transmitância térmica e baixa absorvância solar e orientação solar do modelo a 270°, assemelhando-se em parte as recomendações para Curitiba e São Paulo. Coincidentemente os maiores consumos estão relacionados principalmente a falta de contato do solo, paredes de alta absorvância solar e coberturas mais pesadas e com menor resistência ao fluxo de calor, ou seja, características que favoreçam o acúmulo de calor. Considerando que não há períodos de inverno em Belém, percebe-se que a otimização do desempenho dessas edificações é facilitada. No entanto, a cidade apresenta maior rigor térmico, o que fez com que as estratégias analisadas não fossem suficientes para promover nível A de eficiência energética.

4.2.4 Nível de eficiência para o equivalente numérico da envoltória

Quanto ao equivalente numérico da envoltória, os níveis obtidos pelas 2048 combinações analisadas para Curitiba, São Paulo e Belém são apresentados nas Figuras 31, 33 e 35, respectivamente. As Figuras 32, 34 e 36 mostram a frequência

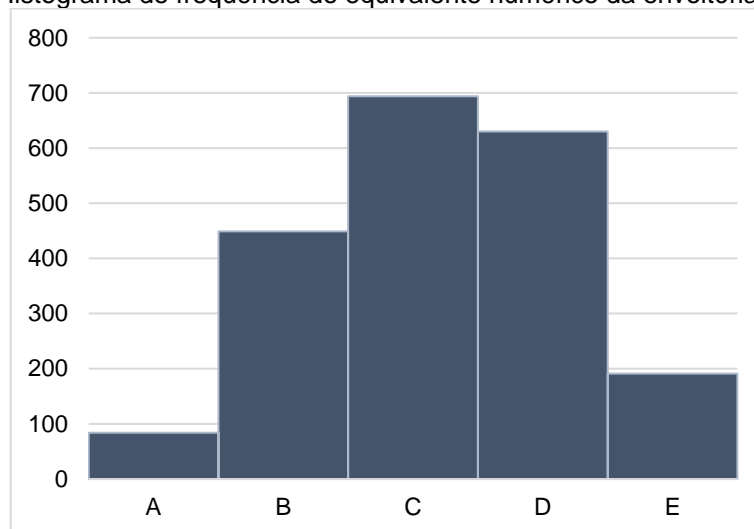
de casos pertencentes a cada nível de eficiência energética em cada cidade analisada.

Figura 31 - Equivalente numérico da envoltória para as 2048 combinações paramétricas em Curitiba



Fonte: A autora

Figura 32 - Histograma de frequência do equivalente numérico da envoltória para Curitiba



Fonte: A autora

Para Curitiba, das 2048 combinações paramétricas analisadas, apenas 84 atingiram nível A de eficiência energética, enquanto a maior parte dos casos (87%) promoveu um desempenho termoenergético mediano, com classificação entre os níveis B e D. Dessa forma, nota-se que, com as características adequadas, é possível obter uma edificação de envoltória leve com um excelente desempenho térmico para a Zona Bioclimática 1. Essa grande variabilidade de resultados explica porque os estudos a respeito de edificações com envoltórias leves divergem quanto ao desempenho termoenergético. Afinal, parâmetros isolados não são indicativos de bons níveis de eficiência energética e há uma diferença muito grande nas envoltórias e estratégias aplicadas.

Os casos avaliados em nível A são formados sempre por unidades habitacionais sem contato do piso com o solo e sem contato da cobertura com o exterior, além de paredes de baixa transmitância térmica e baixa absorvância solar, priorizando as condições para inverno. Tais particularidades podem ser facilmente aplicadas em pavimentos intermediários de edificações multifamiliares, cujo mercado tende a crescer. No entanto tornam-se um obstáculo para edificações térreas, onde é oneroso o isolamento de piso e cobertura. Nesses casos, obteve-se no máximo nível C de eficiência energética, sendo que ainda assim deve-se priorizar o uso de paredes e coberturas de baixa transmitância térmica.

Figura 33 – Equivalente numérico da envoltória para as 2048 combinações paramétricas em São Paulo

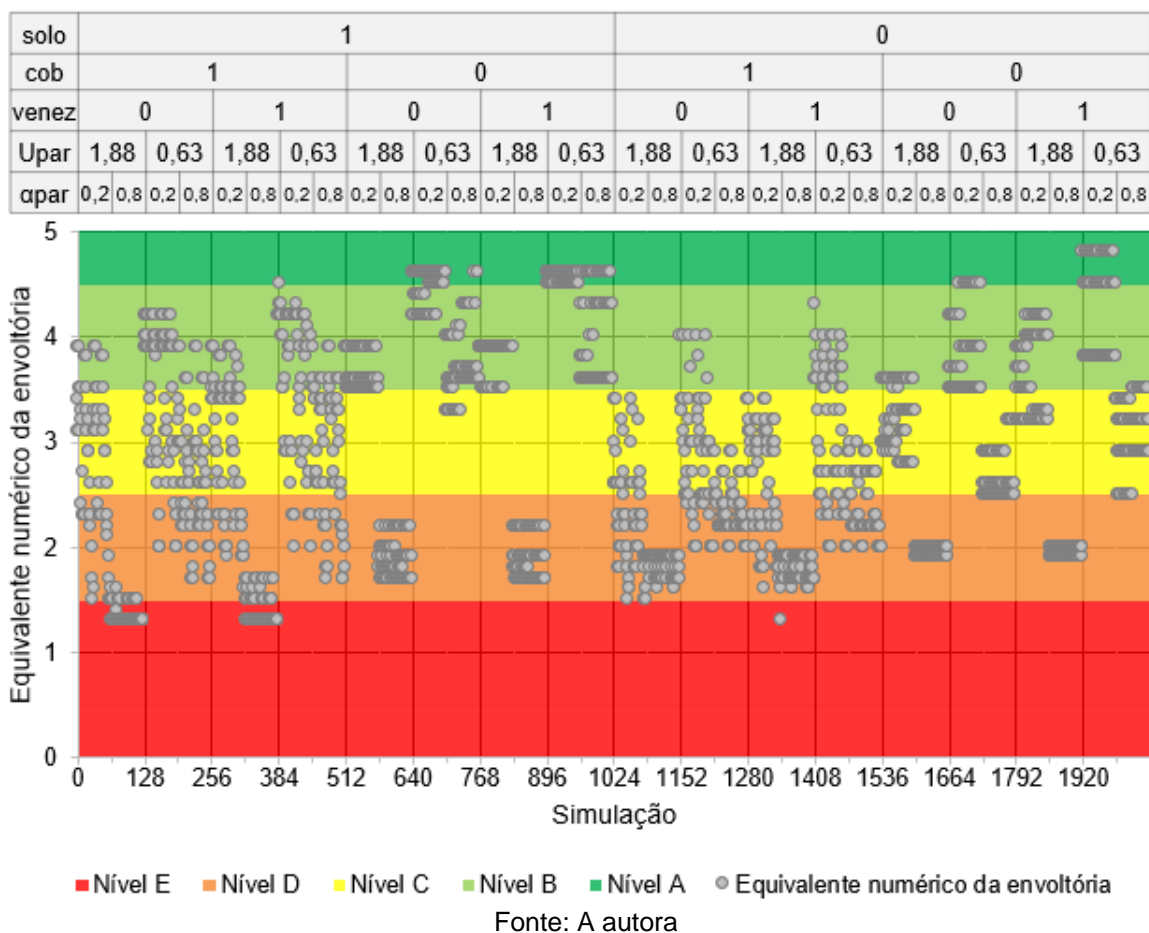
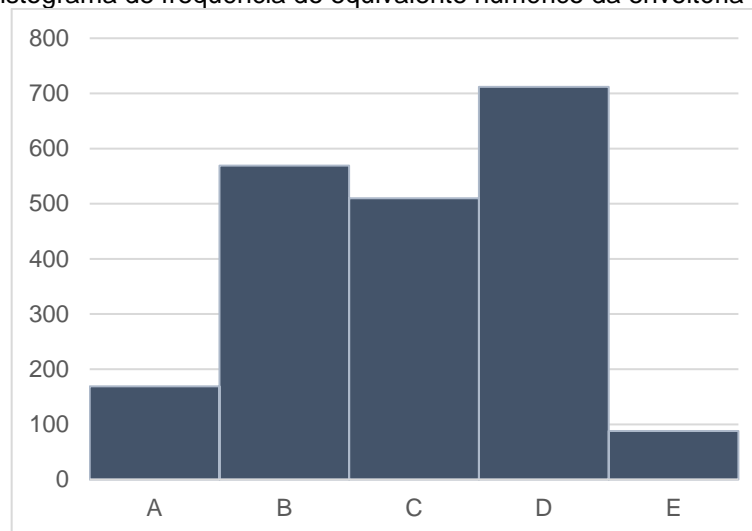


Figura 34 - Histograma de frequência do equivalente numérico da envoltória para São Paulo



Fonte: A autora

Nota-se na Figura 33 que para São Paulo os pontos encontram-se distribuídos de maneira uniforme ao longo do gráfico, com cerca de 87% localizados nos níveis B,

C e D. Apenas 169 casos (8%) foram classificados em nível A, contra 88 casos (4%) no nível E.

