



**Eficiência Energética para Desenvolvimento Urbano Sustentável**

Produto elaborado para:

**Secretaria Nacional de Habitação/ Ministério do Desenvolvimento Regional**

**Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável**

***Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH***

# Análise de custo/benefício de parâmetros de eficiência energética em Habitações de Interesse Social

**Produto 3 - Tarefa IV - Aplicação de parâmetros relevantes a eficiência energética nas 3 “unidades-base” e Tarefa V - Estudo paramétrico de desempenho térmico e energético**

Elaborado por:

lab**EEE**

Roberto Lamberts

Ana Paula Melo

Maria Andrea Triana

Rayner Maurício e Silva Machado

Artur Martins Kamimura

Matheus Körbes Bracht

Lorrany da Silva Mendes

## PRODUTO 3

Produto Elaborado para:

**Secretaria Nacional de Habitação/ Ministério do Desenvolvimento Regional**

**Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável**

***Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH***

**Elaborado por: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**

**Autores:** Roberto Lamberts  
Ana Paula Melo  
Maria Andrea Triana  
Rayner Maurício e Silva Machado  
Artur Martins Kamimura  
Matheus Körbes Bracht  
Lorrany da Silva Mendes

Esse documento foi elaborado no âmbito do projeto Eficiência Energética para o Desenvolvimento Urbano Sustentável (EEDUS), resultado de uma articulação bilateral entre os governos do Brasil e da Alemanha. O projeto EEDUS envolve diretamente a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*, agência executora da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável e os nomes dos parceiros governamentais brasileiros, bem como outros parceiros institucionais.

**Coordenação:** Daniel Wagner (GIZ),  
Philipp Höppner (GIZ).

Novembro 2020

### Informações Legais

1. Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). No entanto, erros com relação ao conteúdo não podem ser evitados. Consequentemente, nem a GIZ ou o(s) autor(es) podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.

2. A duplicação ou reprodução de todo ou partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que a GIZ seja citada como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento escrito da GIZ.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	9
<b>2</b>	<b>TAREFA IV – APLICAÇÃO DE PARÂMETROS RELEVANTES A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS 3 “UNIDADES-BASE”</b>	9
	2.1 DEFINIÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES DO SETOR DE HIS	9
<b>3</b>	<b>TAREFA V - ESTUDO PARAMÉTRICO DE DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO</b>	14
	3.1 ETAPA 1: ANÁLISE PARAMÉTRICA	16
	3.1.1 Zona bioclimática 1	17
	3.1.1 Zona bioclimática 2	20
	3.1.1 Zona bioclimática 3	24
	3.1.1 Zona bioclimática 4	27
	3.1.1 Zona bioclimática 8	31
	3.2 ETAPA 2: ANÁLISE COMBINADA	34
	3.2.1 Zona bioclimática 1	38
	3.2.1.1 ZB1 - Tipologia unifamiliar	38
	3.2.1.2 ZB1 - Tipologia casa geminada	39
	3.2.1.3 ZB1 - Tipologia edifício multifamiliar	40
	3.2.2 Zona bioclimática 2	42
	3.2.2.1 Tipologia unifamiliar	42
	3.2.2.2 Tipologia casa geminada	44
	3.2.2.3 Tipologia edifício multifamiliar	45
	3.2.3 Zona bioclimática 3	47
	3.2.3.1 Tipologia unifamiliar	47
	3.2.3.2 Tipologia casa geminada	50
	3.2.3.3 Tipologia edifício multifamiliar	51
	3.2.4 Zona bioclimática 4	53
	3.2.4.1 Tipologia unifamiliar	53
	3.2.4.2 Tipologia casa geminada	54
	3.2.4.3 Tipologia edifício multifamiliar	56
	3.2.5 Zona bioclimática 5	58
	3.2.5.1 Tipologia unifamiliar	58
	3.2.5.2 Tipologia casa geminada	59
	3.2.5.3 Tipologia edifício multifamiliar	61
	3.2.6 Zona bioclimática 6	63
	3.2.6.1 Tipologia unifamiliar	63
	3.2.6.2 Tipologia casa geminada	65
	3.2.6.3 Tipologia edifício multifamiliar	66
	3.2.7 Zona bioclimática 7	68
	3.2.7.1 Tipologia unifamiliar	68
	3.2.7.2 Tipologia casa geminada	69
	3.2.7.3 Tipologia edifício multifamiliar	71
	3.2.8 Zona bioclimática 8	72
	3.2.8.1 Tipologia unifamiliar	72
	3.2.8.2 Tipologia casa geminada	74
	3.2.8.3 Tipologia edifício multifamiliar	76
	3.3 ETAPA 3: ANÁLISE DATECs	78
	3.4 ETAPA 4: ABSORTÂNCIA TÉRMICA	80
<b>4.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estratégias analisadas para a tipologia unifamiliar para todas as zonas bioclimáticas .....	16
Figura 2. Estratégias analisadas na tipologia multifamiliar para todas as zonas bioclimáticas .....	16
Figura 3. Estratégias analisadas para a tipologia unifamiliar - Zona Bioclimática 1. ....	18
Figura 4. Estratégias analisadas para a tipologia multifamiliar - Zona Bioclimática 1. ....	19
Figura 5. Estratégias analisadas para a tipologia unifamiliar - Zona Bioclimática 2. ....	21
Figura 6. Estratégias analisadas para a tipologia multifamiliar - Zona Bioclimática 2. ....	23
Figura 7. Estratégias analisadas para a tipologia unifamiliar - Zona Bioclimática 3. ....	24
Figura 8. Estratégias analisadas na tipologia multifamiliar - Zona Bioclimática 3. ....	26
Figura 9. Estratégias analisadas para a tipologia unifamiliar - Zona Bioclimática 4. ....	27
Figura 10. Estratégias analisadas para o edifício multifamiliar - Zona Bioclimática 4. ....	29
Figura 11. Estratégias analisadas para a tipologia unifamiliar - Zona Bioclimática 8. ....	31
Figura 12. Estratégias analisadas para a tipologia multifamiliar - Zona Bioclimática 8. ....	33
Figura 13. Modelos dos casos bases para as três tipologias com a inclusão do contexto para todas as simulações da Etapa 2 .....	35
Figura 14. Gráfico de dispersão geral por tipologia relacionando os indicadores de CgTT e .....	37
Figura 15. Gráfico de dispersão geral por zona bioclimática relacionando os indicadores de CgTT e PHFT.....	37
Figura 16. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB1 .....	38
Figura 17. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB1 .....	39
Figura 18. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB1 .....	39
Figura 19. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB1 .....	40
Figura 20. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB1 .....	41
Figura 21. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB1 .....	41
Figura 22. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB2 .....	42
Figura 23. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB2 .....	43
Figura 24. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB2 .....	44
Figura 25. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB2 .....	45
Figura 26. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB2 .....	46
Figura 27. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB2 .....	46
Figura 28. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB3 .....	48
Figura 29. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB3 .....	48
Figura 30. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB3 .....	50

Figura 31. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia geminada na ZB3 .....	50
Figura 32. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB3 .....	51
Figura 33. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB3 .....	52
Figura 34. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB4 .....	53
Figura 35. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB4 .....	54
Figura 36. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB4 .....	55
Figura 37. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB4 .....	55
Figura 38. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB4 .....	56
Figura 39. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB4 .....	57
Figura 40. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB5 .....	58
Figura 41. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB5 .....	59
Figura 42. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB5 .....	60
Figura 43. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB5 .....	60
Figura 44. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB5 .....	62
Figura 45. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB5 .....	62
Figura 46. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB6 .....	63
Figura 47. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB6 .....	64
Figura 48. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB6 .....	65
Figura 49. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB6 .....	65
Figura 50. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB6 .....	66
Figura 51. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB6 .....	67
Figura 52. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB7 .....	68
Figura 53. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB7 .....	68
Figura 54. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB7 .....	70
Figura 55. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB7 .....	70
Figura 56. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB7 .....	71
Figura 57. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB7 .....	71

Figura 58. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB8.....	73
Figura 59. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB8.....	73
Figura 60. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB8.....	74
Figura 61. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB8.....	75
Figura 62. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB8.....	76
Figura 63. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB8.....	77
Figura 64. DATECs vs caso base da NBR 15575 para a tipologia unifamiliar em todas as zonas bioclimáticas.....	78
Figura 65. DATECs vs caso base da NBR 15575 para a tipologia casa geminada em todas as zonas bioclimáticas.....	79
Figura 66. DATECs vs caso base da NBR 15575 para a tipologia edifício multifamiliar em todas as zonas bioclimáticas.....	80
Figura 67. Influência da absorvância térmica em função do PHFT.....	81
Figura 68. Influência da absorvância térmica em função do CgTT.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo das estratégias adotadas com as suas variáveis.....	12
Tabela 2. Descrição das DATECs.....	15
Tabela 3. Descrição das estratégias que foram selecionadas para a Etapa 2 – Tipologia unifamiliar, Zona Bioclimática 1.....	18
Tabela 4. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 – Tipologia multifamiliar, Zona Bioclimática 1.....	20
Tabela 5. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 – Tipologia unifamiliar, Zona Bioclimática 2.....	22
Tabela 6. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 - tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 2.....	23
Tabela 7. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 3.....	25
Tabela 8. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 3.....	27
Tabela 9. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 4.....	29
Tabela 10. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 4.....	30
Tabela 11. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 8.....	32
Tabela 12. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 8.....	34
Tabela 13. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 1.....	39
Tabela 14. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 1.....	40
Tabela 15. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 1.....	42
Tabela 16. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 2.....	43
Tabela 17. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 2.....	45
Tabela 18. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 2.....	46
Tabela 19. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 3.....	49
Tabela 20. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 3.....	51
Tabela 21. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 3.....	52
Tabela 22. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 4.....	54
Tabela 23. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 4.....	56
Tabela 24. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 4.....	57

Tabela 25. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência nos melhores casos para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 5 .....	59
Tabela 26. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 5 .....	61
Tabela 27. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 5.....	62
Tabela 28. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 6.....	64
Tabela 29. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 6 .....	66
Tabela 30. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência nos melhores casos para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 6.....	67
Tabela 31. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 7.....	69
Tabela 32. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 7 .....	70
Tabela 33. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 7.....	72
Tabela 34. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 8.....	74
Tabela 35. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 8 .....	75
Tabela 36. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 8.....	77

## 1 INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a entrega da Produto III referente ao projeto “Análise de custo/benefício de parâmetros de eficiência energética em HIS”. O Produto III contempla o desenvolvimento da Tarefa IV – Aplicação de parâmetros relevantes a eficiência energética nas 3 “unidades-base”; e da e Tarefa V - Estudo paramétrico de desempenho térmico e energético.

Ao total, serão realizadas a entrega de cinco produtos:

Produto I – Plano de trabalho: Preparação, estruturação e revisão literária (Tarefa I);

Produto II – Definição de 3 unidades-base habitacionais (Tarefa II), e Definição de linhas de base simuladas de desempenho térmico e energético (Tarefa III);

Produto III - Aplicação de parâmetros relevantes a eficiência energética nas 3 “unidades-base” (Tarefa IV), e Estudo paramétrico de desempenho térmico e energético (Tarefa V);

Produto IV - Estudo de custo de implementação de melhorias (Tarefa VI);

Produto V - Análise de custo/benefício de parâmetros de eficiência energética em habitações de interesse social (Tarefa VII).

## 2 TAREFA IV – APLICAÇÃO DE PARÂMETROS RELEVANTES A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS 3 “UNIDADES-BASE”

### 2.1 DEFINIÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES DO SETOR DE HIS

Medidas de eficiência energética foram definidas para serem analisadas nas três unidades base do projeto definidas no Produto 2: casa unifamiliar, casa geminada e edifício multifamiliar de 4 andares com planta em H. A definição das estratégias analisadas baseou-se nos seguintes estudos “Metodologia para um Mapa de Tipologias e Sistemas Construtivos do PMCMV” (MITSIDI, 2019a), na pesquisa realizada por Triana, Lamberts e Sassi (2018), nos resultados do Projeto SUSHI – *Sustainable Housing Initiative* (UNEP, 2010) assim como na avaliação de novos sistemas construtivos presentes no PBQP-H informados nas DATECs.

Nas unidades-base habitacionais, foram analisadas medidas de eficiência energética relacionadas à orientação e componentes da envoltória das edificações, de forma a verificar a influência das medidas no desempenho térmico e energético das unidades. A análise das DATECs foi realizada de forma a considerar sistemas construtivos e materiais atuais e inovadores, considerados para o setor residencial. Igualmente, foram consideradas na avaliação parâmetros como a influência do entorno conforme pesquisa de Machado (2019).

Destaca-se a importância em observar a influência das diversas necessidades climáticas nos projetos de habitação de interesse social. As diversas zonas bioclimáticas brasileiras têm variação conforme as suas necessidades com relação às diferentes estações do ano. No Brasil, metodologias de avaliação que promovem a eficiência energética e o desempenho térmico no setor residencial brasileiro incluem normas como a NBR 15220 – Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2005) e a NBR 15575 - Edificações

habitacionais — Desempenho (ABNT, 2013), e a etiquetagem INI-R - Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INMETRO, 2020). Tanto a NBR 15575 quanto a Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais buscam promover edificações naturalmente ventiladas considerando na sua avaliação critérios para a envoltória da edificação, incluindo coberturas, paredes e esquadrias.

Por sua parte, o Selo Casa Azul da (CAIXA, 2010), abordado no Produto 1, considera a NBR 15575 em vigência como base para análise de desempenho térmico das edificações, porém com maiores exigências. E, entre os sistemas de avaliação ambiental de sustentabilidade que operam no Brasil, com base em certificações internacionais, os mais adotados, são o LEED, com a certificação Casa e o Processo AQUA, que consideram para o setor residencial parâmetros da Etiqueta Nacional de Energia. Adicionalmente, o projeto SUSHI é outro projeto que abordou diretrizes para eficiência energética em habitações de interesse social (UNEP, 2010). Critérios incluídos nas referências mencionadas incluem integração com vegetação, relação com o entorno, flexibilidade no projeto e estratégias bioclimáticas passivas com relação ao desempenho térmico da envoltória.

Com vista nas referências acima citadas e tomando como base o estudo de Triana, Lamberts e Sassi (2018), destaca-se que as medidas de eficiência energética para projetos de habitações podem ser divididas em critérios relacionados à melhoria do desempenho térmico (que incluem redução da radiação direta no verão, redução do efeito de ilha de calor, aumento da ventilação e melhoria do desempenho térmico da envoltória); redução no consumo energético - lado da demanda (que incluem o uso de iluminação artificial e eletrodomésticos eficientes) e redução no consumo energético – lado da oferta (que inclui o uso de energias renováveis). Destaca-se que o foco deste estudo será voltado para análise das estratégias relacionadas à melhoria do desempenho térmico tendo como foco a envoltória da edificação, dentre as quais destacam-se:

**1. Redução da radiação direta no período de verão** se torna muito importante, com a tendência de superaquecimento no mundo e, especialmente, em países como Brasil onde muitas zonas bioclimáticas têm o período de verão como estação principal. A redução da radiação direta no verão pode ser alcançada nos projetos pela correta orientação solar, através do próprio projeto por meio de varanda ou outros elementos que garantam sombra (como por exemplo brises ou pergolados) quando necessário ou com colocação de componentes, como venezianas/persianas externas nas aberturas dos ambientes de permanência prolongada. Neste estudo estão sendo considerados para análise parâmetros de orientação solar, uso de beiral/sacada e uso de venezianas nas esquadrias externas.

**2. Redução do efeito de ilha de calor:** o uso de telhados verdes no edifício pode apresentar um significativo potencial de redução do efeito de ilha de calor, refletindo na temperatura interna da edificação. Os telhados verdes podem ser divididos em telhados vegetados sem acesso regular (ou de uso extensivo), somente para manutenção e não implicam em grandes mudanças na estrutura do telhado nem elevado peso; e aqueles que são telhado jardim, com acesso regular e implicam em grandes mudanças na estrutura por conta do peso. Neste estudo serão considerados o uso de telhados de uso extensivo.

**3. Aumento da ventilação:** a ventilação é uma das principais estratégias para edifícios residenciais no Brasil, devido ao significativo período de verão, o qual é acentuado nas zonas bioclimáticas 7 e 8. Para as regiões Norte e Nordeste do Brasil, a necessidade de resfriamento no período de verão é uma necessidade constante

ao longo do ano. A ventilação pode ser incrementada através do aumento do fator de ventilação (ou seja, a porcentagem da esquadria que permite ventilação) ou do tamanho das aberturas. Muitas janelas utilizadas no setor da habitação social são do tipo de correr com duas folhas horizontais para os principais ambientes, neste caso, um fator de ventilação de 45% é considerado como base na Etiqueta de Energia<sup>1</sup>. Na Europa é muito comum encontrar janelas com fator de abertura de, praticamente, 90% em edifícios residenciais. A ventilação também pode ser incrementada com o uso da ventilação noturna com a especificação de janelas que permitem uma ventilação com segurança durante o período noturno. Para isto, é preciso maior inovação e detalhamento nas janelas. Igualmente para este fim, destaca-se a aplicação de peitoris ventilados. A localização das janelas é também outro fator importante para a melhora de uso da ventilação cruzada. Além disso, a ventilação também pode ser aumentada com a instalação de ventiladores de teto para ventilação mecânica com baixo consumo de energia. Neste estudo, foram consideradas como estratégias, diferentes fatores de ventilação, tamanho das esquadrias, e o uso do peitoril ventilado.

**4. Desempenho térmico dos componentes da envoltória:** as propriedades térmicas dos componentes da envoltória que incluem paredes, coberturas e esquadrias, apresentam influência significativa no desempenho térmico da edificação. Dentre as propriedades térmicas estão relacionadas à absorvência solar ( $\alpha$  – adimensional e varia de 0 a 1, sendo valores mais baixos associados a cores claras e mais altos a mais escuras); transmitância térmica (U em W/m<sup>2</sup>K) e capacidade térmica (C em kJ/m<sup>2</sup>K), onde a combinação delas determinam a resistência térmica dos componentes. Para as janelas, a especificação de vidros de controle solar pode ajudar a controlar o fluxo da radiação solar para o ambiente interno da edificação. Neste estudo, foram avaliadas como estratégias, diferentes construções de paredes e cobertura, considerando a influência da absorvência solar.

**5. Contexto:** A análise da edificação no contexto também foi incluída por conta da influência que pode ter na edificação e para deixar a avaliação mais próxima da realidade dos projetos do setor. Quanto ao contexto urbano, foi realizada uma análise comparativa entre três cenários. No primeiro cenário a edificação foi modelada de maneira isolada, sem que houvesse qualquer elemento no entorno ou modificações na sua refletância. No segundo cenário, foi colocado elementos de sombreamento que representam edificações da vizinhança, de maneira que o edifício de interesse ficou localizado em um terreno de esquina. No terceiro cenário, os elementos do segundo cenários tiveram um maior nível de detalhamento quanto a modificações na refletância e na porcentagem de abertura na fachada da vizinhança. Comumente nas simulações energéticas de edificações, o primeiro cenário acaba sendo o mais utilizado. Todavia, como o detalhamento do entorno foi possível ver o impacto sobre o desempenho da edificação. Evidentemente o terceiro cenário, por ser o mais detalhado, seria a melhor opção, porém adotou-se o segundo cenário porque as mudanças na refletância que ocorrem no terceiro cenário promoveriam implicações sobre a temperatura do ar e as trocas por radiação de onda longa. Como essas duas questões estavam fora do escopo desse projeto e trariam um nível de complexidade muito maior à modelagem, aumentando o tempo de simulação e o volume de dados processados, optou-se por fixar o segundo cenário em todas as simulações que compõem a análise global.

---

<sup>1</sup> No Anexo II – Tabela de desconto das esquadrias do RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais do INMETRO, se encontram dados sobre fatores de ventilação e iluminação de esquadrias típicas usadas no Brasil.

Dentre as estratégias mencionadas, optou-se em considerar as estratégias apresentadas na **Tabela 1**. Abaixo são apresentadas as estratégias, seus respectivos valores e informações, e a identificação (ID).

**Tabela 1. Resumo das estratégias adotadas com as suas variáveis**

Orientação	Descrição	ID*
Mudança no azimute	0°	O1
	90°	O2
	180°	O3
	270°	O4

Absortância solar das paredes	Descrição	ID*
Variação na absortância solar	Paredes com absortância solar 0,3 (cores claras)	A1
	Paredes com absortância solar 0,6 (cores medias)	A2

Pé-Direito	Descrição	ID*
Mudança no pé direito	Pé direito 2,50m (caso base)	T1
	Pé direito 2,60m	T2
	Pé direito 2,80m	T3

Paredes	Descrição	U W/m <sup>2</sup> .K	CT kJ/m <sup>2</sup> K	ID*
Paredes em concreto	<b>Concreto 10 cm</b> (externas e internas) (caso base)	<b>4,40</b>	<b>240</b>	<b>P0</b>
	<b>Concreto 10cm com isolante</b> EPS 2,5cm+reboco externo 2cm (Parede externa) e parede em concreto 10 cm (internas)	1,1	281	P1
	<b>Bloco de concreto</b> 19x19x39 + 2cm de reboco externo e interno (total 23cm) (Paredes externas e internas) autoportante	2,50	228	P2
	<b>Bloco de concreto celular</b> para vedação (60x30x20 – C x L x Espessura) – 450 kg/m <sup>3</sup>	0,72	106	P3
Paredes em tijolo	<b>Tijolo 9 furos</b> 14x19x29 (total 18cm) com reboco interno e externo (Paredes externas e internas)	1,83	161	P4
	<b>Tijolo 9 furos com isolante.</b> (total 20,5cm). Parede externa com tijolo de 14x19x29 + isolante EPS e reboco 2,5cm externo e interno. Parede interna em tijolo 9 furos 14x19x29 com reboco externo e interno (total 18cm)	0,9	130	P5
	<b>Parede dupla de tijolo</b> 6 furos 9x14x24 com câmara de ar 3cm (c/reboco int. e ext.) (total 25 cm)	1,3	160,5	P6
Paredes em madeira	<b>Parede dupla de madeira</b> plantada de 2,2cm+ isolante lã de rocha 5cm (Par ext + int)	0,64	34	P7
Paredes em tijolo maciço	<b>Tijolo maciço</b> 10cm	3,6	157,6	P8

Coberturas	Descrição	U	CT	ID*
Cobertura em telha de fibrocimento	<b>Telha de fibrocimento (α 0,60)</b> com câmara de ar e forro de laje em concreto em 10 cm. Para a ZB8 deve-se considerar sobre a laje o uso de isolamento com resistência térmica igual a 0,67 (m <sup>2</sup> .K)/W (caso base)	2,06	233	C0
Cobertura em telha de barro	<b>Telha de barro (α 0,60) com lã de rocha</b> 5cm+ câmara de ar + forro de madeira 1cm	0,6	30	C1
	<b>Telha de barro (α 0,60) com lã de rocha</b> 5,0cm + câmara de ar+ forro laje concreto c/ EPS (12 cm)	0,6	202	C2
	<b>Telha de barro (α 0,45) + câmara de ar + forro de madeira</b> 1cm	2,02	26	C3*
	<b>Telha de barro (α 0,60) + câmara de ar + forro de madeira</b> 1cm	2,02	26	C4*

Cobertura em laje de concreto	<b>Laje concreto (<math>\alpha</math> 0,5)</b> - Cerâmica 1cm + contrapiso 5cm + isolante 5cm EPS + concreto 10cm	0,60	360	C5
Cobertura em telha metálica sanduiche	<b>Telha metálica sanduiche (<math>\alpha</math> 0,3)</b> + câmara de ar + forro de madeira	0,7	19,2	C6
	<b>Telha metálica sanduiche (<math>\alpha</math> 0,3)</b> + câmara de ar + forro laje concreto c/ EPS	0,6	191,6	C7
Cobertura verde	<b>Cobertura verde extensiva</b>	2,18	363	C8

Esquadrias	Descrição das esquadrias	FV	FI	Veneziana	Sacada /brise (profundidade em cm)	ID*
<b>P<sub>t,APP</sub> 17%</b> (considerado beiral de 50 cm nas tipologias unifamiliar e geminada, com exceção do caso base E0)	<b>FV 0,45 sem veneziana</b> (caso base)	0,45	0,80	não	não	E0
	FV 0,45 veneziana nos dormitórios	0,45	0,80	Dorm.	0	E1
	FV 0,45 – veneziana nos dormitórios + peitoril ventilado	0,45	0,80	Dorm.	0	E2
	FV 0,45 – veneziana nos dormitórios e sala	0,45	0,80	Dorm./ sala	0	E3
	FV 0,45 – brise/sacada na sala com veneziana nos dormitórios + sala	0,45	0,80	Dorm. / sala	120	E4
	FV 0,90 – veneziana nos dormitórios	0,90	0,80	Dorm.	0	E5
	FV 0,90 – veneziana nos dormitórios + peitoril ventilado	0,90	0,80	Dorm.	0	E6
	FV 0,90 – veneziana nos dormitórios e sala	0,90	0,80	Dorm. / sala	0	E7
	FV 0,90 – brise/sacada na sala com veneziana nos dormitórios e sala	0,90	0,80	Dorm. / sala	120	E8

Esquadrias	Descrição	FV	FI	Veneziana	Sacada /brise (prof. em cm)	ID*
<b>P<sub>t,APP</sub> 23%</b> (considerado beiral de 50 cm nas tipologias unifamiliar e geminada)	FV 0,45 – veneziana nos dormitórios	0,45	0,80	Dorm.	0	E9
	FV 0,45 – veneziana nos dormitórios + peitoril ventilado	0,45	0,80	Dorm.	0	E10
	FV 0,45 – veneziana nos dormitórios e sala	0,45	0,80	Dorm. / sala	0	E11
	FV 0,45 – brise/sacada na sala com veneziana nos dormitórios e sala	0,45	0,80	Dorm. / sala	120	E12
	FV 0,90 – veneziana nos dormitórios	0,90	0,80	Dorm.	0	E13
	FV 0,90 – veneziana nos dormitórios + peitoril ventilado	0,90	0,80	Dorm.	0	E14
	FV 0,90 – veneziana nos dormitórios e sala	0,90	0,80	Dorm. / sala	0	E15
	FV 0,90 – brise/sacada na sala com veneziana nos dormitórios e sala	0,90	0,80	Dorm./ sala	120	E16

Contexto	Descrição	ID*
Consideração do contexto na simulação	Sombreamento de edificações vizinhas	S1
	Sombreamento de edificações vizinhas com uso da refletância	S2

P<sub>t,APP</sub> . = percentual de elementos transparentes; FV = fator de ventilação; FI = fator de iluminação

Colocam-se algumas observações com relação às estratégias apresentadas na tabela: Os IDs mostram a identificação da estratégia nas simulações. O parâmetro de absorvância solar ( $\alpha$ ) já foi incluído no tipo de cobertura. As coberturas C3 e C4 somente foram consideradas para simulação na Etapa 3 por considerar ser um tipo de cobertura muito recorrente no cenário nacional, porém não foram incluídas na Etapa 2. As esquadrias E2, E6, E10 e E14 referem-se ao uso de peitoril ventilado

para aumento da ventilação e foram avaliadas somente nas tipologias unifamiliar e geminada na Etapa 2 para todas as zonas bioclimáticas, já para a Etapa 3, as esquadrias que consideram peitoril ventilado foram incluídas na avaliação somente na ZB8. Igualmente na Etapa 3, as esquadrias E4, E8, E12 e E16 que possuem brise/sacada no estar foram avaliadas somente na tipologia multifamiliar.

### 3 TAREFA V - ESTUDO PARAMÉTRICO DE DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO

O estudo paramétrico de desempenho térmico e energético foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de cada estratégia mencionada na Tabela 1, no desempenho das três tipologias adotadas nas diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. O estudo foi realizado em 4 Etapas.

- **Etapa 1:** Inicialmente, todas as estratégias mencionadas na Tabela 1 foram analisadas, isoladamente, em relação ao caso base. Nesta etapa, as análises foram realizadas em uma amostra menor, sendo consideradas somente duas tipologias e 5 zonas bioclimáticas, de forma a ter-se uma avaliação de sensibilidade das estratégias em função dos indicadores de desempenho da nova proposta da NBR 15575: PHFT (percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa) e CgTT (carga térmica total). As tipologias escolhidas foram as unifamiliares e as multifamiliares, por apresentarem maiores diferenças. As análises foram realizadas considerando-se somente as zonas bioclimáticas ZB1, ZB2, ZB3, ZB4 e ZB8, por apresentarem as zonas com maiores diferenças climáticas. As zonas ZB5 e ZB6 apresentam um comportamento similar à ZB4, e a ZB7 um comportamento similar à ZB8, conforme demonstrado por Mazzaferro et al (2020). Conforme a ABNT NBR 15575, as cidades representativas para cada uma das zonas bioclimáticas mencionadas são: Curitiba, para a Zona Bioclimática 1; Santa Maria, para a Zona Bioclimática 2; Florianópolis, para a Zona Bioclimática 3; Uberlândia, para a Zona Bioclimática 4; e São Luís, para a Zona Bioclimática 8. Ao total, foram realizadas 388 simulações nesta etapa.
- **Etapa 2:** Na segunda etapa, de maneira geral, as estratégias que apresentaram melhor desempenho em relação ao caso base frente aos resultados da Etapa 1 foram analisadas de forma combinada na Etapa 2. Considerou-se como premissa para a escolha das estratégias de forma combinada, que preferencialmente tivessem melhor desempenho no caso base em ambos os indicadores analisados (PHFT e CgTT), contudo foram adotadas algumas que tiveram somente bom desempenho em alguns dos indicadores, e por vezes foram consideradas somente estratégias representativas de um grupo que apresentavam um desempenho muito similar entre si e tinham propriedades térmicas semelhantes, isto por conta da otimização no número de simulações. Para a orientação foi adotado na Etapa 2 uma única orientação para todas as estratégias, sendo assumido a orientação que mostrou pior desempenho na Etapa 2. Isto, por conta de considerar-se que outras orientações teriam o potencial de deixar os resultados das estratégias combinadas, ainda melhores. Os resultados desta etapa mostram o potencial de melhoria com relação aos indicadores de PHFT e CgTT para os casos com aplicação de medidas de eficiência de forma combinada, quando comparados ao caso base da NBR 15575. Destaca-se, que nesta etapa, e a diferença da Etapa 1, as estratégias combinadas foram analisadas para todas as tipologias definidas no Produto 2 (unifamiliar, geminada e multifamiliar), considerando a aplicação em todas as zonas bioclimáticas brasileiras. Conforme a ABNT NBR 15575, as cidades representativas para cada uma das zonas bioclimáticas são: Curitiba, para a Zona Bioclimática 1; Santa Maria, para a Zona Bioclimática 2; Florianópolis, para a Zona Bioclimática 3; Uberlândia, para a Zona Bioclimática 4; Duque de Caxias, para a Zona Bioclimática

5; Itumbiara, para a Zona Bioclimática 6; Palmas, para a Zona Bioclimática 7; e São Luís, para a Zona Bioclimática 8. No total foram realizadas 7.264 simulações para a tipologia unifamiliar, 7.264 simulações para a tipologia de casa geminada e 9.936 simulações para a tipologia multifamiliar, sendo um total de 24.464 simulações.

- **Etapa 3:** Na terceira etapa foi realizada a análise dos componentes e sistemas construtivos presentes nas DATECs vigentes, os quais estão relacionados na Tabela 2. Foram simulados os componentes propostos pelas DATECs de forma associada ao caso base, quando se tratava de uma parede ou cobertura, ou a edificação inteira com os componentes da DATEC quando era o caso de um sistema completo para uma edificação.

Tabela 2. Descrição das DATECs

Nº DATEC	Descrição DATECs (simular conforme DATEC)
Nº 8	Painéis <b>JETCASA</b> pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos para paredes ( <b>cobertura e parede</b> )
Nº 12	Painéis pré-fabricados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural – <b>PRECON (parede)</b>
Nº 21	Sistema Construtivo “casas Olé - painéis pré-moldados em alvenaria com blocos cerâmicos e concreto armado”
Nº 23	Painéis estruturais pré-moldados Casa Express, mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas – Tipo A
Nº 31	Painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural
Nº 14	Sistema construtivo a seco <b>Saint-Gobain – Light Steel Frame (cobertura e parede)</b>
Nº 17	Sistema Construtivo Global de paredes constituídas por painéis de PVC preenchidos com concreto ( <b>parede</b> )
Nº 37	Sistema Construtivo Bazze PVC de Paredes Constituídas de Painéis de PVC Rígido Preenchidos com Concreto
Nº 20	Sistema construtivo TECVERDE: “Sistema leve em madeira” ( <b>parede</b> )
Nº 24	Painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado para paredes – DPB
Nº 26	Paredes estruturais <b>TECNNOMETTA</b> de concreto leve armado moldadas no local ( <b>parede</b> )
Nº 32	Painéis estruturais pré-moldados de concreto armado – ALTIARE
Nº 36	Painéis de vedação sem função estrutural pré-fabricados em concreto
Nº 35	Paredes Moldadas No Local De Concreto Reforçado Com Fibra De Vidro – CRFV
Nº 38	Sistema construtivo modular " <b>Casas Fischer</b> " - painéis pré-fabricados de chapas delgadas vinculadas por núcleo de isolante térmico rígido

- **Etapa 4:** Nesta etapa, analisou-se, isoladamente, a influência dos dados de entrada: absorvância solar das paredes e coberturas e o uso de isolamento na cobertura. Para a absorvância solar das paredes e cobertura foram analisados os valores de 0,3, 0,4, 0,6 e 0,8 nos casos base das tipologias unifamiliar, geminada e multifamiliar, considerando a aplicação em todas as zonas bioclimáticas brasileiras. A análise dos resultados foi em função dos indicadores de desempenho da nova proposta da NBR 15575: PHFT (percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa) e CgTT (carga térmica total). De outro lado, a influência do uso de isolamento na cobertura foi igualmente analisada nos casos base das três tipologias para as 8 zonas bioclimáticas. Para as análises, a cobertura foi considerada com duas absorvância solar (0,3 que representa cobertura com cor clara) e 0,6 (que representa cobertura com cores médias). As análises foram feitas para várias espessuras de isolamento considerando variação de 1 a 6 cm. O material de isolamento considerado foi a lã de rocha. Os resultados foram novamente mostrados em função dos indicadores de carga térmica (CgTT) e PHFT (percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa) para cada tipologia considerando a média para as unidades.