Nesse caso, como o equivalente numérico considera uma proporção maior do indicador graus-hora de resfriamento comparado a Zona Bioclimática 1, há uma maior variação nas combinações de parâmetros nível A. De maneira geral, quatro grupos receberam equivalente numérico acima de 4,5 (nível A), apresentando em comum apenas a utilização de materiais isolantes nas paredes (baixa absorvância térmica). O maior equivalente numérico foi obtido para os casos sem transferência de calor do piso e cobertura, com paredes de baixa transmitância térmica e baixa absorvância solar, sombreamento nas janelas e orientação solar do modelo a 0° (sala/cozinha voltada ao sul e dormitórios ao norte). Esta pode ser considerada a melhor configuração para unidades habitacionais intermediárias em edifícios de envoltória leve com mais de dois pavimentos para a Zona Bioclimática 3, além de ser uma das melhores combinações obtidas para Curitiba. Apesar de menor equivalente numérico, unidades habitacionais térreas sem contato com a cobertura também foram classificadas como A, desde que se mantenham as características das paredes. A utilização de sombreamento nas aberturas e orientação solar variou entre os casos, demonstrando uma certa versatilidade de acordo com as condições locais. Ressalta-se que, por não haver trocas de calor pela cobertura, as propriedades da mesma deixam de exercer influências significativas no desempenho termoenergético. Dessa forma, percebe-se que, em edifícios multifamiliares com estas propriedades, apenas as unidades habitacionais da cobertura seriam classificadas em nível B, demonstrando um excelente desempenho termoenergético para o edifício como um todo. Além disso, 14 casos apresentaram como diferencial a alta absorvância solar das paredes externas, sempre com a orientação solar do modelo a 0°.

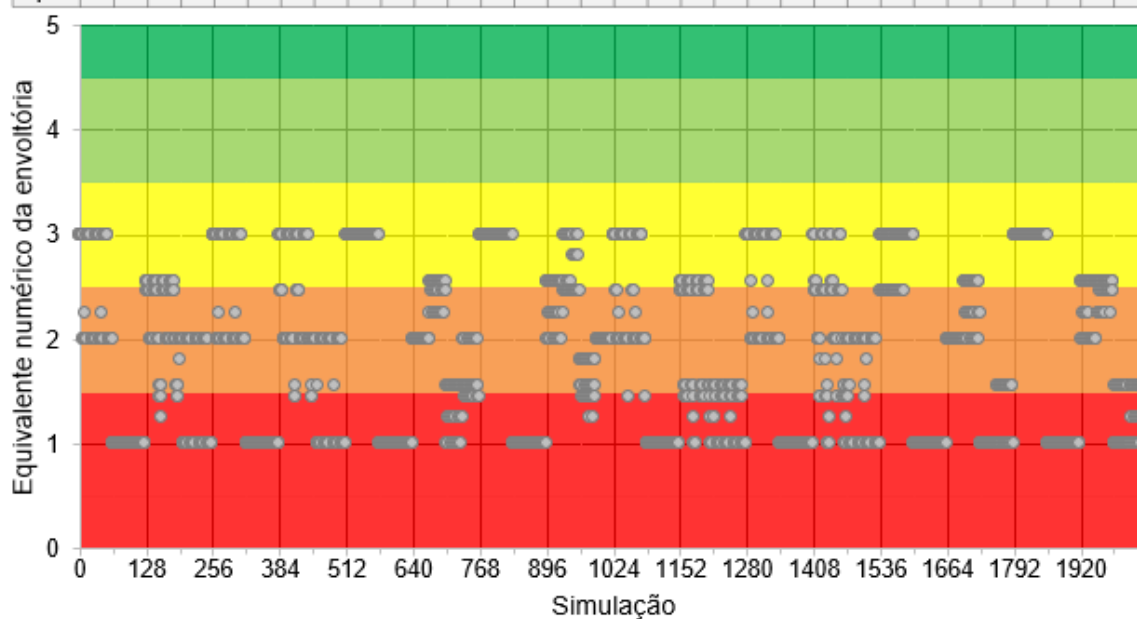
Assim como observado para Curitiba, edificações térreas unifamiliares são prejudicadas termicamente em virtude dos seus atributos. Para São Paulo, no entanto, um dos 169 casos níveis A apresentou contato do piso com o solo e contato da cobertura do exterior. O caso em questão apresenta venezianas nas janelas, paredes externas e cobertura de baixa transmitância térmica e baixa absorvância solar, cobertura com maior capacidade térmica (telhas cerâmicas) e baixa emissividade (manta aluminizada) e orientação solar do modelo 270°.

Nota-se que apesar da análise de variância apontar a vantagem do contato com o solo no equivalente numérico para São Paulo (Figura 21), os maiores equivalentes

foram obtidos para os casos sem transferência de calor (Figura 33). Como o equivalente numérico da envoltória é calculado pela ponderação de indicadores com efeitos contraditórios do parâmetro, há uma redução da sua relevância na análise anual e maior flexibilidade na envoltória pela compensação dos demais elementos. Assim, a maior quantidade de casos nível A obtidos para o contato com o solo justifica os resultados obtidos na análise de variância. Além disso, deve-se considerar que a interação entre os parâmetros, assim como a não linearidade do comportamento da envoltória, dificulta a representação de características isoladas. Portanto, o desempenho termoenergético da envoltória não deve ser analisado com base em um efeito específico, mas sempre de forma global.

Figura 35 - Equivalente numérico da envoltória para as 2048 combinações paramétricas em Belém

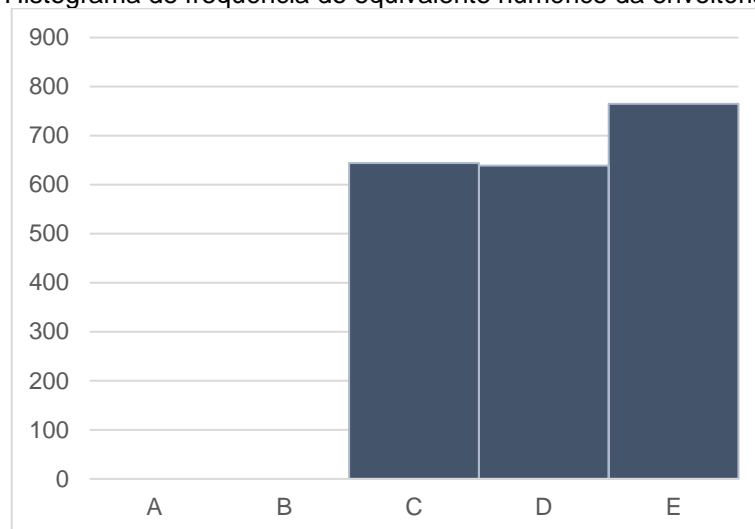
solo	1								0							
cob	1				0				1				0			
venez	0		1		0		1		0		1		0		1	
Upar	1,88	0,63	1,88	0,63	1,88	0,63	1,88	0,63	1,88	0,63	1,88	0,63	1,88	0,63	1,88	0,63
apar	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8



■ Nível E ■ Nível D ■ Nível C ■ Nível B ■ Nível A ● Equivalente numérico da envoltória

Fonte: A autora

Figura 36 - Histograma de frequência do equivalente numérico da envoltória para Belém



Fonte: A autora

De acordo com a Figura 35, não foi possível obter nível A de eficiência energética para as combinações de parâmetros analisados para Belém, ao contrário de Curitiba e São Paulo. Assim cerca de 31% dos casos (644) obtiveram nível C de eficiência energética, sendo consideradas as melhores opções do estudo para a Zona Bioclimática 8. Como a avaliação na região é simplificada, considerando apenas a análise para verão, prevalecem as características que facilitem a redução das temperaturas internas. Entre os parâmetros do estudo, o único que se manteve constante no nível C foi a baixa absorvância solar das paredes externas, demonstrando-se um fator de extrema importância para o desempenho termoenergético de edificações leves na região. Os demais parâmetros variaram entre as combinações, entretanto não devem ser negligenciados na escolha da envoltória dado que uma combinação inadequada dos fatores pode acarretar em níveis D e E, provocando um aumento significativo dos períodos de desconforto térmico e energia para climatização dos ambientes.