### 3.1 ETAPA 1: ANÁLISE PARAMÉTRICA

Os resultados da Etapa 01 são apresentados para cada zona bioclimática avaliada, considerando a tipologia unifamiliar e multifamiliar. De forma resumida, os resultados da Etapa 1 são apresentados na Figura 1 para a casa unifamiliar e na

Figura 2 para o edifício multifamiliar.

Figura 1. Estratégias analisadas para a tipologia unifamiliar para todas as zonas bioclimáticas

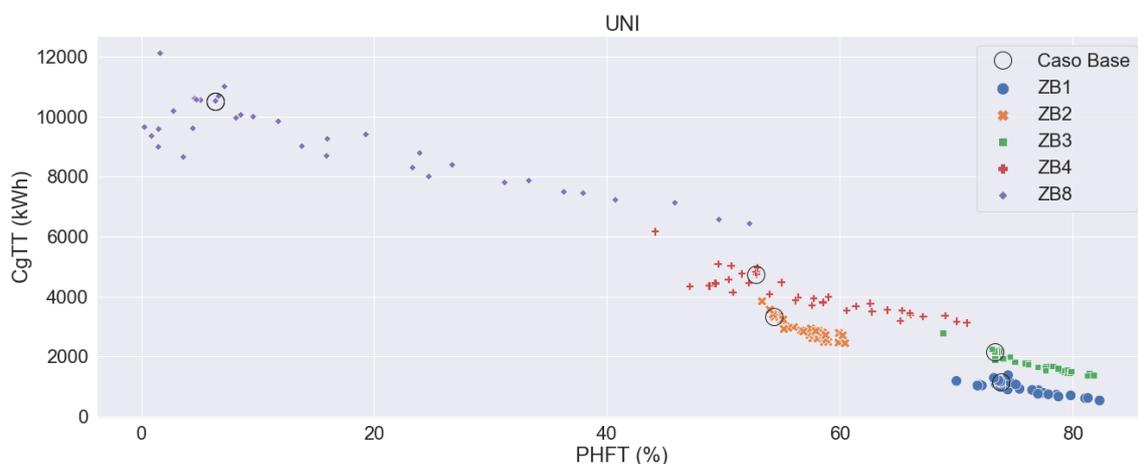
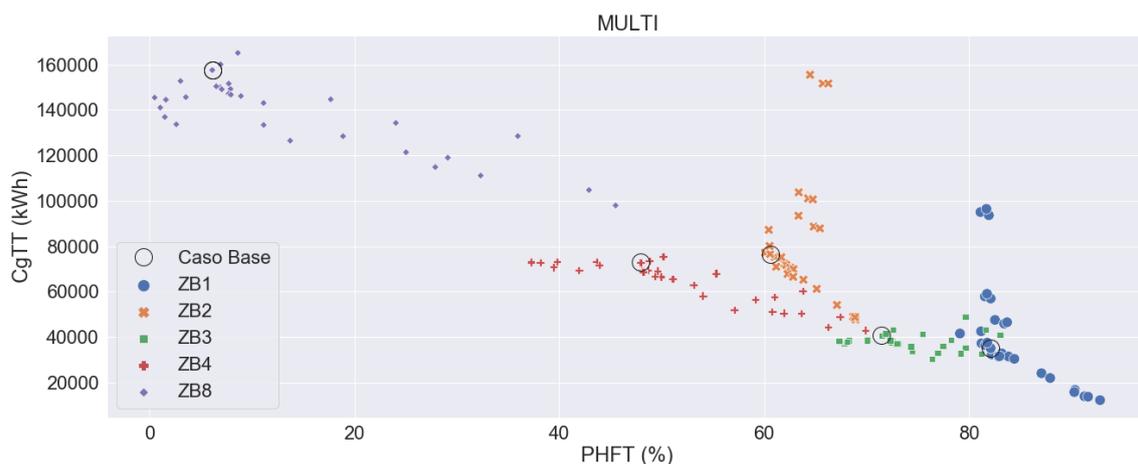


Figura 2. Estratégias analisadas na tipologia multifamiliar para todas as zonas bioclimáticas



Dentre os resultados, observa-se que muitas das estratégias adotadas apresentam melhor desempenho em ambos os indicadores, conforme apresentado no gráfico de combinação entre o PHFT e CgTT. O caso base em cada tipologia e zona bioclimática é identificado com um círculo. Observa-se que de forma geral, os resultados para a zona bioclimática 8 mostram maior carga térmica e menor PHFT em ambas as tipologias quando comparados às outras zonas bioclimáticas.

Nos gráficos a seguir são apresentados os resultados para cada uma das cinco zonas bioclimáticas analisadas nesta Etapa 1. Os resultados são apresentados para os dois indicadores de desempenho (PHFT e CgTT), separadamente, e em um gráfico de correlação entre os dois indicadores. Todos os gráficos apresentam o caso base em destaque (estratégia identificada como O1) para facilitar a comparação deste com as

estratégias adotadas. As estratégias que apresentaram melhor comportamento em relação ao caso base preferencialmente em ambos os indicadores, foram escolhidas para a realização da Etapa 2. Entretanto, também foram consideradas para a Etapa 2 algumas estratégias que apresentaram desempenho superior ao caso base somente em relação a um indicador, preferencialmente o de conforto (PHFT). Nos gráficos de barras, usados para mostrar o desempenho em cada indicador avaliado se faz uso de cores para indicar quais estratégias foram consideradas na Etapa 2. As estratégias indicadas com barras em cores (verde mostra resultados no indicador de PHFT e azul mostra resultados no indicador de carga térmica) foram adotadas para a Etapa 2 nas análises de estratégias combinadas. As estratégias indicadas na cor cinza não foram adotadas para a Etapa 2. Com relação à estratégia de orientação, optou-se em adotar na Etapa 2 a orientação que apresentou o pior desempenho para não potencializar a melhoria no desempenho. Seguindo a mesma premissa, somente foi considerada na Etapa 2 uma cor para a absorvância solar das paredes. Desta forma, adotou-se para todas as simulações paredes com absorvância solar 0,6 (que representa cores médias), pois a ideia foi verificar o comportamento do sistema construtivo da parede em combinação com outras estratégias, por conta disso optou-se por deixar esse parâmetro fixo. E conforme já colocado anteriormente, uma análise de sensibilidade da absorvância para paredes e coberturas pode ser vista na Etapa 4.

### 3.1.1 Zona bioclimática 1

Para a **zona bioclimática 1** e para a **tipologia unifamiliar**, conforme apresentado na Figura 3, observa-se que os melhores desempenhos são apresentados para as estratégias dos componentes paredes e cobertura. A Figura 3a mostra o desempenho das estratégias para o indicador de PHFT, a Figura 3b para o indicador de CgTT com destaque na cor escura para o caso base. A Figura 3c correlaciona os dois indicadores, tendo o caso base também destaque (quadrado vermelho). Observa-se tanto o aumento do indicador PHFT relacionado ao uso de ventilação natural, quanto redução no indicador relacionado à carga térmica (CgTT), para todas as paredes e coberturas com exceção da P8 (parede em tijolo maciço de 10 cm) que mostrou um desempenho similar ao caso base, em especial para o indicador de PHFT. Contudo, todas as paredes e coberturas foram consideradas para análise da Etapa 2.

Por outro lado, as estratégias relacionadas com as esquadrias apresentaram desempenho muito similar ao caso base, tendo várias delas redução no valor do PHFT (ou seja, pior desempenho), e um valor de CgTT similar ao desempenho do caso base (O1). Com relação à estratégia do uso de absorvância na parede, o uso de cor clara (estratégia A1) também reduziu o valor do PHFT, mantendo o indicador de carga térmica muito similar ao caso base. Conforme colocado, na Etapa 2, somente será avaliado a absorvância solar das paredes com 0,6 (estratégia A2).

As estratégias relacionadas à orientação (estratégias O1 a O4) apresentaram pouca influência no resultado de desempenho, sendo entre elas a O2 (orientação 90°) a qual mostrou pior desempenho, sendo, portanto, adotada para todos os casos na Etapa 2.

Com relação às estratégias do Contexto, como comentado anteriormente na Etapa 2 será somente considerado a estratégia S1, que considera o contexto somente na sua influência como sombreamento. E com relação ao pé direito mostrou melhor desempenho o pé-direito de 2,50 (estratégia T1).

A descrição das estratégias que foram consideradas para a Etapa 2 para a tipologia unifamiliar na ZB1 são identificadas com a cor verde (para o indicador de PHFT) e com a

cor azul (para o indicador de CgTT) na Figura 3a e Figura 3b respectivamente, e estão relacionadas na Tabela 3.

Figura 3. Estratégias analisadas para a tipologia unifamiliar - Zona Bioclimática 1.

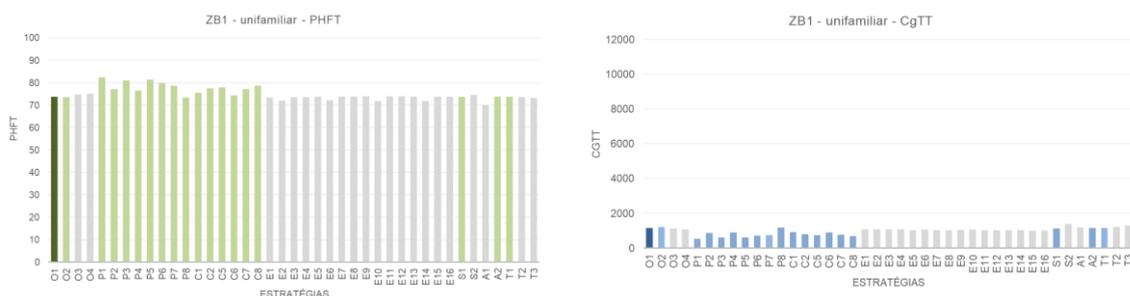


Figura 3a. ZB1 - Unifamiliar - PHFT

Figura 3b. ZB1 - Unifamiliar - CgTT

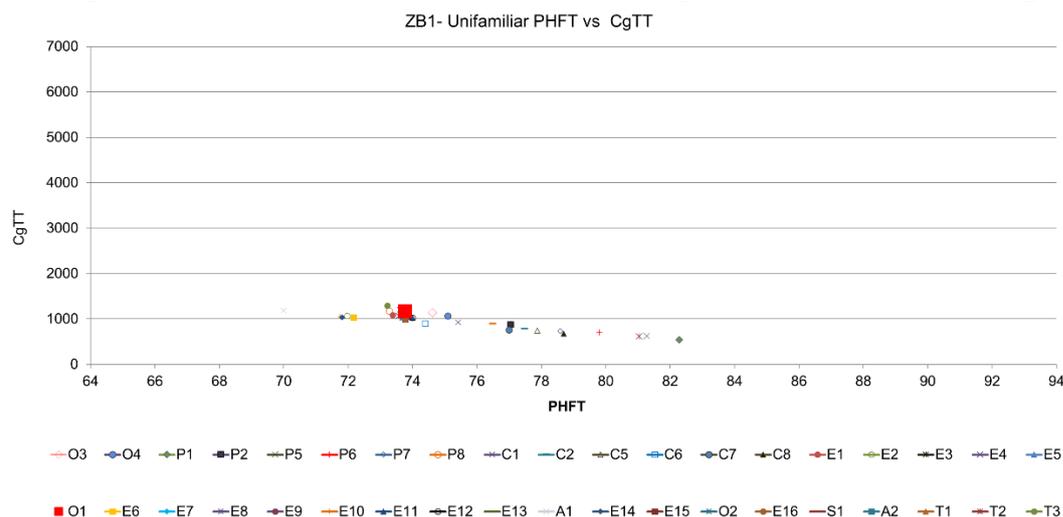


Figura 3c. ZB1 - Unifamiliar – PHFT vs CgTT

Tabela 3. Descrição das estratégias que foram selecionadas para a Etapa 2 – Tipologia unifamiliar, Zona Bioclimática 1

Estratégias	IDs	Valores e informações
Orientação	O2	90°
Absortância das paredes	A2	0,6 representando cores medias
Pé direito	T1	2,50 m
Paredes	P1	Concreto 10cm com isolante
	P2	Bloco de concreto
	P3	Bloco de concreto celular para vedação
	P4	Tijolo 9 furos
	P5	Tijolo 9 furos com isolante
	P6	Parede dupla de Tijolo 6 furos
	P7	Parede em madeira com isolamento
	P8	Tijolo maciço 10cm
Cobertura	C1	Telha de barro com isolante e forro de madeira
	C2	Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante
	C5	Laje de concreto com isolante 5cm
	C6	Telha metálica sanduiche e forro de madeira
	C7	Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com isolante
	C8	Cobertura verde extensiva

Para a **tipologia multifamiliar**, conforme apresentado na **Figura 4**, observa-se um comportamento similar à edificação unifamiliar, com os melhores resultados de desempenhos para as estratégias relacionadas às paredes, com exceção da parede 8 (P8 - parede em tijolo maciço de 10 cm) que mostra um comportamento muito similar ao caso base. As estratégias relacionadas aos componentes de coberturas também apresentam melhor desempenho quando comparado ao caso base para ambos os indicadores.

As estratégias relacionadas às esquadrias apresentaram menor influência no desempenho. Todas elas mostram desempenho muito similar ao caso base no indicador de carga térmica. Para o indicador PHFT se distinguem basicamente dois grupos, um com um comportamento similar ao caso base e poucos casos apresentaram desempenho um pouco superior, como a estratégia a E9 e a E11. Entre elas a estratégia E9 (Pt<sub>APP</sub> 23% com FV 0,45 e veneziana nos dormitórios) foi escolhida para a Etapa 2, pois também teve carga térmica inferior ao caso base e teve desempenho muito similar à E11, porém com enquanto a E11 tem veneziana na sala e dormitórios, a E9 tem somente nos dormitórios. Foram escolhidas também para a Etapa 2 as estratégias E3 e E4. A estratégia E3 mostrou desempenho similar ao caso base e se refere a uma abertura com Pt<sub>APP</sub> de 17%, fator de ventilação (FV) de 0,45 (tipo janela de correr) e uso de veneziana nos dormitórios e estar. A estratégia E4 apresenta as mesmas características, mas possui sacada/brise no estar, e optou-se por ser avaliada para tipologia multifamiliar sempre e quando tivesse um desempenho ao menos próximo do caso base em algum dos indicadores.

A estratégia com relação ao uso de cores mais claras (A1) reduz o desempenho da edificação com relação ao caso base, mas não significativamente, razão pela qual esta estratégia foi mantida para a Etapa 2. A estratégia O2 (orientação em 90°) é a que apresentou o pior desempenho e foi, portanto, assumido para as análises posteriores.

Com relação ao pé direito, o que apresentou melhor resultado em ambos os indicadores foi o de 2,50 m (estratégia T1).

As duas estratégias de contexto analisadas (S1 e S2) não apresentaram diferenças significativas com relação ao caso base (estratégia O1).

Com relação à orientação o desempenho ficou muito similar para as quatro orientações.

A descrição das estratégias que foram analisadas na Etapa 2, para a tipologia multifamiliar na ZB1 está relacionada na

**Tabela 4.**

**Figura 4. Estratégias analisadas para a tipologia multifamiliar - Zona Bioclimática 1.**

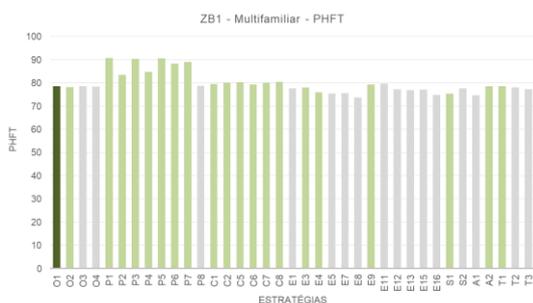


Figura 4a. ZB1 - Multifamiliar- PHFT

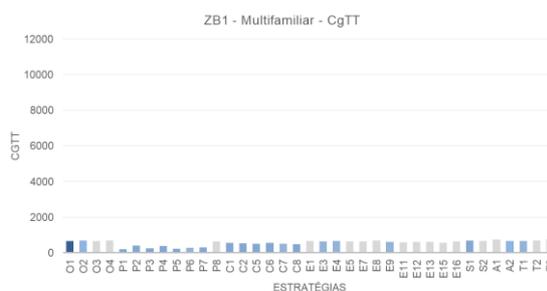


Figura 4b. ZB1 - Multifamiliar - CgTT

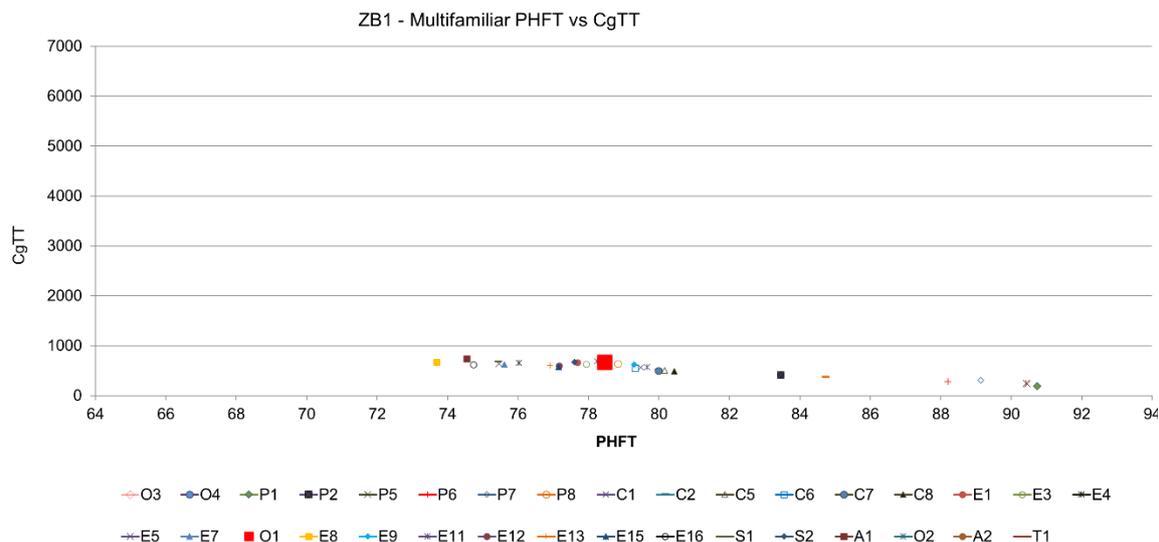


Figura 4c. ZB1 - Multifamiliar – PHFT vs CgTT

Tabela 4. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 – Tipologia multifamiliar, Zona Bioclimática 1

Estratégias	IDs		Valores e informações
Orientação	O	O2	90°
Absortância das paredes	A	A2	0,6 representando cores medias
Pé direito	T	T1	2,50 m
Paredes	P	P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7	Concreto 10cm com isolante Bloco de concreto Bloco de concreto celular para vedação Tijolo 9 furos Tijolo 9 furos com isolante Parede dupla de Tijolo 6 furos Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1 C2 C5 C6 C7 C8	Telha de barro com isolante e forro de madeira Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante Laje de concreto com isolante 5cm Telha metálica sanduiche e forro de madeira Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com isolante Cobertura verde extensiva
Esquadrias	E	E3 E4 E9	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, com brise/sacada no estar $P_{tAPP}$ de 23%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos dormitórios

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentuais de abertura de elementos transparente com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

### 3.1.1 Zona bioclimática 2

Para a **tipologia unifamiliar** localizada na **zona bioclimática 2** (Figura 5), todas as estratégias relacionadas aos componentes de paredes (estratégias P) e cobertura (estratégias C) apresentaram melhor desempenho quando comparadas ao caso base. As estratégias relacionadas às absortâncias das paredes apresentaram desempenho similar

no indicador de PHFT e a estratégia de uso de absorvência solar baixa (A1) mostrou desempenho superior no indicador de carga térmica quando comparada ao caso base. Entretanto, para a Etapa 2, optou-se pela avaliação para todas as paredes com a absorvência média de 0,6 (estratégia A2), conforme já colocado anteriormente, para verificar o desempenho dos componentes.

Das estratégias relacionadas à orientação, o desempenho foi similar em todas, sendo levemente inferior na estratégia O2 (90°), portanto, adotada como única orientação para todas as simulações na Etapa 2.

Das estratégias relacionadas às esquadrias, todas apresentaram um melhor desempenho em ambos os indicadores, quando comparadas com o caso base. As estratégias E1 a E4 mostraram desempenho mais perto do caso base para o indicador de PHFT e da estratégia E5 em diante desempenho um pouco superior nesse indicador. Conforme já colocado, para as estratégias relacionadas ao peitoril ventilado (E2, E6, E10 e E14) optou-se em analisá-las na Etapa 2 somente na ZB8 por conta do seu desempenho superior nessa zona e pelo custo incorporado. E de forma similar, e igualmente conforme já abordado, as estratégias E4, E8, E12 e E16 que contemplam o uso de brise/sacada no estar, optou-se em analisá-las na Etapa 2 somente para a edificação multifamiliar.

Na estratégia de pé direito, o desempenho foi muito similar para os dois valores analisados, sendo portanto, adotado 2,50m para Etapa 2 (estratégia T1).

A descrição das estratégias que foram consideradas na Etapa 2 para a tipologia unifamiliar na ZB2 estão relacionadas na

Tabela 5.

Figura 5. Estratégias analisadas para a tipologia unifamiliar - Zona Bioclimática 2.

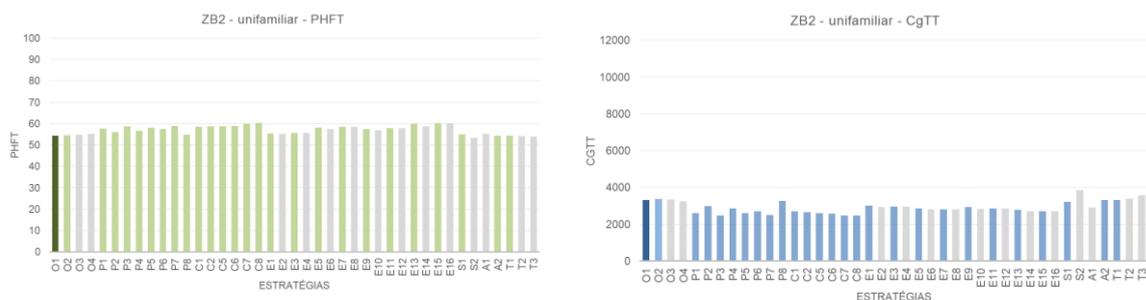


Figura 5a. ZB2 - Unifamiliar - PHFT

Figura 5b. ZB2 - Unifamiliar - CgTT

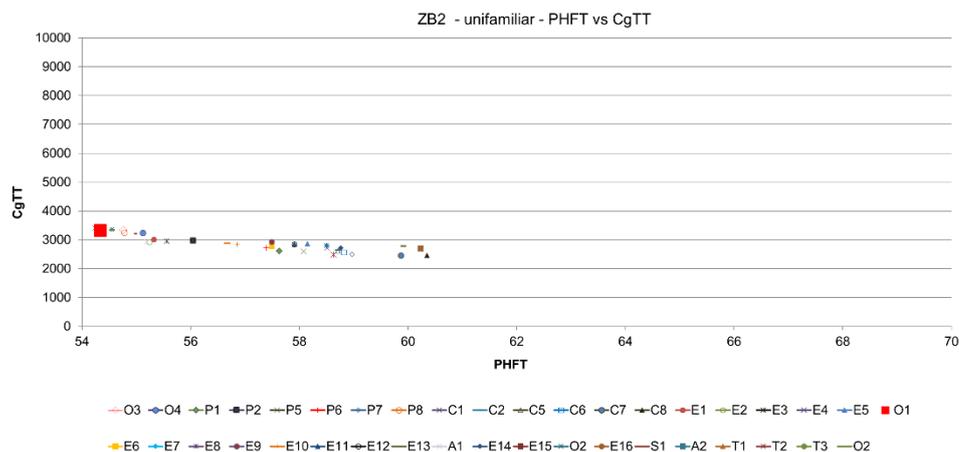


Figura 5c. ZB2 - Unifamiliar – PHFT vs CgTT

Tabela 5. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 – Tipologia unifamiliar, Zona Bioclimática 2

Estratégias	IDs		Valores e informações
Orientação	O	O2	90°
Absortância das paredes	A	A2	0,6 representando cores medias a escuras
Pé direito	T	T1	2,50 m
Paredes	P	P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8	Concreto 10cm com isolante Bloco de concreto Bloco de concreto celular para vedação Tijolo 9 furos Tijolo 9 furos com isolante Parede dupla de Tijolo 6 furos Chapa dupla de madeira com isolante Tijolo maciço 10cm
Cobertura	C	C1 C2 C5 C6 C7 C8	Telha de barro com isolante e forro de madeira Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante Laje de concreto com isolante 5cm Telha metálica sanduiche e forro de madeira Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com isolante Cobertura verde extensiva
Esquadrias	E	E1 E3 E5 E7 E9 E11 E13 E15	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentuais de abertura de elementos transparente com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

Das estratégias analisadas para a **tipologia multifamiliar** (Figura 6) as estratégias relacionadas aos componentes de paredes e cobertura apresentaram os melhores resultados quando comparados ao caso base, com exceção da parede de tijolo maciço (P8), que mostrou resultado superior ao caso base, porém com menor diferença do que as outras. Dessa forma, todas as paredes e coberturas foram analisadas na Etapa 2. As estratégias de absortância nas paredes mostraram desempenho muito similar quando comparados ao caso base, sendo um pouco melhor a estratégia de absortância ( $\alpha$ ) com cores claras, mas sem diferença muito significativa. Conforme já explicado anteriormente, foi adotada somente a estratégia A2 ( $\alpha = 0,6$ , ou uso de cores medias) para a Etapa 2.

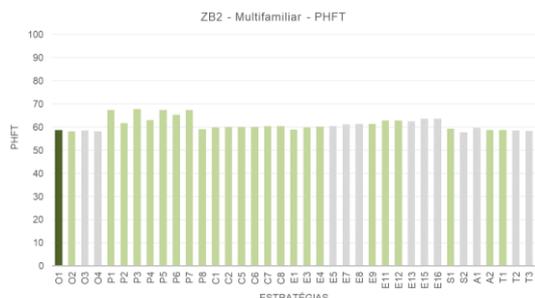
As estratégias relacionadas à orientação tiveram desempenho similar, sendo adotada a orientação O2 (orientação 90°) para a Etapa 2, que mostrou desempenho inferior ao caso base.

Todas as esquadrias mostraram desempenho superior ao caso base em ambos os indicadores, observando-se desempenhos similares em alguns grupos. As estratégias E1, E3, E4, E5, E7 e E8 têm desempenho similar, contudo, e por conta do número de simulações foram privilegiadas para simulação na Etapa 2, somente a E1, E3 e E4 por apresentar menor custo. De forma similar as estratégias E9, E11, E12, E13, E15 e E16 mostram desempenho muito similar, sendo que foram analisadas na Etapa 2 somente as estratégias E9, E11 e E12 pelo mesmo motivo anterior. O menor custo está atrelado ao fato dessas esquadrias possuir fator de ventilação de 45% (tipo correr), o que é mais usual de

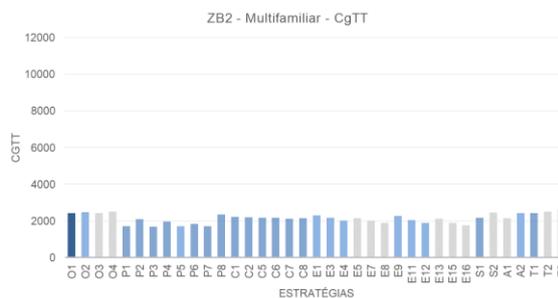
ser encontrado no mercado. As estratégias E2, E6, E10 e E14 não foram analisadas por se tratar de uso de peitoril ventilado, sendo analisado somente na tipologia unifamiliar da ZB8. Com relação ao pé direito, a estratégia com o valor de 2,50 m (T1) apresentou o melhor desempenho.

A descrição das estratégias que apresentam melhor desempenho e foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia multifamiliar na ZB2, está relacionada na **Tabela 6**.

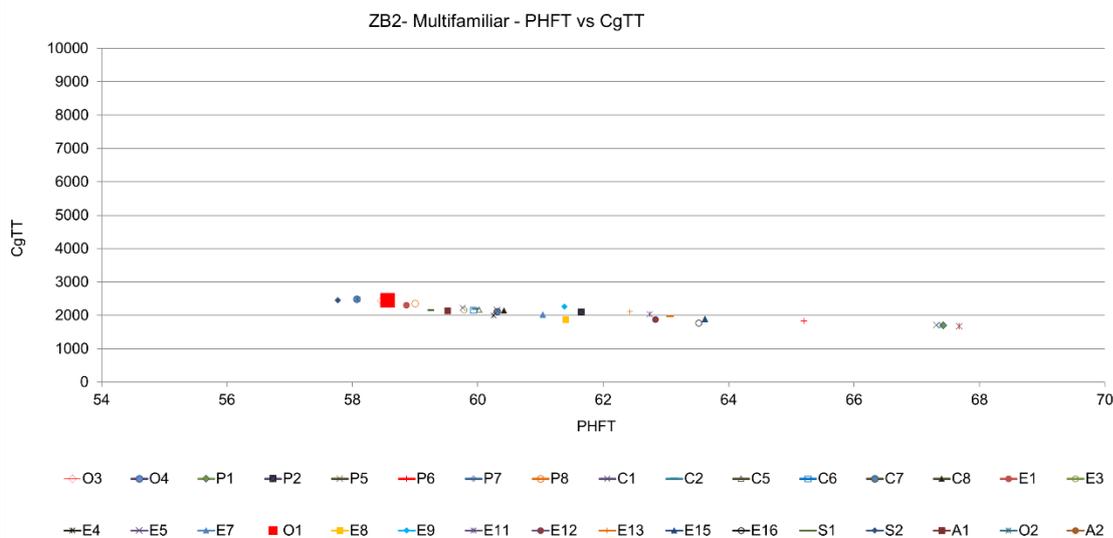
**Figura 6. Estratégias analisadas para a tipologia multifamiliar - Zona Bioclimática 2.**



**Figura 6a. ZB2 - Multifamiliar- PHFT**



**Figura 6b. ZB2 - Multifamiliar - CgTT**



**Figura 6c. ZB2 - Multifamiliar – PHFT vs CgTT**

**Tabela 6. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 - tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 2**

Estratégias	IDs		Valores e informações
Orientação	O	O2	90°
Absortância das paredes	A	A2	0,6 representando cores medias a escuras
Pé direito	T	T1	2,50 m
Paredes	P	P1	Concreto 10cm com isolante
		P2	Bloco de concreto
		P3	Bloco de concreto celular para vedação
		P4	Tijolo 9 furos
		P5	Tijolo 9 furos com isolante
		P6	Parede dupla de Tijolo 6 furos
		P7	Chapa dupla de madeira com isolante
		P8	Tijolo maciço 10cm
Cobertura	C	C1	Telha de barro com isolante e forro de madeira
		C2	Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante

		C5	Laje de concreto com isolante 5cm
		C6	Telha metálica sanduiche e forro de madeira
		C7	Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com isolante
		C8	Cobertura verde extensiva
Esquadrias	E	E1	P <sub>tAPP</sub> <sup>1</sup> de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios
		E3	P <sub>tAPP</sub> de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
		E4	P <sub>tAPP</sub> de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise
		E9	P <sub>tAPP</sub> de 23%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos dormitórios
		E11	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
		E12	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise

<sup>1</sup> P<sub>tAPP</sub> = percentuais de abertura de elementos transparente com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

### 3.1.1 Zona bioclimática 3

Para a **tipologia unifamiliar** localizada na zona **bioclimática 3** (Figura 7), a estratégia de orientação não mostrou diferença significativa, sendo adotada igualmente a orientação da estratégia O2 (orientação 90°) que mostrou carga térmica superior ao caso base. As estratégias dos componentes das paredes e cobertura apresentaram melhor desempenho quando comparados ao caso base (O1), com exceção da parede P8 (tijolo maciço de 10 cm), que foi a única não adotada para simulação na Etapa 2. O uso de cores claras em paredes (estratégia A1) apresentou um desempenho superior para ambos os indicadores quando comparados com o caso base, entretanto e conforme já explicado foi adotado para simulação a estratégia A2 (paredes com  $\alpha$  0,6).

Com relação às esquadrias, todas as estratégias mostraram desempenho superior ao caso base. Contudo, as estratégias com peitoril ventilado (E2, E6, E10 e E14) foram excluídas da avaliação para a Etapa 2, conforme mencionado anteriormente, e as estratégias E4, E8 e E12, que contemplam o uso da sacada, foram incluídas para a Etapa 2 somente no multifamiliar, também conforme já colocado anteriormente. Ficaram para ser avaliadas na Etapa 2 as estratégias E1, E3, E5, E7, E9, E11, E13 e E15.

Com relação a estratégia de pé-direito, observou-se pouca diferença entre as opções avaliadas, optando pela consideração do valor de 2,50 m (estratégia T1). Do contexto, e como já colocado na Etapa 2 foi somente avaliado a consideração do contexto como sombreamento (estratégia S1).

A descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia unifamiliar na ZB3 está relacionada na

Tabela 7.

Figura 7. Estratégias analisadas para a tipologia unifamiliar - Zona Bioclimática 3.