Nota-se que as especificações dos DATecs existentes no Brasil para edificações com envoltórias leves (*wood frame* e *steel frame*) não permitem chegar no nível A de eficiência energética em algumas regiões brasileiras. Outras estratégias devem ser estudadas visando a obtenção de melhores níveis de desempenho termoenergético para essas regiões, como o fator de ventilação das aberturas, outras composições de painéis e coberturas, sombreamento da edificação como um todo e redução da transmitância térmica dos vidros.

Entretanto, considerando que Almeida (2014), ao avaliar o nível de eficiência energética de 50 edificações residenciais com diferentes composições de envoltória localizadas em Florianópolis (Zona Bioclimática 3), obteve apenas níveis C, D e E, sendo 58% nível E, os resultados obtidos para as edificações leves foram bastante satisfatórios. Sendo assim, nota-se que uma combinação adequada da envoltória é capaz de suprir a baixa capacidade térmica desses elementos, promovendo inclusive desempenhos superiores a edificações pesadas. Além disso, outras estratégias podem ser estudadas procurando reduzir ainda mais o consumo de energia.

5 CONCLUSÕES

Este estudo apresentou uma análise de sensibilidade dos parâmetros termofísicos no desempenho termoenergético de uma edificação residencial em sistemas construtivos leves em três zonas bioclimáticas distintas, representadas pelas cidades de Curitiba (ZB1), São Paulo (ZB3) e Belém (ZB8). Para tanto, definiu-se um modelo de referência com base na análise de composições de paredes e coberturas comercialmente aplicadas no país. Os parâmetros foram variados em dois níveis, considerando estratégias de desempenho obtidas nos Documentos de Avaliação Técnica (DATec) e da bibliografia. A análise de sensibilidade foi realizada por meio do planejamento de experimento fatorial para o indicador graus-hora de resfriamento, consumo relativo para aquecimento, consumo relativo para refrigeração e equivalente numérico da envoltória do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Por fim, foram identificadas as combinações de parâmetros que geraram os menores e maiores indicadores de desempenho, obtendo características de referência para edificações de baixa capacidade térmica nas zonas bioclimáticas analisadas.

Para o indicador graus-hora de resfriamento os parâmetros mais influentes foram a absorvância solar das paredes externas, seguido pela transmitância térmica das paredes, a interação entre ambas as propriedades térmicas das paredes, o contato do piso com solo e contato da cobertura com o exterior, para Curitiba e São Paulo. Para Belém, no entanto, a absorvância solar das paredes externas, interação entre transmitância térmica e absorvância solar das paredes e absorvância solar da cobertura foram os parâmetros mais relevantes. No consumo relativo para aquecimento, obteve-se maior influência para a transmitância térmica das paredes e contato com o solo, tanto para Curitiba quanto para São Paulo. Para o consumo relativo para refrigeração, os parâmetros mais influentes foram o contato do piso com o solo, a absorvância das paredes externas e a transmitância térmica das paredes nas três cidades analisadas.

Percebe-se que alguns parâmetros apresentam efeitos conflitantes entre os indicadores de desempenho, gerando bons resultados para uma determinada estação do ano e prejudicando o desempenho termoenergético em outros períodos. Este fato dificulta o processo de definição da envoltória da edificação para otimização da eficiência energética das edificações leves ou pesadas. Dessa forma, a análise do

equivalente numérico da envoltória é um método eficiente para auxiliar na escolha das melhores estratégias em relação ao desempenho anual da edificação, ponderando os indicadores de desempenho de acordo com as condições climáticas de cada região.

Como esperado, para Curitiba os parâmetros mais influentes no equivalente numérico da envoltória foram aqueles relacionados as condições de inverno. Na análise das simulações individuais, todos os casos classificados em nível A de eficiência energética são compostos por unidades habitacionais com paredes de baixa transmitância térmica e baixa absorvância solar, sem contato do piso com o solo e sem contato da cobertura com o exterior, comprovando a análise de influência.

Para São Paulo, os parâmetros que exercem maior influência no equivalente numérico da envoltória são aqueles relacionados tanto ao indicador graus-hora de resfriamento quanto ao consumo relativo para aquecimento. Devido a isso, há uma maior variação nas combinações de parâmetros nível A, apresentando em comum apenas a baixa transmitância térmica das paredes externas. Duas combinações merecem destaque: os casos sem contato com o solo e cobertura, com paredes de baixa transmitância térmica e baixa absorvância solar, sombreamento nas janelas e orientação solar do modelo a 0°, responsável pelo maior equivalente numérico da envoltória; e com contato com o solo e cobertura, paredes externas e cobertura de baixa transmitância térmica e baixa absorvância solar, cobertura com maior capacidade térmica e baixa emissividade, sombreamento nas janelas e orientação solar do modelo a 270°, por ser aplicável a uma edificação térrea.

Em função do clima mais extremo, Belém apresentou classificações entre nível C e E, considerando apenas as condições para verão. O único parâmetro comum entre os casos com maiores equivalentes numéricos foi a baixa absorvância solar das paredes externas. Os demais parâmetros variaram entre as combinações.

Nota-se que alguns parâmetros se mostram fundamentais para a obtenção de melhores níveis de eficiência energética em edificações leves. A baixa transmitância térmica e o contato com o solo, em especial, são estratégias interessantes para suprir a baixa capacidade térmica desses sistemas construtivos, adquirindo uma importância maior quando comparados a edificações pesadas. No entanto, apesar de amplamente aceitos na literatura, observa-se que também podem ser prejudiciais dependendo das condições climáticas e das demais características da envoltória. Além disso, a utilização destes não garante um bom desempenho termoenergético. Pelo contrário, mais importante do que um parâmetro influente, é a combinação adequada das

características que compõem a edificação e que trabalham em conjunto para promover o melhor desempenho. Afinal, mesmo parâmetros com valores pouco expressivos na análise de influência, quando combinados promoveram reduções significativas nos indicadores de desempenho e, portanto, não devem ser dispensados no estudo de definição da envoltória.

Dessa forma, percebe-se a imprecisão do método simplificado da NBR 15575 ao desconsiderar a interação entre os elementos da envoltória. A limitação da capacidade térmica, em especial, mostra-se desnecessária, uma vez que as demais características podem compensar a baixa inércia térmica dos sistemas construtivos leves. Além disso, outros parâmetros apresentam-se mais influentes no desempenho das edificações em geral e devem ter uma análise mais rigorosa, como a absorvância solar das superfícies e a existência de transferência de calor com o solo e cobertura. Assim, aponta-se a necessidade de revisão do método simplificado da norma, destinando os esforços tanto para os parâmetros mais influentes quanto para o desempenho térmico global do edifício. Uma alternativa seria apresentar valores de referência em grupos, associando paredes, coberturas e piso, bem como as condições de contato com o exterior e sombreamento.

Diante disso, esse estudo contribui para o desenvolvimento de estratégias voltadas ao desempenho termoenergético de edificações com envoltórias leves, identificando os parâmetros mais eficientes em três zonas bioclimáticas brasileiras. Essas informações podem ser utilizadas como referência para direcionar esforços e recursos na otimização da envoltória de edificações leves, assim como na definição do envelope na falta de estudos específicos.

5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Pode-se apontar algumas limitações do estudo, relacionadas à aplicação do método:

- Limitações associadas a tipologia construtiva, composições de painéis e aos climas analisados. Os resultados são válidos apenas para os casos do estudo. Outros parâmetros podem ser mais influentes dependendo do caso analisado.
- Imprecisão dos dados na configuração do cálculo da temperatura do solo e do balanço térmico da edificação. Foram utilizados valores de

referência das normas brasileiras e bibliografias consultadas, que podem não representar corretamente as condições reais dos solos e dos materiais utilizados.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, sugere-se:

- Analisar tipologias diferentes de edificações e climas diferentes aos de Curitiba, São Paulo e Belém, de forma a abranger uma área mais expressiva do país;
- Analisar diferentes composições de envoltória, com valores distintos de capacidade térmica e transmitância térmica;
- Analisar a influência de outros parâmetros na edificação, como as propriedades térmicas de paredes internas, iluminação e ventilação, mantidas constante no estudo.

REFERÊNCIAS

ABCB. AUSTRALIA BUILDING CODES BOARD. **National Construction Code: Volume Two**. Australia, 2016.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6355: Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **ABNT NBR 11685: Divisórias internas leves moduladas**. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **ABNT NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **ABNT NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

ADEKUNLE, T. O.; NIKOLOPOULOU, M. Thermal comfort, summertime temperatures and overheating in prefabricated timber housing. **Building and Environment**, v. 103, p. 21-35, 2016.

AKUTSU, M.; BRITO, A. C. DE; AQUILINO, M. DE M.; REIS FILHO, A. DOS; SILVA, W. S. DA. O efeito da inércia térmica de paredes no desempenho térmico de edificações escolares. In: XII Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído e VIII Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Brasília, 2013.

ALMEIDA, L. S. S. **Influência de parâmetros físicos e geométricos no desempenho termoenergético de habitações unifamiliares**. 2014. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

AMANCIO, R. C. A.; FABRICIO, M. M.; FILHO, C. V. M.; ONO, R. Capítulo 2. O sistema brasileiro de avaliação técnica de produtos inovadores para a construção civil. In: FABRICIO, M. M.; ONO, R. (organizadores). **Avaliação de desempenho de tecnologias inovadoras: Manutenção e percepção dos usuários**. Porto Alegre: ANTAC, 2015. Livro eletrônico. 159 p.

AMANCIO, R. C. A.; FABRICIO, M. M. Capítulo 3. Avaliação técnica do produto de construção inovador: contexto brasileiro e internacional. In: FABRICIO, M. M.; ONO, R. (organizadores). **Avaliação de desempenho de tecnologias inovadoras: Manutenção e percepção dos usuários**. Porto Alegre: ANTAC, 2015. Livro eletrônico. 159 p.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM Standard C1155-95**: Practice for determining thermal resistance of building envelope components from the in-situ data, West Conshohocken, PA, 2007.

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE-90.1**: Requirements for the building enclosure: understanding the compliance paths for multi-unit residential buildings, British Columbia, 2007.

_____. **ASHRAE Standard 140**: Standard 94 method of test for the evaluation of building energy analysis computer. Atlanta, 2004.

AMORIN, S.; VIEIRA, R. Estudo comparativo da eficiência energética de uma habitação popular em alvenaria e em madeira no município de Ribeirão da Neves – MG. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...**São Paulo, 2016.

ANAUATE, M. **Visão e atuação da Caixa Econômica Federal sobre sistemas construtivos industrializados**. In: Reuniões do GT Construção Industrializada do Programa Compete Brasil. Apresentações. FIESP. 2014. 12 p. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/gt-construcao-industrializada-do-programa-compete-brasil-apresentacoes/>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

ANDERSON, T. O.; WINSLOW, L. O. **Wood-frame house construction**: Complete "how-to" information on constructing wood-frame house. Craftsman Book Company, revised edition, 1992.

AWAD, H.; GÜL, M.; ZAMAN, H.; YU, H.; AL-HUSSEIN, M. Evaluation of the thermal and structural performance of potential energy efficient wall systems for mid-rise wood-frame buildings. **Energy and Buildings**, v. 82, p. 416-427, 2014.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº18, de 16 de janeiro de 2012. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R)**. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Diretriz para Avaliação Técnica de Produtos – **Diretriz SINAT Nº 014 b** Sistema construtivo a seco Saint-Gobain – Light Steel Framing. Ministério das Cidades. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H. São Paulo, 2018.

BRASIL. Diretriz para Avaliação Técnica de Produtos – **Diretriz SINAT Nº 020 C** Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada - TECVERDE (tipo Light Wood Framing). Ministério das Cidades. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H. São Paulo, 2018.

BRASIL. Diretriz para Avaliação Técnica de Produtos – **Diretriz SINAT Nº 030** Sistema construtivo LP Brasil OSB em Light Steel Frame e fechamento em chapas de

OSB revestidas com placa cimentícia. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H. São Paulo, 2016.

_____. **Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SINAT**. Ministério das Cidades. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H. 2018. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>. Acesso em: 21 set. 2017.

BOGO, A. J. Reflexões críticas quanto as limitações do texto das normas brasileiras de desempenho NBR 15220-3 e NBR 15575. **Holos**, ano 32, v. 7, 2016. DOI: 10.15625/holos.2016.4389

BREESCH, H.; JANSSENS, A. Performance evaluation of passive cooling in office buildings based on uncertainty and sensitivity analysis. **Solar Energy**, v. 84, n. 8, p. 1453-1467, 2010. DOI: doi:10.1016/j.solener.2010.05.008.

BRITO, A. C.; AKUTSU, M.; VITTORINO, F.; AQUILINO, M. M. Contribuições para o aprimoramento da NBR 15575 referentes ao método simplificado de avaliação de desempenho térmico de edifícios. In: XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Juiz de Fora, 2012.

CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M.; LOPES, A. M. S.; TAVARES, W. C. Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE) e do Desempenho Térmico de Uma Habitação de Light Steel Framing com o Uso de Diferentes Tipos de Isolantes Térmicos. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 2, p. 1-14, 2016. Disponível em: <<http://revistas.ufg.emnuvens.com.br/reec/article/view/37863>>. Acesso em: 21 set. 2017.

CARDOSO, S. S. **Tecnologia construtiva de fachadas em chapas delgadas estruturadas em light steel Framing**. 2016. 256f. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

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

CASTRO, M. L.; VON KRUGER, P. G. Unidades de seleção tecnológica e inovação na construção habitacional no Brasil. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 3, p. 217-233, 2013.

CBCS. **Conselho Brasileiro de Construção Sustentável**. Diretrizes de ação. 2013. Disponível em <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/Sobre%20CBCS/CBCS_Diretrizes%20de%20Acao_rev1.pdf>. Acesso em: 21 set 2017.

CICHINELLI, G. Obras com sistema light steel frame. CBCA, 2017. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-detalhes.php?cod=7409>>. Acesso em: 19 out 2018.

CHVATAL, K. M. S. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119-134, 2014.

COSTA, V. A. C. DA; CHVATAL, K. M. S. **Manual do Pré-Processador Slab**. Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU/USP-SC). São Carlos, 2017.

CRUZ, A. F. R.; BARBOSA, M. T.; CASTANÔN, J. A. B. Análise do processo de manutenção em diferentes sistemas construtivos no Brasil. **REUCP**, Petrópolis, v. 11, n. 1, p. 33-43, 2017.

DEPARTMENT OF ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY. **Input Output Reference**. US. Documentation, EnergyPlus™ Version 8.8, 2017.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. Inércia térmica, conforto e consumo de energia em edificações na cidade de São Carlos, SP. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Curitiba, 2003.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. Métodos alternativos para identificar a absorvância solar de superfícies opacas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 109-127, 2007.

EERE. DEPARTMENT OF ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY. Ground Heat Transfer in EnergyPlus. In: **Documentation, EnergyPlus™ Version 8.5 - Auxiliary Programs**. Version 8. ed. p. 103–142, 2016.

ELETROBRAS/ PROCEL Edifica; INMETRO; CB3E/UFSC. **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações**. Rio de Janeiro, 2013.

EESC. EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE. **Let's speak sustainable construction**. European Union, 2011.

FERREIRA, C. C. **Análise de sensibilidade por meio de experimento fatorial de parâmetros de desempenho térmico de envoltórias de edificações residenciais: contribuição à revisão das normas brasileiras**. 2016. 437 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2017.

FERREIRA, N. V. S. **Sistemas de revestimentos de fachadas em aço - Revisão tecnológica**. 2012. 167 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2012.

FERREIRA, C.; SOUZA, H. D.; ASSIS, E. D. Estudo do clima brasileiro: reflexões e recomendações sobre a adequação climática de habitações. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Maceió, 2014

FERREIRA, C. C.; SOUZA, H. A. de; ASSIS, E. S. de. Discussão dos limites das propriedades térmicas dos fechamentos opacos segundo as normas de desempenho térmico brasileiras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 183- 200, 2017.

FOSSATI, M.; INDIVIATA, A.; CRUZ, J. Y.C.; NOVAES, A. M. C.; TEIXEIRA, C. A. **Manual para aplicação do RTQ-R**. 2014.

FOSSATI, M.; SCALCO, V. A.; LINCZUK, V.C.C; LAMBERTS, R. Building energy efficiency: an overview of the Brazilian residential labeling scheme. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 65, p. 1216-1231, 2016.

GOMES, J. O.; LACERDA, J. F. S. B. Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil: Análise do estado da arte. **E-Tech: Tecnologia para Competitividade Industrial**. Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 167 –186. 2014.

GRECO, L. B. Wood Frame - **Uma análise de mercado na cidade de Londrina**. 2016. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

HASS, D. C. G.; MARTINS, L. F. **Viabilidade econômica do sistema construtivo Steel Frame como método construtivo para habitações sociais**. 2011. 76 f. TCC (Graduação em Engenharia de Produção Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

HEISELBERG, P.; BROHUS, H.; HESSELHOLT, A.; RASMUSSEN, H.; SEINRE, E.; THOMAS, S. Application of sensitivity analysis in design of sustainable buildings. **Renewable Energy**, v. 34, n. 9, p. 2030-2036, 2009. DOI: 10.1016/j.renene.2009.02.016.

HOLANDA, E. P. T. **Novas tecnologias construtivas para produção de vedações verticais**: diretrizes para o treinamento da mão-de-obra. 2003. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

KRÜGER, E. L.; ZANNIN, P. H. T. Avaliação termoacústica de habitações populares na vila tecnológica de Curitiba. **Ambiente Construído**. v. 6, n. 2, p. 33-44, 2006.