Figura 7a. ZB3 - Unifamiliar - PHFT

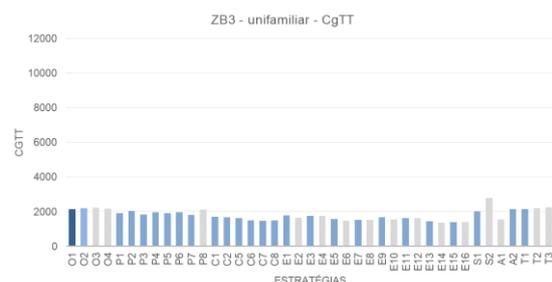


Figura 7b. ZB3 - Unifamiliar - CgTT

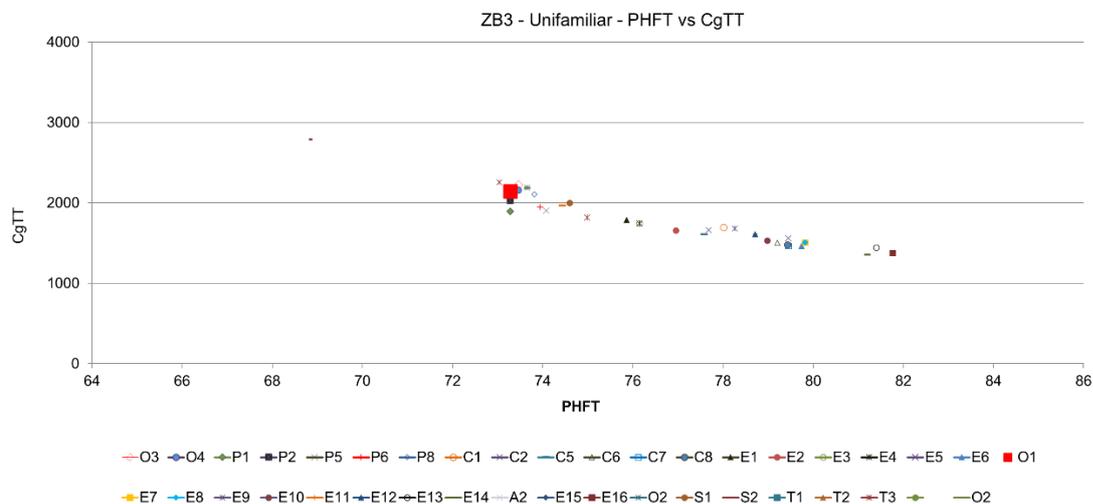


Figura 7c. ZB3 - Unifamiliar – PHFT vs CgTT

Tabela 7. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 3

Estratégias	IDs		Valores e informações
Orientação	O	O2	90°
Absortância das paredes	A	A2	0,6 representando cores medias a escuras
Pé direito	T	T1	2,50 m
Paredes	P	P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7	Concreto 10cm com isolante Bloco de concreto Bloco de concreto celular para vedação Tijolo 9 furos Tijolo 9 furos com isolante Parede dupla de Tijolo 6 furos Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1 C2 C5 C6 C7 C8	Telha de barro com isolante e forro de madeira Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante Laje de concreto com isolante 5cm Telha metálica sanduiche e forro de madeira Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com isolante Cobertura verde extensiva
Esquadrias	E	E1 E3 E5 E7 E9 E11 E13 E15	$P_{tAPP}^1$ de 17%, $FV^2$ 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentuais de abertura de elementos transparente com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup>  $FV$  = fator de ventilação

A seguir são mostrados na **Figura 8**, os resultados para a **tipologia multifamiliar** da zona bioclimática 3.

Figura 8. Estratégias analisadas na tipologia multifamiliar - Zona Bioclimática 3.

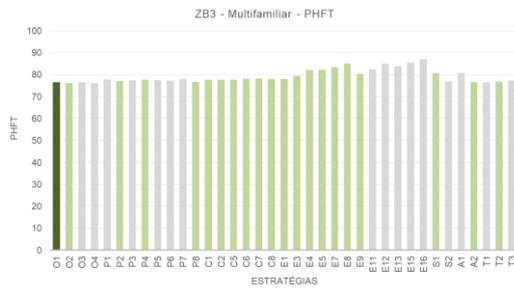


Figura 8a. ZB3 - Multifamiliar- PHFT

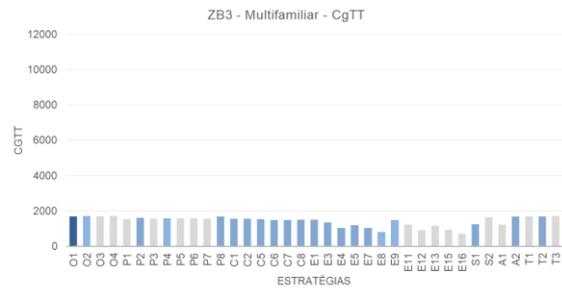


Figura 8b. ZB3 - Multifamiliar - CgTT

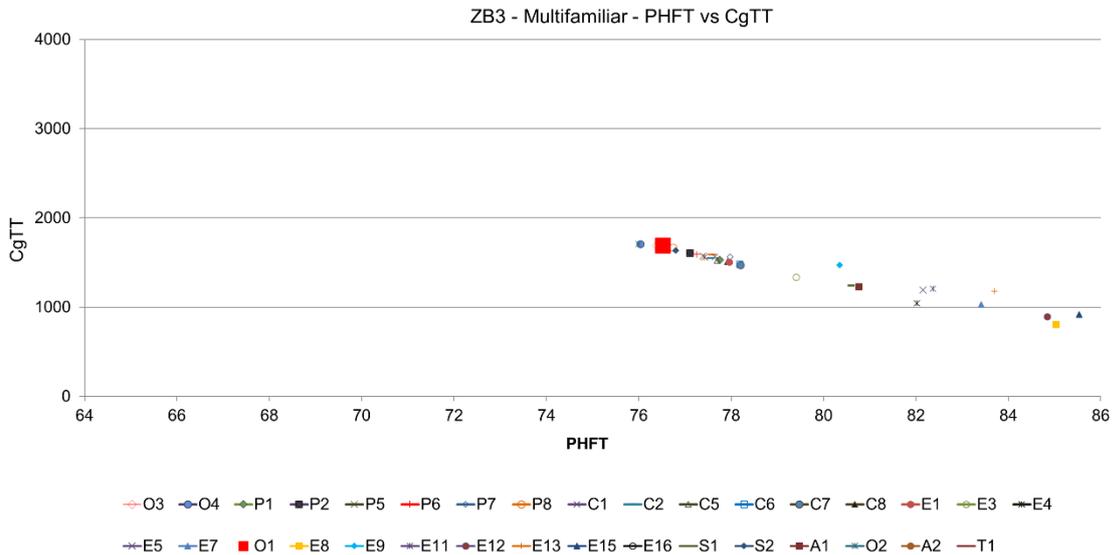


Figura 8c. ZB3 - Multifamiliar – PHFT vs CgTT

Para a análise de orientação os resultados foram similares, contudo, a estratégia O2 (orientação 90°) mostrou desempenho inferior ao caso base, sendo, portanto, adotada para a Etapa 2. Todas as estratégias das coberturas apresentaram melhor desempenho quando relacionadas ao caso base, sendo, portanto, escolhidas todas para simulação na Etapa 2. As paredes de forma geral, mostraram desempenho similar ao caso base, tendo algumas desempenho um pouco superior, contudo sem diferença significativa entre elas. Foram escolhidas, portanto, para simulação três paredes que são mais representativas na tipologia multifamiliar e abrangem características de propriedades térmicas de várias outras paredes (em termos de transmitância a capacidade térmica), sendo as paredes P2 (bloco de concreto), P4 (alvenaria em tijolo de 9 furos) e P8 (tijolo maciço). O uso de cores claras nas paredes (estratégia A1) apresentou um desempenho levemente superior em ambos os indicadores, contudo foi escolhida a estratégia A2 para todas as paredes da Etapa 2 pelos motivos anteriormente explicados.

Com relação às esquadrias, todas mostraram desempenho superior ao caso base e um comportamento muito similar entre as esquadrias que consideram  $P_{tAPP}$  de 17% (esquadrias E1 a E8) e as que consideram  $P_{tAPP}$  de 23% (E9 a E16), portanto, foram contempladas para a Etapa 2 preferencialmente as esquadrias com  $P_{tAPP}$  de 17% e a opção que potencialmente terá menor custo com  $P_{tAPP}$  de 23% (esquadria E9).

Para a estratégia de pé-direito foi adotado o valor de 2,60 m (estratégia T2) para a Etapa 2, que se mostrou com desempenho superior ao caso base e perto do desempenho do pé-direito de 2,80 m (estratégia T3).

A descrição das estratégias que foram consideradas para a Etapa 2 da tipologia multifamiliar na ZB3 está relacionada na **Tabela 8**.

**Tabela 8. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 3**

Estratégias	IDs		Valores e informações
Orientação	O	O2	90°
Absortância das paredes	A	A2	0,6 representando cores medias
Pé direito	T	T2	2,60 m
Paredes	P	P2 P4 P8	Bloco de concreto Tijolo 9 furos Tijolo maciço 10cm
Cobertura	C	C1 C2 C5 C6 C7 C8	Telha de barro com isolante e forro de madeira Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante Laje de concreto com isolante 5cm Telha metálica sanduiche e forro de madeira Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com isolante Cobertura verde extensiva
Esquadrias	E	E1 E3 E4 E5 E7 E8 E9	$P_{tAPP}^1$ de 17%, $FV^2$ 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise $P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, Fator de ventilação ( $FV$ ) 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise $P_{tAPP}$ de 23%, Fator de ventilação ( $FV$ ) 0,45 veneziana nos dormitórios

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentuais de abertura de elementos transparente com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup>  $FV$  = fator de ventilação

### 3.1.1 Zona bioclimática 4

Os resultados das estratégias paramétricas que foram analisadas para a **tipologia unifamiliar** localizada na zona bioclimática 4 são apresentadas na **Figura 9**.

**Figura 9. Estratégias analisadas para a tipologia unifamiliar -Zona Bioclimática 4.**

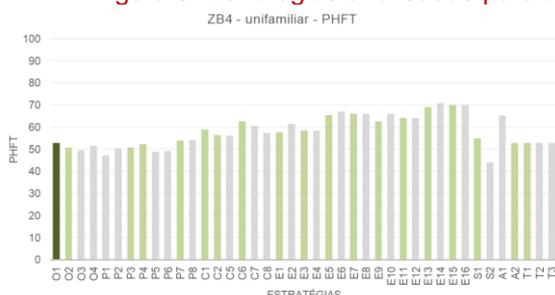


Figura 9a. ZB4 - Unifamiliar - PHFT

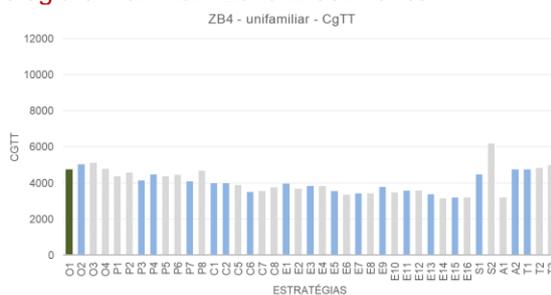


Figura 9b. ZB4 - Unifamiliar - CgTT

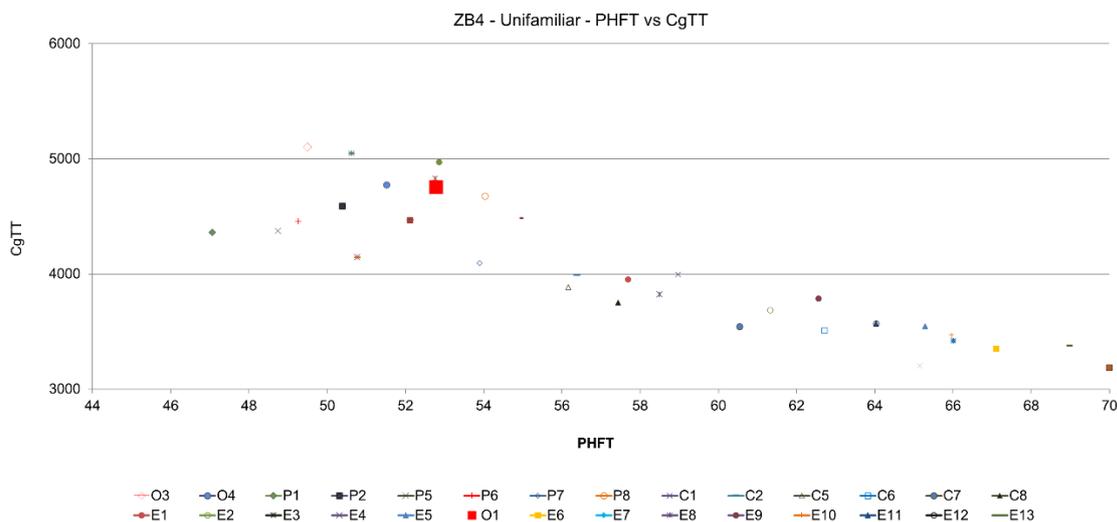


Figura 9c. ZB4 - Unifamiliar – PHFT vs CgTT

As estratégias avaliadas para paredes, tiveram melhor desempenho do que o caso base (estratégia O1) no indicador de carga térmica, mas não no indicador de PHFT. Foram então escolhidas as que mostraram um melhor balanço entre os indicadores, sendo elas, as estratégias de parede P3 (bloco de concreto celular), P4 (tijolo de 9 furos) e P7 (chapa dupla de madeira). O uso de cores claras nas paredes também apresentou desempenho significativamente superior em ambos os indicadores, contudo conforme já colocado, na Etapa 2 foram consideradas todas as paredes com absorvância solar 0,6 em todos os casos avaliados.

Com relação aos componentes das coberturas, todas as estratégias avaliadas apresentaram melhor desempenho do que o caso base, entretanto, várias tiveram comportamento similar entre si e apresentam propriedades térmicas semelhantes, foram, portanto, avaliadas na Etapa 2, somente as que representavam diferenças e tinham potencialmente menor custo. Dessa forma, foram escolhidas as estratégias C1 (telha de barro com isolante, câmara de ar e forro em madeira), C2 (telha de barro com isolante laje com EPS) e C6 (telha sanduiche metálica com câmara de ar e forro de madeira).

As estratégias relacionadas às esquadrias são as que mostraram melhor desempenho em ambos os indicadores, considerando todas as estratégias avaliadas nesta tipologia e zona bioclimática. As estratégias que apresentam peitoril ventilado (E2, E6, E10 e E14) foram excluídas da avaliação na Etapa 2, conforme mencionado anteriormente, por somente ser avaliadas na próxima Etapa na ZB8. As estratégias E4, E8 e E12, que contemplam o uso de brise/sacada, foram incluídas na Etapa 2 somente no edifício multifamiliar e não nesta tipologia. Foram, portanto, avaliadas na Etapa 2 as estratégias E1, E3, E5, E7, E9, E11, E13 e E15.

Com relação ao pé-direito, a estratégia T1 (2,50 m) foi a que apresentou melhor desempenho em ambos os indicadores quando comparados com o caso base (O1). Para a orientação foi considerada para a Etapa 2, novamente a orientação de 90° (estratégia O2) que mostrou desempenho pior do que o caso base.

A descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia unifamiliar na ZB4 está relacionada na [Tabela 9](#).

Tabela 9. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 4

Estratégias	IDs		Valores e informações
Orientação	O	O2	90°
Absortância das paredes	A	A2	0,6 representando cores medias
Pé direito	T	T1	2,50 m
Paredes	P	P3 P4 P7	Bloco de concreto celular para vedação Tijolo 9 furos Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1 C2 C6	Telha de barro com isolante e forro de madeira Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante Telha metálica sanduiche e forro de madeira
Esquadrias	E	E1 E3 E5 E7 E9 E11 E13 E15	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de abertura de elementos transparente com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

Os resultados para a **tipologia multifamiliar** na zona bioclimática 4 são mostrados na **Figura 10**.

Figura 10. Estratégias analisadas para o edifício multifamiliar - Zona Bioclimática 4.

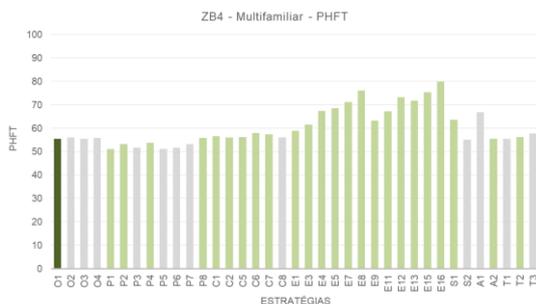


Figura 10a. ZB4 - Multifamiliar- PHFT

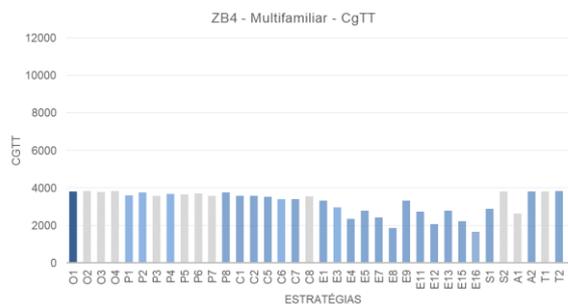


Figura 10b. ZB4 - Multifamiliar - CgTT

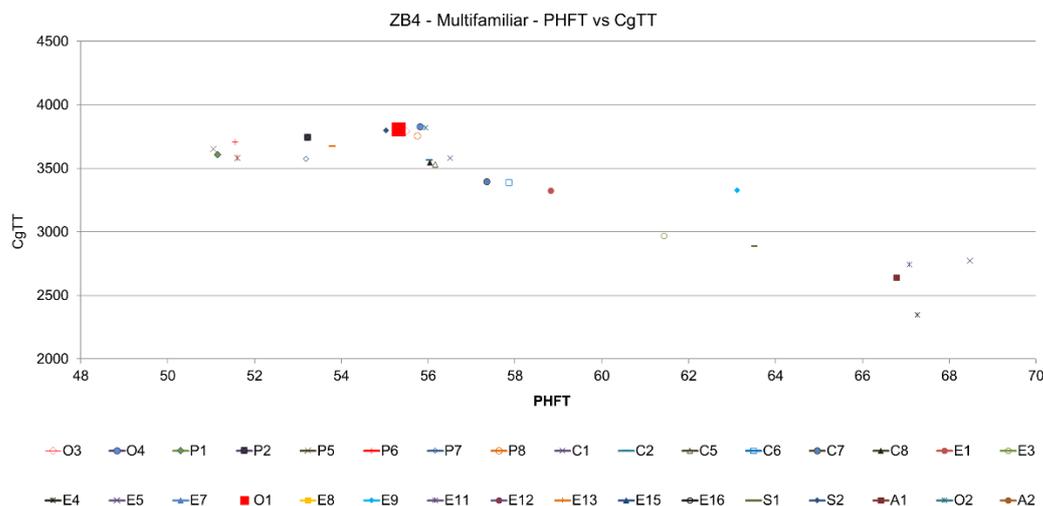


Figura 10c. ZB4 - Multifamiliar – PHFT vs CgTT

A maioria das estratégias de componentes de paredes apresentaram desempenho similar ou um pouco superior ao caso base com relação ao indicador de carga térmica, porém pior desempenho no indicador de PHFT. Frente às opções analisadas, optou-se em adotar para a Etapa 2 as estratégias que apresentaram um desempenho em relação ao caso base considerando-se ambos indicadores, sendo elas: a P1 (concreto com isolante), P2 (bloco de concreto de 19cm), P4 (tijolo 9 furos) e P8 (tijolo maciço 10cm). A parede P8 foi a única que teve desempenho superior em ambos os indicadores. O uso de cores claras nas paredes (A1) apresentou melhor desempenho nos dois indicadores quando comparados com o caso base, contudo, foi adotada para a Etapa 2, a absorvância solar de 0,6 nas paredes para todos os casos (Etapa 2), conforme já explicado.

Com relação as coberturas, todas as estratégias foram consideradas, exceto a estratégia C8 (cobertura verde extensiva) por apresentar um desempenho muito similar ao caso base e maior dificuldade de implementação.

O caso base (estratégia O1 – orientação 0°) mostrou o pior desempenho com relação às estratégias de orientação, assim sendo, foi considerada essa orientação para os casos avaliados na Etapa 2.

Com relação ao pé-direito, adotou-se para a Etapa 2 o valor de 2,60 m (estratégia T2) que mostrou desempenho superior em relação ao indicador de PHFT comparado com o caso base e desempenho similar em carga térmica à estratégia que considera um pé-direito de 2,80m (T3) .

Todas as estratégias das esquadrias mostraram de forma geral o melhor desempenho em ambos os indicadores, sendo superior o desempenho com aquelas que consideram fator de ventilação de 90 e sombreamento em todos os ambientes. Quando comparadas as estratégias que consideram  $P_{tAAP}$  de 17% com as que têm  $P_{tAAP}$  de 23%, o comportamento é muito similar, sendo um pouco melhor aquelas com  $P_{tAAP}$  de 23%, em especial no indicador de PHFT.

A descrição das estratégias que foram analisadas de forma combinada na Etapa 2 para a tipologia multifamiliar na ZB4 está relacionada na **Tabela 10**.

**Tabela 10. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 4**

<b>Estratégias</b>	<b>IDs</b>		<b>Valores e informações</b>
Orientação	O	O1	0°
Absortância das paredes	A	A2	0,6 representando cores medias
Pé direito	T	T2	2,60 m
Paredes	P	P1 P2 P4 P8	Concreto 10 cm com isolante Bloco de concreto Tijolo 9 furos Tijolo maciço 10 cm
Cobertura	C	C1 C2 C5 C6 C7	Telha de barro com isolante e forro de madeira Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante Laje de concreto com isolante 5cm Telha metálica sanduiche e forro de madeira Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com isolante
Esquadrias	E	E1 E3 E4 E5	$P_{tAPP}^1$ de 17%, $FV^2$ 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise $P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios

	E7	P <sub>tAPP</sub> de 17%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos dormitórios
	E8	P <sub>tAPP</sub> de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise
	E9	P <sub>tAPP</sub> de 23%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos dormitórios
	E11	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
	E12	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise
	E13	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios
	E15	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala
	E16	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise

<sup>1</sup> P<sub>tAPP</sub> = percentual de abertura de elementos transparente com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

### 3.1.1 Zona bioclimática 8

Para a **tipologia unifamiliar** na zona bioclimática 8, as estratégias analisadas são exibidas na **Figura 11**.

Figura 11. Estratégias analisadas para a tipologia unifamiliar - Zona Bioclimática 8.

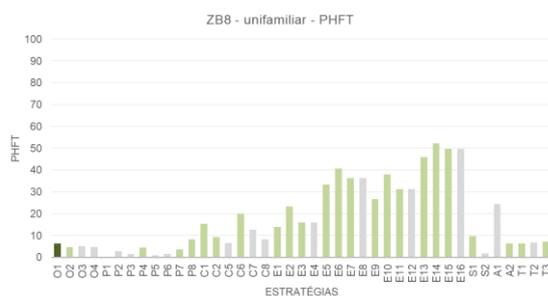


Figura 11a. ZB8 - Unifamiliar - PHFT

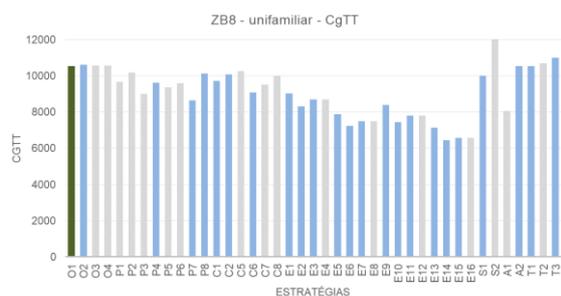


Figura 11b. ZB8 - Unifamiliar - CgTT

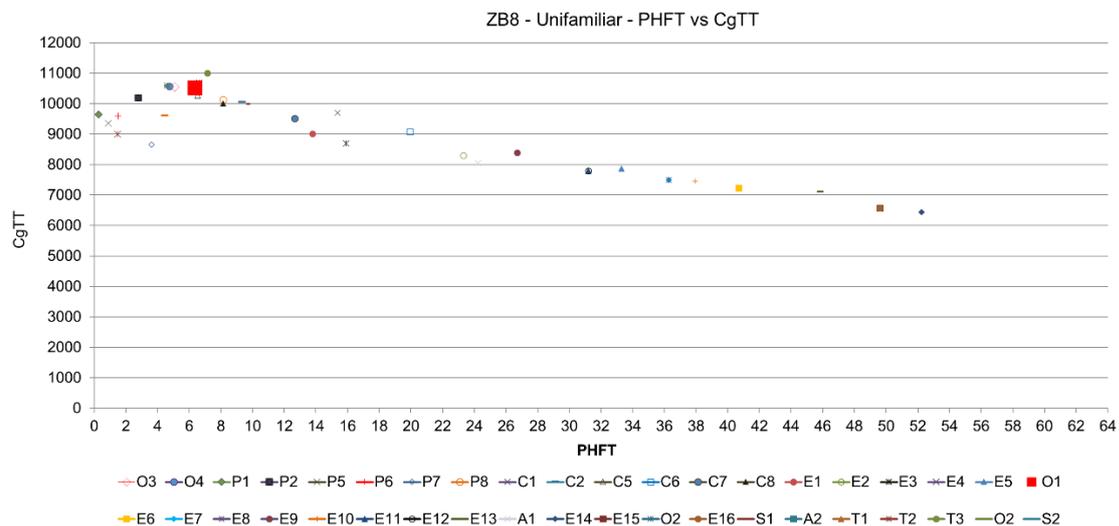


Figura 11c. ZB8 - Unifamiliar – PHFT vs CgTT

Com relação às estratégias de paredes, somente as estratégias dos componentes de paredes P4 (tijolo de 9 furos), P7 (chapa de madeira dupla com isolante) e P8 (tijolo maciço 10 cm) foram consideradas para a Etapa 2, por apresentar redução na carga térmica quando comparadas ao caso base e PHFT superior entre as paredes avaliadas, embora menor do que o caso base, sendo somente a Parede 8 que alcançou desempenho superior ao caso base em ambos os indicadores.

Das estratégias dos componentes de coberturas foram adotadas para a Etapa 2, a cobertura C1 (telha de barro com isolante, câmara de ar e forro em madeira), a C2 (telha de barro com isolante, ar e laje com EPS) e a C6 (telha sanduiche metálica com câmara de

ar e forro em madeira), considerando o desempenho em ambos os indicadores. A cobertura C6 apresentou o melhor desempenho entre as escolhidas. As coberturas C7 e C8 que também apresentaram desempenho superior ao caso base (estratégia O1) não foram adotadas na etapa 2, pois a C7 mostra propriedades térmicas de transmitância e capacidade térmica similares à cobertura C2 e na cobertura C8 foi considerada a maior dificuldade de implementação frente ao desempenho, e por conta de não ter uma melhoria muito expressiva em comparação ao caso base.

Com relação às esquadrias, todas as estratégias avaliadas apresentaram melhor desempenho quando comparadas ao caso base. As estratégias E4, E8, E12 e E16 serão avaliadas na Etapa 2, somente em edifícios multifamiliares por conta de considerar brise ou sacada no estar. Todas as demais estratégias foram avaliadas na Etapa 2. As estratégias E13, E14, E15 e E16 mostraram o melhor desempenho em ambos os indicadores e referem-se a percentual de elementos transparentes de 23% em relação à área do piso, fator de ventilação de 90% com sombreamento. A estratégia E14 incorpora também o uso de peitoril ventilado.

Com relação à absorvância de paredes, o uso de baixa absorvância solar (cores claras) mostrou melhoria significativa em ambos os indicadores com relação ao caso base, contudo, conforme colocado, na Etapa 2 foram analisadas as paredes com absorvância única de 0,6 (cores médias) para observar o desempenho do componente em si.

A estratégia de orientação O2 (90°) mostrou o pior desempenho, sendo, portanto, adotada para a Etapa 2.

Finalmente, com relação ao pé direito, as três estratégias avaliadas apresentaram resultados similares nos indicadores, tendo a estratégia T3 (pé-direito 2,80m) melhor resultado no indicador de PHFT e a estratégia T1 (pé-direito 2,50m) no indicador de carga térmica, sendo, portanto, adotado para a Etapa 2 ambas as estratégias, T1 e T3.

A descrição das estratégias que foram avaliadas na Etapa 2 para a tipologia unifamiliar na ZB8 está relacionada na **Tabela 11**.

**Tabela 11. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 8**

<b>Estratégias</b>	<b>IDs</b>		<b>Valores e informações</b>
Orientação	O	O2	90°
Absortância das paredes	A	A1 A2	0,3 representando cores claras 0,6 representando cores medias a escuras
Pé direito	T	T1 T3	2,50 m 2,80 m
Paredes	P	P4 P7 P8	Tijolo 9 furos Chapa dupla de madeira com isolante Tijolo maciço 10 cm
Cobertura	C	C1 C2 C6	Telha de barro com isolante e forro de madeira Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante Telha metálica sanduiche e forro de madeira
Esquadrias	E	E1 E2 E3 E5 E6 E7 E9	P <sub>tAPP</sub> <sup>1</sup> de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios P <sub>tAPP</sub> de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios, peitoril ventilado P <sub>tAPP</sub> de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala P <sub>tAPP</sub> de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios P <sub>tAPP</sub> de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios, peitoril ventilado P <sub>tAPP</sub> de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

		E10	P <sub>tAPP</sub> de 23%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos
		E11	dormitórios
		E13	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios, peitoril ventilado
		E14	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
		E15	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios
			P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios, peitoril ventilado
			P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup> P<sub>tAPP</sub> = percentual de abertura de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

A Figura 12 apresenta as estratégias analisadas para a **tipologia multifamiliar** na zona bioclimática 8.

Figura 12. Estratégias analisadas para a tipologia multifamiliar - Zona Bioclimática 8.



Figura 12a. ZB8 - Multifamiliar- PHFT

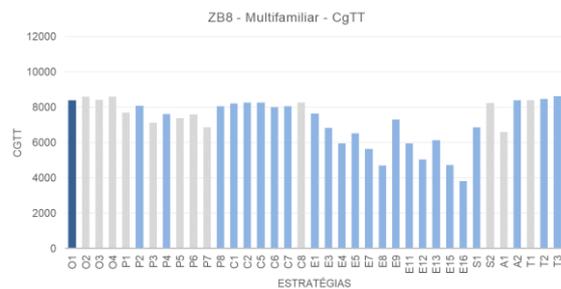


Figura 12b. ZB8 - Multifamiliar - CgTT

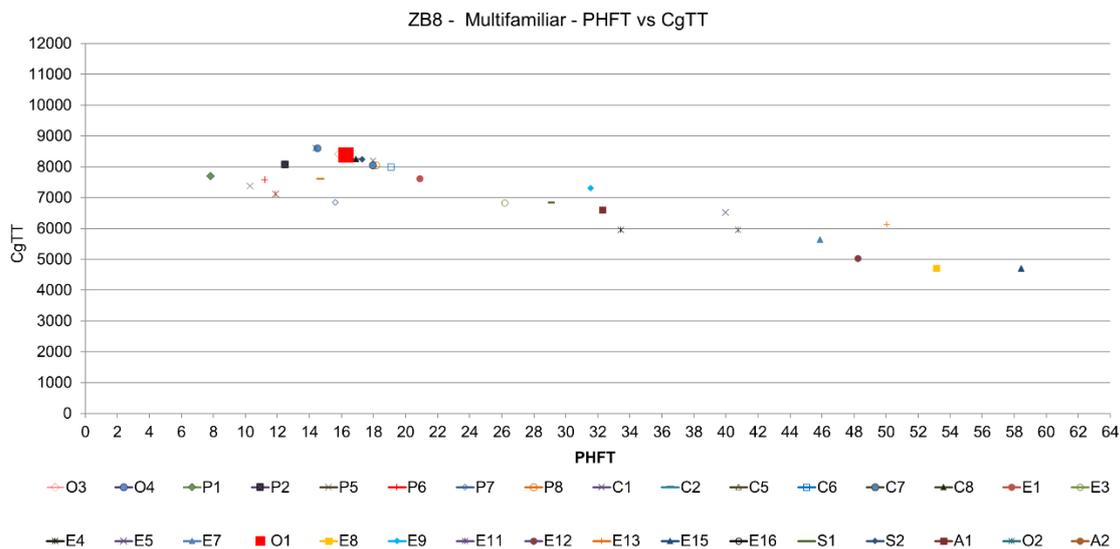


Figura 12c. ZB8 - Multifamiliar –PHFT vs CgTT

Todas as estratégias de esquadrias avaliadas apresentaram desempenho muito superior ao caso base em ambos os indicadores, ressaltando que quanto maior o sombreamento e maior fator de ventilação, melhor o resultado obtido, tendo ainda um melhor desempenho para as esquadrias com P<sub>tAPP</sub> de 23%. Todas as estratégias de esquadrias analisadas nesta Etapa, foram escolhidas para análise na Etapa 2.

As estratégias avaliadas para a cobertura mostraram desempenho superior ao caso base, com relação ao caso base, porém com pouca diferença, sendo o mais similar ao caso base o desempenho com a cobertura C8 (cobertura verde). Dessa forma, essa cobertura não foi escolhida para análise na Etapa 2.

Nas paredes, a estratégia que apresentou melhor desempenho no indicador de PHFT foi a parede P8 (tijolo maciço 10 cm). Todas as demais paredes avaliadas mostraram desempenho inferior ao caso base no indicador de PHFT. Contudo, também foram escolhidas para avaliação na Etapa 2, a parede P2 (bloco de concreto de 19cm) e a parede P4 (tijolo de 9 furos), pois apresentaram redução no indicador de carga térmica e apresentaram o PHFT próximo do caso base (O1), e também são materiais comumente empregados nas fachadas das edificações da construção civil.

A estratégia do uso de cores claras também apresentou desempenho superior em ambos os indicadores, entretanto e conforme já colocado na Etapa 2 as paredes externas foram avaliadas somente com o uso de cores médias (absortância 0,6). Com relação ao pé direito, os maiores valores apresentaram desempenho superior no indicador de PHFT, sendo, portanto, escolhidas as estratégias T2 (2,60 m) e T3 (2,80 m) para a Etapa 2 da avaliação do estudo.

A descrição das estratégias que foram escolhidas para avaliação na Etapa 2, para a tipologia multifamiliar na ZB8 está relacionada na **Tabela 12**.

**Tabela 12. Descrição das estratégias que foram simuladas na Etapa 2 para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 8**

Estratégias	IDs		Valores e informações
	O	O1	
Orientação	O	O1	0°
Absortância das paredes	A	A2	0,6 representando cores medias a escuras
Pé direito	T	T2 T3	2,60 m 2,80 m
Paredes	P	P2 P4 P8	Bloco de concreto Tijolo 9 furos Tijolo maciço 10 cm
Cobertura	C	C1 C2 C5 C6 C7	Telha de barro com isolante e forro de madeira Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante Laje de concreto com isolante 5cm Telha metálica sanduiche e forro de madeira Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com isolante
Esquadrias	E	E1 E3 E4 E5 E7 E8 E9 E11 E12 E13 E15 E16	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise $P_{tAPP}$ de 23%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de abertura de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

### 3.2 ETAPA 2: ANÁLISE COMBINADA

Na segunda etapa, as estratégias escolhidas na Etapa 1, que de maneira geral apresentaram melhor desempenho em relação ao caso base ou eram significativas pelos seus resultados na análise de forma paramétrica, foram analisadas de forma combinada na

Etapa 2. Destaca-se que todos os casos foram analisados com a estratégia de contexto incluída (estratégia S1), para representar de forma mais adequada a realidade em que se encontram as edificações. A Figura 13 mostra o caso base para as três tipologias com a inclusão do contexto que foi considerada nas análises combinadas.