LAROCA, C.; KRÜGER, E. L.; MATOS, J. M. Avaliação de desempenho térmico de protótipo de habitação social desenvolvido para o estado de Santa Catarina. XII Encontro Nacional e Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais...** Fortaleza, 2008.

LOPES, G. C.; ROMEU, V; AZENHA, M. FERREIRA, T. M. A systematic review of Prefabricated Enclosure Wall Panel Systems: focus on technology driven for performance requirements. **Construction and Building Materials**, Elsevier, v. 40, p. 688-703, 2018.

MARA, T. A.; TARANTOLA, S. Application of global sensitivity analysis of model output to building thermal simulations. **Building Simulation**, v.1, n. 4, p. 290-302, 2008. DOI:10.1007/s12273-008-8129-5.

MARQUES, T. H. T.; CHVATAL, K. M. S. A Review of the Brazilian NBR15575 Norm: applying the simulation and simplified methods for evaluating a social house thermal performance. In: 4° Symposium on simulation for architecture and urban design. **Anais...** San Diego, 2013.

MATEUS, R. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. 271 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Minho. Braga, 2004.

MAZZAFERRO, L.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. **Manual de simulação computacional de edifícios com o uso do objeto Ground Domain no programa EnergyPlus**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

MEDEIROS, M. O. O. Casa Palete: **Projeto Residencial Flexível com Sistema Construtivo Alternativo**. 2014. Dissertação (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

MEIRELLES, C. R. M.; SEGALLI, M. L.; RAIA, F., MESQUITA, J. A.; FERREIRA, H. F. O potencial sustentável dos sistemas leves na produção da habitação social. **Arqimed: Revista de Arquitetura da IMED**, v. 1, n. 2, p. 164-173, 2012.

MECHRI, H. E.; CAPOZZOLI, A.; CORRADO, V.. Use of the ANOVA approach for sensitive building energy design. **Applied Energy**, v. 87, n. 10, p. 3073-3083, 2010. DOI: 10.1016/j.apenergy.2010.04.001.

MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. J. Sistema construtivo em *wood frame* para casas de madeira. In: **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, 2010.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para Engenheiros**. Editora LTC. 4ª Edição, 2012.

NOGUEIRA, F. H. S.; NASCIMENTO, F. M. B.; BATISTA, J. O.; DE OLIVEIRA, P. L.; ALMEIDA, R. E. R. Análise da envoltória pelo método prescritivo do RTQ-R: etiquetagem de residência unifamiliar em Maceió-AL. In: XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Juiz de Fora, 2012.

OLIVEIRA, L. A. **Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves**. 2009. 267 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, L. S. **Avaliação dos limites das propriedades térmicas dos fechamentos opacos da NBR 15220-3, para habitações de interesse social, da zona bioclimática 2**. 2012. 167 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

OLIVEIRA, L. S.; CUNHA, EDUARDO G.; da Silva, A. C. S. B.; PINTO, M. M. Importância da definição da temperatura do solo para o processo de simulação termoenergética de edificações. In: XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Juiz de Fora, 2012.

ORDENES, M.; PEDRINI, A.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Metodologia Utilizada na Elaboração da Biblioteca de Materiais e Componentes Construtivos Brasileiros**

para Simulações no Visualdoe-3.1. Relatório Interno – Departamento de Engenharia Civil, UFSC. Florianópolis, 2003.

PAJEK, L.; HUDOBIVNIK, B.; KUNIČ, R.; KOŠIR, M. Improving thermal response of lightweight timber building envelopes during cooling season in three European locations. **Journal of Cleaner Production**, v. 156, p. 939-952, 2017.

PELAZ, B.; BLANCO, J. M.; CUADRADO, J.; EGILUZ, Z.; BURUAGA, A. Analysis of the influence of wood cladding on the thermal behavior of building façades; characterization through simulation by using different tools and comparative testing validation. **Energy and Building**, v. 141, p. 349-360, 2017.

PINTO, V. H. S. J. **Soluções de paredes leves incorporando placas de aglomerado madeira/cimento para edifícios de pequeno porte.** 2010. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2010.

POUEY, J. A.; BRANDALISE, M. P.; SILVA, A. C. S. B. Determinação da eficiência energética da envoltória de projeto residencial unifamiliar comparando os resultados a partir da aplicação dos métodos prescritivo e de simulação do RTQ-R. XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Juiz de Fora, 2012.

ROCHA, A. C.; BARROS, M. M. S. B.; LEITE, B. C. C.; PETRECHE, J. R. D. Avaliação do desempenho térmico de fachada com painéis leves em edificações de múltiplos pavimentos. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** São Paulo, 2016.

ROSSI, M.; ROCCO, V. M. External walls design: the role of periodic thermal transmittance and internal areal heat capacity. **Energy and Buildings**, v. 68, p. 732-740, 2014.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - Formulação e aplicação de uma metodologia.** 1978. 321 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SACCO, Marcelo de F.; STAMATO, Guilherme C. Light Wood Frame – Construções com Estrutura Leve de Madeira. **Téchne**, São Paulo, n. 140, 2008. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/140/artigo287602-1.aspx> >. Acesso em: 30 mai. 2016.

SALES, U. C. **Mapeamento dos problemas gerados na associação entre sistemas de vedação e estrutura metálica e caracterização acústica e vibratória de painéis de vedação.** 2001. 249 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2001.

SANTIAGO, A. K. **O uso de sistema light steel Framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural.** 2008. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2008.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Steel framing**: arquitetura. 2 ed. Rio de Janeiro, Instituto Aço Brasil, 2012.

SANTOS, R. J. Análise comparativa entre os sistemas construtivos em palete e wood frame. **InSIET: Revista In Sustentabilidade, Inovação & Empreendedorismo Tecnológico**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 153-172, 2017.

SILVA, A. S. **Desenvolvimento de um método para avaliação do desempenho térmico e energético de edificações aplicando análise de incertezas e sensibilidade**. 2016. 459 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

SILVA, A. S.; ALMEIDA, L. S. S.; GHISI, E. Comparação da eficiência energética da envoltória de habitações de interesse social pelos métodos prescritivo e simulação do RTQ-R. In: XII Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído e VIII Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Brasília, 2013.

SILVA, A. S.; ALMEIDA, L. S. S.; GHISI, E. Decision-making process for improving thermal and energy performance of residential buildings: A case study of constructive systems in Brazil. **Energy and Buildings**, v. 128, p. 270-286, 2016.

SILVA, A. S.; ALMEIDA, L. S. S.; GHISI, E. Análise de incertezas físicas em simulação computacional de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 1, p. 289-303, 2017.

SILVA, A. S.; GHISI, E. Análise de sensibilidade global dos parâmetros termofísicos de uma edificação residencial de acordo com o método de simulação do RTQ-R. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 4, p. 135-148, 2013.

SILVA, A. S.; GHISI, E. Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 1, p. 215-230, 2014.

SILVA, A. S.; SORGATO, M. J.; MAZZAFERRO, L.; MELO, A. P.; GHISI, E. . Incerteza do método de simulação da NBR 15575-1 para a avaliação do desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, v. 14, p. 103-117, 2014.

SILVA, M. G.; SILVA, V. G. **Manual de construção em aço**: Painéis de vedação. 200-?.

SOARES, M. M. **Avaliação dos parâmetros de desempenho térmico da NBR 15575/ 2013**: Habitações de interesse social na zona bioclimática 2. 2014. 160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

SOARES, M. M.; SILVA, A. C. S. B. Análise e compatibilização dos métodos simplificado e por simulação da NBR 15575: zona bioclimática 2. **Ambiente construído**, v. 17, n.1, p. 305-327, 2017.

SORGATO, M. J.; MARINOSKI, D. L.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. **Nota técnica referente à avaliação para a norma de desempenho NBR 15575 em consulta pública**. Florianópolis: LABEEE, 2012.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. Análise do Método de Simulação de Desempenho Térmico da Norma NBR 15575. In: XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Brasília: ANTAC, 2013.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 83-101, 2014.

SOUZA, H. A.; AMPARO, L. R.; GOMES, A. P. Influência da inércia térmica do solo e da ventilação natural no desempenho térmico: um estudo de caso de um projeto residencial em light steel Framing. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 113-128, 2011.

TECVERDE. Relatório de sustentabilidade 2014/2015. 2015. Disponível em: <https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/cop_2015/170231/original/relat%C3%B3rio-de-sustentabilidade-tecverde2014-2015.pdf?1435164997>. Acesso em: 18 out. 2018.

TECVERDE. Tecverde apresenta 1º prédio construído em tecnologia sustentável industrializada do Brasil. 2016. Disponível em: <<http://www.tecverde.com.br/2016/08/26/tecverde-apresenta-1o-predio-construido-em-tecnologia-sustentavel-industrializada-do-brasil/>>. Acesso em: 18 out. 2018.

THOMAS, D.; DING, G. Comparing the performance of brick and timber residential buildings – the case of Australia. **Energy and Buildings**, v.159, p. 136-147, 2018.

TIAN, Wei. A review of sensitivity analysis methods in building energy analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 20, p. 411-419, 2013. DOI: 10.1016/j.rser.2012.12.014.

TONELLI, C.; GRIMAUDO, M. Timber buildings and thermal inertia: Open scientific problems for summer behavior in Mediterranean climate. **Energy and Buildings** v. 83, p. 89-05, 2014.

VAN DER KNAAP, A. N. Building performance simulation to support building energy regulation. Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2011.

VASQUES, C. C. P. C. F.; PIZZO, L. M. B. F. Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares. **COGNITIO/PÓS-GRADUAÇÃO UNILINS**, v. 1, n. 1, 2014.

VERSAGE, R.S. **Equações prescritivas para o regulamento de etiquetagem de eficiência energética de edificações residenciais**. Relatório técnico: RT_Labeee-2011/03, Florianópolis, 2011.

VOLLARO, R. DE L.; GUATTARI, C.; EVANGELISTI, L.; BATTISTA, G.; CARNIELO, E.; GORI, P. Building energy performance analysis: A case study. **Energy and Building**, v. 87, p. 87-94, 2015.

ZAKI, H.; AL-MUSAED, A. A.; KHALIL, A. Thermal Earth inertia such a source of energy for bio-sustainable house. In: World Sustainable Building Conference. **Proceedings...**Tokyo, 2005.

APÊNDICE A – COMBINAÇÕES PARAMÉTRICAS DOS PARÂMETROS TERMOFÍSICOS DA ENVOLTÓRIA

Neste Apêndice são apresentadas as 2048 combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizados nas simulações computacionais. A combinação dos parâmetros foi realizada automaticamente pelo aplicativo JEPlus no momento da criação dos arquivos IDF. O número de cada combinação foi respeitado para criação das Figuras 23 a 35, da seção 4.2