Figura 13. Modelos dos casos bases para as três tipologias com a inclusão do contexto para todas as simulações da Etapa 2

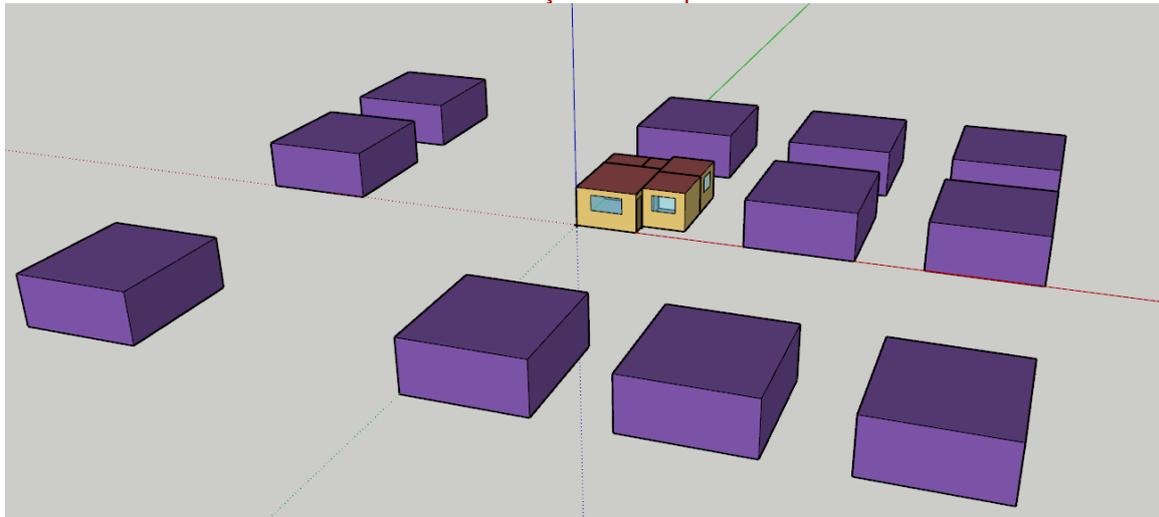


Figura 13a. Casa unifamiliar com contexto

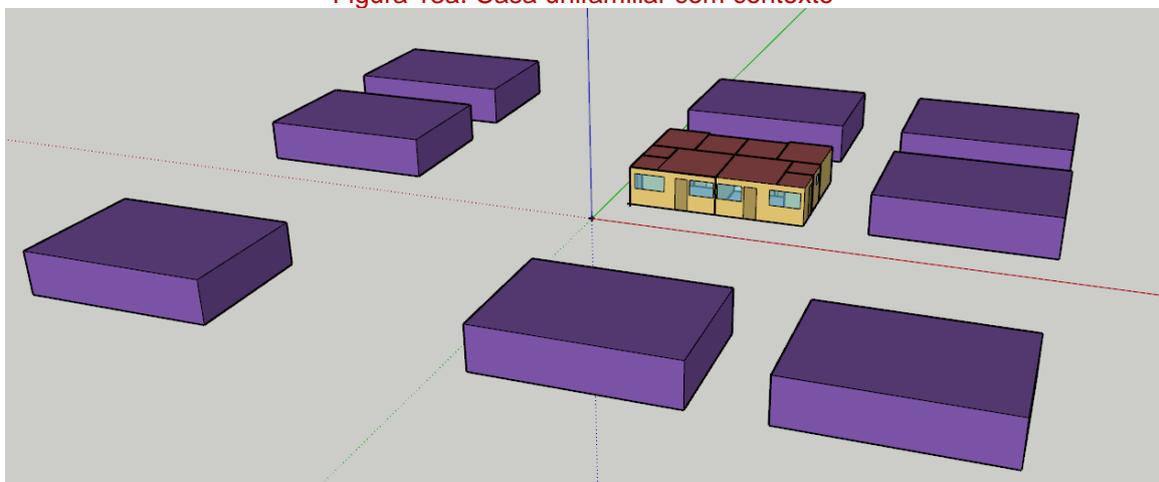


Figura 13b. Casa geminada com contexto

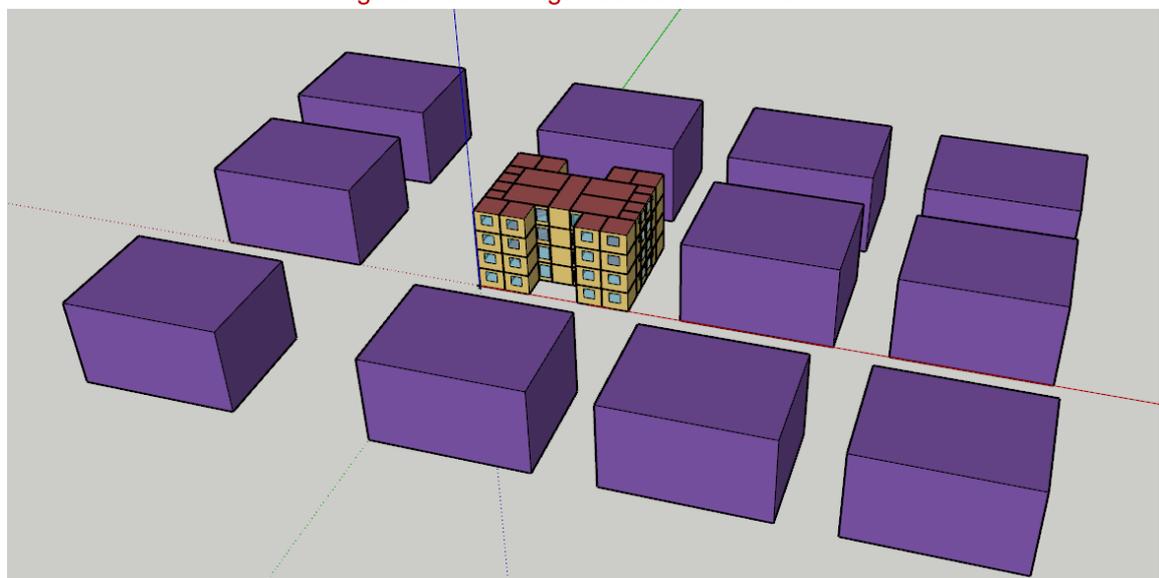


Figura 13c. Edifício multifamiliar com contexto

Conforme mencionado anteriormente, a orientação da edificação foi definida para as análises desta etapa em função do pior desempenho observado na Etapa 1, pois considera-se que na tipologia avaliada as outras orientações podem influenciar na melhora do desempenho dos casos com estratégias combinadas.

E, igualmente, para a estratégia de pé direito da edificação foi assumido o melhor desempenho observado na tipologia e na zona bioclimática. Entretanto, é preciso esclarecer a limitação das simulações quanto à influência do pé direito para o indicador de PHFT que considera a edificação naturalmente ventilada. A simulação realizada não contempla de forma apropriada os benefícios que podem ser obtidos com pé direitos maiores (2,80 m) relacionados à estratificação do ar, para o qual poderia ser apropriado uma simulação complementar com uso de CFD. Desta forma, os resultados apresentados para as zonas bioclimáticas mais quentes, como ZB7 e ZB8, devem levar isto em consideração.

Ressalta-se ainda, que duas estratégias de coberturas foram incorporadas nesta etapa da simulação, por considerar-se que são coberturas muito usadas em todo o território nacional sendo importante ver o comportamento delas em relação às tipologias e zonas bioclimáticas. As coberturas incorporadas foram:

- C3: telha de barro clara ( $\alpha$  0,45) com câmara de ar e forro de madeira 1cm ( $U = 2,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $CT = 26 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ ), e a
- C4: telha de barro natural ( $\alpha$  0,60) com câmara de ar e forro de madeira 1cm ( $U = 2,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $CT = 26 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ ).

Os resultados desta etapa são apresentados, inicialmente, para o conjunto de simulações e posteriormente para cada zona bioclimática, sendo apresentados para cada uma das três tipologias em função dos indicadores de PHFT e  $C_{gTT}$ . Para as tipologias de casa geminada e multifamiliar os resultados foram obtidos para todas as unidades, contudo, e para ser comparável com os resultados da edificação unifamiliar, foi dividido o valor total pelo número de unidades, considerando-se duas unidades na casa geminada e 16 unidades na edificação multifamiliar. Desta forma, é apresentado um valor médio por unidade nos gráficos. Destaca-se que os resultados do edifício multifamiliar podem variar em função do andar onde está localizada a unidade. Entretanto, optou-se em adotar esta simplificação para a possível comparação entre as três tipologias.

Os resultados de todos os casos analisados podem ser observados na **Figura 14** apresentados por tipologia e na

mostrados em função das zonas bioclimáticas.

Com base nos resultados, observa-se na Figura 14, que em relação ao indicador de carga térmica, a tipologia multifamiliar apresenta os menores valores, enquanto a tipologia geminada e, especialmente, a tipologia unifamiliar apresentam os casos com valores mais elevados. Por outro lado, observa-se na Figura 15 que a zona bioclimática 8 é a que possui os menores valores de PHFT. Os resultados da ZB7 e da ZB8 mostram grande variação do indicador PHFT para todas as tipologias.

Já as zonas bioclimáticas 1 a 4 obtêm, de forma geral, valores de PHFT mais elevados e de  $C_{gTT}$  menores. Logo, com a adoção das estratégias de eficiência energética nos projetos é possível aumento significativo nas horas de conforto, bem como alcançar uma redução da carga térmica nas unidades.

Figura 14. Gráfico de dispersão geral por tipologia relacionando os indicadores de CgTT e PHFT

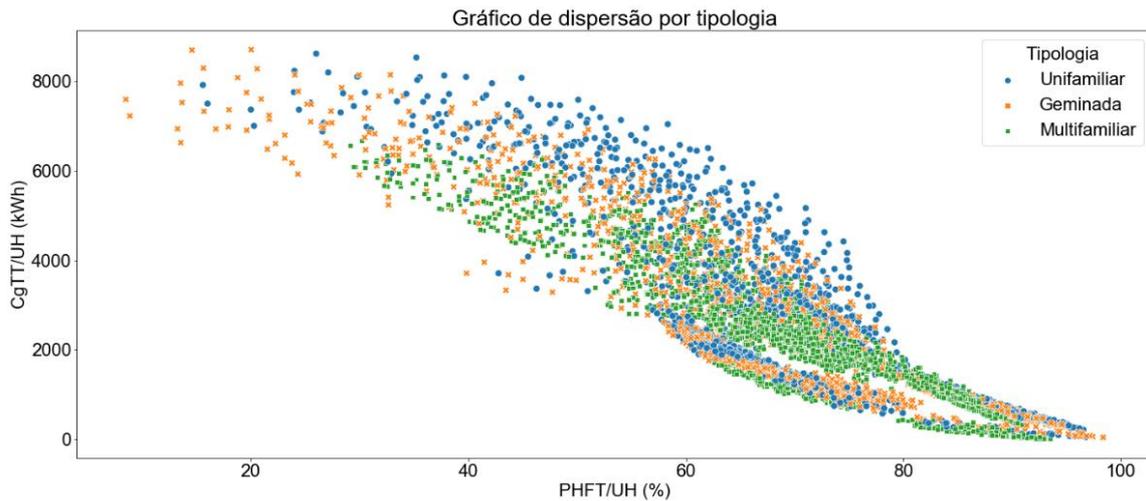
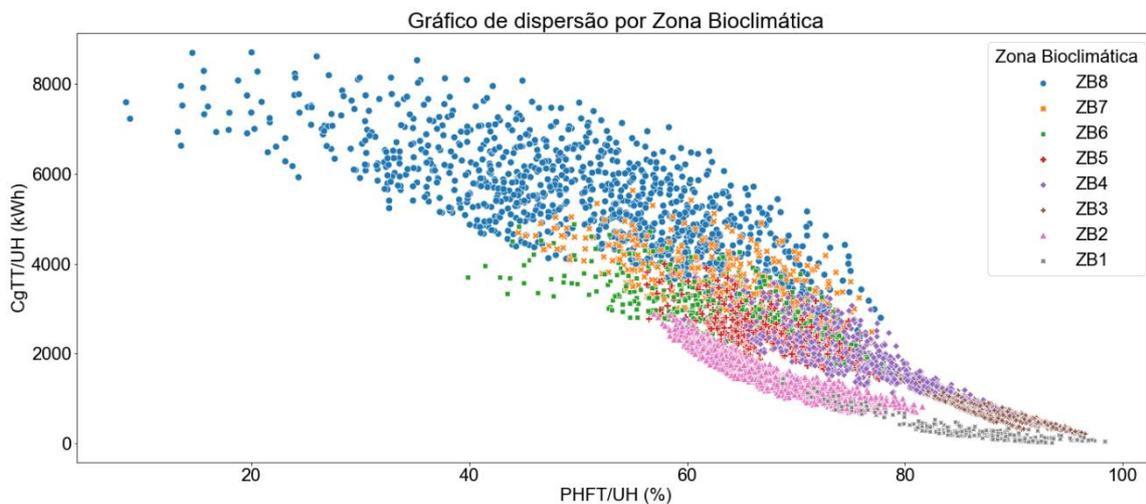


Figura 15. Gráfico de dispersão geral por zona bioclimática relacionando os indicadores de CgTT e PHFT



A seguir são mostrados os resultados das análises combinadas por zona bioclimática para cada uma das tipologias.

Para cada zona bioclimática e tipologia são apresentados dois gráficos de resultados. O primeiro gráfico mostra os resultados das estratégias combinadas analisadas em função da correlação dos indicadores de PHFT e CgTT, identificando também o caso base. Para cada um dos dois indicadores foram determinados um desempenho inferior, médio e superior, determinados em função do conjunto das simulações para cada zona bioclimática.

O cruzamento da relação entre os dois indicadores (PHFT e CgTT) é apresentado de forma gráfica, identificando-se os casos do conjunto analisado como sendo de desempenho inferior, médio ou superior. Dessa forma, é possível analisar de forma visual o impacto das estratégias em relação ao caso base e o potencial alcance dos melhores casos. No segundo gráfico é apresentada a frequência de ocorrência presente somente nos melhores casos (identificados no quadrante inferior a direita).

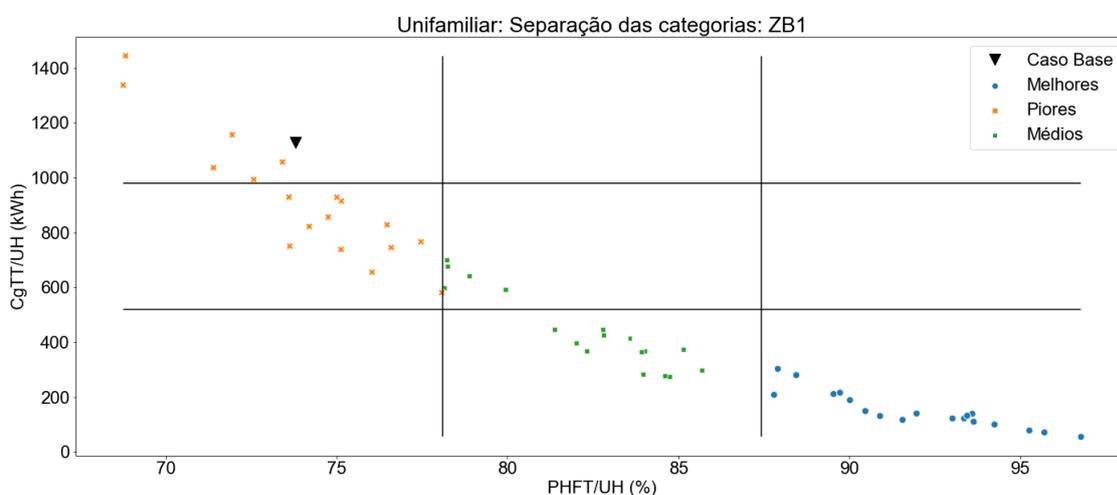
### 3.2.1 Zona bioclimática 1

São apresentados para a zona bioclimática 1 os resultados das tipologias unifamiliar, casa geminada e edifício multifamiliar.

#### 3.2.1.1 ZB1 - Tipologia unifamiliar

A Figura 16 mostra os resultados para a tipologia unifamiliar localizada na zona bioclimática 1 destacando-se o caso base (formato de triângulo).

Figura 16. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB1



A maior parte dos casos avaliados mostram um desempenho superior ao caso base. Os casos identificados no quadrante de melhor desempenho apresentam aumento do PHFT, chegando a valores entre 87% e 97%, ou seja, um aumento em torno de 17% a 31% em relação ao caso base. Por outro lado, os valores de carga térmica dos melhores casos apresentam em torno de 300 kWh/ano a até menos de 100 kWh/ano na unidade, o que significa uma redução ao redor de 73% até 91% na carga térmica da unidade residencial quando comparado ao caso base.

A Figura 17 mostra a frequência de ocorrência das estratégias presentes nos melhores casos e a Tabela 13 apresenta a descrição destas estratégias. Destacam-se as estratégias das paredes, seguidas das estratégias das coberturas, como tendo maior impacto nos resultados. Entre as paredes, destacam-se as paredes P1, P3 e P5 que se referem respectivamente à parede de concreto com isolante, parede com bloco de concreto celular e parede em alvenaria de bloco de tijolo de 14 cm com isolante. Destaca-se também a P6, que é a parede externa dupla de tijolo de 9 cm. Com relação às coberturas, destacam-se as estratégias C2 (telha de barro com isolante e forro de laje de concreto c/ EPS); a C5 (laje concreto com isolante), C7 (telha metálica sanduiche com forro de laje concreto c/ EPS) e C8 (cobertura verde extensiva). Destaca-se também a frequência de ocorrência da cobertura C1 (telha de barro com isolante e forro de madeira).

Figura 17. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB1

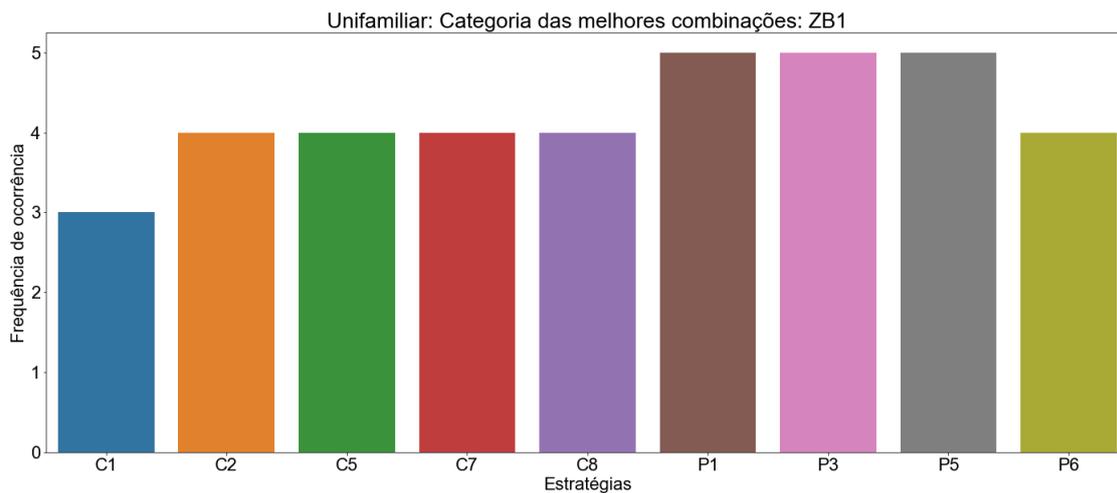


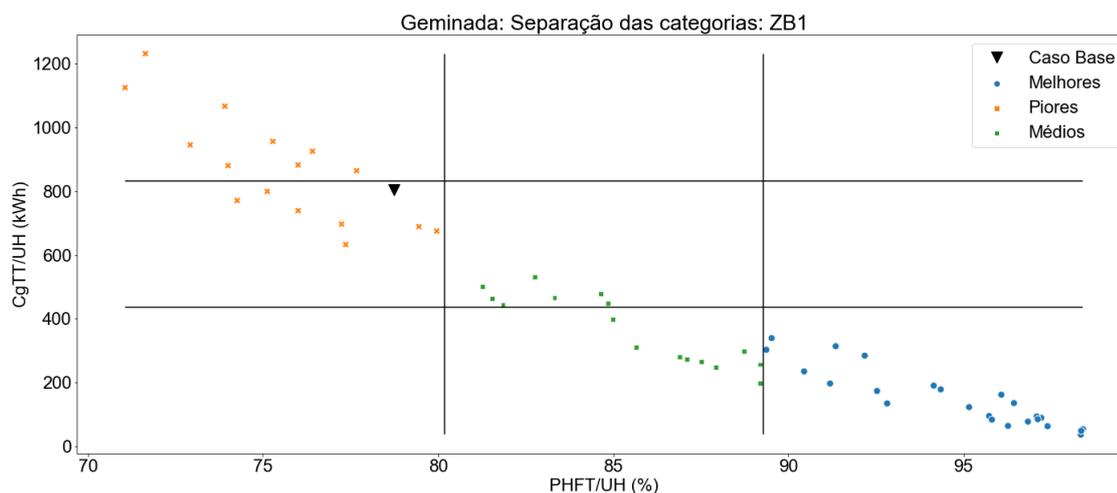
Tabela 13. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 1

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P1	Concreto 10cm com isolante
		P3	Bloco de concreto celular para vedação
		P5	Tijolo 9 furos com isolante
		P6	Parede dupla de Tijolo 6 furos
Cobertura	C	C1	Telha de barro com isolante e forro de madeira
		C2	Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante
		C5	Laje de concreto com isolante 5cm
		C7	Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com isolante
		C8	Cobertura verde extensiva

### 3.2.1.2 ZB1 - Tipologia casa geminada

São apresentados os resultados de todos os casos avaliados para a tipologia casa geminada na ZB1, com destaque para o caso base no triângulo preto (Figura 18).

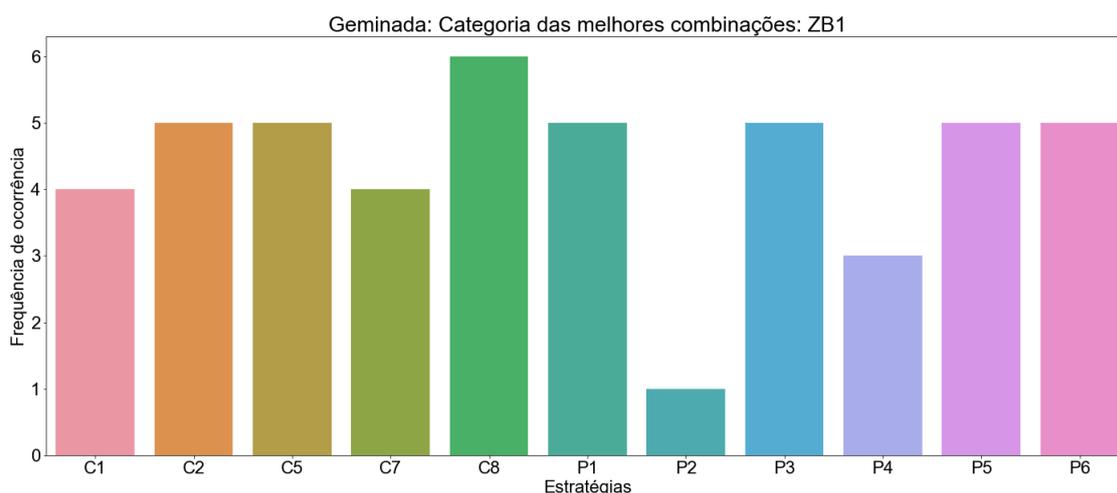
Figura 18. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB1



De forma geral, conforme comentado anteriormente, a tipologia de casa geminada apresenta um resultado de carga térmica anual inferior quando comparado à tipologia unifamiliar. Dentre os melhores casos obtidos, a carga térmica apresenta reduções significativas, com valor inferior a 50 kWh/ano na média por unidade habitacional. Já a porcentagem de PHFT para os melhores casos apresentou resultados acima de 90%.

A Figura 19 apresenta as principais estratégias presentes nos melhores casos, e a **Tabela 14** a descrição destas estratégias. Assim, como na tipologia unifamiliar, destacam-se as estratégias de paredes e coberturas. A maior frequência de ocorrência é para a parede P1 (concreto com isolante), P3 (bloco de concreto celular), P5 (alvenaria de bloco de tijolo de 14cm com isolante) e P6 (dupla de tijolo de 9cm). Nas coberturas, a cobertura C8 (cobertura verde extensiva) tem maior destaque, seguida da cobertura C5 (laje concreto com isolante) e C2 (telha de barro com isolante e laje com EPS). De forma geral a estratégia de componentes com isolamento e com maior capacidade térmica apresentam um melhor desempenho.

**Figura 19. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB1**



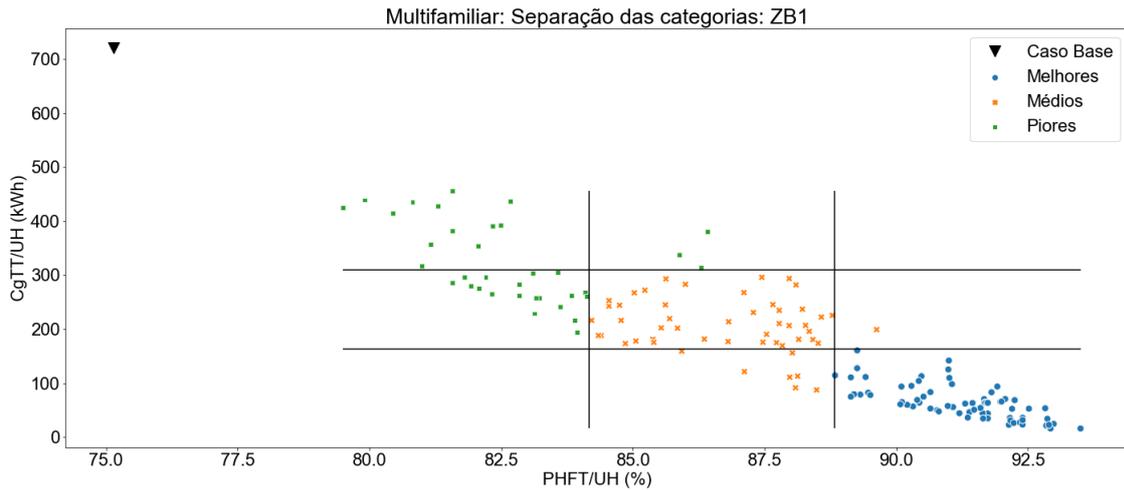
**Tabela 14. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 1**

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P1	Concreto 10cm com isolante
		P2	Bloco de concreto
		P3	Bloco de concreto celular para vedação
		P4	Tijolo 9 furos
		P5	Tijolo 9 furos com isolante
		P6	Parede dupla de Tijolo 6 furos
Cobertura	C	C1	Telha de barro com isolante e forro de madeira
		C2	Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante
		C5	Laje de concreto com isolante 5cm
		C7	Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com isolante
		C8	Cobertura verde extensiva

### 3.2.1.3 ZB1 - Tipologia edifício multifamiliar

Os resultados para a tipologia de edifício multifamiliar na ZB1 podem ser vistos na **Figura 20**. O caso base se encontra em destaque, e os resultados mostram como todos os casos avaliados para esta tipologia e zona têm um desempenho muito superior ao caso base.

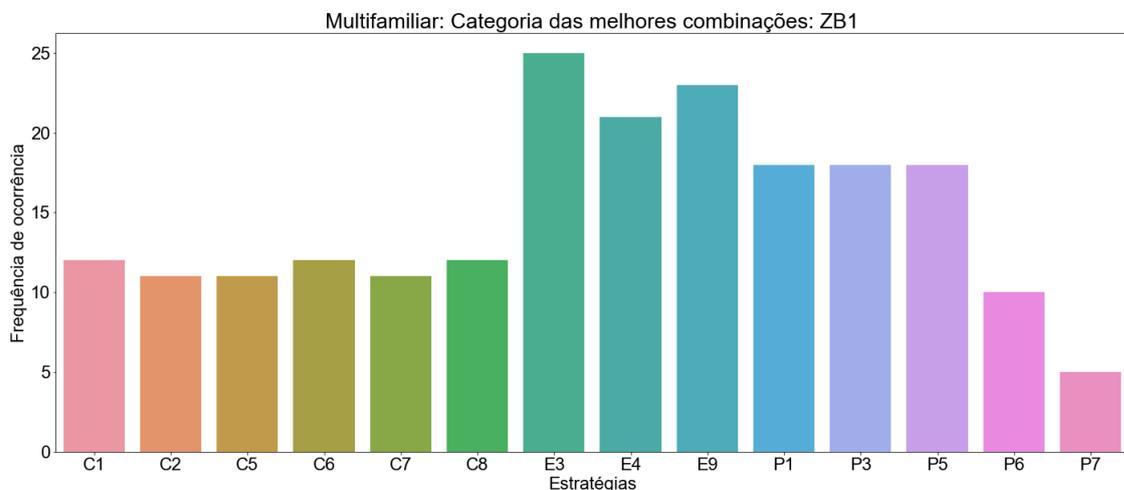
Figura 20. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB1



Os melhores casos avaliados com estratégias de eficiência energética chegam a PHFT com porcentagens acima de 88%, e carga térmica anual menor que 200 kWh/ano. O caso base apresenta um PHFT em torno de 75%, e carga térmica anual em torno de 700 kWh.

As estratégias com maior frequência de ocorrência são mostradas na Figura 21, e a descrição destas estratégias na Tabela 15. Para esta tipologia e zona bioclimática destacam-se as estratégias de esquadrias, seguido de paredes, e posteriormente da cobertura. Das estratégias de esquadrias destacam-se a E3 (FV 0,45 com veneziana nos dormitórios e estar) e E4 (FV 0,45 com brise/sacada no estar e veneziana nos dormitórios e estar). Ambas as estratégias apresentam abertura (PtAPP) de 17% com relação à área de piso dos ambientes. Destaca-se também a esquadria E9 (FV 0,45 com veneziana nos dormitórios e PtAPP de 23%).

Figura 21. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB1



As paredes com maior frequência de ocorrência são as estratégias P1, P3 e P5 que são P1 (concreto com isolante), P3 (bloco de concreto celular) e P5 (alvenaria de bloco de tijolo de 14 cm com isolante). Seguidas, em frequência, pela estratégia P6 (parede dupla de tijolo de 9 cm). Já as estratégias de coberturas mostram praticamente a mesma frequência de

ocorrência para todos os casos, sendo elas, C1, (telha de barro com isolante e forro de madeira), C2 (telha de barro com isolante e laje com EPS), C5 (laje concreto com isolante), C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira), C7 (telha metálica sanduiche com laje com EPS) e C8 (cobertura verde).

**Tabela 15. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 1**

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P1	Concreto 10cm com isolante
		P3	Bloco de concreto celular para vedação
		P5	Tijolo 9 furos com isolante
		P6	Parede dupla de Tijolo 6 furos
		P7	Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1	Telha de barro com isolante e forro de madeira
		C2	Telha de barro com isolante e laje concreto com isolante
		C5	Laje de concreto com isolante 5cm
		C6	Telha metálica sanduiche e forro de madeira
		C7	Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com EPS
		C8	Cobertura verde extensiva
Esquadrias	E	E3	$P_{tAPP}^1$ de 17%, $FV^2$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
		E4	$P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,45, brise/sacada na sala com veneziana nos dormitórios + sala
		E9	$P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentuais de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup>  $FV$  = fator de ventilação

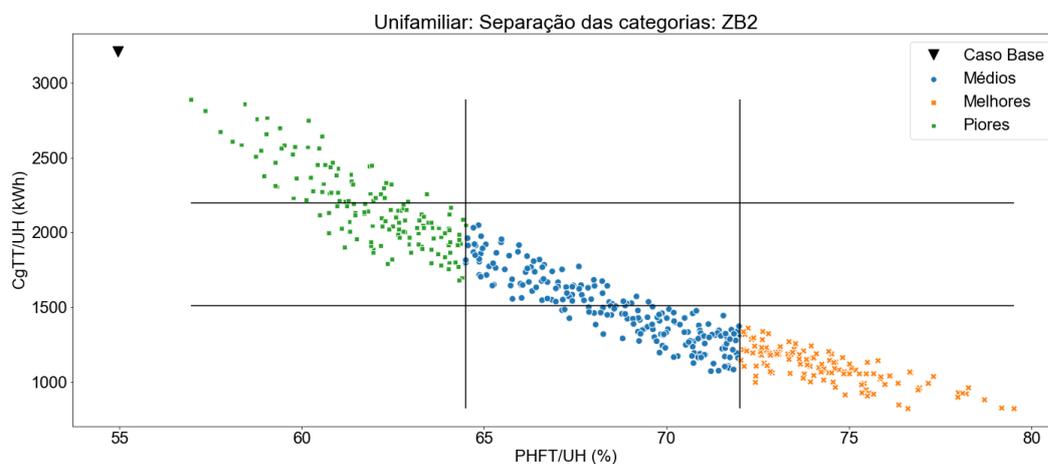
### 3.2.2 Zona bioclimática 2

Os resultados para a zona bioclimática 2 nas três tipologias adotadas são apresentados a seguir.

#### 3.2.2.1 Tipologia unifamiliar

A Figura 22 mostra os resultados dos casos analisados com medidas de eficiência energética para tipologia unifamiliar da ZB2 em comparação ao caso base.

**Figura 22. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB2**



Todos os resultados apresentados mostram um melhor desempenho quando comparados ao o caso base, em ambos os indicadores analisados. Nos melhores casos, o PHFT fica, aproximadamente, entre 72% à 80%, sendo que no caso base se encontra em torno de 55%. Já a carga térmica para os melhores casos apresentou resultados inferiores a 1.500 kWh/ano, sendo o caso base superior a 3.000kWh/ano, ou seja, obtém-se reduções de 50% ou mais na carga térmica com o uso de estratégias de eficiência energética.

A frequência de ocorrência por estratégia está relacionada na Figura 23, e a descrição destas estratégias é apresentada na Tabela 16.