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continua)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m ² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m ² K)	Ucob (W/m ² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
0	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
1	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
2	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
3	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
4	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
5	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
6	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
7	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
8	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
9	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
10	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
11	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
12	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
13	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
14	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
15	1	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
16	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
17	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
18	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
19	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
20	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
21	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
22	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
23	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
24	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
25	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
26	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
27	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
28	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
29	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
30	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
31	1	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
32	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
33	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
34	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
35	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
36	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
37	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
38	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
39	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
40	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
41	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
42	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
43	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
44	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
45	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
46	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
47	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
48	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
49	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
50	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
51	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
52	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
53	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
54	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
55	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
56	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
57	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
58	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
59	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
60	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
61	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
62	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
63	1	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
64	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
65	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
66	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
67	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
68	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
69	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
70	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
71	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
72	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
73	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
74	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
75	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
76	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
77	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
78	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
79	1	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
80	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
81	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
82	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
83	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
84	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
85	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
86	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
87	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
88	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
89	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
90	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
91	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
92	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
93	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
94	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
95	1	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
96	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
97	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
98	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
99	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
100	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
101	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
102	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
103	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
104	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
105	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
106	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
107	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
108	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
109	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
110	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
111	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
112	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
113	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
114	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
115	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
116	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
117	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
118	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
119	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
120	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
121	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
122	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
123	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
124	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
125	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
126	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
127	1	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
128	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
129	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
130	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
131	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
132	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
133	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
134	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
135	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
136	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
137	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
138	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
139	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
140	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
141	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
142	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
143	1	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
144	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
145	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
146	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
147	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
148	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
149	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
150	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
151	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
152	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
153	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
154	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
155	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
156	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
157	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
158	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
159	1	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
160	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
161	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
162	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
163	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
164	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
165	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
166	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
167	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
168	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
169	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
170	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
171	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
172	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
173	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
174	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
175	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
176	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
177	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
178	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
179	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
180	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
181	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
182	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
183	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
184	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
185	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
186	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
187	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
188	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
189	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
190	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
191	1	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
192	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
193	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
194	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
195	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
196	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
197	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
198	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
199	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
200	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
201	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
202	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
203	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
204	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
205	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
206	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
207	1	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
208	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
209	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
210	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
211	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
212	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
213	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
214	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
215	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
216	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
217	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
218	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
219	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
220	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
221	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
222	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
223	1	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
224	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m ² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m ² K)	Ucob (W/m ² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
225	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
226	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
227	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
228	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
229	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
230	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
231	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
232	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
233	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
234	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
235	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
236	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
237	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
238	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
239	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
240	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
241	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
242	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
243	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
244	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
245	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
246	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
247	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
248	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
249	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
250	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
251	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
252	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
253	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
254	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
255	1	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
256	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
257	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
258	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
259	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
260	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
261	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
262	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
263	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
264	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
265	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
266	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
267	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
268	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
269	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
270	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
271	1	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
272	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
273	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
274	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
275	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
276	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
277	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
278	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
279	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
280	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
281	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
282	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
283	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
284	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
285	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
286	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
287	1	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
288	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
289	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
290	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
291	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
292	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
293	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
294	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
295	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
296	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
297	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
298	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
299	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
300	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
301	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
302	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
303	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
304	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
305	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
306	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
307	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
308	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
309	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
310	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
311	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
312	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
313	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
314	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
315	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
316	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
317	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
318	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
319	1	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
320	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
321	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
322	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
323	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
324	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
325	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
326	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
327	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
328	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
329	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
330	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
331	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
332	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
333	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
334	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
335	1	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
336	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
337	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
338	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
339	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
340	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
341	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
342	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
343	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
344	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
345	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
346	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
347	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
348	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
349	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
350	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
351	1	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
352	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
353	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
354	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
355	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
356	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
357	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
358	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
359	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
360	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
361	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
362	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
363	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
364	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
365	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
366	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
367	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
368	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
369	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
370	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
371	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
372	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
373	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
374	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
375	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
376	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
377	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
378	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
379	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
380	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
381	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
382	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
383	1	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
384	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
385	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
386	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
387	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
388	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
389	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
390	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
391	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
392	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
393	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
394	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
395	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
396	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
397	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
398	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
399	1	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
400	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
401	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
402	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
403	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
404	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
405	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
406	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
407	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
408	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
409	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
410	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
411	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
412	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
413	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
414	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
415	1	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
416	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
417	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
418	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
419	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
420	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
421	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
422	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
423	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
424	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
425	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
426	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
427	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
428	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
429	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
430	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
431	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
432	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
433	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
434	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
435	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
436	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
437	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
438	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
439	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
440	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
441	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
442	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
443	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
444	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
445	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
446	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
447	1	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
448	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
449	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
450	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
451	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
452	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
453	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
454	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
455	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
456	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
457	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
458	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
459	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
460	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
461	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
462	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
463	1	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
464	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
465	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
466	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
467	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
468	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
469	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
470	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
471	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
472	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
473	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
474	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
475	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
476	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
477	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
478	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
479	1	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
480	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
481	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
482	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
483	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
484	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
485	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
486	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
487	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
488	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
489	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
490	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
491	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
492	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
493	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
494	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
495	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
496	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
497	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
498	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
499	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
500	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
501	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
502	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
503	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
504	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
505	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
506	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
507	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
508	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
509	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
510	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
511	1	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
512	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
513	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
514	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
515	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
516	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
517	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
518	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
519	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
520	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
521	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
522	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
523	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
524	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
525	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
526	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
527	1	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
528	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
529	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
530	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
531	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
532	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
533	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
534	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
535	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
536	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
537	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
538	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
539	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
540	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
541	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
542	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
543	1	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
544	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
545	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
546	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
547	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
548	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
549	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
550	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
551	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
552	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
553	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
554	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
555	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
556	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
557	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
558	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
559	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
560	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
561	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
562	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
563	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
564	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
565	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
566	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
567	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
568	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
569	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
570	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
571	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
572	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
573	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
574	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
575	1	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
576	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
577	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
578	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
579	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
580	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
581	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
582	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
583	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
584	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
585	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
586	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
587	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
588	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
589	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
590	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
591	1	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
592	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
593	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
594	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
595	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
596	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
597	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
598	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
599	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
600	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
601	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
602	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
603	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
604	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
605	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
606	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
607	1	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
608	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
609	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
610	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
611	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
612	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
613	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
614	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
615	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
616	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
617	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
618	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
619	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
620	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
621	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
622	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
623	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
624	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
625	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
626	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
627	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
628	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
629	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
630	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
631	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
632	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
633	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
634	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
635	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
636	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
637	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
638	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
639	1	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
640	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
641	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
642	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
643	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
644	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
645	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
646	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
647	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
648	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
649	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
650	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
651	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
652	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
653	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
654	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
655	1	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
656	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
657	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
658	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
659	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
660	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
661	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
662	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
663	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
664	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
665	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
666	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
667	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
668	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
669	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
670	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
671	1	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
672	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
673	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
674	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
675	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
676	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
677	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
678	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
679	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
680	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
681	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
682	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
683	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
684	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
685	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
686	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
687	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
688	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
689	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
690	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
691	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
692	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
693	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
694	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
695	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
696	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
697	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
698	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
699	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
700	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
701	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
702	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
703	1	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
704	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
705	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
706	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
707	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
708	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
709	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
710	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
711	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
712	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
713	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
714	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
715	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
716	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
717	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
718	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
719	1	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
720	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
721	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
722	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
723	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
724	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
725	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
726	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
727	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
728	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
729	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
730	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
731	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
732	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
733	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
734	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
735	1	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
736	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
737	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
738	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
739	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
740	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
741	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
742	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
743	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
744	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
745	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
746	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
747	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
748	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
749	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
750	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
751	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
752	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
753	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
754	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
755	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
756	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
757	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
758	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
759	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
760	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
761	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
762	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
763	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
764	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
765	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
766	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
767	1	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
768	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
769	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
770	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
771	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
772	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
773	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
774	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
775	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
776	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
777	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
778	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
779	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
780	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
781	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
782	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
783	1	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
784	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
785	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
786	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
787	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
788	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
789	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
790	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
791	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
792	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
793	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
794	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
795	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
796	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
797	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
798	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
799	1	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
800	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
801	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
802	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
803	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
804	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
805	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
806	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
807	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
808	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
809	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
810	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
811	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
812	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
813	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
814	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
815	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
816	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
817	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
818	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
819	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
820	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
821	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
822	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
823	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
824	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
825	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
826	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
827	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
828	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
829	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
830	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
831	1	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
832	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
833	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
834	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
835	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
836	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
837	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
838	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
839	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
840	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
841	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
842	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
843	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
844	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
845	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
846	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
847	1	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
848	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
849	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
850	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
851	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
852	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
853	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
854	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
855	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
856	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
857	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
858	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
859	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
860	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
861	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
862	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
863	1	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
864	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
865	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
866	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
867	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
868	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
869	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
870	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
871	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
872	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
873	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
874	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
875	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
876	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
877	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
878	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
879	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
880	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
881	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
882	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
883	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
884	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
885	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
886	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
887	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
888	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
889	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
890	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
891	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
892	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
893	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
894	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
895	1	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
896	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
897	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
898	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
899	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
900	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
901	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
902	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
903	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
904	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
905	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
906	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
907	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
908	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
909	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
910	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
911	1	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
912	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
913	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
914	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
915	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
916	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
917	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
918	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
919	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
920	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
921	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
922	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
923	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
924	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
925	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
926	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
927	1	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
928	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
929	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
930	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
931	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
932	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
933	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
934	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
935	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
936	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
937	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
938	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
939	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
940	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
941	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
942	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
943	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
944	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
945	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
946	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
947	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
948	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
949	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
950	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
951	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
952	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
953	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
954	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
955	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
956	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
957	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
958	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
959	1	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
960	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
961	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
962	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
963	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
964	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
965	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
966	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
967	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
968	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
969	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
970	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
971	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
972	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
973	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
974	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
975	1	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
976	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
977	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
978	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
979	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
980	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
981	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
982	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
983	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
984	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
985	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
986	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
987	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
988	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
989	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
990	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
991	1	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
992	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
993	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
994	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
995	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
996	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
997	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
998	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
999	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1000	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1001	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1002	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1003	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1004	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
1005	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1007	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1008	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1009	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1010	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1011	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1012	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1013	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1014	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1015	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1016	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1017	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1018	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1019	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1020	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1021	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1022	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1023	1	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1024	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
1025	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
1026	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
1027	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
1028	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
1029	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
1030	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
1031	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
1032	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
1033	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
1034	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
1035	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
1036	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
1037	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