Figura 23. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB2

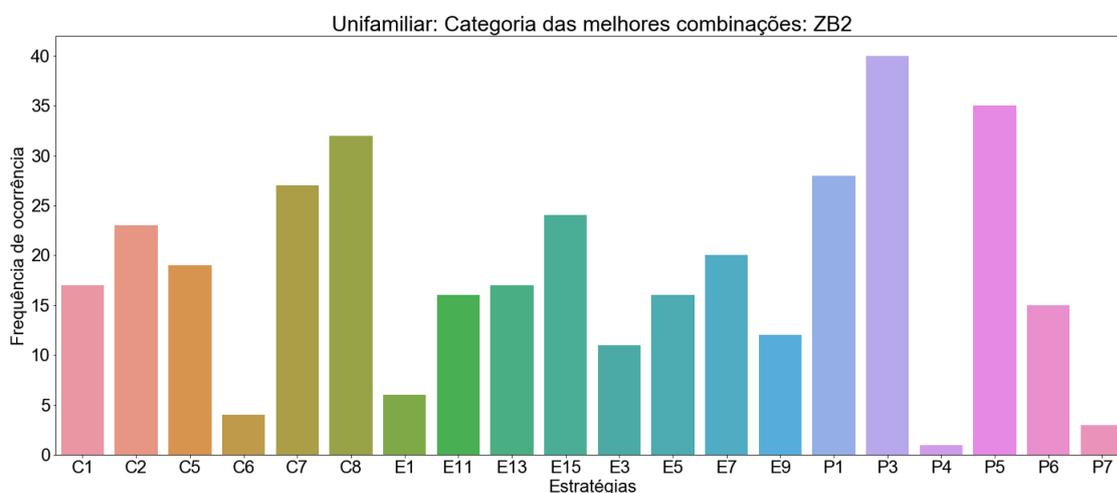


Tabela 16. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 2

Estratégias	IDs	Valores e informações	
Paredes	P	P1	Concreto 10cm com isolante
		P3	Bloco de concreto celular para vedação
		P4	Tijolo 9 furos
		P5	Tijolo 9 furos com isolante
		P6	Parede dupla de Tijolo 6 furos
		P7	Chapa dupla de madeira com isolante
		Cobertura	C
C2	Telha de barro com isolante e laje concreto com EPS		
C5	Laje de concreto com isolante 5cm		
C6	Telha metálica sanduiche e forro de madeira		
C7	Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com EPS		
C8	Cobertura verde extensiva		
Esquadrias	E	E1	$P_{TAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios
		E3	$P_{TAPP}$ de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
		E5	$P_{TAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios
		E7	$P_{TAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala
		E9	$P_{TAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios
		E11	$P_{TAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
		E13	$P_{TAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios
		E15	$P_{TAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{TAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

Alguns tipos de coberturas e, em especial de paredes destacam-se com alta frequência de ocorrência. O maior destaque é da estratégia P3 (parede com bloco de concreto celular),

seguida da estratégia P5 (parede externa em bloco cerâmico de 14cm com isolante) e P1 (concreto com isolante).

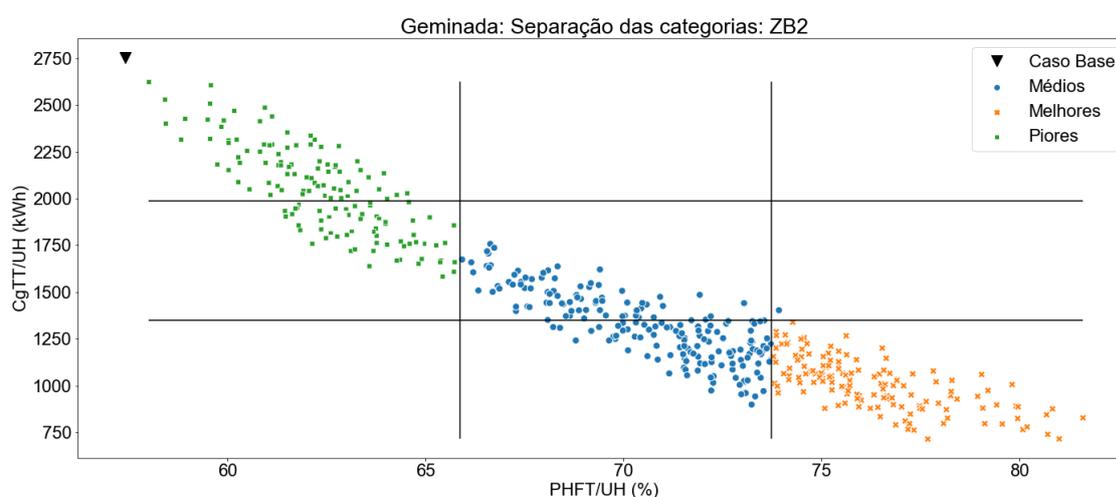
Nas estratégias relacionadas às coberturas, a que teve maior ocorrência foi a estratégia C8 (cobertura verde), seguida da C7 (telha metálica sanduiche com forro de laje concreto c/ EPS). Contudo, as estratégias C1 (Telha de barro com isolante, câmara de ar e forro de madeira), a C2 (telha de barro com isolante e forro de laje de concreto c/ EPS) e a C5 (laje concreto com isolante) também se mostraram relevantes.

As estratégias relacionadas às esquadrias apresentam frequência de ocorrência muito similar. As estratégias que tiveram maior frequência de ocorrência (E7 e E15) apresentaram em comum um fator de ventilação de 0,90 e o uso de venezianas nos dormitórios e estar, onde a diferença destaca-se pelo tamanho da abertura.

### 3.2.2.2 Tipologia casa geminada

Os resultados da tipologia geminada para a ZB2 são mostrados na Figura 24.

Figura 24. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB2



Os resultados com os melhores casos alcançam um PHFT em torno de 74% a 82%, sendo que o resultado de carga térmica fica abaixo de aproximadamente 1300 kWh/ano. O caso base apresenta um PHFT abaixo de 60%, e, aproximadamente, 2750 kWh/ano de carga térmica. Ou seja, as reduções alcançadas na carga térmica com o uso de estratégias de eficiência energética são de no mínimo 50% para os melhores casos.

A Figura 25 mostra a frequência de ocorrência das estratégias presentes nos melhores casos avaliados, e a Tabela 17 apresenta a descrição destas estratégias. O comportamento é muito similar ao que foi descrito na tipologia unifamiliar, com destaque para as mesmas estratégias, portanto, maior impacto às estratégias relacionadas às paredes e coberturas.

Figura 25. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB2

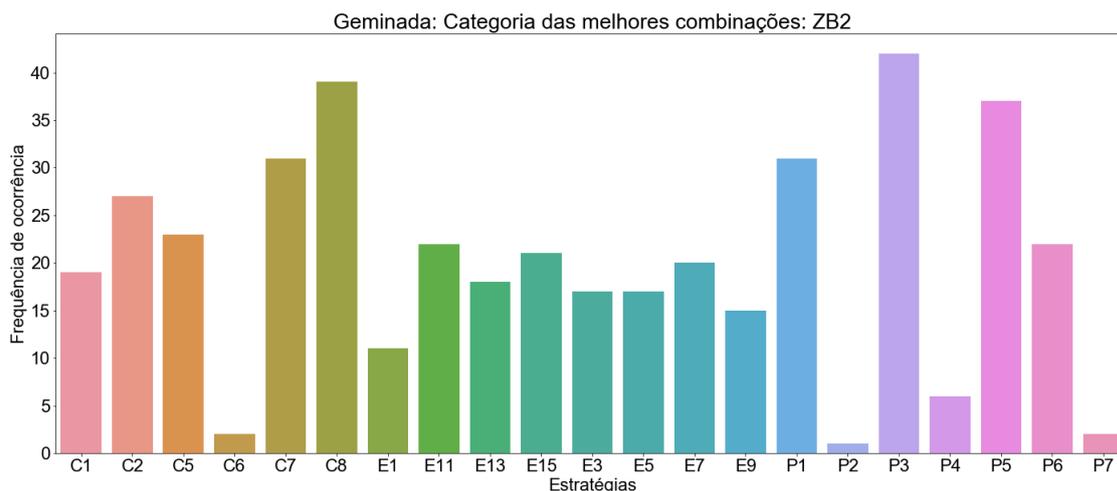


Tabela 17. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 2

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P1	Concreto 10cm com isolante
		P2	Bloco de concreto
		P3	Bloco de concreto celular para vedação
		P4	Tijolo 9 furos
		P5	Tijolo 9 furos com isolante
		P6	Parede dupla de Tijolo 6 furos
		P7	Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1	Telha de barro com isolante e forro de madeira
		C2	Telha de barro com isolante e laje concreto com EPS
		C5	Laje de concreto com isolante 5cm
		C6	Telha metálica sanduiche e forro de madeira
		C7	Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com EPS
		C8	Cobertura verde extensiva
Esquadrias	E	E1	$P_{tAPP}^1$ de 17%, $FV^2$ 0,45 veneziana nos dormitórios
		E3	$P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
		E5	$P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios
		E7	$P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios e sala
		E9	$P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios
		E11	$P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
		E13	$P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios
		E15	$P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

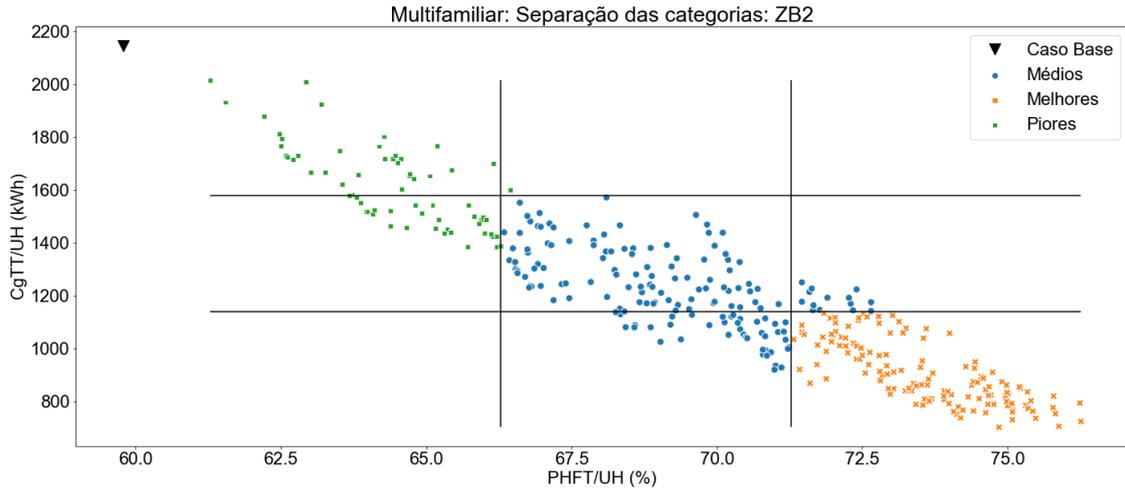
<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup>  $FV$  = fator de ventilação

### 3.2.2.3 Tipologia edifício multifamiliar

Para a tipologia multifamiliar da ZB2 os resultados podem ser vistos na Figura 26.

Figura 26. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB2



Todos as estratégias avaliadas apresentam um melhor desempenho em relação ao caso base. Os melhores casos têm um PHFT acima de 71%, chegando até, aproximadamente, 77% e o valor de carga térmica varia ao redor de 700 kWh/ano a 1.100 kWh/ano. Para estes casos, a redução de carga térmica em relação ao caso base pode ser superior a 50%, e o aumento no PHFT em torno de 20%.

A frequência de ocorrência das estratégias presentes nos melhores casos pode ser vista na Figura 27, e a descrição destas estratégias é apresentada na Tabela 18.

Figura 27. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB2

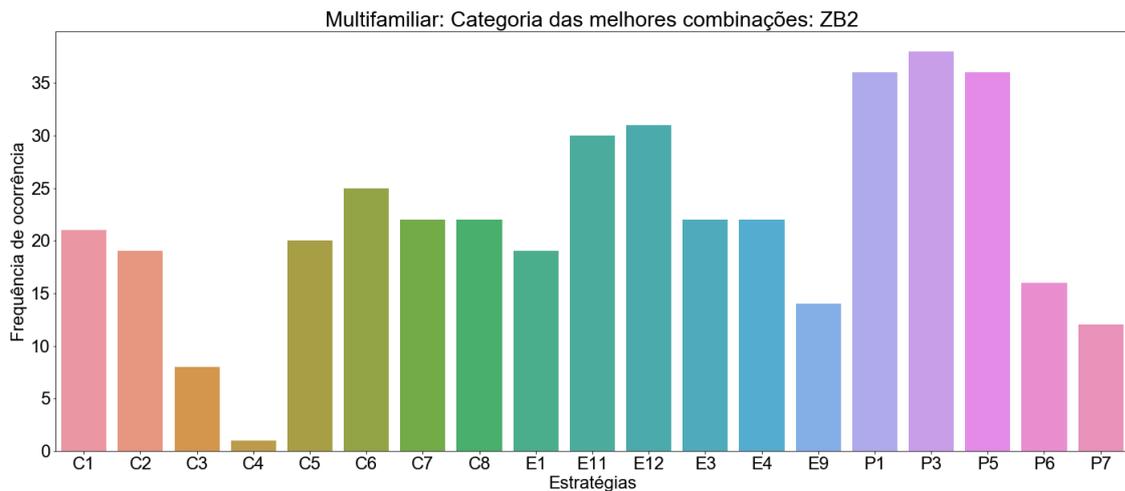


Tabela 18. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 2

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P1 P3 P5	Concreto 10cm com isolante Bloco de concreto celular para vedação Tijolo 9 furos com isolante

		P6 P7	Parede dupla de Tijolo 6 furos Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8	Telha de barro com isolante e forro de madeira Telha de barro com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45), câmara de ar e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60), câmara de ar e forro de madeira Laje de concreto com isolante 5cm Telha metálica sanduiche e forro de madeira Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com EPS Cobertura verde extensiva
Esquadrias	E	E1 E3 E4 E9 E11 E12	$P_{tAPP}^1$ de 17%, $FV^2$ 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada $P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup>  $FV$  = fator de ventilação

As estratégias que mostraram maior destaque são as relacionadas às paredes. As estratégias P3 (parede com bloco de concreto celular), P1(concreto com isolante) e a P5 (parede externa em bloco cerâmico de 14 cm com isolante) apresentaram uma alta frequência de ocorrência. Elas têm em comum uma menor transmitância térmica (abaixo de 1,1 W/m<sup>2</sup>K e capacidade térmica acima de 100 kJ/m<sup>2</sup>K).

Diferente das tipologias unifamiliar e multifamiliar, as estratégias relacionadas às esquadrias são as que despontam maior relevância depois das estratégias relacionadas às paredes, sendo as estratégias E11 e E12 as de maior ocorrência. Elas têm em comum tamanho maior ( $P_{tAPP}$  de 23%) fator de ventilação de 0,45 com veneziana nos dormitórios e sala. A Estratégia E12 considera um brise/sacada na sala. Contudo, as estratégias E1, E3 e E4 também mostram frequência de ocorrência significativa. Tendo em comum aberturas menores com  $P_{tAPP}$  de 17% e fator de ventilação de 0,45. Uma delas apresenta veneziana nos dormitórios, outras duas nos dormitórios e sala, e, a estratégia E4 considera ainda sombreamento com brise/sacada na sala.

As estratégias com menor frequência de ocorrência, como conjunto, são as relacionadas à cobertura, tendo as de maior destaque comportamento muito similar, sendo elas C1 (telha de barro com isolante, câmara de ar e forro de madeira), C2 (telha de barro com isolante e forro de laje de concreto c/ EPS), C5 (laje concreto com isolante), C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira), C7 (telha metálica sanduiche com forro de laje concreto c/ EPS) e C8 (cobertura verde extensiva). Por conta da tipologia, destaca-se que a maior influência desta estratégia de cobertura vai estar presente nas unidades habitacionais do pavimento da cobertura. Em comum, todas as coberturas têm o uso do isolante na construção do seu componente, com exceção da cobertura com teto jardim.

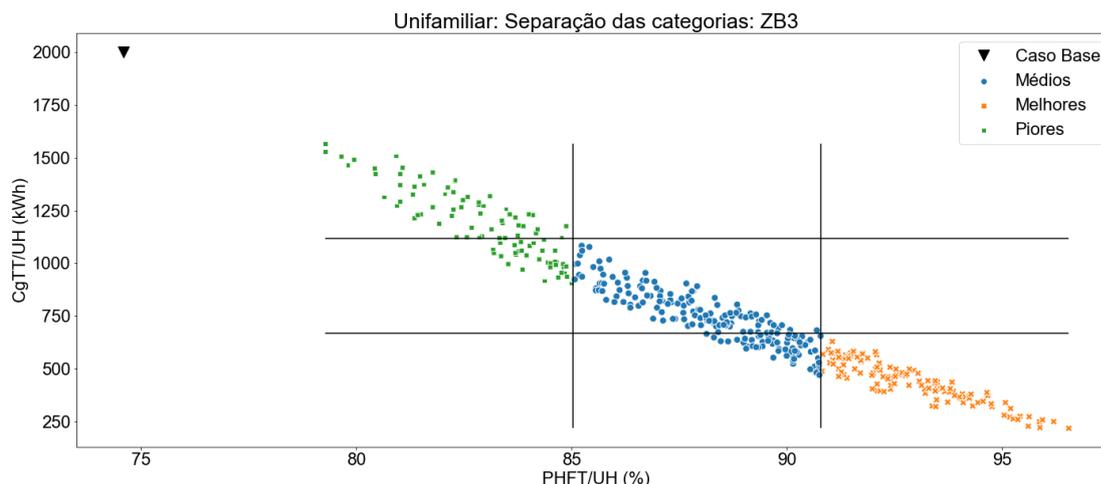
### 3.2.3 Zona bioclimática 3

Os resultados das três tipologias para a zona bioclimática 3 são apresentados a seguir.

#### 3.2.3.1 Tipologia unifamiliar

A Figura 28 mostra os resultados para as estratégias simuladas na tipologia unifamiliar da ZB3, com destaque para o caso base, o qual apresenta o pior desempenho do conjunto.

Figura 28. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB3



Observam-se reduções muito significativas tanto relacionadas ao indicador de PHFT quando de carga térmica, para os melhores casos, quando comparados ao caso base. Nesta zona bioclimática e tipologia, o comportamento dos casos mostra uma correlação linear entre os dois indicadores. Os melhores casos alcançam um PHFT acima de 90% chegando próximo dos 97%, enquanto o valor de carga térmica encontra-se entre 200 kWh/ano e 600 kWh/ano. As reduções da carga térmica com relação ao caso base são da ordem de mais do que 70%. Já o aumento no PHFT nos melhores casos chega a ser superior a 20%.

A Figura 29 mostra a frequência de ocorrência das estratégias presentes nos melhores casos, e a Tabela 19 apresenta a descrição destas estratégias.

Figura 29. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB3

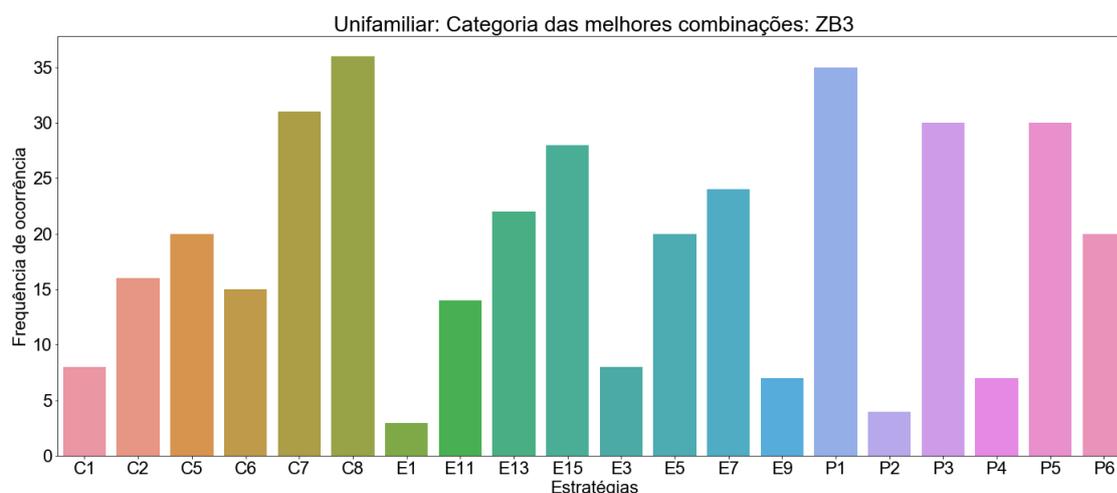


Tabela 19. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 3

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P1 P2 P3 P4 P5 P6	Concreto 10cm com isolante Bloco de concreto Bloco de concreto celular para vedação Tijolo 9 furos Tijolo 9 furos com isolante Parede dupla de Tijolo 6 furos
Cobertura	C	C1 C2 C5 C6 C7 C8	Telha de barro com isolante e forro de madeira Telha de barro com isolante e laje concreto com EPS Laje de concreto com isolante 5cm Telha metálica sanduiche e forro de madeira Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com EPS Cobertura verde extensiva
Esquadrias	E	E1 E3 E5 E7 E9 E11 E13 E15	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

As estratégias de paredes e coberturas têm maior destaque, contudo algumas estratégias relacionadas às esquadrias também mostram alta frequência de ocorrência. As principais estratégias relacionadas às paredes são a P1 (concreto com isolante), P3 (parede com bloco de concreto celular) e a P5 (parede externa em bloco cerâmico de 14 cm com isolante). A P6 (parede dupla de tijolo 6 furos 9 cm x 14 cm x 24 cm) embora com menor frequência, também tem ocorrência significativa. Todas essas paredes têm em comum menor transmitância térmica (abaixo de 1,3 W/m<sup>2</sup>K e capacidade térmica acima de 100 kJ/m<sup>2</sup>K). A menor ocorrência nas estratégias de paredes, nos melhores casos, são as paredes P2 (bloco de concreto 19 cm) e P4 (bloco cerâmico de 14 cm).

Nas estratégias das paredes P1 e P5, presentes nos melhores casos, apresenta-se o uso de isolamento. Essas estratégias têm o potencial de desempenho apresentado no estudo, contudo vale lembrar que o usuário considerado na simulação tem um comportamento adequado na abertura e fechamento de janelas em função da temperatura externa, conforme a NBR 15575. Desta forma, o potencial da estratégia de isolamento depende da influência do comportamento do usuário, especialmente, quando associado a componentes de maior capacidade térmica como a parede de concreto (P1).

Das estratégias relacionadas à cobertura, a que apresenta maior ocorrência é a C8 (cobertura verde), seguida da C7 (telha metálica sanduiche com forro de laje concreto c/ EPS). Tem menor destaque as estratégias C5 (laje concreto com isolante), C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira) e C2 (telha de barro com isolante e forro de laje de concreto c/ EPS). E, finalmente, poucos casos consideram a estratégia C1 (telha de barro com isolante, câmara de ar e forro de madeira).

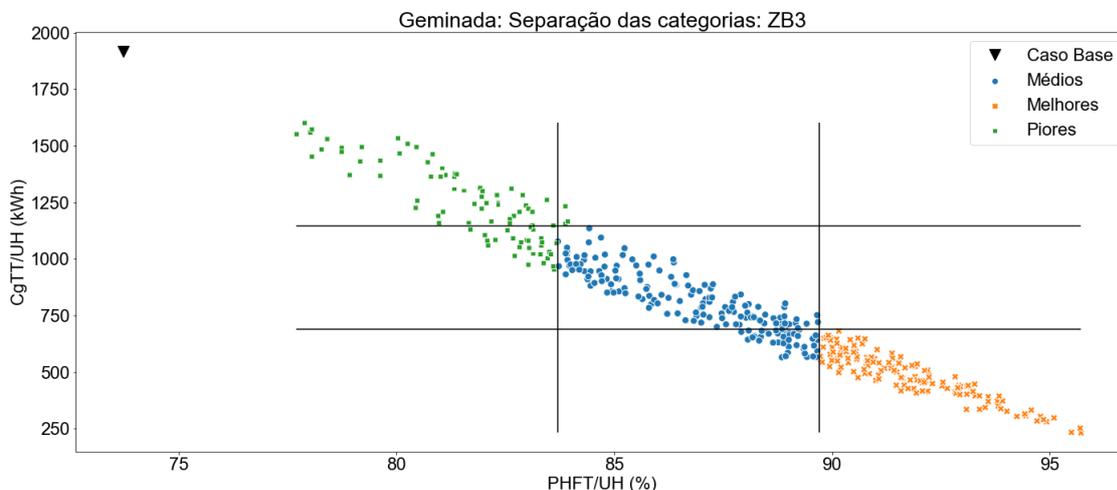
Com relação às esquadrias, destaca-se, principalmente, as estratégias E13, E15, E5 e E7. As estratégias E5 e E7 apresentam um percentual de elementos transparentes com relação

ao piso do ambiente de 17%, já as E13 e E15 de 23%. As estratégias destacadas têm fator de ventilação (FV) do 90%, duas delas têm sombreamento somente de venezianas nos dormitórios, e as outras 2 venezianas nos dormitórios e sala.

### 3.2.2.2 Tipologia casa geminada

Os resultados da tipologia geminada para a ZB3 são mostrados na Figura 30.

Figura 30. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB3



Para a tipologia geminada na ZB3, os melhores casos alcançam um PHFT acima de 90% até aproximadamente 96%, e os valores de carga térmica por unidade habitacional apresentam valores inferiores a 750 kWh/ano.

A Figura 31 mostra a predominância de estratégias presentes nos melhores casos analisados, e a Tabela 20 a descrição destas estratégias.

Figura 31. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia geminada na ZB3

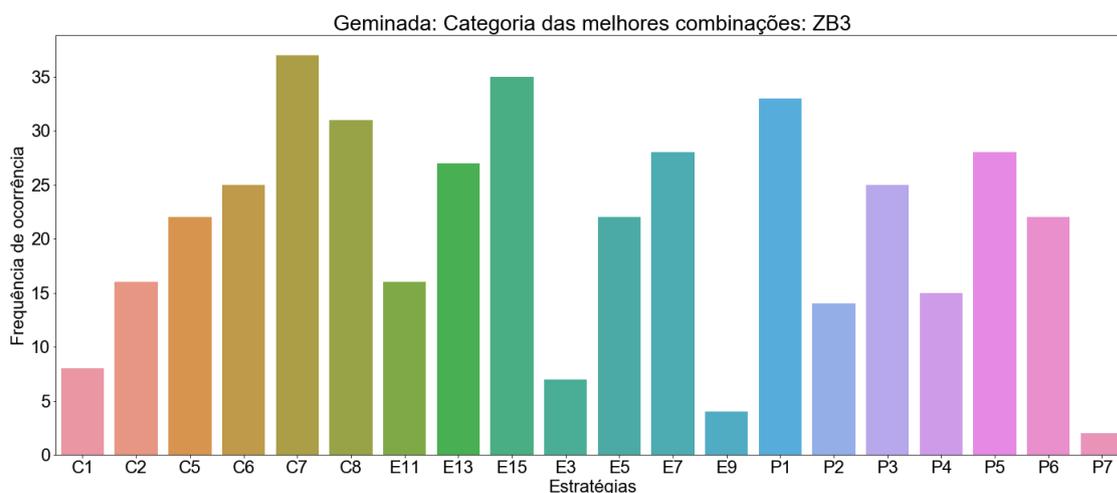


Tabela 20. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 3

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P1	Concreto 10cm com isolante
		P2	Bloco de concreto
		P3	Bloco de concreto celular para vedação
		P4	Tijolo 9 furos
		P5	Tijolo 9 furos com isolante
		P6	Parede dupla de Tijolo 6 furos
		P7	Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1	Telha de barro com isolante e forro de madeira
		C2	Telha de barro com isolante e laje concreto com EPS
		C5	Laje de concreto com isolante 5cm
		C6	Telha metálica sanduiche e forro de madeira
		C7	Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com EPS
		C8	Cobertura verde extensiva
Esquadrias	E	E3	$P_{tAPP}^1$ de 17%, $FV^2$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
		E5	$P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios
		E7	$P_{tAPP}$ de 17%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios e sala
		E9	$P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios
		E11	$P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
		E13	$P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios
		E15	$P_{tAPP}$ de 23%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

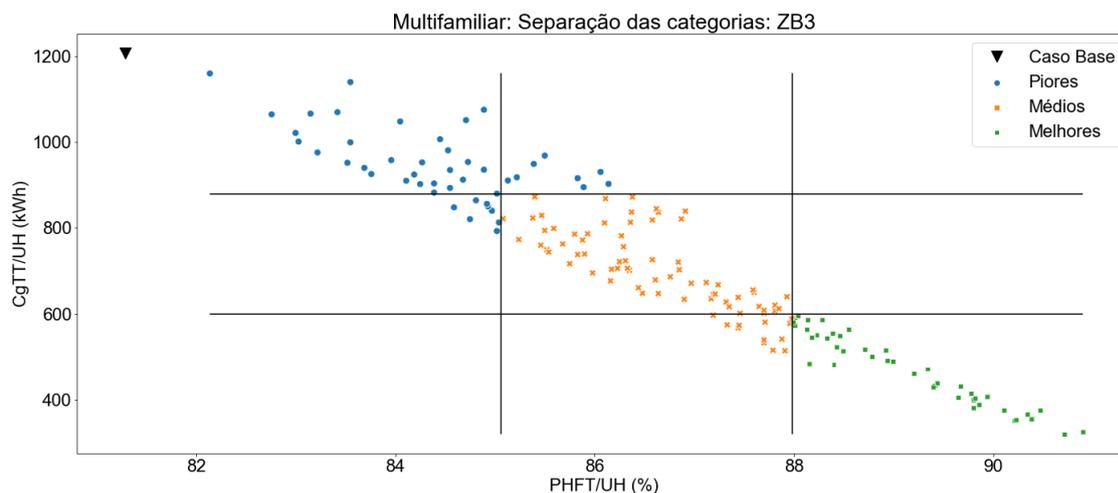
<sup>2</sup>  $FV$  = fator de ventilação

O comportamento da tipologia geminada se mostra similar ao comportamento da tipologia unifamiliar. Uma das diferenças entre as duas tipologias é que as paredes P2 e P4 mostram maior frequência de ocorrência nesta tipologia quando comparada à unifamiliar e que mais estratégias de cobertura mostram frequência de ocorrência significativa. Também, as estratégias de esquadrias mostram maior destaque nesta tipologia quando comparadas com a tipologia unifamiliar.

### 3.2.2.3 Tipologia edifício multifamiliar

Os resultados da tipologia multifamiliar para a zona bioclimática 3 podem ser observados na Figura 32 a seguir.

Figura 32. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB3



Todos os casos avaliados mostram um desempenho muito superior ao caso base. Os melhores casos encontram-se com carga térmica inferior a 600 kWh/ano, chegando até, aproximadamente, 300 kWh/ano com PHFT entre 88% e 91%. O uso de estratégias de eficiência energética nos projetos significa uma redução na carga térmica entre 50% à 75%. As estratégias de eficiência energética presentes nos melhores casos encontram-se na Figura 33, e a descrição destas estratégias é apresentada na Tabela 21.

Figura 33. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB3

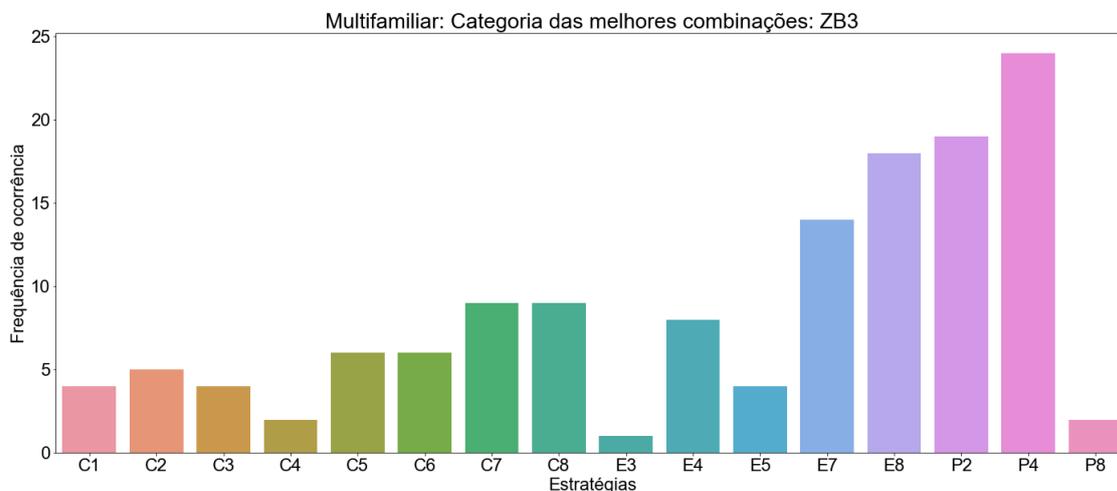


Tabela 21. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 3

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P2 P4 P8	Bloco de concreto Tijolo 9 furos Tijolo maciço 10 cm
Cobertura	C	C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8	Telha de barro com isolante e forro de madeira Telha de barro com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) e forro de madeira Laje de concreto com isolante 5cm Telha metálica sanduiche e forro de madeira Telha metálica sanduiche e forro laje concreto com EPS Cobertura verde extensiva
Esquadrias	E	E3 E4 E5 E7 E8	$P_{IAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{IAPP}$ de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada $P_{IAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{IAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{IAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada

<sup>1</sup>  $P_{IAPP}$  = percentual de elementos transparente com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

A tipologia multifamiliar mostra um destaque significativo para as estratégias relacionadas às paredes e esquadrias frente às estratégias da cobertura. Das estratégias relacionadas às paredes, destacam-se com elevada frequência principalmente a P4 (bloco cerâmico de 14 cm) e também a P2 (Bloco de concreto de 19 cm).

Das estratégias referentes às esquadrias, destacam-se a E8 e E7. Ambas apresentam o tamanho de 17% com relação às áreas dos ambientes, fator de ventilação de 0,90 com

veneziana nos dormitórios e sala, onde a E8 apresenta ainda brise/sacada na sala. Com menor frequência de ocorrência encontra-se a estratégia E4, com FV de 0,45 com brise/sacada na sala e veneziana nos dormitórios e sala.

As estratégias da cobertura apresentam menor destaque, e a maior frequência de ocorrência é apresentada para as estratégias C8 (cobertura verde), C7 (telha metálica sanduiche com forro de laje concreto c/ EPS), seguido das estratégias C5 (laje concreto com isolante) e C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira). De forma geral, novamente, observa-se que tem em comum o uso de isolante, com exceção da cobertura com telhado verde que se mostrou como a estratégia com maior ocorrência.

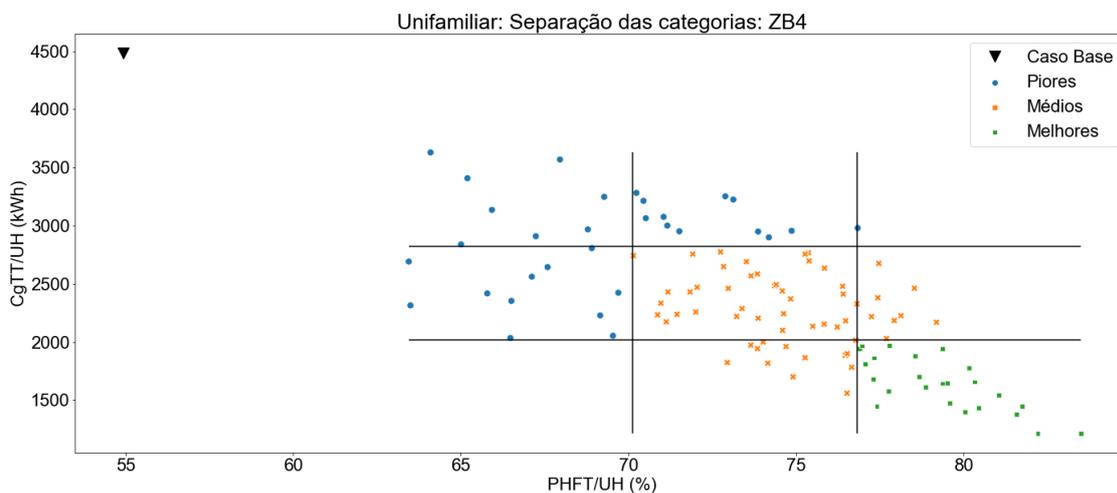
### 3.2.4 Zona bioclimática 4

Os resultados nas três tipologias para a zona bioclimática 4 são apresentados a seguir.

#### 3.2.4.1 Tipologia unifamiliar

A Figura 34 mostra os resultados para as estratégias simuladas na tipologia unifamiliar da ZB4. O caso base apresenta o pior desempenho. Os melhores casos alcançam um PHFT acima de 77%, chegando próximo aos 83%, enquanto a carga térmica se encontra entre 2.000 kWh/ano e 1.200 kWh/ano. As reduções da carga térmica com relação ao caso base são da ordem de 55% até 74%.

Figura 34. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB4



A maior frequência de ocorrência ficou para uma estratégia relacionada à cobertura e uma relacionada às paredes. A C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira), cobertura com baixa capacidade térmica e baixa absorvância solar (0,3); e a P3 (parede com bloco de concreto celular). Com relação às esquadrias, a que mais apresentou destaque foi a E15 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e sala). Seguidas dessas estratégias tiveram destaque para as paredes a P7 (dupla de madeira com isolante) e a esquadria E7 ( $P_{tAPP}$  de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala). As outras estratégias de paredes, coberturas e esquadrias presentes tiveram frequência de ocorrência similar.

Figura 35 mostra a frequência de ocorrência das estratégias presentes nos melhores casos, e a Tabela 22 apresenta a descrição destas estratégias.

A maior frequência de ocorrência ficou para uma estratégia relacionada à cobertura e uma relacionada às paredes. A C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira), cobertura com baixa capacidade térmica e baixa absorvância solar (0,3); e a P3 (parede com bloco de concreto celular). Com relação às esquadrias, a que mais apresentou destaque foi a E15 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e sala). Seguidas dessas estratégias tiveram destaque para as paredes a P7 (dupla de madeira com isolante) e a esquadria E7 ( $P_{tAPP}$  de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala). As outras estratégias de paredes, coberturas e esquadrias presentes tiveram frequência de ocorrência similar.

Figura 35. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB4

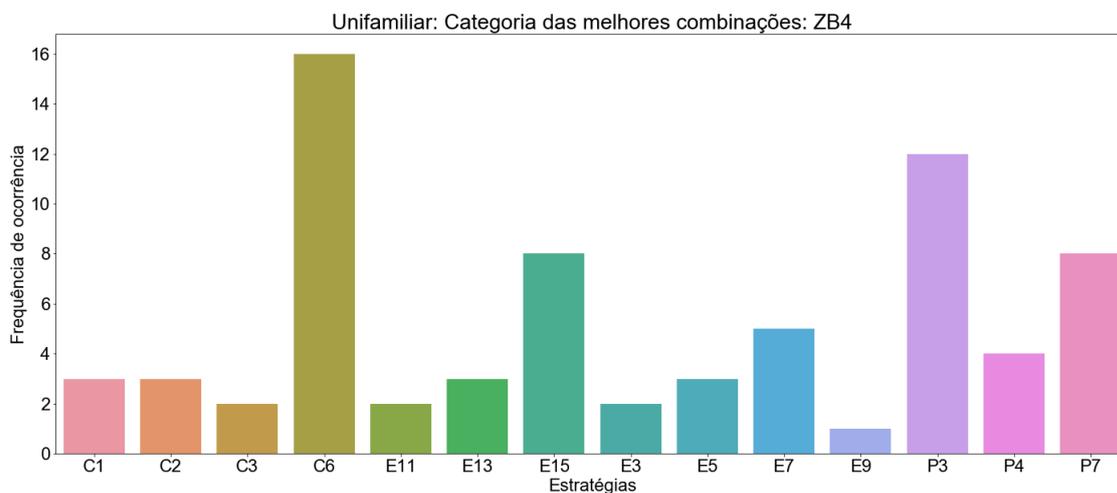


Tabela 22. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 4

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P3 P4 P7	Bloco de concreto celular para vedação Tijolo 9 furos Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1 C2 C3 C6	Telha de barro com isolante e forro de madeira Telha de barro com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha metálica sanduiche e forro de madeira
Esquadrias	E	E3 E5 E7 E9 E11 E13 E15	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, Fator de ventilação (FV) 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

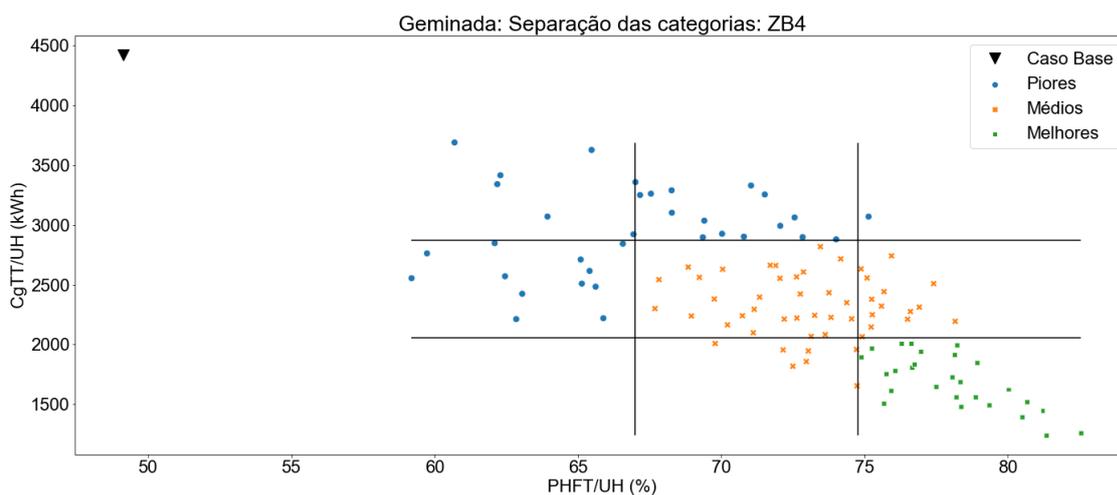
<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

### 3.2.4.2 Tipologia casa geminada

Os resultados da tipologia geminada para a ZB4 são mostrados na

Figura 36.

Figura 36. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB4



Os melhores casos alcançam um PHFT acima de 75%, até aproximadamente 83%. Os valores de carga térmica por unidade habitacional apresentam valores de aproximadamente 2000 kWh/ano chegando a menos de 1500kWh/ano.

A Figura 37 mostra as estratégias presentes nos melhores casos analisados, e o comportamento da tipologia geminada é similar ao comportamento da tipologia unifamiliar com relação às principais estratégias destacadas. As maiores frequências de ocorrência ficaram para estratégias relacionadas às paredes e cobertura.

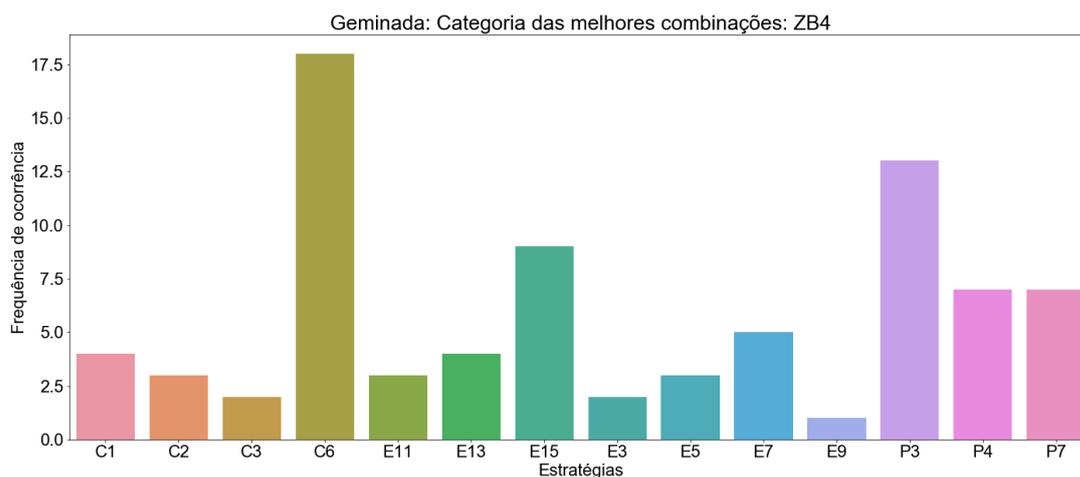
Nas estratégias relacionadas às paredes, a maior frequência de ocorrência é a P3 (parede com bloco de concreto celular), seguida da P7(chapa dupla de madeira com isolante) e P4 (bloco cerâmico de 14 cm).

Das estratégias relacionadas às coberturas, a estratégia C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira) apresenta maior ocorrência.

Com relação às esquadrias, a maior frequência de ocorrência é a estratégia E15 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar), seguida da E7 ( $P_{tAPP}$  de 17% com FV 0,90 e veneziana nos dormitórios e estar) e E13 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios). Nas esquadrias, o fator de ventilação de 90% foi um ponto em comum entre as que tiveram maior ocorrência.

Tabela 23 apresenta a descrição destas estratégias.

Figura 37. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB4



O comportamento da tipologia geminada é similar ao comportamento da tipologia unifamiliar com relação às principais estratégias destacadas. As maiores frequências de ocorrência ficaram para estratégias relacionadas às paredes e cobertura.

Nas estratégias relacionadas às paredes, a maior frequência de ocorrência é a P3 (parede com bloco de concreto celular), seguida da P7(chapa dupla de madeira com isolante) e P4 (bloco cerâmico de 14 cm).

Das estratégias relacionadas às coberturas, a estratégia C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira) apresenta maior ocorrência.

Com relação às esquadrias, a maior frequência de ocorrência é a estratégia E15 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar), seguida da E7 ( $P_{tAPP}$  de 17% com FV 0,90 e veneziana nos dormitórios e estar) e E13 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios). Nas esquadrias, o fator de ventilação de 90% foi um ponto em comum entre as que tiveram maior ocorrência.

Tabela 23. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 4

Estratégias	IDs	Valores e informações
Paredes	P	P3 Bloco de concreto celular para vedação P4 Tijolo 9 furos P7 Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1 Telha de barro com isolante e forro de madeira C2 Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS

		C3	Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira
		C6	Telha metálica ( $\alpha$ 0,3) sanduiche e forro de madeira
Esquadrias	E	E3	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
		E5	$P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios
		E7	$P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala
		E9	$P_{tAPP}$ de 23%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos dormitórios
		E11	$P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
		E13	$P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios
		E15	$P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

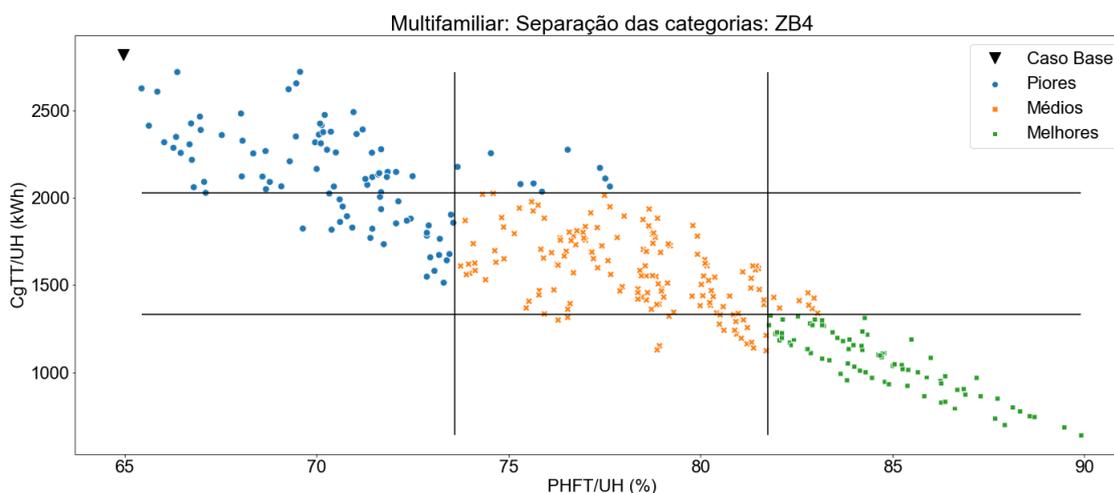
<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentuais de abertura com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

### 3.2.4.3 Tipologia edifício multifamiliar

Os resultados da tipologia multifamiliar para a zona bioclimática 4 podem ser observados na Figura 38 a seguir.

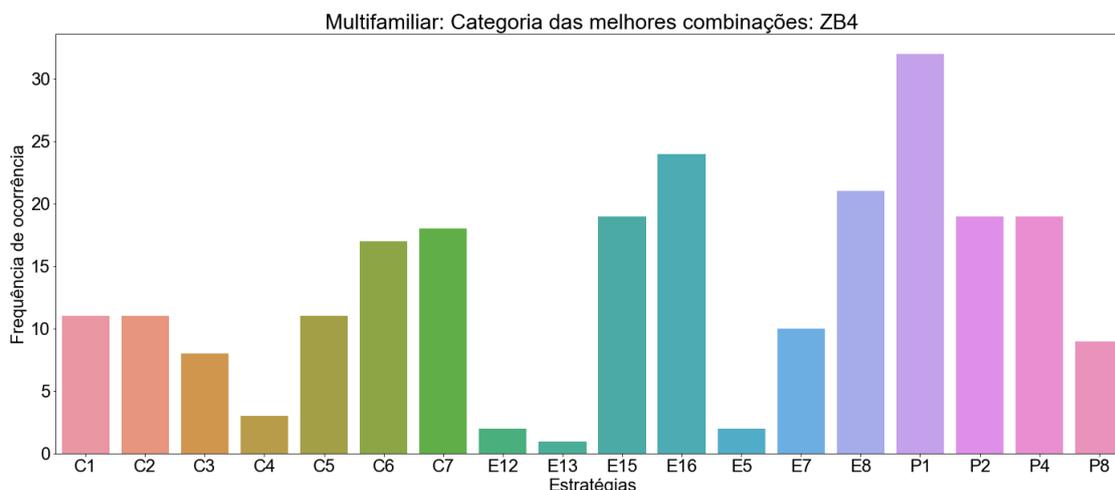
Figura 38. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB4



Todos os casos avaliados mostram desempenho superior ao caso base, embora alguns deles fiquem com um desempenho próximo ao caso base. Contudo, os casos que mostram os melhores resultados têm melhoria significativa em ambos os indicadores, pois encontram-se com valores de carga térmica abaixo de 1400 kWh/ano chegando até aproximadamente 600 kWh/ano, com PHFT entre 82% à 90%.

As estratégias de eficiência energética presentes nos melhores casos se encontram na Figura 39, e a descrição destas estratégias na Tabela 24.

Figura 39. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB4



**Tabela 24. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 4**

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P1 P2 P4 P8	Concreto 10cm com isolante Bloco de concreto Tijolo 9 furos Tijolo maciço 10 cm
Cobertura	C	C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com barreira radiante e forro de madeira Laje de concreto ( $\alpha$ 0,50) com isolante 5cm Telha metálica sanduiche ( $\alpha$ 0,30) e forro de madeira Telha metálica sanduiche ( $\alpha$ 0,30) e forro laje concreto com EPS
Esquadrias	E	E5 E7 E8 E12 E13 E15 E16	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

Diferentes estratégias relacionadas às paredes, coberturas e esquadrias encontram-se presentes nos melhores casos. Com relação às estratégias relacionadas às paredes a maior frequência de ocorrência está na estratégia P1 (concreto com isolante), seguidas em igual proporção das estratégias P2 (Bloco de concreto de 19cm) e P4 (bloco cerâmico de 14cm).

Das estratégias referentes às esquadrias destacam-se a E15 e E16. Ambas apresentam tamanho de 23% com relação às áreas dos ambientes, fator de ventilação de 0,90 com veneziana nos dormitórios e sala, onde a E16 apresenta brise/sacada na sala.

As estratégias da cobertura com maior frequência de ocorrência nos melhores casos são a C7 (telha metálica sanduiche com forro de laje concreto c/ EPS) e C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira) com similar proporção, ambas com baixa absorvância, seguido das estratégias C5 (laje concreto com isolante), C2 (telha de barro

com isolante, câmara de ar e laje c/ EPS) e C1 (telha de barro com isolante, câmara de ar e forro de madeira 1 cm).

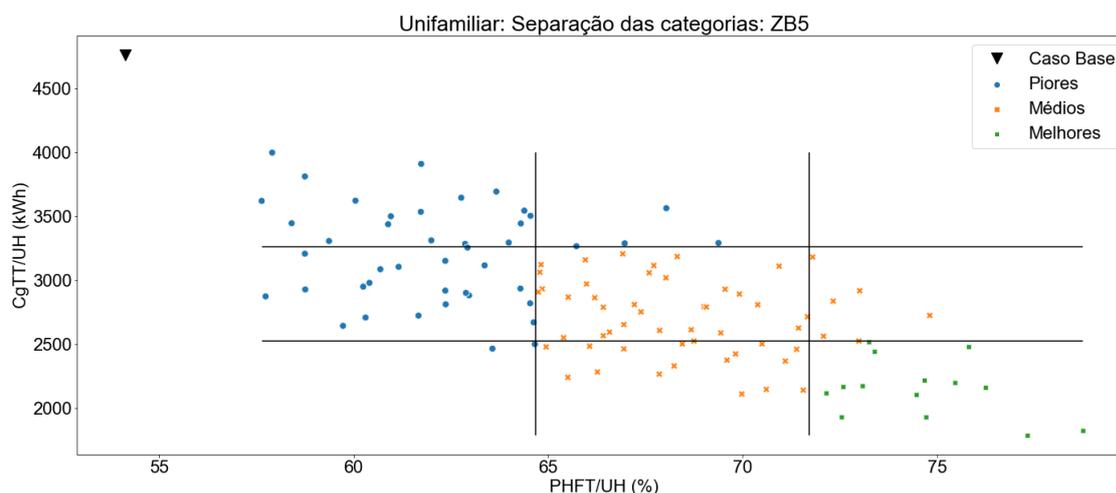
### 3.2.5 Zona bioclimática 5

Os resultados da zona bioclimática 5 para as três tipologias são mostrados a seguir.

#### 3.2.5.1 Tipologia unifamiliar

As estratégias simuladas na tipologia unifamiliar da ZB5 são mostradas na Figura 40.

Figura 40. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB5



Para a tipologia unifamiliar na ZB5, todos os resultados das estratégias avaliadas mostram uma carga térmica inferior e maior PHFT quando comparado ao caso base. Os melhores resultados alcançam um PHFT entre 72%, aproximando de 80%, diferindo do caso base que mostra um PHFT em torno de 54%. Os resultados de carga térmica dos melhores casos ficam entre 2.500 kWh/ano a aproximadamente 1.800 kWh/ano, enquanto o caso base tem uma carga térmica em torno de 4.600 kWh/ano.

As estratégias presentes nos melhores casos são apresentadas na Figura 41, e a descrição destas estratégias na Tabela 25. A maior frequência de ocorrência com maior destaque ficou para uma estratégia relacionada à cobertura e uma relacionada às esquadrias.

O maior destaque ficou para a estratégia C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira), cobertura que apresenta baixa capacidade térmica e baixa absorvância solar (0,3). As outras estratégias presentes relacionadas à cobertura apresentaram baixa frequência de ocorrência (C1, C2 e C3).

Das estratégias com relação às esquadrias a que apresentou maior destaque foi a E15 ( $P_{IAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar), seguida da E13 ( $P_{IAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios), e em menor proporção a E5 e E7, as quais se referem a aberturas com menor dimensão.

Das estratégias relacionadas à parede, a P3 (parede com bloco de concreto celular) e a P7 (parede dupla de madeira com isolante) mostraram maior destaque.

Figura 41. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB5

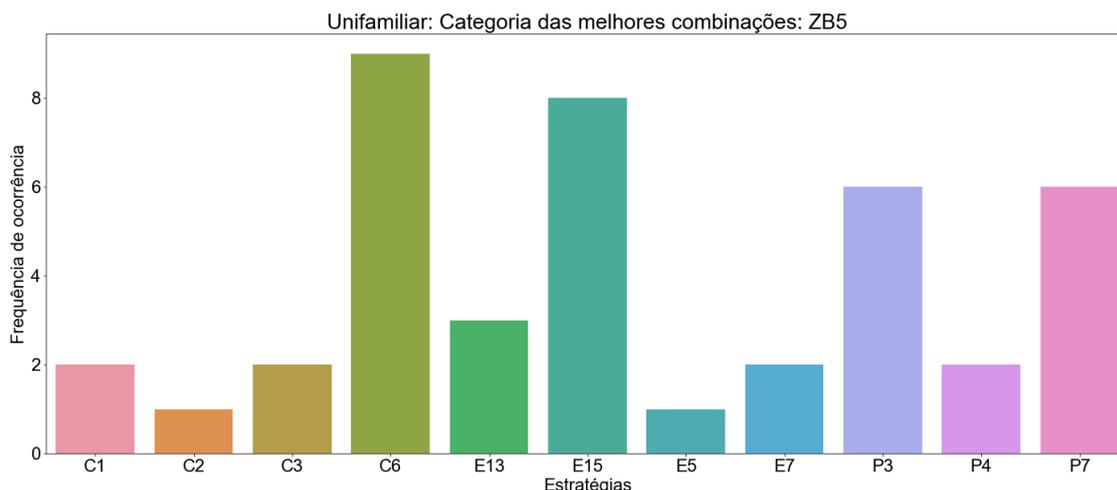


Tabela 25. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência nos melhores casos para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 5

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P3 P4 P8	Bloco de concreto celular para vedação Tijolo 9 furos Tijolo maciço 10 cm
Cobertura	C	C1 C2 C3 C6	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro de madeira
Esquadrias	E	E5 E7 E13 E15	$P_{IAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{IAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{IAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{IAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{IAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

O maior destaque ficou para a estratégia C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira), cobertura que apresenta baixa capacidade térmica e baixa absorção solar (0,3). As outras estratégias presentes relacionadas à cobertura apresentaram baixa frequência de ocorrência (C1, C2 e C3).

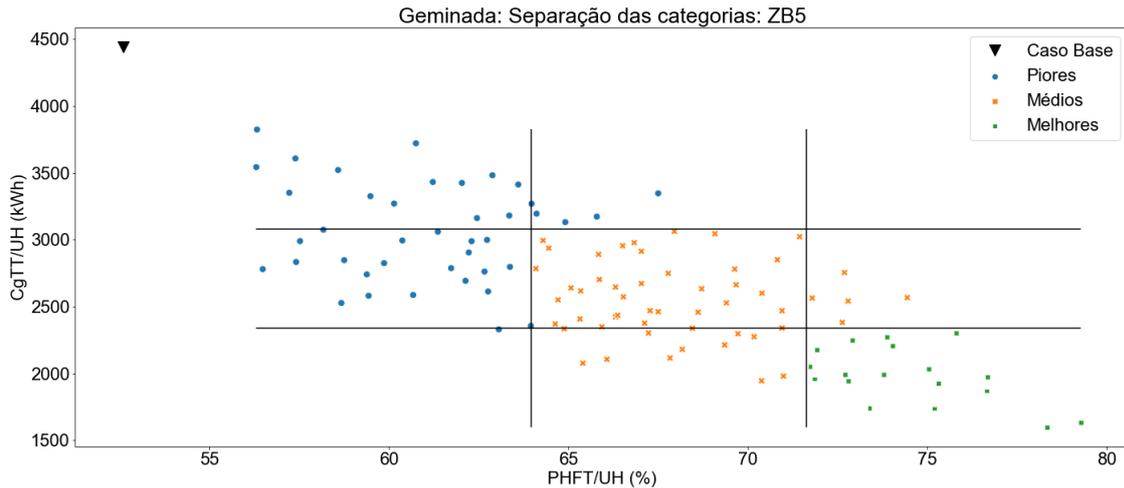
Das estratégias com relação às esquadrias a que apresentou maior destaque foi a E15 ( $P_{IAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar), seguida da E13 ( $P_{IAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios), e em menor proporção a E5 e E7, as quais se referem a aberturas com menor dimensão.

Das estratégias relacionadas à parede, a P3 (parede com bloco de concreto celular) e a P7 (parede dupla de madeira com isolante) mostraram maior destaque.

### 3.2.5.2 Tipologia casa geminada

A Figura 42 apresenta os resultados da tipologia geminada para a ZB5.

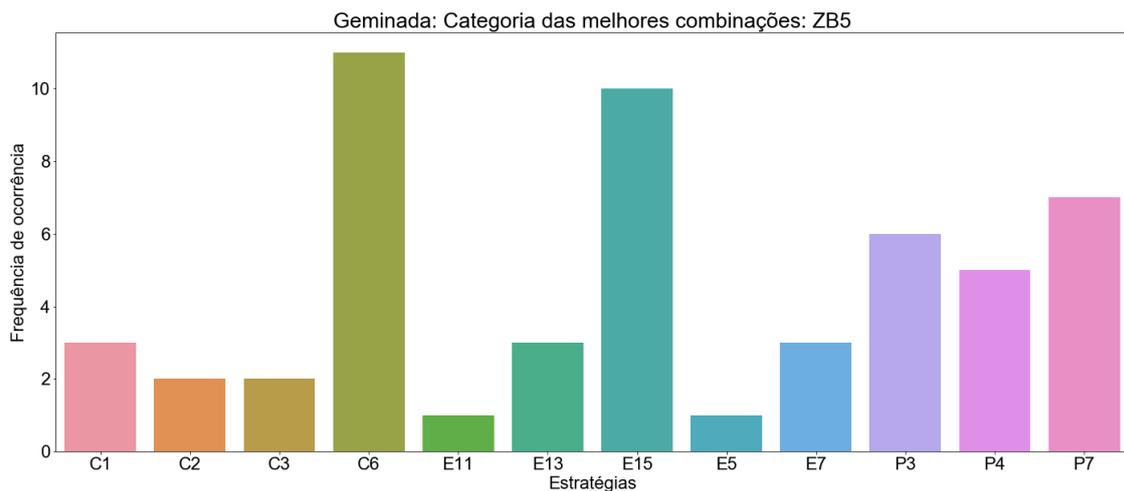
Figura 42. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB5



Os resultados mostram uma dispersão bastante similar à observada na tipologia unifamiliar. O indicador de PHFT para os melhores resultados apresenta valores entre 72% à aproximadamente 80%. Os resultados de carga térmica, são levemente inferiores aos da tipologia unifamiliar. Os melhores casos ficam entre 2400 kWh/ano a aproximadamente 1500 kWh/ano, enquanto o caso base apresenta uma carga térmica em torno de 4500 kWh/ano.

A Figura 43 mostra as estratégias presentes nos melhores casos, e a Tabela 26 apresenta a descrição destas estratégias.

Figura 43. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB5



As estratégias destacadas são muito similares às observadas na tipologia unifamiliar, com diferença para uma maior frequência de ocorrência da parede P7 (chapa dupla de madeira com isolante). A estratégia com maior destaque no geral, foi a C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira). As outras estratégias relacionadas à cobertura tiveram menor frequência de ocorrência.

Dentre as alternativas das esquadrias, a que apresentou o maior destaque foi para a estratégia E15 ( $P_{TAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar), seguida da E13 ( $P_{TAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios) e a E7, com aberturas de menor dimensão e FV de 0,90. Em comum têm um fator de ventilação de 90%.

Das estratégias relacionadas à parede, a P7 (parede dupla de madeira com isolante) conforme colocado, apresentou a maior ocorrência, seguida da P3 (parede com bloco de concreto celular) e com menor ocorrência a P4 (bloco cerâmico de 14 cm).

**Tabela 26. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 5**

<b>Estratégias</b>	<b>IDs</b>		<b>Valores e informações</b>
Paredes	P	P3 P4 P7	Bloco de concreto celular para vedação Tijolo 9 furos Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1 C2 C3 C6	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro de madeira
Esquadrias	E	E5 E7 E11 E13 E15	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

As estratégias destacadas são muito similares às observadas na tipologia unifamiliar, com diferença para uma maior frequência de ocorrência da parede P7 (chapa dupla de madeira com isolante). A estratégia com maior destaque no geral, foi a C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira). As outras estratégias relacionadas à cobertura tiveram menor frequência de ocorrência.

Dentre as alternativas das esquadrias, a que apresentou o maior destaque foi para a estratégia E15 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar), seguida da E13 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios) e a E7, com aberturas de menor dimensão e FV de 0,90. Em comum têm um fator de ventilação de 90%.

Das estratégias relacionadas à parede, a P7 (parede dupla de madeira com isolante) conforme colocado, apresentou a maior ocorrência, seguida da P3 (parede com bloco de concreto celular) e com menor ocorrência a P4 (bloco cerâmico de 14 cm).

### 3.2.5.3 Tipologia edifício multifamiliar

Para a zona bioclimática 5, os resultados da tipologia multifamiliar podem ser observados na Figura 44 a continuação.

Os casos que mostram os melhores resultados encontram-se com carga térmica inferior a 2.000 kWh/ano, chegando até, aproximadamente, 1.500 kWh/ano com PHFT entre 72% a 78%.

Os melhores casos com as estratégias de eficiência energética são apresentados na Figura 45, e a Tabela 27 apresenta a descrição destas estratégias.

Figura 44. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB5

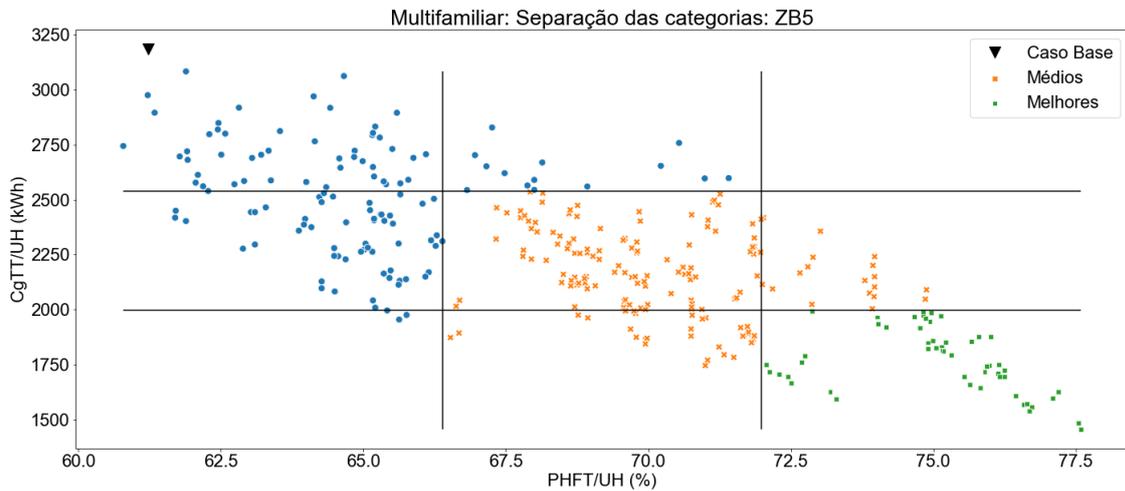


Figura 45. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB5

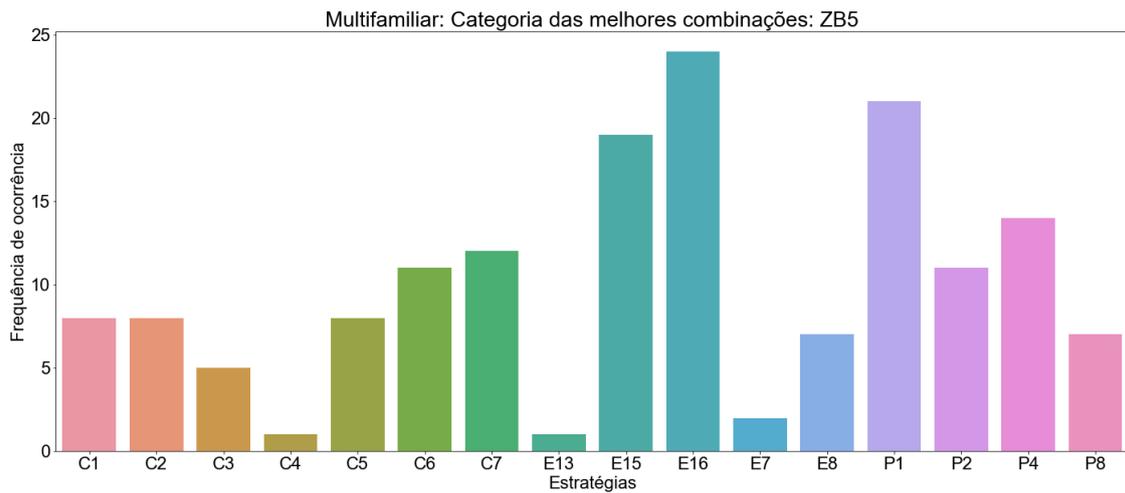


Tabela 27. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 5

Estratégias	IDs	Valores e informações
Paredes	P	P1 Concreto 10cm com isolante P2 Bloco de concreto P4 Tijolo 9 furos P8 Tijolo maciço 10 cm
Cobertura	C	C1 Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira C2 Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS C3 Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira C4 Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) e forro de madeira C5 Laje de concreto ( $\alpha$ 0,50) com isolante 5cm C6 Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro de madeira C7 Telha metálica ( $\alpha$ 0,60) sanduiche e forro laje concreto com EPS
Esquadrias	E	E7 $P_{IAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,90 veneziana nos dormitórios e sala E8 $P_{IAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada E13 $P_{IAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios E15 $P_{IAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala E16 $P_{IAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada

<sup>1</sup>  $P_{IAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

Observa-se maior frequência nas estratégias relacionadas às esquadrias para esta tipologia, destacando-se a E16 e E15, sendo a E15 também presente nas outras tipologias desta zona bioclimática. Ambas têm em comum o tamanho de 23% com relação às áreas dos ambientes, fator de ventilação de 0,90 com veneziana nos dormitórios e sala, onde a E16 apresenta brise/sacada na sala.