1038	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
1039	0	1	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
1040	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
1041	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
1042	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
1043	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
1044	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
1045	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
1046	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
1047	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
1048	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
1049	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
1050	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
1051	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
1052	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
1053	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
1054	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
1055	0	1	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
1056	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1057	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1058	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1059	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1060	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1061	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1062	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1063	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1064	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
1065	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1066	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1067	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1068	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1069	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1070	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1071	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1072	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1073	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1074	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1075	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1076	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1077	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1078	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1079	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1080	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1081	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1082	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1083	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1084	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1085	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1086	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1087	0	1	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1088	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
1089	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
1090	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
1091	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
1092	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
1093	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
1094	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
1095	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
1096	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
1097	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
1098	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
1099	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
1100	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
1101	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
1102	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
1103	0	1	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
1104	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
1105	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
1106	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
1107	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
1108	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
1109	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
1110	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
1111	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
1112	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
1113	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
1114	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
1115	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
1116	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
1117	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
1118	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
1119	0	1	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
1120	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1121	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1122	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1123	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1124	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m ² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m ² K)	Ucob (W/m ² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
1125	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1126	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1127	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1128	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1129	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1130	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1131	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1132	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1133	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1134	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1135	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1136	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1137	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1138	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1139	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1140	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1141	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1142	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1143	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1144	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1145	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1146	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1147	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1148	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1149	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1150	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1151	0	1	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1152	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
1153	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
1154	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
1155	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
1156	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
1157	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
1158	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
1159	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
1160	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
1161	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
1162	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
1163	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
1164	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
1165	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
1166	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
1167	0	1	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
1168	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
1169	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
1170	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
1171	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
1172	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
1173	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
1174	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
1175	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
1176	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
1177	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
1178	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
1179	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
1180	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
1181	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
1182	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
1183	0	1	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
1184	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
1185	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1186	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1187	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1188	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1189	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1190	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1191	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1192	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1193	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1194	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1195	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1196	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1197	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1198	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1199	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1200	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1201	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1202	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1203	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1204	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1205	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1206	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1207	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1208	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1209	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1210	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1211	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1212	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1213	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1214	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1215	0	1	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1216	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
1217	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
1218	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
1219	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
1220	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
1221	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
1222	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
1223	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
1224	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
1225	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
1226	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
1227	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
1228	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
1229	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
1230	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
1231	0	1	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
1232	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
1233	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
1234	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
1235	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
1236	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
1237	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
1238	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
1239	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
1240	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
1241	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
1242	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
1243	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
1244	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
1245	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
1246	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
1247	0	1	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
1248	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1249	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1250	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1251	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1252	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1253	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1254	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1255	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1256	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1257	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1258	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1259	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1260	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1261	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1262	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1263	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1264	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1265	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1266	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1267	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1268	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1269	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1270	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1271	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1272	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1273	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1274	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1275	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1276	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1277	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1278	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1279	0	1	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1280	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
1281	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
1282	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
1283	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
1284	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
1285	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
1286	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
1287	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
1288	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
1289	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
1290	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
1291	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
1292	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
1293	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
1294	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
1295	0	1	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
1296	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
1297	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
1298	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
1299	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
1300	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
1301	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
1302	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
1303	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
1304	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m ² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m ² K)	Ucob (W/m ² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
1305	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
1306	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
1307	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
1308	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
1309	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
1310	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
1311	0	1	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
1312	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1313	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1314	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1315	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1316	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1317	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1318	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1319	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1320	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1321	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1322	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1323	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1324	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1325	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1326	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1327	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1328	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1329	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1330	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1331	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1332	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1333	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1334	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1335	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1336	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1337	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1338	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1339	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1340	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1341	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1342	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1343	0	1	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1344	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
1345	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
1346	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
1347	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
1348	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
1349	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
1350	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
1351	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
1352	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
1353	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
1354	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
1355	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
1356	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
1357	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
1358	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
1359	0	1	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
1360	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
1361	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
1362	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
1363	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
1364	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
1365	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
1366	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
1367	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
1368	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
1369	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
1370	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
1371	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
1372	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
1373	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
1374	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
1375	0	1	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
1376	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1377	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1378	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1379	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1380	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1381	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1382	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1383	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1384	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1385	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1386	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1387	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1388	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1389	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1390	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1391	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1392	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1393	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1394	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1395	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1396	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1397	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1398	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1399	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1400	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1401	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1402	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1403	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1404	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1405	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1406	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1407	0	1	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1408	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
1409	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
1410	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
1411	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
1412	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
1413	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
1414	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
1415	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
1416	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
1417	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
1418	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
1419	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
1420	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
1421	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
1422	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
1423	0	1	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
1424	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
1425	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
1426	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
1427	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
1428	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
1429	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
1430	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
1431	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
1432	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
1433	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
1434	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
1435	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
1436	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
1437	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
1438	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
1439	0	1	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
1440	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1441	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1442	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1443	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1444	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1445	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1446	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1447	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1448	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1449	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1450	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1451	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1452	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1453	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1454	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1455	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1456	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1457	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1458	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1459	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1460	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1461	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1462	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1463	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1464	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1465	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1466	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1467	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1468	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1469	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1470	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1471	0	1	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1472	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
1473	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
1474	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
1475	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
1476	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
1477	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
1478	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
1479	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
1480	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
1481	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
1482	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
1483	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
1484	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
1485	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
1486	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
1487	0	1	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
1488	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
1489	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
1490	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
1491	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
1492	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
1493	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
1494	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
1495	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
1496	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
1497	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
1498	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
1499	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
1500	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
1501	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
1502	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
1503	0	1	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
1504	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1505	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1506	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1507	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1508	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1509	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1510	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1511	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1512	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1513	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1514	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1515	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1516	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1517	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1518	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1519	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1520	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1521	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1522	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1523	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1524	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1525	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1526	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1527	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1528	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1529	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1530	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1531	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1532	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1533	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1534	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1535	0	1	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1536	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
1537	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
1538	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
1539	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
1540	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
1541	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
1542	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
1543	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
1544	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
1545	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
1546	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
1547	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
1548	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
1549	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
1550	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
1551	0	0	0	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
1552	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
1553	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
1554	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
1555	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
1556	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
1557	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
1558	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
1559	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
1560	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
1561	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
1562	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
1563	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
1564	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
1565	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
1566	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
1567	0	0	0	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
1568	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1569	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1570	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1571	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1572	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1573	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1574	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1575	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1576	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1577	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1578	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1579	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1580	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1581	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1582	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1583	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1584	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1585	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1586	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1587	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1588	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1589	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1590	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1591	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1592	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1593	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1594	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1595	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1596	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1597	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1598	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1599	0	0	0	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1600	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
1601	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
1602	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
1603	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
1604	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
1605	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
1606	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
1607	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
1608	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
1609	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
1610	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
1611	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
1612	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
1613	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
1614	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
1615	0	0	0	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
1616	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
1617	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
1618	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
1619	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
1620	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
1621	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
1622	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
1623	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
1624	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
1625	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
1626	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
1627	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
1628	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
1629	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
1630	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
1631	0	0	0	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
1632	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1633	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1634	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1635	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1636	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1637	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1638	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1639	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1640	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1641	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1642	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1643	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1644	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1645	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1646	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1647	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1648	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1649	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1650	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1651	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1652	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1653	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1654	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1655	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1656	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1657	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1658	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1659	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1660	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1661	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1662	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1663	0	0	0	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1664	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
1665	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
1666	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
1667	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
1668	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
1669	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
1670	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
1671	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
1672	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
1673	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
1674	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
1675	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
1676	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
1677	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
1678	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
1679	0	0	0	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
1680	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
1681	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
1682	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
1683	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
1684	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
1685	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
1686	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
1687	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
1688	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
1689	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
1690	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
1691	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
1692	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
1693	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
1694	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
1695	0	0	0	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
1696	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1697	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1698	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1699	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1700	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1701	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1702	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1703	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1704	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1705	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1706	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1707	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1708	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1709	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1710	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1711	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1712	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1713	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1714	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1715	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1716	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1717	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1718	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1719	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1720	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1721	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1722	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1723	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1724	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
1725	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1726	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1727	0	0	0	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1728	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
1729	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
1730	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
1731	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
1732	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
1733	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
1734	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
1735	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
1736	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
1737	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
1738	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
1739	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
1740	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
1741	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
1742	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
1743	0	0	0	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
1744	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
1745	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
1746	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
1747	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
1748	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
1749	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
1750	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
1751	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
1752	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
1753	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
1754	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
1755	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
1756	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
1757	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
1758	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
1759	0	0	0	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
1760	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1761	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1762	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1763	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1764	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1765	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1766	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1767	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1768	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1769	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1770	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1771	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1772	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1773	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1774	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1775	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1776	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1777	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1778	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1779	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1780	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1781	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1782	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1783	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1784	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
1785	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1786	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1787	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1788	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1789	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1790	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1791	0	0	0	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1792	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
1793	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
1794	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
1795	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
1796	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
1797	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
1798	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
1799	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
1800	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
1801	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
1802	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
1803	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
1804	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
1805	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
1806	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
1807	0	0	1	1.88	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
1808	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
1809	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
1810	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
1811	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
1812	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
1813	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
1814	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
1815	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
1816	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
1817	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
1818	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
1819	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
1820	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
1821	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
1822	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
1823	0	0	1	1.88	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
1824	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1825	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1826	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1827	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1828	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1829	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1830	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1831	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1832	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1833	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1834	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1835	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1836	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1837	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1838	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1839	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1840	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1841	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1842	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1843	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1844	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	acob (adm)	ecob (adm)	orient (graus)
1845	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1846	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1847	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1848	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1849	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1850	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1851	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1852	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1853	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1854	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1855	0	0	1	1.88	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1856	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
1857	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
1858	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
1859	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
1860	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
1861	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
1862	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
1863	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
1864	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
1865	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
1866	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
1867	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
1868	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
1869	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
1870	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
1871	0	0	1	1.88	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
1872	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
1873	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
1874	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
1875	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
1876	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
1877	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
1878	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
1879	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
1880	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
1881	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
1882	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
1883	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
1884	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
1885	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
1886	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
1887	0	0	1	1.88	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
1888	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1889	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1890	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1891	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1892	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1893	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1894	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1895	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1896	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1897	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1898	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1899	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1900	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
1901	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1902	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1903	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1904	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
1905	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1906	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1907	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1908	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1909	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1910	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1911	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1912	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1913	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1914	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1915	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1916	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1917	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1918	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1919	0	0	1	1.88	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1920	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	0
1921	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	90
1922	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	180
1923	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.1	270
1924	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	0
1925	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	90
1926	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	180
1927	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.2	0.9	270
1928	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	0
1929	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	90
1930	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	180
1931	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.1	270
1932	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	0
1933	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	90
1934	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	180
1935	0	0	1	0.63	0.2	45	0.37	0.8	0.9	270
1936	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	0
1937	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	90
1938	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	180
1939	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.1	270
1940	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	0
1941	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	90
1942	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	180
1943	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.2	0.9	270
1944	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	0
1945	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	90
1946	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	180
1947	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.1	270
1948	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	0
1949	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	90
1950	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	180
1951	0	0	1	0.63	0.2	45	0.63	0.8	0.9	270
1952	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	0
1953	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	90
1954	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	180
1955	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.1	270
1956	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	0
1957	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	90
1958	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	180
1959	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.2	0.9	270
1960	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	0
1961	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	90
1962	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	180
1963	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.1	270
1964	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (continuação)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m² K)	Ucob (W/m² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
1965	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	90
1966	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	180
1967	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.37	0.8	0.9	270
1968	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	0
1969	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	90
1970	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	180
1971	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.1	270
1972	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	0
1973	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	90
1974	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	180
1975	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.2	0.9	270
1976	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	0
1977	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	90
1978	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	180
1979	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.1	270
1980	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	0
1981	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	90
1982	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	180
1983	0	0	1	0.63	0.2	17.3	0.63	0.8	0.9	270
1984	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	0
1985	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	90
1986	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	180
1987	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.1	270
1988	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	0
1989	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	90
1990	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	180
1991	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.2	0.9	270
1992	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	0
1993	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	90
1994	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	180
1995	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.1	270
1996	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	0
1997	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	90
1998	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	180
1999	0	0	1	0.63	0.8	45	0.37	0.8	0.9	270
2000	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	0
2001	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	90
2002	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	180
2003	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.1	270
2004	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	0
2005	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	90
2006	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	180
2007	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.2	0.9	270
2008	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	0
2009	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	90
2010	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	180
2011	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.1	270
2012	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	0
2013	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	90
2014	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	180
2015	0	0	1	0.63	0.8	45	0.63	0.8	0.9	270
2016	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	0
2017	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	90
2018	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	180
2019	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.1	270
2020	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	0
2021	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	90
2022	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	180
2023	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.2	0.9	270
2024	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	0

Tabela 28 - Combinações paramétricas dos parâmetros termofísicos da envoltória utilizadas nas simulações computacionais (conclusão)

Nº Simulação	solo (adm)	cob (adm)	venez. (adm)	Upar (W/m ² K)	apar (adm)	Ctcob (kJ/m ² K)	Ucob (W/m ² K)	αcob (adm)	εcob (adm)	orient (graus)
2025	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	90
2026	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	180
2027	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.1	270
2028	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	0
2029	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	90
2030	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	180
2031	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.37	0.8	0.9	270
2032	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	0
2033	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	90
2034	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	180
2035	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.1	270
2036	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	0
2037	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	90
2038	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	180
2039	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.2	0.9	270
2040	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	0
2041	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	90
2042	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	180
2043	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.1	270
2044	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	0
2045	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	90
2046	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	180
2047	0	0	1	0.63	0.8	17.3	0.63	0.8	0.9	270