A maior frequência de ocorrência para as estratégias da cobertura é apresentada nas estratégias C7 (telha metálica sanduiche com forro de laje concreto c/ EPS) e C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira) quase na mesma proporção, seguido das estratégias C5 (laje concreto com isolante) e C2 (telha de barro com isolante, câmara de ar e laje c/ EPS) e C1 (telha de barro com isolante, câmara de ar e forro de madeira 1 cm).

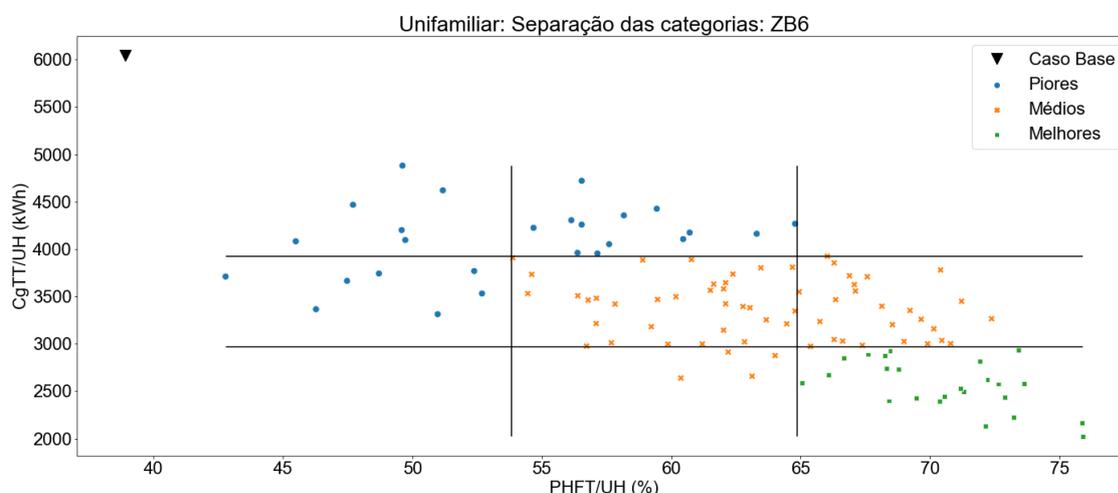
### 3.2.6 Zona bioclimática 6

Para as três tipologias são mostrados os resultados da zona bioclimática 6.

#### 3.2.6.1 Tipologia unifamiliar

A Figura 46 mostra os resultados das estratégias simuladas na tipologia unifamiliar da ZB6.

Figura 46. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB6



Todos os resultados das estratégias analisadas mostram resultados melhores em relação a ambos indicadores com relação ao caso base, o qual apresenta um PHFT ao redor de 38%, e com carga térmica em torno de 6.000 kWh/ano. Já os melhores casos analisados têm um PHFT entre 65% à 76%, e os resultados de carga térmica com valores entre 3.000 kWh/anos a aproximadamente 2.000 kWh/ano.

A Figura 47 mostra as estratégias presentes nos melhores casos, e a Tabela 28 apresenta a descrição destas estratégias.

Na tipologia unifamiliar da ZB6, a maior frequência de ocorrência apresentou-se para uma estratégia relacionada à cobertura. De forma similar à tipologia unifamiliar na zona bioclimática 5, o maior destaque ficou para a estratégia C6 (telha metálica sanduiche com baixa absorvância solar, câmara de ar e forro de madeira). As outras estratégias com alta frequência de ocorrência foram para duas estratégias de parede (P3 e P7) e uma relacionada às esquadrias (E15). A estratégia P3 (parede com bloco de concreto celular) é seguida da estratégia P7 (parede dupla de madeira com isolante), e com menor frequência

pela P4 (bloco cerâmico de 14 cm), sendo as mesmas estratégias presentes nesta tipologia na ZB5. As paredes P3 e P7 tem em comum uma menor transmitância térmica, abaixo de 0,75 W/m<sup>2</sup>K.

Figura 47. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB6

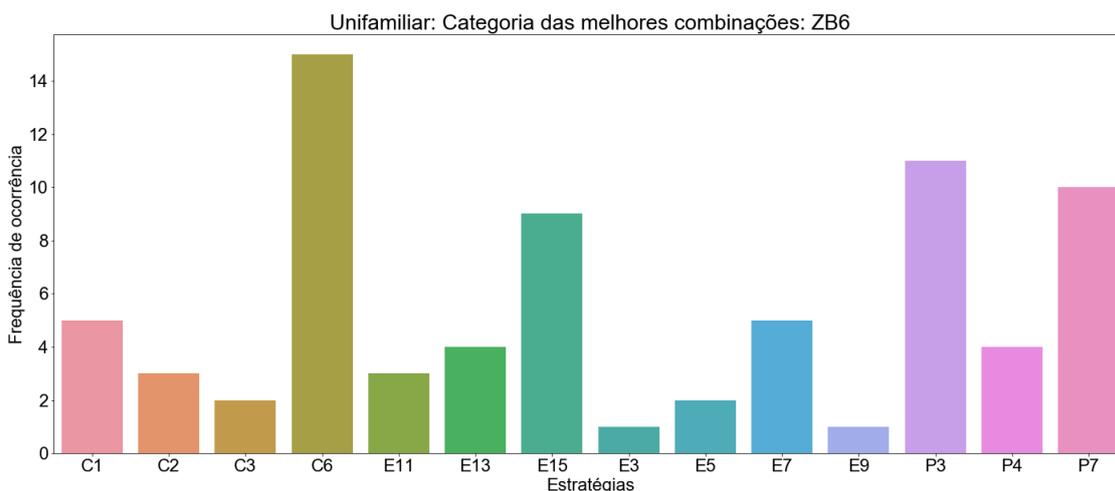


Tabela 28. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 6

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P3 P4 P7	Bloco de concreto celular para vedação Tijolo 9 furos Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1 C2 C3 C6	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha metálica sanduiche ( $\alpha$ 0,30) e forro de madeira
Esquadrias	E	E3 E5 E7 E11 E13 E15	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

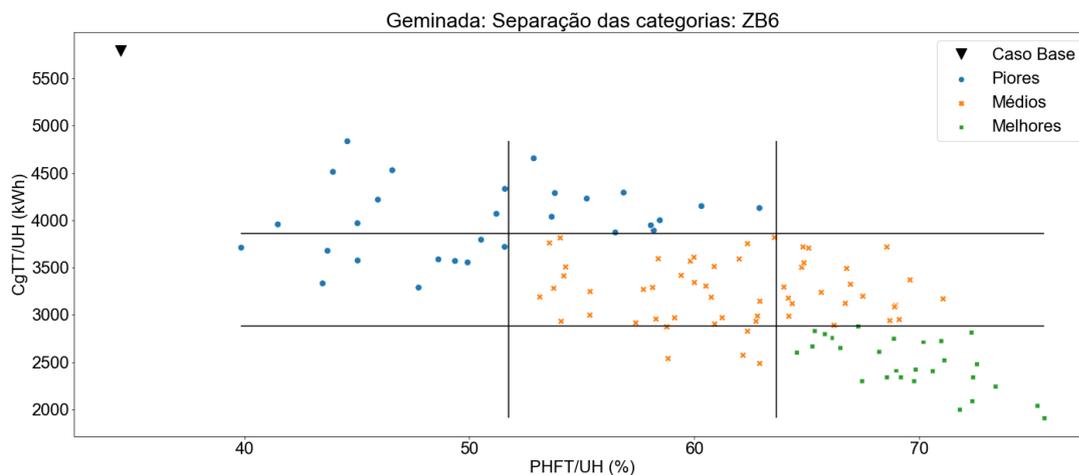
Com relação às esquadrias, conforme mencionado, as que tiveram maior destaque foram, em primeiro lugar, a estratégia E15 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e sala), seguida da E7 ( $P_{tAPP}$  de 17%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar). Em menor proporção foram as estratégias E13 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios) e a E11 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,45 com veneziana nos dormitórios e sala). As estratégias de esquadrias que foram mais frequentes têm em comum o fator de ventilação de 90% e veneziana nos dormitórios e sala.

Das coberturas, outras estratégias presentes tiveram baixa frequência de ocorrência (C1, C2 e C3).

### 3.2.6.2 Tipologia casa geminada

Os resultados da tipologia geminada para a ZB6 são mostrados na Figura 48.

Figura 48. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB6



Na tipologia geminada da ZB6, o indicador de PHFT para os melhores resultados fica entre 64% e 76%, valores similares à tipologia unifamiliar. Os resultados de carga térmica nos melhores casos, ficam abaixo de 3000 kWh/ano a 2000 kWh/ano. O caso base tem uma carga térmica em torno de 5700 kWh/ano. As estratégias presentes nos melhores casos são mostradas na Figura 49, e a descrição destas estratégias é apresentada na

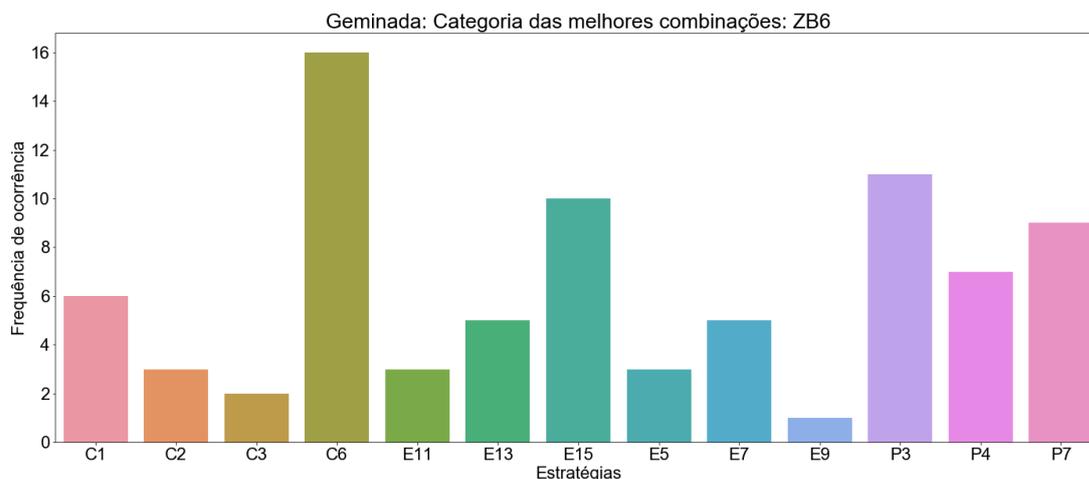
Nesta tipologia, o comportamento é muito semelhante à da tipologia unifamiliar da mesma zona bioclimática. A estratégia com maior frequência de ocorrência é relacionada à cobertura, estratégia C6 (telha metálica sanduiche com baixa absorvância solar com câmara de ar e forro de madeira). As outras estratégias da cobertura têm menor frequência de ocorrência de forma geral.

Das estratégias relacionadas às paredes têm maior destaque, a P3 (parede com bloco de concreto celular), seguida da P7 (parede dupla de madeira com isolante) e com menor ocorrência, a P4 (bloco cerâmico de 14 cm).

Das esquadrias o maior destaque foi para a estratégia E15 ( $P_{TAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar), seguida da E13 ( $P_{TAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios), e a E7 com aberturas com menor dimensão, FV 0,90 e veneziana nos dormitórios e sala.

Tabela 29.

Figura 49. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB6



Nesta tipologia, o comportamento é muito semelhante à da tipologia unifamiliar da mesma zona bioclimática. A estratégia com maior frequência de ocorrência é relacionada à cobertura, estratégia C6 (telha metálica sanduiche com baixa absorção solar com câmara de ar e forro de madeira). As outras estratégias da cobertura têm menor frequência de ocorrência de forma geral.

Das estratégias relacionadas às paredes têm maior destaque, a P3 (parede com bloco de concreto celular), seguida da P7 (parede dupla de madeira com isolante) e com menor ocorrência, a P4 (bloco cerâmico de 14 cm).

Das esquadrias o maior destaque foi para a estratégia E15 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar), seguida da E13 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios), e a E7 com aberturas com menor dimensão, FV 0,90 e veneziana nos dormitórios e sala.

**Tabela 29. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 6**

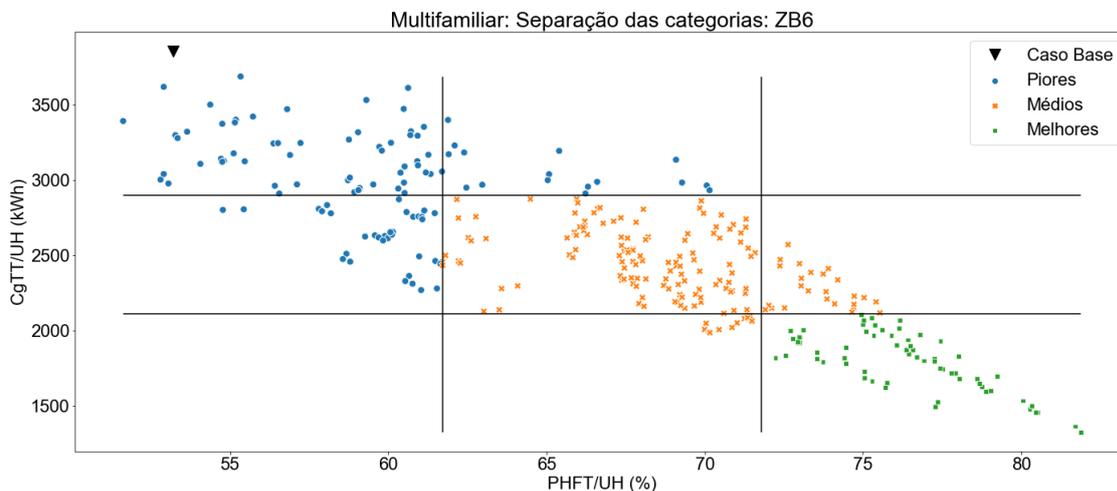
Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P3 P4 P7	Bloco de concreto celular para vedação Tijolo 9 furos Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1 C2 C3 C6	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro de madeira
Esquadrias	E	E5 E7 E9 E11 E13 E15	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, Fator de ventilação (FV) 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área do ambiente <sup>2</sup> FV = fator de ventilação

### 3.2.6.3 Tipologia edifício multifamiliar

Para a tipologia multifamiliar da zona bioclimática 6, os resultados são vistos Figura 50.

Figura 50. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB6



Os casos que mostram os melhores desempenhos apresentam carga térmica entre 2.100 kWh/ano, chegando até, aproximadamente, 1.400 kWh/ano com PHFT entre 72% à 83%. O caso base mostra um PHFT em torno de 54% e uma carga térmica de, aproximadamente, 3.900 kWh/ano.

As estratégias de eficiência energética presentes nos melhores casos encontram-se na Figura 51, e a descrição destas estratégias na Tabela 30.

Figura 51. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB6

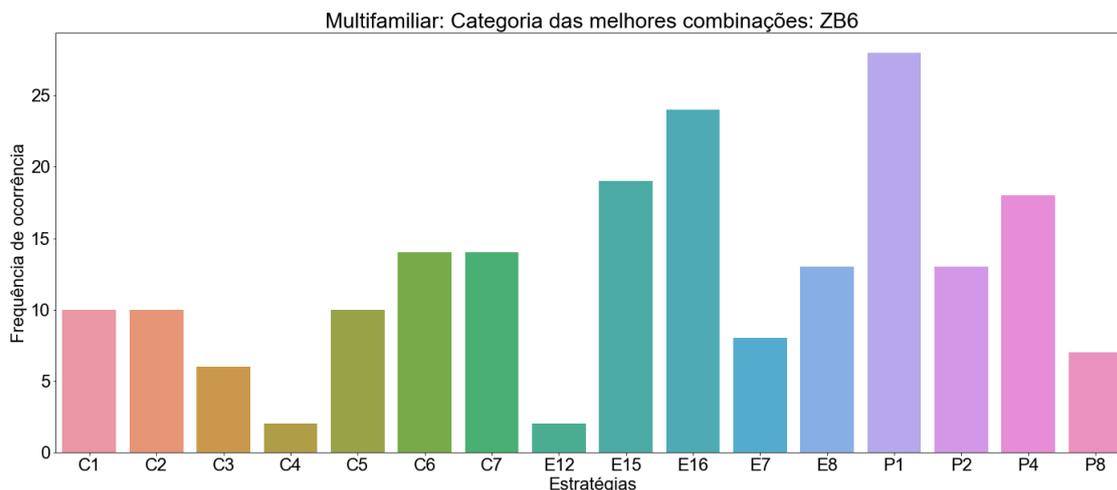


Tabela 30. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência nos melhores casos para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 6

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P1	Concreto 10cm com isolante
		P2	Bloco de concreto
		P4	Tijolo 9 furos
		P8	Tijolo maciço 10 cm
Cobertura	C	C1	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira
		C2	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS
		C3	Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira
		C4	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) e forro de madeira
		C5	Laje de concreto ( $\alpha$ 0,50) com isolante 5cm

		C6	Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro de madeira
		C7	Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro laje concreto com EPS
Esquadrias	E	E7	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,90 veneziana nos dormitórios e sala
		E8	$P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada
		E12	$P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada
		E15	$P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala
		E16	$P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

Na tipologia multifamiliar da ZB6, as estratégias com maior destaque encontram-se nas estratégias relacionadas às paredes e esquadrias. Nas relacionadas às paredes, a P1 (concreto com isolante) apresenta a maior frequência de ocorrência, seguida da estratégia P4 (bloco cerâmico de 14 cm). Das estratégias relacionadas às esquadrias, as principais são as E16 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e sala e ainda brise/sacada no estar), e a E15 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e sala), seguidas da E8 ( $P_{tAPP}$  de 17%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e sala e ainda brise/sacada no estar). Destaca-se, portanto, o fator de ventilação maior e o sombreamento presente em todos os ambientes de permanência prolongada.

A maior frequência de ocorrência para as estratégias da cobertura é observada nas estratégias C7 (telha metálica sanduiche com forro de laje concreto c/ EPS) e C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira), em igual proporção, seguido das estratégias C5 (laje concreto com isolante), C2 (telha de barro com isolante, câmara de ar e laje c/ EPS) e C1 (telha de barro com isolante, câmara de ar e forro de madeira 1cm).

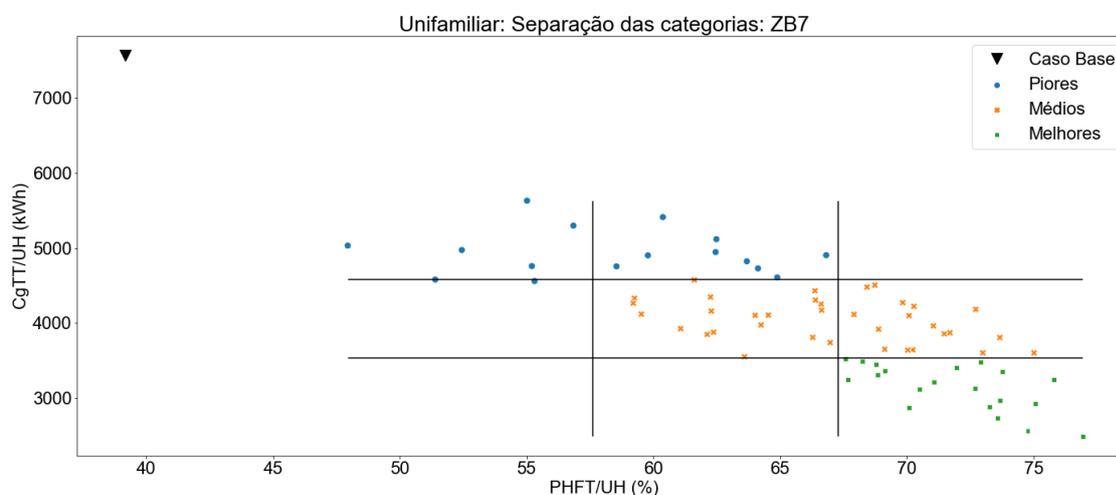
### 3.2.7 Zona bioclimática 7

Os resultados da zona bioclimática 7 para as três tipologias apresentam-se a seguir.

#### 3.2.7.1 Tipologia unifamiliar

Os resultados das estratégias simuladas na tipologia unifamiliar da ZB7 colocam-se na Figura 52.

Figura 52. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB7



Todos os resultados mostram-se melhores que o caso base para os indicadores de carga térmica e PHFT. O caso base resulta em um PHFT ao redor de 40%, e um valor de carga térmica em torno de 7.500 kWh/ano. Os melhores casos têm um PHFT entre 67% a 77%,

e os resultados de carga térmica entre 3.500 kWh/ano a, aproximadamente, 2.000 kWh/ano. As estratégias presentes nos melhores casos são apresentadas na Figura 53, e a descrição destas estratégias na Tabela 31.

Figura 53. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB7

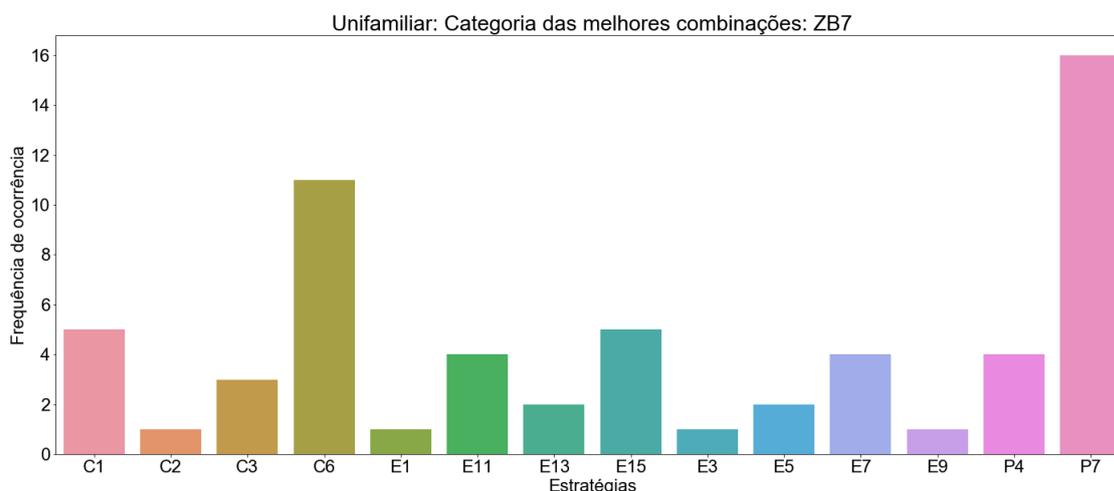


Tabela 31. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 7

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P4 P7	Tijolo 9 furos Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1 C2 C3 C6	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro de madeira
Esquadrias	E	E1 E3 E5 E7 E9 E11 E13 E15	$P_{iAPP}$ de 17%, $FV^2$ 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{iAPP}$ de 17%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{iAPP}$ de 17%, $FV^2$ 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{iAPP}$ de 17%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{iAPP}$ de 23%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{iAPP}$ de 23%, $FV$ 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{iAPP}$ de 23%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{iAPP}$ de 23%, $FV$ 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{iAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup>  $FV$  = fator de ventilação

A maior frequência de ocorrência nos melhores casos foi observada na estratégia P7 (parede dupla de madeira com isolante) que se refere a uma parede com baixa transmitância e baixa capacidade térmica. Ainda em relação às paredes, destaca-se a parede P4 (parede de tijolo com 9 furos).

As estratégias relacionadas à cobertura com maior ocorrência foram a C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira), seguida da C1 (telha de barro com isolante e forro de madeira). Menos frequentemente, a cobertura C3 (telha de barro com câmara de ar e forro de madeira).

Das estratégias relacionadas às esquadrias, destacou-se a estratégia E15 (PtAPP de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar), seguida das estratégias E7 (PtAPP de 17%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar) e E11 (PtAPP de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala), tendo todas em comum o sombreamento de todos os ambientes de permanência prolongada.

### 3.2.7.2 Tipologia casa geminada

A Figura 54 apresenta os resultados da tipologia geminada para a ZB7.

De forma similar à tipologia unifamiliar, os resultados com estratégias mostram resultados melhores do que o caso base em ambos os indicadores

O caso base tem um PHFT próximo de 31%, e carga térmica de aproximadamente 7000 kWh/ano. Os melhores casos têm PHFT entre 66% a 76%, enquanto os resultados de carga térmica ficam entre 2000 kWh/ano a 3100 kWh/ano. A Figura 55 apresenta as estratégias presentes nos melhores casos, e a [Tabela 32](#) apresenta a descrição destas estratégias.

Figura 54. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB7

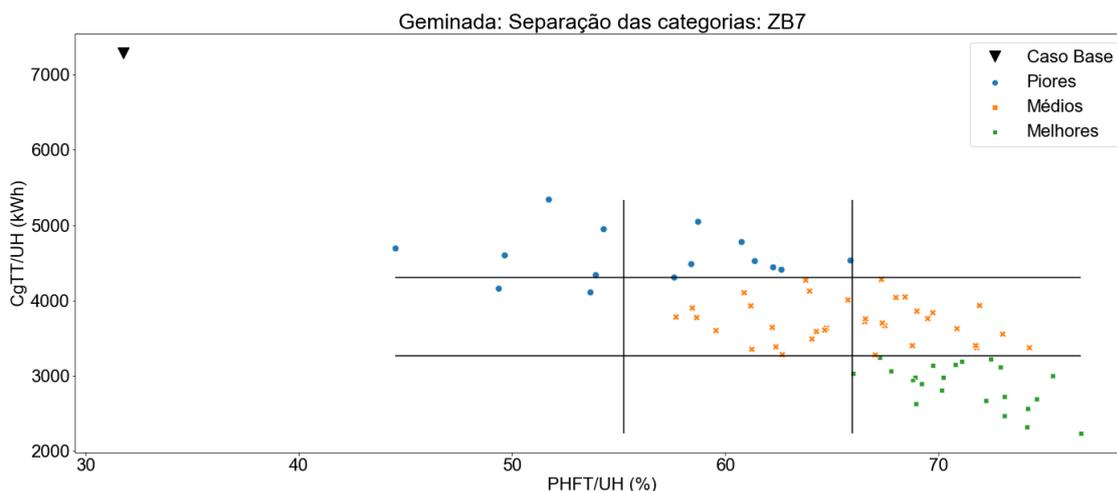
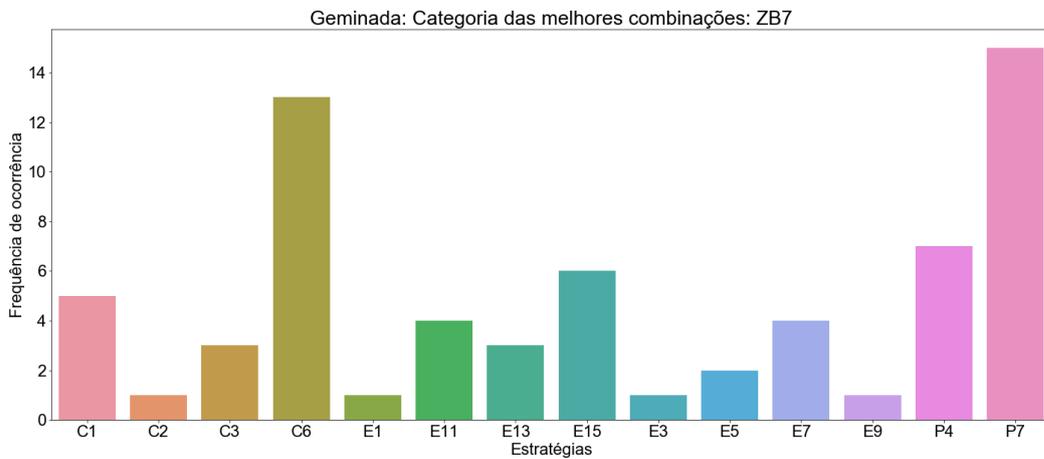


Figura 55. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB7



**Tabela 32. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 7**

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P4 P7	Tijolo 9 furos Chapa dupla de madeira com isolante
Cobertura	C	C1 C2 C3 C6	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro de madeira
Esquadrias	E	E1 E3 E5 E7 E9 E11 E13 E15	$P_{TAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{TAPP}$ de 17%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{TAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{TAPP}^1$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{TAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{TAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{TAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{TAPP}$ de 24%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

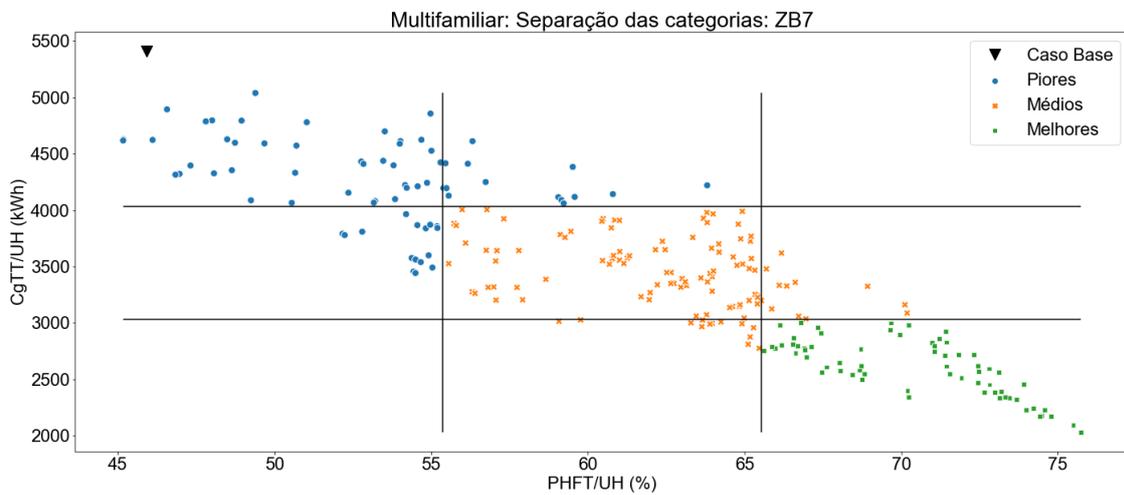
<sup>1</sup>  $P_{TAPP}$  = percentual de elementos transparente com relação à área de piso do ambiente <sup>2</sup> FV = fator de ventilação

O comportamento com relação às estratégias presentes nos melhores casos é semelhante ao observado na tipologia unifamiliar. A exceção refere-se a maior ocorrência das estratégias C6 (telha metálica sanduiche e forro de madeira), P4 (Tijolo 9 furos) e E15 ( $P_{TAPP}$  de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala).

### 3.2.7.3 Tipologia edifício multifamiliar

Na zona bioclimática 7 e para a tipologia multifamiliar, os resultados podem ser vistos Figura 56.

**Figura 56. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB7**



Os resultados das medidas avaliadas mostram dispersão com relação aos dois indicadores. Os melhores casos têm desempenho superior ao caso base em ambos os indicadores, e apresentam PHFT em torno de 66% a 76%, e a carga térmica entre 3.000 kWh/ano, chegando até, aproximadamente, 2.000 kWh/ano. O caso base apresenta um PHFT em torno de 46%, e uma carga térmica de aproximadamente 5.400 kWh/ano. As estratégias de eficiência energética presentes nos melhores casos são mostradas na Figura 57, e a descrição destas estratégias na

Tabela 33.

Figura 57. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB7

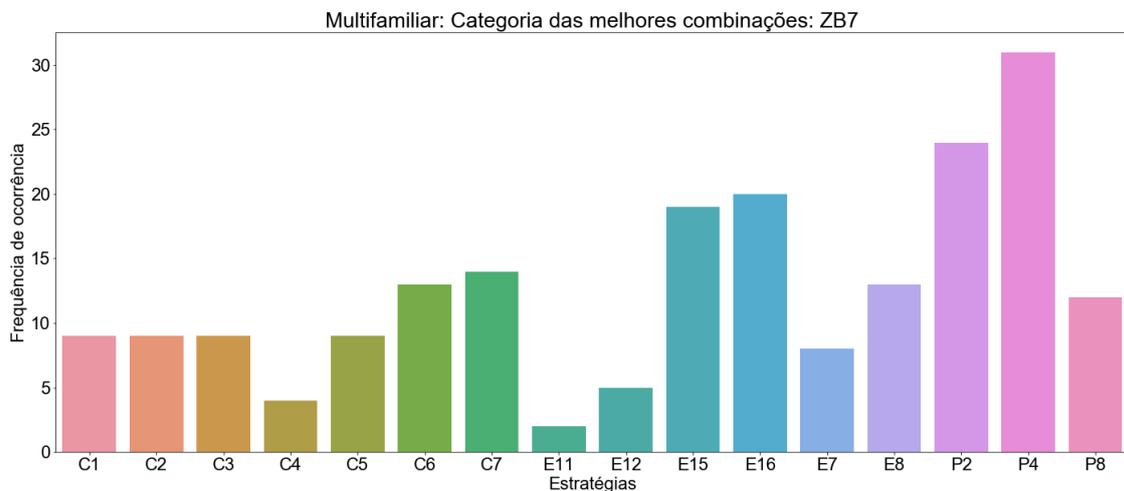


Tabela 33. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 7

Estratégias	IDs		Valores e informações
Paredes	P	P2 P4 P8	Bloco de concreto Tijolo 9 furos Tijolo maciço 10 cm
Cobertura	C	C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) e forro de madeira Laje ( $\alpha$ 0,60) de concreto com isolante 5cm Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro de madeira Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro laje concreto com EPS
Esquadrias	E	E7 E8 E11 E12 E15 E16	$P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada $P_{tAPP}^1$ de 23%, FV <sup>2</sup> 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentuais de abertura com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

As estratégias com maior destaque encontram-se relacionadas às paredes em primeiro lugar, e em segundo lugar às esquadrias. Com relação às paredes, a maior frequência foi da parede P4 (bloco cerâmico de 14 cm), o qual apresenta uma transmitância térmica média de 1,83 kW/m<sup>2</sup>K, seguida da parede P2 (bloco de concreto) e com menos frequência de ocorrência pela parede P8 (tijolo maciço). Quanto às esquadrias, a maior frequência de ocorrência foi para as estratégias E16 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar e ainda brise/sacada no estar), seguida da E15 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e sala).

Nas estratégias relacionadas à cobertura, destaca-se a estratégia C7 (telha metálica sanduiche com forro de laje concreto c/ EPS); porém, com comportamento muito similar em ocorrência à C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira); ambas com baixa transmitância e baixa absorvância solar. As outras estratégias de cobertura presentes nos melhores casos tiveram frequência de ocorrência similar, com exceção da C4, que teve menor frequência.

### 3.2.8 Zona bioclimática 8

A seguir são colocados os resultados da zona bioclimática 8 para as três tipologias.

#### 3.2.8.1 Tipologia unifamiliar

A Figura 58 apresenta os resultados das estratégias simuladas na tipologia unifamiliar para a ZB8.

Na tipologia unifamiliar da ZB8, os melhores casos alcançam resultados muito superiores ao caso base em ambos os indicadores. O caso base apresentou um PHFT de aproximadamente 10%, e os melhores casos apresentaram valores entre 57% a 79%, ou seja, um aumento muito significativo. Com relação à carga térmica, o caso base apresenta um valor de, aproximadamente, 10.000 kWh/ano; enquanto os melhores casos apresentam menores do que 5.000 kWh/ano a 3.000 kWh/ano. As estratégias dos melhores casos são apresentadas na

Figura 59, e a descrição destas estratégias é apresentada na

A estratégia com maior frequência de ocorrência nos melhores casos é relacionada à parede P7 (parede dupla de madeira com isolante) que representa uma parede leve com isolamento, seguida de uma das coberturas (C6) e ao pé direito (T1 e T3). As outras estratégias relacionadas às paredes com baixa frequência de ocorrência são a parede P4 (tijolo de 14cm) e com ainda menor presença a parede P8 (tijolo maciço de 10 cm).

Das estratégias relacionadas à cobertura, a que teve maior ocorrência foi a C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira), a qual apresenta baixa absorvência, seguidas da C1 (telha de barro com isolante, câmara de ar e forro de madeira) e da C3 (telha de barro clara com câmara de ar e forro de madeira).

Das estratégias relacionadas às esquadrias não teve nenhuma que tivesse maior destaque, tendo-se a presença de várias delas de forma similar, contudo a maior frequência de ocorrência foi para as estratégias E15 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar), E14 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e peitoril ventilado) e E13 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios). Ressalta-se a incorporação do peitoril ventilado nas estratégias E2, E6 e E14, o qual permite uma maior ventilação na unidade habitacional com segurança.

Com relação ao pé direito foi analisado nesta zona o pé direito de 2,80m (T3), além do pé direito de 2,50m (T1). Ambas as estratégias apresentaram alta frequência de ocorrência nos melhores casos, sendo mais numerosos os casos com pé direito de 2,50m.

Tabela 34.

Figura 58. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia unifamiliar da ZB8

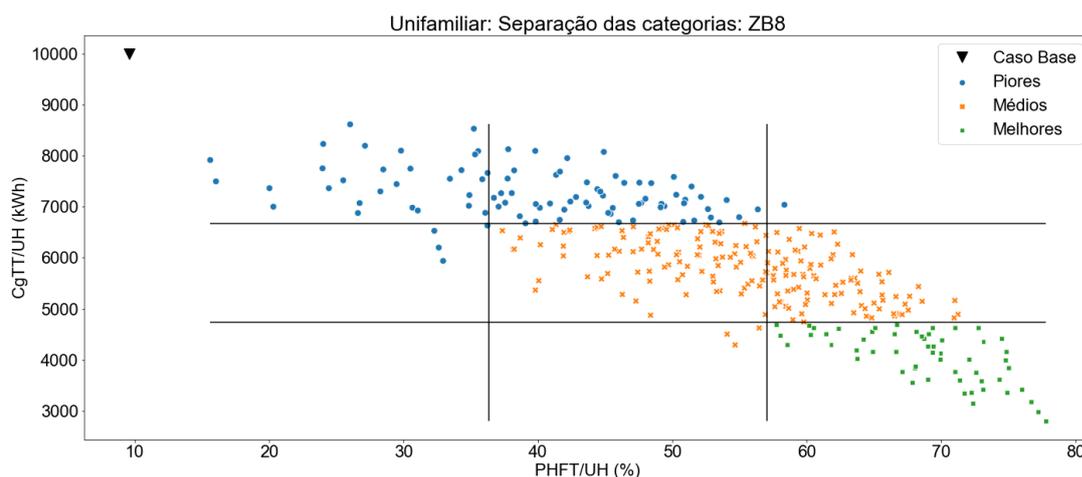
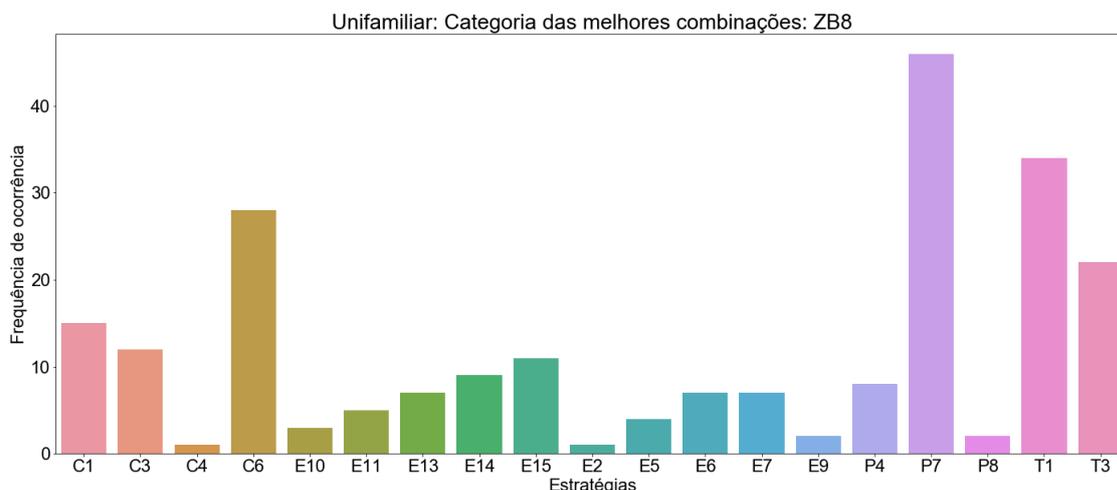


Figura 59. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia unifamiliar na ZB8



A estratégia com maior frequência de ocorrência nos melhores casos é relacionada à parede P7 (parede dupla de madeira com isolante) que representa uma parede leve com isolamento, seguida de uma das coberturas (C6) e ao pé direito (T1 e T3). As outras estratégias relacionadas às paredes com baixa frequência de ocorrência são a parede P4 (tijolo de 14cm) e com ainda menor presença a parede P8 (tijolo maciço de 10 cm).

Das estratégias relacionadas à cobertura, a que teve maior ocorrência foi a C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira), a qual apresenta baixa absorvância, seguidas da C1 (telha de barro com isolante, câmara de ar e forro de madeira) e da C3 (telha de barro clara com câmara de ar e forro de madeira).

Das estratégias relacionadas às esquadrias não teve nenhuma que tivesse maior destaque, tendo-se a presença de várias delas de forma similar, contudo a maior frequência de ocorrência foi para as estratégias E15 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar), E14 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e peitoril ventilado) e E13 ( $P_{tAPP}$  de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios). Ressalta-se a incorporação do peitoril ventilado nas estratégias E2, E6 e E14, o qual permite uma maior ventilação na unidade habitacional com segurança.

Com relação ao pé direito foi analisado nesta zona o pé direito de 2,80m (T3), além do pé direito de 2,50m (T1). Ambas as estratégias apresentaram alta frequência de ocorrência nos melhores casos, sendo mais numerosos os casos com pé direito de 2,50m.

**Tabela 34. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia unifamiliar – Zona Bioclimática 8**

Estratégias	IDs		Valores e informações
Pé direito	T	T1 T3	2,50 m 2,80 m
Paredes	P	P4 P7 P8	Tijolo 9 furos Chapa dupla de madeira com isolante Tijolo maciço 10 cm
Cobertura	C	C1 C3 C4 C6	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) e forro de madeira Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro de madeira
Esquadrias	E	E2 E5 E6	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios, peitoril ventilado $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios, peitoril ventilado

	E7	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala
	E9	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios
	E11	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala
	E13	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios
	E14	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios, peitoril ventilado
	E15	P <sub>tAPP</sub> de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup> P<sub>tAPP</sub> = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

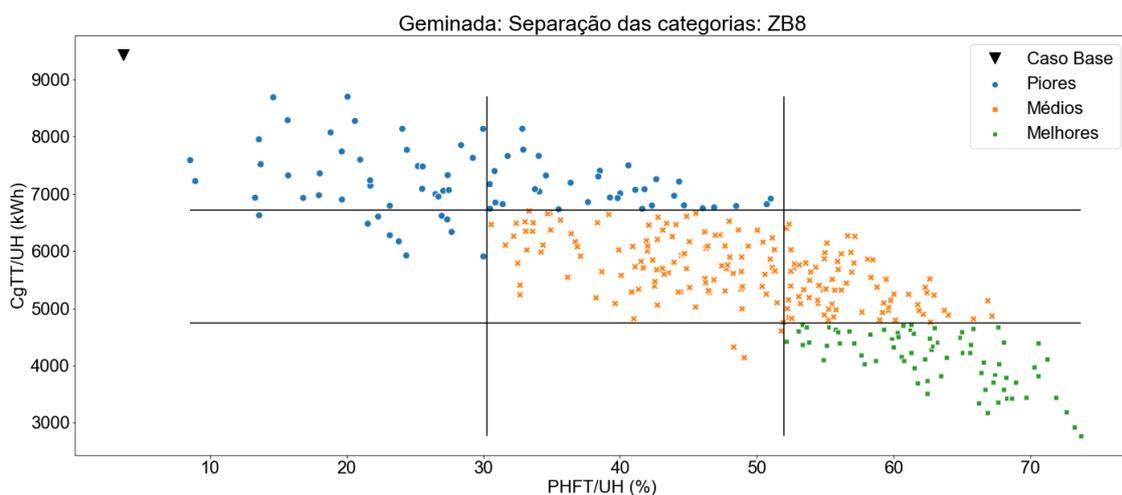
<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

### 3.2.8.2 Tipologia casa geminada

Os resultados da tipologia geminada para a ZB8 são observados

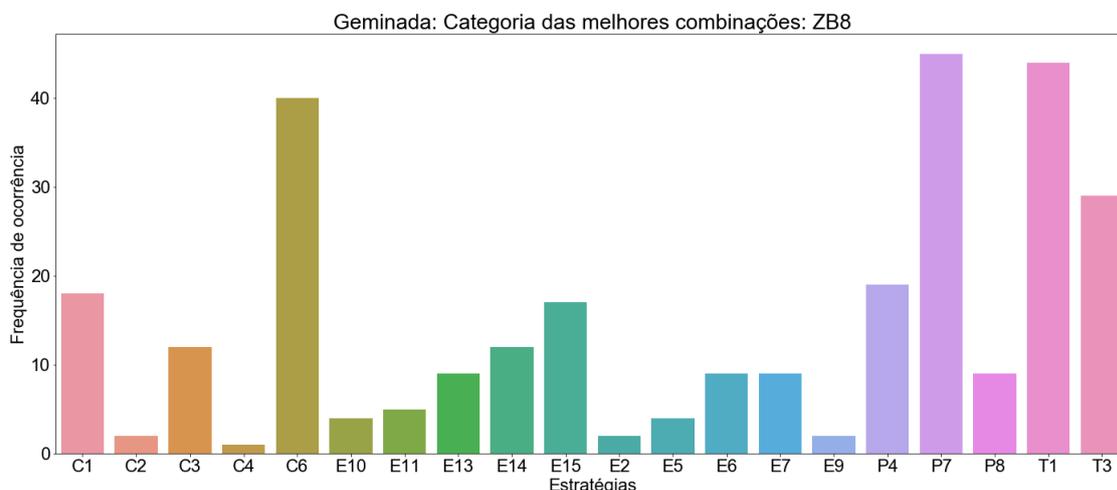
Figura 60.

Figura 60. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia casa geminada da ZB8



Os resultados desta tipologia e zona bioclimática mostram uma tendência mais linear na correlação entre os dois indicadores que estão sendo avaliados. O caso base tem um PHFT em torno de 5%, e carga térmica em torno de 9200 kWh/ano. Os melhores casos têm PHFT entre 52% e 72%, e os resultados de carga térmica ficam entre 4500 kWh/ano a 3000 kWh/ano. A Figura 61 apresenta as estratégias presentes nos melhores casos, e a **Tabela 35** apresenta a descrição destas estratégias.

Figura 61. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia casa geminada na ZB8



Na tipologia casa geminada na ZB8, as estratégias que tiveram maior destaque pela frequência de ocorrência nos melhores casos estão relacionadas às paredes, cobertura e ao pé direito. De maneira geral, os resultados são muito parecidos aos observados na tipologia de casa unifamiliar.

**Tabela 35. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia geminada – Zona Bioclimática 8**

Estratégias	IDs		Valores e informações
Pé direito	T	T1 T3	2,50 m 2,80 m
Paredes	P	P4 P7 P8	Tijolo 9 furos Chapa dupla de madeira com isolante Tijolo maciço 10 cm
Cobertura	C	C1 C2 C3 C4 C6	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) e forro de madeira Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro de madeira
Esquadrias	E	E2 E5 E6 E7 E9 E10 E11 E13 E14 E15	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,45 veneziana nos dormitórios, peitoril ventilado $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios, peitoril ventilado $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios, peitoril ventilado $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios, peitoril ventilado $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentual de elementos transparentes com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

Nas estratégias relacionadas às paredes, a parede P7 (parede dupla de madeira com isolante) que se refere a uma parede com baixa transmitância e baixa capacidade térmica, mostrou maior frequência de ocorrência, seguida principalmente da parede P4 (tijolo de 14cm).

Das estratégias relacionadas à cobertura, a que teve maior destaque foi a C6 (telha metálica sanduiche com câmara de ar e forro de madeira), seguida da C1 (telha de barro com

isolante, câmara de ar e forro de madeira) e C3 (telha de barro com câmara de ar e forro de madeira). A cobertura C6 possui baixa transmitância térmica por conta do isolamento, baixa capacidade térmica e baixa absorvância solar. A cobertura C1 possui também baixa transmitância térmica, entretanto a cobertura C3, que possui maior transmitância térmica (de 2,02 W/m<sup>2</sup>K) apresenta absorvância solar de 0,45 e baixa capacidade térmica.

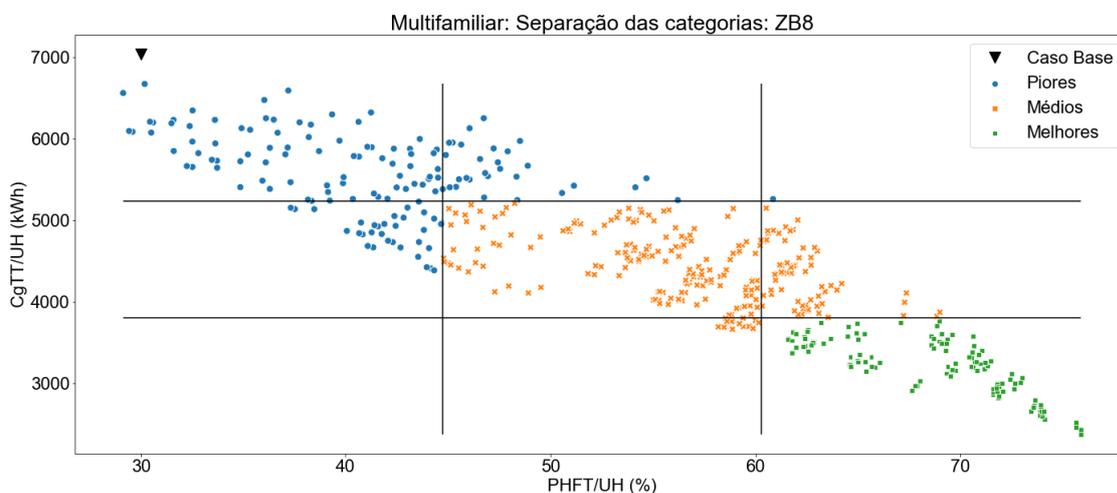
Estratégias pontuais relacionadas às esquadrias tiveram menor destaque, com os casos divididos entre várias estratégias, entre as quais destacam-se a E15 (P<sub>TAPP</sub> de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e sala), E14 (P<sub>TAPP</sub> de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e peitoril ventilado) e E13 (P<sub>TAPP</sub> de 23%, FV 0,90 com veneziana nos dormitórios), E6 (P<sub>TAPP</sub> de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios, peitoril ventilado) e E7 (P<sub>TAPP</sub> de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala). Em comum todas têm o fator de ventilação de 90%, sombreamento e algumas delas o uso do peitoril ventilado.

Nesta tipologia foi incluída como estratégia o uso de pé-direito maior. O mesmo está presente em vários dos melhores casos, contudo a maioria deles têm pé direito de 2,50m.

### 3.2.8.3 Tipologia edifício multifamiliar

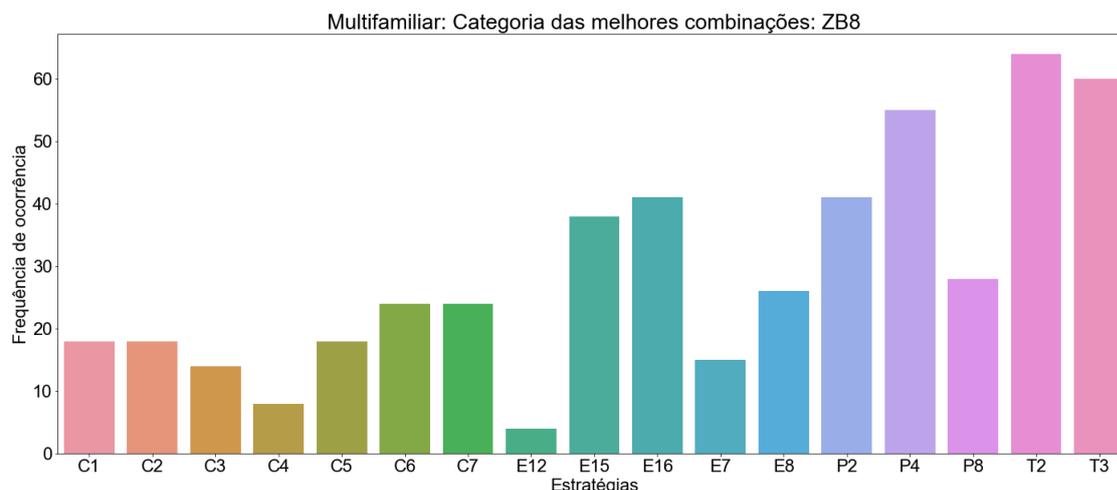
Na zona bioclimática 8 os resultados para a tipologia multifamiliar, podem ser vistos na Figura 62.

Figura 62. Resultados de casos com medidas de EE na tipologia edifício multifamiliar da ZB8



Na tipologia do edifício multifamiliar na ZB8, o PHFT para os melhores casos fica entre 60% e 78% e a carga térmica entre 4.000 kWh/ano a perto de 2.000 kWh/ano com, enquanto o caso base mostra um PHFT em torno de 30% e uma carga térmica de aproximadamente 7.000 kWh/ano. A Figura 63 apresenta as estratégias de eficiência energética presentes nos melhores casos, e a Tabela 36 apresenta a descrição destas estratégias.

Figura 63. Estratégias de EE presentes nos melhores casos da tipologia edifício multifamiliar na ZB8



**Tabela 36. Descrição das estratégias que apresentaram maior frequência de ocorrência para a tipologia multifamiliar – Zona Bioclimática 8**

Estratégias	IDs		Valores e informações
Pé direito	T	T2 T3	2,60 m 2,80 m
Paredes	P	P2 P4 P8	Bloco de concreto Tijolo 9 furos Tijolo maciço 10cm
Cobertura	C	C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7	Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) com isolante e laje concreto com EPS Telha de barro ( $\alpha$ 0,45) e forro de madeira Telha de barro ( $\alpha$ 0,60) e forro de madeira Laje de concreto ( $\alpha$ 0,50) com isolante 5cm Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro de madeira Telha metálica ( $\alpha$ 0,30) sanduiche e forro laje concreto com EPS
Esquadrias	E	E7 E8 E12 E15 E16	$P_{tAPP}^1$ de 17%, FV <sup>2</sup> 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 17%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,45 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala $P_{tAPP}$ de 23%, FV 0,90 veneziana nos dormitórios e sala, brise/sacada

<sup>1</sup>  $P_{tAPP}$  = percentuais de abertura com relação à área de piso do ambiente

<sup>2</sup> FV = fator de ventilação

As estratégias que mostram maior destaque na tipologia multifamiliar localizada na ZB8, são relacionadas às paredes e esquadrias. Nesta tipologia foram considerados dois pé-direito para as unidades habitacionais e nos melhores casos a proporção é muito similar para as estratégias com pé direito 2,60m (T2) e para pé-direito 2,80m (T3).

Das estratégias de paredes, a que teve maior frequência de ocorrência foi a parede P4 (tijolo de 14cm), seguida pela estratégia P2 (bloco de concreto de 19cm) e em menor número a parede P8 (tijolo maciço de 10 cm).

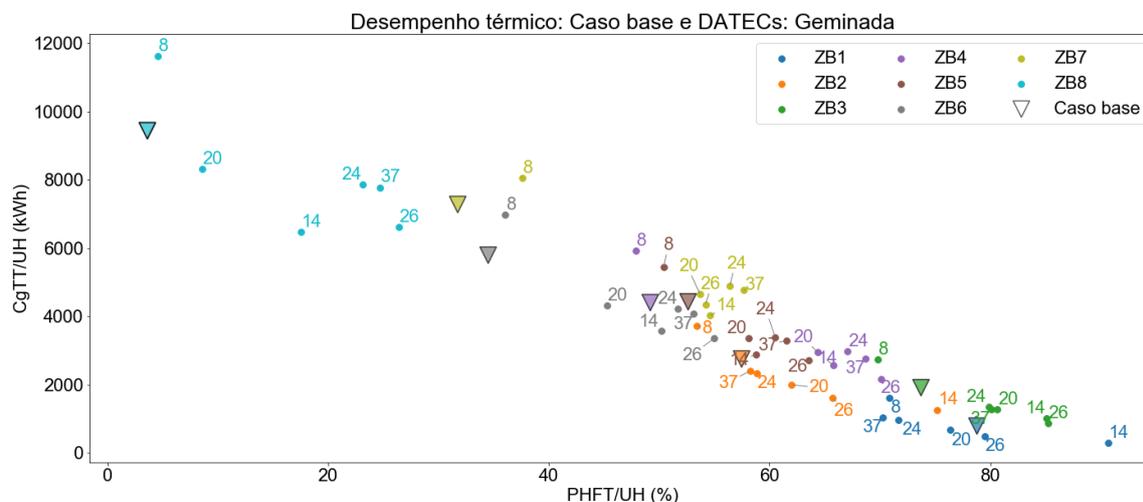
Das estratégias relacionadas às esquadrias tiveram destaque principalmente a estratégia E16 e E15, ambas com dimensões maiores de esquadrias ( $P_{tAPP}$  de 23%), fator de ventilação de 90% e venezianas em todos os ambientes de permanência prolongada, tendo ainda a E16, brise/sacada no estar. Contudo, as estratégias com menores dimensões, a E8 (FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e estar e brise/sacada na sala) e E7 (FV 0,90 com veneziana nos dormitórios e sala) também tiveram considerável frequência de ocorrência.



Na ZB8, a DATEC Nº 8 (Jetcasa) apresentou desempenho inferior em relação ao caso base no indicador de carga térmica. Todas as demais mostraram desempenho superior ao caso base em ambos os indicadores. As DATECs Nº 24 (DPB), Nº 26 (Tecnometta), Nº 37 (Sistema Bazze) e Nº 38 (casa Fischer). mostraram desempenho superior entre as DATECs avaliadas nessa zona bioclimática e tipologia.

Os resultados para a tipologia de casa geminada são mostrados na Figura 65.

Figura 65. DATECs vs caso base da NBR 15575 para a tipologia casa geminada em todas as zonas bioclimáticas



Na ZB1 e para a tipológica casa geminada, somente a DATEC Nº 14 (*Light steel frame*), têm desempenho superior em relação ao caso base.

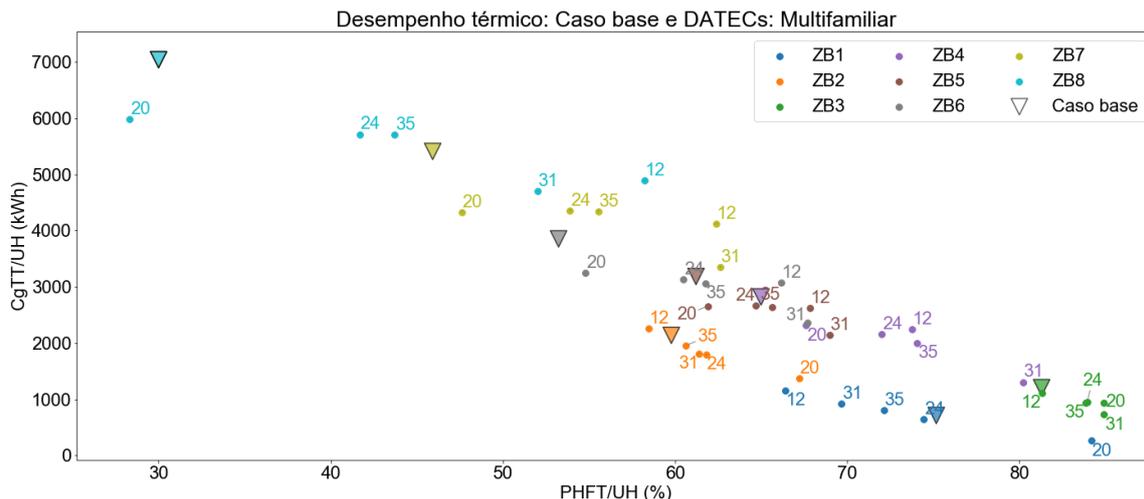
Para a ZB2, somente a DATEC Nº 8 (Jetcasa) apresentou pior desempenho quando comparado ao caso base; entretanto, a DATEC Nº 24 (DPB) e Nº 37 (Sistema Bazze) apresentaram desempenho semelhantes ao caso base. A DATEC Nº 14 é a que resulta em melhor desempenho. Da mesma forma para a ZB3 e ZB4, ZB5, ZB6, a DATEC Nº 8 (Jetcasa) apresenta o pior desempenho, tendo todas as outras desempenho superior ao caso base.

Para a ZB7, a DATEC Nº 8 (Jetcasa) também apresentou o pior desempenho quando comparado ao caso base no indicador de carga térmica. Todas as demais DATECs tiveram desempenho superior ao caso base.

Na ZB8, a DATEC Nº 8 (Jetcasa) apresenta, igualmente, o pior desempenho em relação ao caso base no indicador de carga térmica. Todas as outras DATECs têm desempenho superior ao caso base.

Finalmente, a Figura 66 mostra os resultados obtidos com as DATECs para a tipologia multifamiliar em todas as zonas.

Figura 66. DATECs vs caso base da NBR 15575 para a tipologia edifício multifamiliar em todas as zonas bioclimáticas



Para a ZB1, somente a DATEC Nº 20 (TECVERDE) tem melhor desempenho quando comparado ao caso base.

Para a ZB2, a DATEC Nº 12 apresenta pior desempenho com relação ao caso base. As outras DATECs têm desempenho superior ao caso base. Porém, observa-se que a DATEC Nº 35 (CRFV), Nº 31 (concreto armado e blocos cerâmicos) e Nº 24 (DPB) apresentaram desempenho próximos ao desempenho do caso base. A DATEC Nº 20 (TECVERDE) apresentou o melhor desempenho.

Para a ZB3, a DATEC Nº 12 (PRECON) apresentou desempenho similar ao caso base. E, todas as outras DATECs apresentaram melhor desempenho.

Para a ZB4, todas as DATECs têm resultados melhores em relação aos indicadores de desempenho quando comparados ao caso base, com destaque para a DATEC 31 que mostrou o melhor desempenho.

Na ZB5, a DATEC Nº 20 (TECVERDE) apresentou resultados muito próximos ao caso base. E, todas as outras DATECs apresentaram melhor desempenho.

Na ZB6, todas as DATECs apresentaram desempenho superior ao caso base.

Para a ZB7 todas as DATECs mostraram melhor desempenho do que o caso base e na ZB8, a DATEC Nº 20 (TECVERDE) apresentou pior desempenho do que o caso base no indicador de PHFT. Todas as outras DATECs apresentaram desempenho superior, com destaque para a Nº 31 (painéis de concreto armado e blocos cerâmicos) e No 12 (PRECON) que tiveram o melhor desempenho.

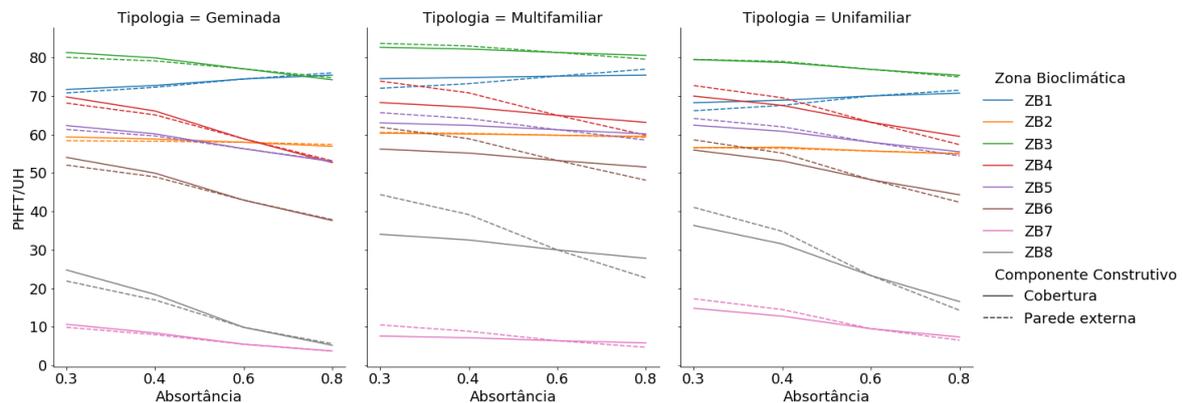
### 3.4 ETAPA 4: ABSORTÂNCIA TÉRMICA

A influência do dado de entrada absorvância térmica das paredes e cobertura frente aos indicadores de PHFT (percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa) e CgTT (carga térmica total) é apresentada na Figura 67 e na Figura 68, respectivamente.

Com relação aos resultados de PHFT (Figura 67), observa-se que a influência da variação do dado de entrada absorvância térmica é mínima para as ZB1, ZB2 e ZB3 para todas as tipologias analisadas. As maiores diferenças entre os valores de 0,3 e 0,8 de absorvância

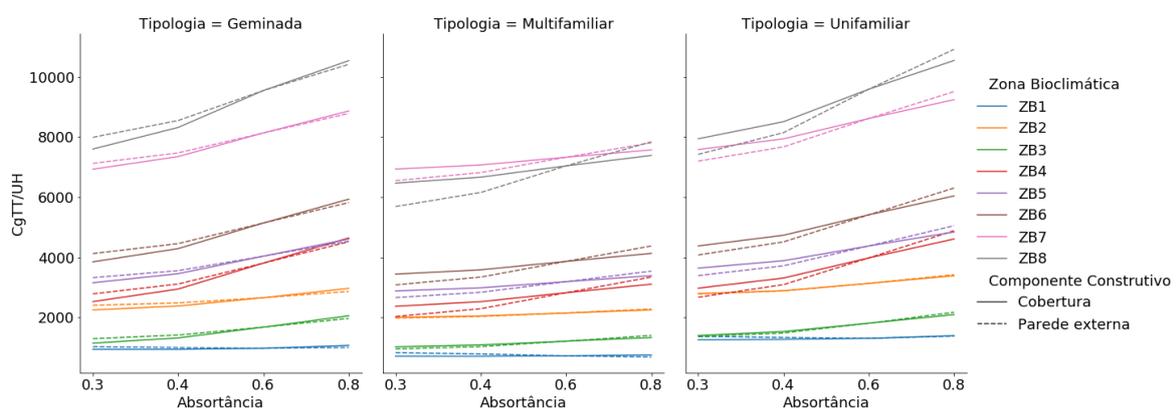
térmica das paredes e cobertura são observadas para a ZB8 onde o valor de 0,8 de absorvância térmica reflete na redução de PHFT dos casos bases de todas as tipologias analisadas. Destaca-se um leve aumento de PHFT com o aumento do valor da absorvância térmica para as paredes e cobertura das tipologias localizadas na ZB1.

Figura 67. Influência da absorvância térmica em função do PHFT



Com relação aos resultados de CgTT (Figura 68), observa-se que a influência da variação do dado de entrada absorvância térmica é mínima para as ZB1 em todas as tipologias analisadas. Para as outras zonas bioclimáticas, a consideração do valor de 0,8 no valor da absorvância térmica das paredes e cobertura reflete no aumento da carga térmica (CgTT) dos casos bases de todas as tipologias analisadas quando comparados com o valor de 0,3 de absorvância térmica. As maiores diferenças entre os valores de 0,3 e 0,8 de absorvância térmica das paredes e cobertura são observadas para a ZB8 em todas as tipologias analisadas.

Figura 68. Influência da absorvância térmica em função do CgTT



#### 4. REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

CB3E, Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. Proposta de Instrução Normativa

Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Florianópolis, Brasil. 2018a. Disponível em: <<http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/2018-09-25-INI-R%20-%20Vers%C3%A3o02.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2020.

SNH; GIZ; MITSIDI. “Mapa de Tipologias e Sistemas Construtivos do PMCMV, Faixa 1” Elaborado no Projeto EEDUS - Eficiência Energética para Desenvolvimento Urbano Sustentável no convênio entre a Secretaria Nacional de Habitação - SNH e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH – GIZ. Julho 2019.

MACHADO, R.M.S. Modelagem do impacto da ilha de calor sobre o desempenho energético de escritórios condicionados artificialmente. Dissertação de mestrado. 2019. 99 páginas.

MAZZAFERRO, L.; MACHADO, R.M.S.; MELO, A.P.; LAMBERTS, R. Do we need building performance data to propose a climatic zoning for building energy efficiency regulations? **Energy and Buildings**, v. 225, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110303>

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Should we consider climate change for Brazilian social housing? Assessment of energy efficiency adaptation measures. **Energy and Buildings**, v. 158, p. 1379–1392, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.003>.